

El Tiempo como Proyección: Fundamentación del Modelo Φ y Evidencia Observacional

Versión 1.1 revisada — incluye apéndices técnicos y mejoras de consistencia
teórica

Claudio Menéndez

Noviembre 2025

Abstract

El Modelo Φ postula que nuestra dimensión temporal emerge como proyección de una geometría 4D espacial superior. Esta hipótesis predice anisotropías direccionales en el flujo temporal, manifestándose como: (i) variación dipolar en la expansión cósmica, (ii) desincronización de relojes atómicos ortogonales, y (iii) correlación con anomalías del CMB y dipolos en constantes fundamentales. Demostramos que el modelo reproduce cuantitativamente las anomalías reportadas por [3] y proporciona un marco unificado para explicar las tensiones cosmológicas actuales.

1 Introducción y Fundamentación del Modelo Φ

1.1 Evidencia Observacional de Anisotropía Cósmica

Trabajos recientes han desafiado el principio cosmológico de isotropía, sugiriendo una anisotropía direccional coherente en múltiples escalas [1, 3, 4, 2]:

1.2 Hipótesis Φ : El Tiempo como Proyección Geodésica

Proponemos que estas anomalías surgen naturalmente si el tiempo es la proyección de una dimensión espacial superior W (el hipervolumen), una idea respaldada en el marco teórico de [8]:

$$x = X, \quad y = Y, \quad z = Z, \tag{1}$$

$$t = \frac{W}{c_\beta} \quad (\text{mapeo fundamental}). \tag{2}$$

Año	Autor(es)	Hallazgo Principal	Significancia
2025	Sarkar et al.	Dipolo en q_0 con Pantheon+	$> 5\sigma$
2023	Secrest et al.	Dipolo en quásares incompatible con CMB (alineación)	$> 5\sigma$
2024	Migkas et al.	Anisotropía en clusters de rayos X (flujo)	$3 - 4\sigma$
2018	Colin et al.	Bulk flow de ~ 260 km/s hasta $z \sim 0.1$	3.9σ
2011	Webb et al.	Dipolo en constante de estructura fina α	4.2σ

Table 1: Evidencia independiente de anisotropía cósmica.

Esta relación, aunque aquí enunciada, se *deriva formalmente* más adelante como condición de foliación ADM y congruencia geodésica (ver Apéndice C).

2 Marco Matemático del Modelo Φ : Geometría y Fondo

2.1 Métrica 4D Fundamental y Ecuaciones de Campo

Partimos de un hipervolumen puramente espacial con acción de Einstein-Hilbert:

$$S_4 = \frac{1}{16\pi G_4} \int d^4X \sqrt{-g_4} (R_4 - 2\Lambda_4), \quad (3)$$

de donde siguen las ecuaciones:

$$R_{MN} - \frac{1}{2}g_{MN}R_4 + \Lambda_4 g_{MN} = 8\pi G_4 T_{MN}. \quad (4)$$

En unidades geométricas ($c = 1$, $G_4 = 1$), las magnitudes como R o m_ϕ se expresan en longitudes reducidas; sus valores sirven solo para normalización numérica.

2.2 Métrica Ansatz con Anisotropía Dipolar

Introducimos una anisotropía axisimétrica pequeña ε :

$$ds_4^2 = A(W)dX^2 + B(W)dY^2 + C(W)dZ^2 + D(W)dW^2, \quad (5)$$

$$A(W) = a^2(W)[1 + \varepsilon \cos \theta], \quad (6)$$

$$B(W) = a^2(W)[1 - \frac{\varepsilon}{2} \cos \theta], \quad (7)$$

$$C(W) = a^2(W)[1 - \frac{\varepsilon}{2} \cos \theta], \quad (8)$$

$$D(W) = d_0^2. \quad (9)$$

La forma dipolar $\cos \theta$ surge de la ruptura mínima de simetría $SO(3) \rightarrow SO(2)$, que genera un término irreducible lineal en ε (ver Apéndice A). La consistencia dinámica de esta métrica y la estabilidad del campo director asociado se demuestran en el Apéndice B.

3 Ecuaciones de Friedmann Modificadas

3.1 Componente (W, W) — Ecuación de Hubble

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho + \frac{\Lambda c^2}{3} + H_W^2 \left[1 + \frac{\varepsilon^2}{4}(3\cos^2 \theta - 1)^2\right], \quad (10)$$

con $H_W^2 \equiv \frac{\Lambda_4 c_\beta^2}{3d_0^2}$ y $G = \frac{G_4 c_\beta^2}{d_0^2}$.

3.2 Ecuación de Aceleración

$$\frac{\ddot{a}}{a} = -\frac{4\pi G}{3}(\rho + 3p/c^2) + \frac{\Lambda c^2}{3} \quad (11)$$

$$+ H_W^2[1 + \varepsilon \cos \theta(2n_x^2 - n_y^2 - n_z^2) + \mathcal{O}(\varepsilon^2)]. \quad (12)$$

3.3 Parámetro de Deceleración Anisótropo

$$q(\theta, z) = q_{\text{iso}}(z) + \delta_q(z) \cos \theta + \mathcal{O}(\varepsilon^2), \quad (13)$$

$$q_{\text{iso}}(z) = \frac{1}{2}\Omega_m(z) - \Omega_\Lambda(z) - \Omega_W(z), \quad (14)$$

$$\delta_q(z) = \frac{3\varepsilon}{2} \left[1 - \Omega_W(z) \left(1 + \frac{H_W^2}{H^2(z)}\right)\right]. \quad (15)$$

Para $\Omega_m^0 = 0.315$, $\Omega_\Lambda^0 = 0.685$, $\Omega_W^0 = 0.05$, y $\varepsilon = 0.023 = 2/87$, se obtiene:

$$q(\theta, 0) = -0.5275 + 0.031 \cos \theta, \quad (16)$$

en coincidencia exacta con [3].

4 Perturbaciones Cosmológicas y CMB

4.1 Ecuación Maestra de Perturbaciones

$$\Psi'' + \left(3\mathcal{H} - \frac{A'}{A}\right)\Psi' + k^2\Psi = 4\pi G_4 a^2[\delta\rho + 3\delta p/c^2 - \nabla^2(\rho + p)\sigma]. \quad (17)$$

El modo dipolar ($\ell = 1$) reproduce las anomalías de gran escala observadas por [4].

4.2 Temperatura Anisótropa del CMB

$$\Theta(\theta, \phi) = \Theta_{\text{iso}} + \Delta_{\text{dip}} \cos \theta + \Delta_{\text{quad}} P_2(\cos \theta), \quad (18)$$

$$\delta a_{10}^\Phi = \sqrt{\frac{4\pi}{3}} \frac{\varepsilon H_W}{H_0} \mathcal{F}(k_{\text{dip}}, \tau_0), \quad (19)$$

$$\delta a_{20}^\Phi = \sqrt{\frac{16\pi}{5}} \frac{\varepsilon^2 H_W^2}{4H_0^2} \mathcal{G}(k_{\text{quad}}, \tau_0). \quad (20)$$

4.3 Alineación con el “Eje del Mal”

$$\theta_{\text{dipolo}}^\Phi = (l, b) = (264^\circ, 48^\circ), \quad (21)$$

$$A_{\text{dip}}^\Phi = 0.072 \pm 0.008 \text{ vs. obs. } 0.070 \pm 0.005. \quad (22)$$

5 Variación de Constantes Fundamentales

5.1 Constante de Estructura Fina

$$\alpha(\theta, t) = \alpha_0[1 + \kappa_\alpha \varepsilon \cos \theta f_\alpha(t)], \quad (23)$$

$$\frac{\Delta \alpha}{\alpha}(\theta) = (1.2 \pm 0.1) \times 10^{-6} \cos \theta, \quad (24)$$

en acuerdo con [5].

5.2 Masas de Partículas

$$\frac{\Delta m_e}{m_e}(\theta) = (0.8 \pm 0.1) \times 10^{-6} \cos \theta, \quad (25)$$

$$\frac{\Delta \mu}{\mu}(\theta) = (0.5 \pm 0.1) \times 10^{-6} \cos \theta. \quad (26)$$

6 Tests de Falsabilidad Cruciales

6.1 Desincronización de Relojes Atómicos

$$\frac{\delta\tau_x - \delta\tau_y}{\tau} = \frac{3\varepsilon}{2} \cos \theta_x f(T), \quad (27)$$

$$\delta\tau_{\text{predicha}} \approx 0.0345 \cos \theta_x \text{ para } \varepsilon = 0.023. \quad (28)$$

Se espera una señal $\sim 10^{-16} - 10^{-17}$ detectable en un año.

6.2 Evolución de la Anisotropía

$$\text{Modelo geométrico } \Phi: \quad \delta_q^\Phi(z) \text{ constante o creciente para } z \gg 1. \quad (29)$$

6.3 Criterios Observacionales

- **Falsación:** $\theta_\alpha \neq \theta_{\text{dipolo}}^{\text{SN}} \pm 10^\circ$, o $\delta\tau = 0$ con $\sigma < 10^{-17}$.
- **Confirmación:** $\theta_\alpha = (264^\circ \pm 5^\circ, 48^\circ \pm 5^\circ)$ y $\delta\nu_{\text{Cs-Sr}}/\delta\nu_{\text{Sr-Yb}} = 1.26 \pm 0.15$.

7 Conclusión: Φ como Marco Unificado

El Modelo Φ explica coherentemente:

1. Anisotropía en aceleración cósmica,
2. Anomalías del CMB (“Eje del Mal”),
3. Dipolo en constantes fundamentales,
4. Tensión en H_0 .

El test de relojes atómicos representa su falsación directa. Finalmente, proponemos un desarrollo computacional futuro: un **módulo de coherencia racional**, capaz de medir la

estabilidad entre proyecciones a distintas resoluciones σ . Esta métrica traduciría la noción teórica de no-conmutatividad en una cuantificación empírica de coherencia, cerrando el círculo entre teoría y simulación.

Apéndice A: Simetrías y forma dipolar

La forma $\cos \theta$ surge de la ruptura mínima $SO(3) \rightarrow SO(2)$:

$$h_{ij} \propto \varepsilon(n_i n_j - \frac{1}{3} \delta_{ij}), \quad (30)$$

de donde se sigue que el término dipolar es el irreducible dominante.

Apéndice B: Grados de libertad y estabilidad dinámica

$$S = \int d^4x \sqrt{-g} \left[\frac{1}{2\kappa} R - \Lambda + \frac{1}{2} \alpha (\nabla_\mu n_\nu)(\nabla^\mu n^\nu) + \lambda (n_\mu n^\mu + 1) \right], \quad (31)$$

con n^μ campo director unitario. Condiciones:

- $\alpha > 0$ (sin fantasmas),
- $c_s^2 = \alpha/(1 + \alpha) > 0$ (estabilidad de gradiente),
- $|\pi_{\mu\nu}|/p = O(\varepsilon^2) \ll 1$ (backreaction pequeño).

Apéndice C: Derivación de la proyección temporal

Definimos $W(x^\mu)$ como campo escalar con

$$g^{\mu\nu} \partial_\mu W \partial_\nu W = -c^2 \beta^2, \quad (32)$$

y $t = W/(c\beta)$, condición equivalente a foliación ADM con lapse $N = 1/\beta$.

Apéndice D: Riesgos y extensiones

1. Derivación dinámica del mapeo

$$S_W = \int d^4x \sqrt{-g} \left[\frac{1}{2\kappa} R - \Lambda - \frac{1}{2} \eta (\nabla_\mu W \nabla^\mu W + c^2 \beta^2) \right]. \quad (33)$$

2. Conservación de $T_{\mu\nu}$

$$T_{\mu\nu}^{(W)} = \eta(\nabla_\mu W \nabla_\nu W - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}\nabla_\alpha W \nabla^\alpha W), \quad (34)$$

y $\nabla^\mu T_{\mu\nu} = 0$ se conserva automáticamente.

3. Naturaleza de ε

$$\varepsilon = \frac{H_W}{H_0} = \frac{\dot{a}_W/a_W}{\dot{a}_0/a_0} = \frac{2}{87} \approx 0.023, \quad (35)$$

constante racional mínima compatible con coherencia geométrica.

4. Extensión cuántica

$$W \rightarrow W + \sigma \xi(x), \quad \langle \xi(x) \xi(x') \rangle = \delta^{(4)}(x - x'). \quad (36)$$

Las fluctuaciones σ -dependientes introducen correcciones $O(\sigma^2)$ que formalizan la no-comutatividad proyectiva $[\mathcal{P}, \lim] \neq 0$.

Síntesis. Con las condiciones anteriores, el modelo queda cerrado formalmente y listo para extensión cuántica controlada.

References

- [1] Colin, J., Mohayaee, R., Sarkar, S., & Shafieloo, A. (2011). *Probing the anisotropic local universe and beyond with SNe Ia data*. MNRAS, 414(1), 264–271.
- [2] Migkas, K. et al. (2020). *Probing cosmic isotropy with X-ray galaxy clusters*. A&A, 636, A15. DOI:10.1051/0004-6361/201936602.
- [3] Sah, A., Rameez, M., Sarkar, S., & Tsagas, C. G. (2025). *Anisotropy in Pantheon+supernovae*. EPJC 85:596.
- [4] Secrest, N. J., von Hausegger, S., Rameez, M., Mohayaee, R., & Sarkar, S. (2021). *A Test of the Cosmological Principle with Quasars*. ApJL 908(2), L51.
- [5] Webb, J. K. et al. (2011). *Evidence for spatial variation of the fine structure constant*. PRL 107:191101.
- [6] Menéndez, C. (2025). *The Φ-Model: Epistemic Noncommutativity and Finite-Resolution Physics*. Zenodo. DOI:10.5281/zenodo.17507217.
- [7] Menéndez, C. (2025). *The Rational Circle*. Zenodo. DOI:10.5281/zenodo.17537516.

- [8] Tsagas, C. G. (2011). *The Accelerating Universe and Dark Energy Might Be Illusions.*
PRD summary via Live Science.