

El universo reconstruible más antiguo

CHO-001 · Cosmic History and Its Observers

Una historia científica cronológica desde el universo temprano hasta el presente

Identificador: CHO-001 · Versión: v1.0 · Autor: Juan Seguro

Idioma: Español

Función del artículo: Columna cronológica

Ventana del artículo: (tBB = 0 coordenada formal extrapolada, 10^{-11} s)

Corte de eventos: 11 septiembre 2026 · Corte de búsqueda bibliográfica: 12 septiembre 2026

Tipo de documento: Síntesis académica; no es investigación primaria y no ha sido revisado por pares

Resumen estructurado

Contexto. Una historia cronológica del Universo debe comenzar precisamente allí donde la propia cronología es menos segura. La coordenada tBB se obtiene extendiendo hacia atrás un modelo cosmológico caliente y en expansión; su cero no es un acontecimiento observado directamente y no constituye, por sí mismo, una prueba de creación.

Alcance. Este artículo cubre desde el límite inferior formal de la cronología CHO hasta la transición de orden de magnitud en 10^{-11} s. Examina qué restringen realmente las observaciones, por qué la inflación es influyente pero no está establecida de forma única, cómo el recalentamiento y la bariogénesis conectan regímenes primordiales propuestos con la historia térmica posterior y por qué el lenguaje relativo a la escala de Planck, las singularidades, el razonamiento antrópico y el observador cuántico debe manejarse con cautela.

Evidencia. El acceso empírico más sólido es indirecto. Las anisotropías del fondo cósmico de microondas y la estructura a gran escala conservan información estadística sobre las perturbaciones primordiales. Su interpretación requiere modelos dinámicos y una cadena de inferencia a través de la evolución cósmica posterior. Los datos actuales respaldan un espectro primordial casi invariante de escala y predominantemente adiabático, y restringen con fuerza muchos modelos inflacionarios, pero no seleccionan un inflatón único, una historia única de recalentamiento ni un comienzo físico único.

Conclusión. El estado CHO más antiguo defendible no es «la nada convirtiéndose en algo». Es una frontera con capas epistémicas: registros tardíos fiables, retrodicción basada en modelos, múltiples mecanismos viables de alta energía y un dominio no resuelto en el que las teorías comprobadas dejan de ser suficientes. No hay evidencia de ningún observador biológico o consciente en el intervalo considerado. Solo se aplica N0: los observadores actuales encuentran trazas físicas producidas sin consciencia.

Palabras clave: universo temprano; Big Bang; inflación; recalentamiento; bariogénesis; perturbaciones primordiales; escala de Planck; razonamiento antrópico; observador; inferencia cosmológica

1. Orientación cronológica

CHO utiliza tBB para el tiempo cósmico dependiente de modelo posterior a la frontera formal de coordenadas obtenida por extrapolación del Big Bang caliente. La notación es deliberadamente austera. Ordena la narración, pero no convierte una extrapolación en una observación. En una descripción clásica de Friedmann-Lemaître, la densidad diverge en la extrapolación clásica ordinaria dominada por materia o radiación hacia un límite finito de la coordenada [6]. Ese fallo indica que la descripción clásica ha abandonado su dominio comprobado; no proporciona una fotografía de un primer instante.

El límite superior, 10^{-11} s, también es editorial y no un acontecimiento. Es una transición de orden de magnitud elegida antes del crossover electrodébil tratado en CHO-002. A la inflación, si ocurrió, y al recalentamiento no pueden asignárseles tiempos universales de inicio y fin independientemente de sus modelos. Por ello, una única línea temporal horizontal sería engañosa. La cronología apropiada es anidada:

Capa	Qué se ordena	Significado evidencial
Coordenada formal	$t_{BB} \rightarrow 0$ a 10^{-11} s	Parámetro retrospectivo en modelos cosmológicos especificados
Regímenes dinámicos	propuestas de gravedad cuántica, inflación, recalentamiento, bariogénesis	Familias de modelos con ubicación temporal incierta o no única
Registro empírico	espectros primordiales inferidos del CMB y de la estructura	Mediciones posteriores interpretadas mediante un modelo cosmológico

La pregunta central no es, por tanto, «¿qué ocurrió exactamente en cero?», sino «¿hasta dónde pueden llevarse hacia atrás los modelos sustentados por evidencia y dónde dejan de coincidir los distintos tipos de justificación?».

2. Estado inicial: ningún retrato físico heredado

CHO-001 no tiene un artículo anterior en la columna cronológica. Su estado inicial es el estado del conocimiento en el corte bibliográfico declarado: un marco cosmológico maduro pero incompleto, mediciones precisas de un Universo mucho más tardío, física de partículas comprobada a energías enormemente inferiores a las escalas primordiales propuestas e intentos competidores de unir la relatividad general con la teoría cuántica.

El modelo del Big Bang caliente tiene un éxito excepcional una vez establecido un plasma caliente, denso y en expansión. La expansión, las abundancias primordiales de elementos ligeros, el fondo cósmico de microondas y el crecimiento de la estructura forman una red de restricciones mutuas. Sin embargo, el éxito en etapas posteriores no verifica todas las extrapolaciones hacia atrás. La expresión «Big Bang» puede referirse a la fase caliente temprana, a la frontera matemática de una solución clásica o a un comienzo absoluto hipotético. CHO acepta la primera como un marco histórico sólidamente respaldado, utiliza la segunda únicamente como convención de coordenadas y trata la tercera como una cuestión física y metafísica abierta.

3. De una frontera clásica a los modelos inflacionarios

3.1 Por qué se propuso la inflación

La expansión desacelerada estándar hace difícil comprender la uniformidad observada a gran escala y la geometría espacial casi plana a partir de condiciones iniciales genéricas. La inflación introduce un periodo durante el cual se acelera el factor de escala. En las implementaciones más simples, un grado de libertad de tipo campo que evoluciona lentamente domina temporalmente la densidad de energía. Una fase acelerada suficientemente larga puede situar regiones hoy muy separadas dentro de un dominio causal anterior, diluir la curvatura espacial y reliquias no deseadas, y estirar fluctuaciones microscópicas hasta escalas astronómicas.

La propuesta de Guth de 1981 mostró el poder explicativo de este mecanismo y, al mismo tiempo, puso de manifiesto un problema de salida en su forma original [3]. Modelos posteriores de *slow roll* y relacionados modificaron la microfísica. «Inflación» no es, por tanto, una única teoría, sino una familia cuyos miembros difieren en campos, potenciales, condiciones iniciales, duración, mecanismo de finalización y relación con la física de altas energías.

3.2 Qué respalda el cielo

La inflación se evalúa principalmente mediante la estadística de las perturbaciones primordiales. El análisis base TT,TE,EE+lowE+lensing de Planck 2018 midió un índice espectral escalar $n_s = 0.9649 \pm 0.0042$ con un 68% de confianza, rechazando la invariancia exacta de escala dentro de ese espacio de modelos [4,5]. No encontró evidencia convincente de *running* ni de rasgos diseñados en las escalas que podía poner a prueba. El mismo análisis restringió las contribuciones tensoriales y desfavoreció varios potenciales que habían sido destacados. Observaciones posteriores de BICEP/Keck estrecharon el límite superior sobre los modos tensoriales primordiales [1].

Estos resultados son compatibles con expectativas amplias de *slow roll*, pero compatibilidad no equivale a confirmación única. Un espectro primordial reconstruido no es una lectura directa de un instrumento en un laboratorio inflacionario. Los primeros planos, los modelos instrumentales y las elecciones de verosimilitud se tratan observacionalmente; el mapeo desde el espectro hasta un potencial de campo presupone además una teoría de perturbaciones, una historia de expansión y una relación con el recalentamiento. Muchos modelos microfísicos siguen siendo compatibles, y las alternativas no inflacionarias intentan generar correlaciones similares a gran escala.

3.3 El comienzo permanece fuera del resultado

La inflación no elimina automáticamente una frontera pasada. Borde, Guth y Vilenkin demostraron que los espaciotiempos que satisfacen una condición positiva de expansión promediada a lo largo de geodésicas apropiadas dirigidas hacia el pasado son incompletos hacia el pasado [2]. «Incompleto hacia el pasado» significa que las geodésicas pertinentes no pueden prolongarse indefinidamente dentro de esa descripción del espaciotiempo. No significa que el teorema derive una creación desde la nada ni identifica qué sustituye a la frontera. Construcciones de rebote, tunelización, ausencia de frontera, emergencia y modelos cíclicos proponen distintas extensiones o sustituciones, cada una con supuestos y pruebas no resueltas.

De forma análoga, el tiempo de Planck es la escala dimensional derivada $t_P = \sqrt{\hbar G / c^5}$, aproximadamente 5.4×10^{-44} s con las constantes CODATA [9]. Su definición no identifica un primer acontecimiento observado. Llamarlo «el primer momento» cometería dos errores: atribuir estatus observacional a una escala derivada y asumir que una dinámica desconocida de gravedad cuántica conserva la misma coordenada temporal.

4. Recalentamiento: establecer un Universo caliente

La expansión acelerada diluye fuertemente las partículas ordinarias. Para conectar la inflación con el Big Bang caliente posterior, la energía almacenada debe transferirse a excitaciones que interactúan y se aproximan a un estado térmico. Esta familia de procesos se denomina recalentamiento. Dependiendo del modelo, la transferencia de energía puede comenzar mediante desintegraciones perturbativas, producción resonante de partículas u otras dinámicas fuera del equilibrio; la termalización completa puede producirse más tarde.

El recalentamiento importa porque controla la relación entre una escala comóvil observada hoy y la etapa en la que esa escala salió del horizonte inflacionario. Los supuestos sobre la ecuación de estado y la temperatura de recalentamiento retroalimentan, por tanto, las restricciones sobre los modelos inflacionarios. La inferencia solo es circular si permanece oculta. Haciéndola explícita, constituye una restricción conjunta legítima con una dependencia sustancial del modelo. En el análisis de atractores, la relación de salida del horizonte depende explícitamente de la ecuación de estado media durante el recalentamiento [10].

En los cálculos citados de atractores y recalentamiento bajo, la temperatura de recalentamiento se infiere bajo supuestos de modelo explícitos; sus restricciones no identifican un único acontecimiento de recalentamiento observado [10,11]. La compatibilidad con la nucleosíntesis del Big Bang, tratada en CHO-003, proporciona una restricción de temperatura inferior dentro de la historia térmica adoptada [11]. La frontera CHO en 10^{-11} s no debe interpretarse como el final del recalentamiento. Marca el punto en que la columna cronológica principal pasa a las transiciones térmicas del Modelo Estándar tratadas en CHO-002.

5. Por qué sobrevivió la materia: el problema de la bariogénesis

El Universo observable contiene mucha más materia que antimateria. En un estado térmico inicialmente simétrico, los procesos de equilibrio conocidos no dejan simplemente el exceso requerido. En los escenarios estándar de bariogénesis resumidos por el Particle Data Group, las tres condiciones de Sakharov son la violación del número bariónico, la violación de la conjugación de carga y de la simetría combinada carga-paridad, y la salida del equilibrio térmico [6].

Estas condiciones organizan un programa de investigación; no identifican el mecanismo histórico [6]. La bariogénesis a alta escala, la leptogénesis seguida de conversión electrodébil, la bariogénesis electrodébil y otras propuestas sitúan la asimetría decisiva en regímenes diferentes. La magnitud inferida a partir de evidencia cosmológica posterior constituye evidencia real de una asimetría, pero no proporciona una marca temporal de su producción.

CHO-001 es responsable de este problema mecanístico no resuelto. CHO-002 es responsable del crossover electrodébil y de la historia térmica posterior de las partículas. En su frontera, la redacción debe distinguir entre un mecanismo cuya dinámica decisiva podría ocurrir cerca de temperaturas electrodébiles y el fondo térmico en el que opera. Ningún candidato se eleva a la categoría de historia real sin evidencia que lo separe de sus competidores.

6. Evidencia, datación y límites de resolución

Las coordenadas de tiempos tempranos discutidas aquí son reconstrucciones de modelo y no muestras materiales datadas directamente. La cronología del Universo temprano se infiere combinando varias transformaciones:

1. los instrumentos miden señales del cielo dependientes de la frecuencia;
2. los modelos de primeros planos y calibración producen mapas de temperatura y polarización del CMB;
3. las funciones de correlación angular y los espectros de potencia resumen esos mapas;
4. un modelo cosmológico conecta los espectros con perturbaciones primordiales;
5. un modelo dinámico inflacionario o alternativo conecta las perturbaciones con un régimen anterior;
6. los supuestos sobre el recalentamiento relacionan escala y número de *e-folds* con temperatura o tiempo.

La incertidumbre aumenta hacia atrás a lo largo de esta cadena. Los intervalos estadísticos de los parámetros no incluyen toda la incertidumbre sobre la familia de modelos. A la inversa, la dependencia de modelo no vuelve arbitraria la evidencia: espectros incompatibles, modos tensoriales excesivos, grandes componentes de isocurvatura o firmas fuertemente no gaussianas pueden eliminar propuestas concretas.

Por tanto, «directo» e «indirecto» no deben utilizarse como sinónimos de «cierto» e «incierto». Los fotones del CMB se detectan directamente, pero su significado para el Universo temprano se reconstruye. Los parámetros inflacionarios están restringidos, pero las restricciones son condicionales. Las propuestas de frontera de cosmología cuántica siguen siendo en gran medida especulativas porque los discriminantes observacionales son débiles o no únicos.

7. Estado del observador: N0, trazas sin consciencia

No hay evidencia de ningún detector vivo, sistema nervioso, sujeto o comunidad científica en este intervalo. CHO lo clasifica como N0: ninguna capacidad de observador; únicamente registros traza. El Universo estructurado proporcionó más tarde estados físicos de los que los observadores podían extraer información, pero una estructura portadora de información no es por sí misma evidencia de experiencia.

La física utiliza «observador» en varios sentidos técnicos: un sistema de referencia, un aparato de medida idealizado, un sistema que se correlaciona con otro o un agente que asigna probabilidades. Ninguno exige que la consciencia causara el acontecimiento. La decoherencia describe cómo las interacciones dispersan relaciones de fase hacia grados de libertad ambientales y estabilizan registros robustos sin un testigo biológico [8]. Las interpretaciones de la mecánica cuántica discrepan sobre qué más consigue este proceso, pero CHO no introduce un requisito de consciencia en la historia cósmica.

Los científicos actuales son observadores históricos que miran hacia atrás. Sus instrumentos registran radiación que llega tarde y sus modelos preguntan qué estados anteriores podrían haberla producido. El observador forma así parte de la cadena evidencial en 2026, no es un ingrediente causal de la dinámica primordial.

8. Contingencia y contemporáneos

En esta etapa no existe una comunidad biológica evidenciada que describir. La comparación siguiente se refiere a historias de modelo alternativas, no a una afirmación de que esas alternativas coexistieran físicamente. Diferentes estados de vacío, contenidos de campos, trayectorias de ruptura de simetría y canales de recalentamiento podrían producir abundancias de partículas o estructuras posteriores diferentes. Algunos escenarios inflacionarios generan autorreproducción eterna; algunas alternativas sustituyen la inflación por contracción o un rebote. La mayoría de las posibilidades no son mundos observados. Son ramas contrafactuales en el espacio de teorías.

Nada en la evidencia actual demuestra que un Universo capaz de producir vida fuera inevitable, típico o intencionado. Los efectos de selección importan: los observadores necesariamente miden condiciones compatibles con su existencia [7]. Pero el muestreo condicional por sí solo no proporciona una distribución de probabilidad única sobre universos ni explica por qué existen las leyes subyacentes o el conjunto de posibilidades.

9. Interpretaciones en competencia y cuestiones no resueltas

Las principales preguntas abiertas son estructurales:

- ¿Ocurrió una fase inflacionaria y, en caso afirmativo, qué grados de libertad la impulsaron?

- ¿Qué fijó sus condiciones iniciales y la llevó a su fin?
- ¿Cómo se produjo el recalentamiento y cuáles fueron su temperatura efectiva y su ecuación de estado?
- ¿Qué proceso generó la asimetría materia-antimateria?
- ¿Se extendió el espaciotiempo a través de un rebote, emergió de un estado cuántico o poseía una frontera no describible mediante el tiempo clásico?
- ¿Los parámetros aparentemente ajustados se explican por dinámica, selección en un conjunto, necesidad más profunda o una formulación incompleta del problema?

Las respuestas tienen distintos estados epistémicos. Los parámetros del espectro primordial se miden a través de un modelo especificado. La inflación es una potente clase de mecanismos reconstruidos. Los modelos concretos de inflatón y recalentamiento dependen con mayor fuerza del modelo. Una explicación única de $t_{BB} = 0$ sigue siendo especulativa.

10. Declaración de clases de afirmaciones

Clase	Uso en CHO-001
E1, medido directamente	Datos instrumentales de CMB y polarización dentro de pipelines especificados; entradas de física de partículas de laboratorio
E2, reconstruido	Estadística de perturbaciones primordiales y estado temprano caliente inferidos a partir de evidencia convergente
E3, dependiente de modelo	Dinámica inflacionaria, historia de recalentamiento, relación entre escala y tiempo temprano, mecanismos de bariogénesis
E4, activamente controvertido	Unicidad explicativa de la inflación, modelos de frontera e interpretaciones antrópicas y de ajuste fino
E5, especulativo/abierto	Origen cuántico detallado, estados pregeométricos y cualquier afirmación de comienzo absoluto

Estos códigos describen proposiciones, no fuentes completas, y no son porcentajes de confianza.

11. Fronteras y exclusiones

CHO-001 termina en la frontera BOOK 10^{-11} s. CHO-002 es responsable del crossover electrodébil, la transición QCD, la historia térmica hadrónica y leptónica, el desacoplamiento de neutrinos y la aniquilación electrón-positrón. Solo CHO-003 es responsable de la red de nucleosíntesis del Big Bang y de los rendimientos primordiales de elementos ligeros.

Este artículo no resuelve cuestiones de creación metafísica, acción divina ni propósito último. No afirma que el Big Bang fuera una explosión dentro de un espacio preexistente, que el tiempo de Planck haya sido observado, que la inflación sea una teoría única y definitivamente establecida ni que la observación consciente sea requerida por la mecánica cuántica. El razonamiento antrópico se presenta como inferencia condicional cuya fuerza explicativa depende de un conjunto y una medida definidos.

12. Estado final transmitido a CHO-002

La transición entrega un régimen físico caliente y en expansión al que se llega a través de una dinámica anterior incierta. Sea cual sea el origen de las perturbaciones primordiales y sea cual sea la trayectoria de recalentamiento, el artículo siguiente comienza cuando los procesos térmicos del Modelo Estándar pueden discutirse con una especificidad física creciente. El inicio exacto no es una única marca temporal universal. CHO utiliza 10^{-11} s para conservar una columna cronológica ordenada a la vez que etiqueta la frontera como editorial.

En la transición no hay evidencia de ningún observador en sentido biológico o consciente. Hay campos y partículas en interacción, espaciotiempo en expansión y correlaciones que más tarde pueden convertirse en registros. La historia pasa ahora del régimen menos accesible empíricamente hacia transiciones cuya física puede conectarse más directamente con la teoría de partículas comprobada.

Referencias

1. BICEP/Keck Collaboration. “BICEP/Keck XIII: Improved Constraints on Primordial Gravitational Waves using Planck, WMAP, and BICEP/Keck Observations through the 2018 Observing Season.” *Physical Review Letters* 127, 151301 (2021). <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.127.151301>. Consulted author version: <https://arxiv.org/abs/2110.00483v1>
2. Borde, A., Guth, A. H., and Vilenkin, A. “Inflationary spacetimes are not past-complete.” *Physical Review Letters* 90, 151301 (2003). <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.90.151301>. Consulted author version: <https://arxiv.org/abs/gr-qc/0110012v2>
3. Guth, A. H. “Inflationary universe: A possible solution to the horizon and flatness problems.” *Physical Review D* 23, 347–356 (1981). <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.23.347>
4. Planck Collaboration. “Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters.” *Astronomy & Astrophysics* 641, A6 (2020), corrected 2021. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201833910>. Consulted author version: <https://arxiv.org/abs/1807.06209v4>
5. Planck Collaboration. “Planck 2018 results. X. Constraints on inflation.” *Astronomy & Astrophysics* 641, A10 (2020). <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201833887>. Consulted author version: <https://arxiv.org/abs/1807.06211v2>
6. Olive, K. A., and Peacock, J. A. “Big-Bang Cosmology.” Particle Data Group, *Review of Particle Physics*, 2026 release, §22.3.6, pp. 15–16; revised August 2025. <https://pdg.lbl.gov/2026/reviews/rpp2026-rev-bbang-cosmology.pdf>
7. Weinberg, S. “Anthropic Bound on the Cosmological Constant.” *Physical Review Letters* 59, 2607–2610 (1987). <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.59.2607>
8. Zurek, W. H. “Decoherence, einselection, and the quantum origins of the classical.” *Reviews of Modern Physics* 75, 715–775 (2003). <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.75.715>. Consulted author version: <https://arxiv.org/abs/quant-ph/0105127v3>
9. National Institute of Standards and Technology. “Fundamental Physical Constants: Complete Listing,” 2022 CODATA adjustment. Rows for Planck time, Planck constant, Newtonian gravitation constant and speed of light. <https://physics.nist.gov/cuu/Constants/Table/allascii.txt>
10. Ellis, J., Garcia, M. A. G., Nanopoulos, D. V., Olive, K. A., and Verner, S. “BICEP/Keck Constraints on Attractor Models of Inflation and Reheating.” Consulted author version, arXiv:2112.04466v3 (23 January 2022), §§II–III, equations (15) and (24)–(25). Related publication: *Physical Review D* 105, 043504 (2022), DOI 10.1103/PhysRevD.105.043504. <https://arxiv.org/abs/2112.04466v3>
11. de Salas, P. F., et al. “Bounds on very low reheating scenarios after Planck.” Consulted author version, arXiv:1511.00672v1 (2015), §§I and V. Related publication: *Physical Review D* 92, 123534 (2015), DOI 10.1103/PhysRevD.92.123534. <https://arxiv.org/abs/1511.00672v1>

Declaración

Este documento es una síntesis académica; no es investigación primaria y no ha sido revisado por pares. Juan Segurola es el único autor. Aprobó el texto final y es responsable de su contenido.