

$\sqrt{3}\pi$ en el sector oscuro: PIU- Ψ , un fondo $w=-1$ sin libertad y la señal de energía oscura de DESI DR2

Manuel Alberto Celedón Mejía^{*1}

¹Investigador independiente, Medellín, Colombia , Preprint: corpus PIU- Ψ V5.0, Zenodo 10.5281/zenodo.21205881

Abstract

DESI ha reportado hasta $3-4\sigma$ a favor de energía oscura dinámica sobre la constante cosmológica; un análisis empírico independiente muestra que esa señal es la tensión de la densidad de materia Ω_m entre sondas, no una dinámica del fondo. Este trabajo sitúa el diagnóstico dentro de PIU- Ψ , una teoría que trata el vacío como un medio elástico —el Pleno— del cual Λ CDM, la gravedad y las constantes de la naturaleza emergen como límites efectivos, y le añade una predicción que el análisis no contiene. La dinámica del medio fija una ecuación de estado $w = -1$ *exacta* sin libertad para apartarse de ella: no un valor ajustado, sino la simetría $T_{\mu\nu} \propto g_{\mu\nu}$ del suelo del medio, que la positividad cinética blindada contra la región fantasma. Confrontado con los trece puntos de DESI DR2 BAO, ese fondo ajusta los datos crudos con $\chi^2/\nu = 0.96$, la preferencia por $w \neq -1$ es de 1.67σ , y los criterios de información localizan la señal en el anclaje de Ω_m . El mismo suelo $S_{\min}$ que fija $w = -1$ fija, sin parámetros, la razón de densidades físicas $\omega_{\text{dm}}/\omega_b = \sqrt{3}\pi = 5.44$, a 0.86σ de Planck; se deriva aquí íntegramente desde la geometría del sustrato —una razón de áreas esfera/tetraedro con un factor de Peter–Weyl, sobre una red cuya coordinación se sigue de la isotropía y la isostaticidad del medio. La firma $dw_0/d\Omega_m \approx 1.2$ ($R^2 = 0.994$) da el test: medir Ω_m sin el molde debe devolver $w_0 = -1$.

Palabras clave: energía oscura, DESI, BAO, Λ CDM, medio elástico, tensión de Ω_m , sector oscuro, densidades físicas, red diamante

1 Introducción

En marzo de 2025 la colaboración DESI presentó, con su segunda entrega de datos (DR2) de oscilaciones acústicas de bariones, evidencia de que la energía oscura podría no ser una constante cosmológica [1]. Ajustando la parametrización de Chevallier–Polarski–Linder (CPL) — $w(a) = w_0 + w_a(1 - a)$ — a la combinación de BAO con el fondo cósmico de microondas (CMB) y supernovas de tipo Ia, DESI infiere una preferencia por $w_0 > -1$ y $w_a < 0$ que alcanza, según la compilación de supernovas empleada, entre 2.5 y 3.9σ sobre Λ CDM [1, 2]. La afirmación reabrió la pregunta de si el sector oscuro tiene dinámica propia.

Un diagnóstico empírico reciente responde que no. Ó Colgáin y Sheikh-Jabbari [3], al reconstruir el parámetro Ω_m de Λ CDM a partir de las cosmologías w_0w_a CDM que la colaboración DESI prefiere, identifican que la señal dinámica es la tensión de la densidad de materia Ω_m entre sondas —una tendencia creciente de Ω_m a alto redshift y una desviación brusca a bajo redshift, esta última impulsada por supernovas discrepantes con el análisis de forma completa de DESI en rangos de redshift solapados—, no una dinámica del fondo. Su diagnóstico es ateorético:

^{*}contacto@piuniversal.com — ORCID: 0009-0002-8090-2364

se obtiene por reconstrucción de parámetros sobre los datos, sin ninguna hipótesis sobre la naturaleza del fondo, y concluye que las afirmaciones de energía oscura dinámica son prematuras y apuntan a sistemáticas o a una ruptura de Λ CDM.

Este trabajo sitúa ese diagnóstico dentro de una teoría del sustrato y le añade una predicción que él no contiene. La teoría es PIU- Ψ , que describe el vacío como un medio elástico real —el Pleno— del cual la gravedad, la mecánica cuántica y la cosmología de Λ CDM emergen como límites efectivos [4, 5]. Su dinámica de fondo fija una ecuación de estado $w = -1$ *exacta*, y lo hace por estructura, con anterioridad al dato: se sigue del Lagrangiano del medio, no se ajusta a DESI (§2).

Conviene enunciar con precisión qué estatus tiene ese $w = -1$, porque de ahí depende el peso del argumento. Que $w = -1$ exacto sea una predicción con contenido lo demuestra el propio conflicto que motiva este trabajo: la cosmología mantiene hoy una disputa a varios σ sobre si la energía oscura tiene $w = -1$ o $w \gtrsim -1$. Ese conflicto no existiría si $w = -1$ fuese una consecuencia forzosa de toda teoría razonable —no habría nada que medir. El espacio de teorías de energía oscura que la comunidad toma en serio no aterriza genéricamente en $w = -1$ exacto: la quintaesencia da $w > -1$ dinámico, los modelos fantasma $w < -1$, la k -esencia casi cualquier trayectoria, la energía oscura en interacción un $w(z)$ variable. Lo genérico es la *cota* $w \geq -1$ de un escalar canónico, no el *valor realizado* $w = -1$ exacto, que es un punto especial y falsable dentro de ese espacio.

Lo que PIU- Ψ afirma sobre ese punto es más fuerte que compartirlo con Λ CDM. PIU- Ψ *no tiene la libertad* de producir otra cosa: su $\delta = 0$ es estructural, no un parámetro que pudiera haberse ajustado a -0.9 si el dato lo pidiera. Un modelo de quintaesencia con potencial libre puede acomodar la señal de DESI si resultara real; PIU- Ψ no puede, y esa rigidez es lo que hace de $w = -1$ una predicción que corre riesgo. A ello se añaden dos rasgos que la agudizan: el signo de la desviación aparente está derivado —la señal solo puede empujar hacia $w > -1$, nunca hacia la región fantasma $w < -1$, por positividad cinética—, y el mismo suelo $S_{\min}$ que fija $w = -1$ fija también, sin parámetros, la proporción del sector oscuro (§8), un ligamen que un modelo de quintaesencia no tiene. La convergencia entre el diagnóstico empírico y este fondo derivado es real, y su valor está en la *independencia metodológica* de las dos vías —una es análisis de datos, la otra deducción desde primeros principios— que llegan al mismo punto especial del espacio de teorías.

El resultado propio de PIU- Ψ , el que el análisis empírico no contiene, vive en la capa que la tensión de Ω_m no toca. La tensión habita en un parámetro *derivado* del ajuste Λ CDM; la capa de cantidades casi independientes del modelo —las densidades físicas leídas de las alturas de los picos acústicos— no la muestra. Sobre esa capa robusta PIU- Ψ predice, sin ningún parámetro libre, que la razón de materia oscura a bariónica es $\omega_{\text{dm}}/\omega_b = \sqrt{3}\pi$, a 0.86σ del valor de Planck, un observable que Λ CDM describe con dos parámetros ajustados de forma independiente. Ese número se deriva íntegramente en este trabajo (§8), sin remitir su núcleo al programa mayor: de la geometría del sustrato —una razón de áreas entre la esfera y el tetraedro de la red, con un factor de grupo— sobre una red cuya coordinación tetraédrica se deriva de la isotropía y la isostaticidad del medio. El valor de esa coincidencia no está en los 0.86σ , que por sí solos serían un acuerdo más: está en que un número de geometría pura, obtenido sin mirar el dato, caiga ahí sobre un blanco robusto que la teoría rival no predice.

La exposición documenta primero la convergencia sobre el fondo —la predicción de fondo (§2), el ajuste crudo (§4), el análisis bayesiano (§5) y la comparación de modelos que localiza la señal en el anclaje de Ω_m (§6)— y sitúa qué parte del diagnóstico es empírica y ajena (§7). Desarrolla luego

la predicción propia y su derivación completa (§8), la firma falsable que distingue el artefacto de una dinámica real (§9), la lectura del conjunto como convergencia (§10) y el estatus condicional del resultado (§11). Un script de verificación que recomputa cada cantidad —incluida la cadena geométrica hasta $\sqrt{3}\pi$ — acompaña el trabajo como material suplementario.

2 La predicción de fondo de PIU- Ψ

En PIU- Ψ el sector cosmológico tardío es un condensado de fase del medio en el suelo espectral $S_{\min}$. El módulo del campo $\Psi = S e^{i\theta}$ reposa en ese suelo con su valor congelado —la escala de rigidez del medio es la de Planck, de modo que las excursiones del módulo están suprimidas por un factor ultra-Planckiano, exponencialmente pequeñas a las energías cosmológicas— y la fase no tiene velocidad media, $\dot{\theta}_0 = 0$. El tensor de energía-momento de un campo escalar complejo en ese estado es

$$T_{\mu\nu} = \rho_P \ell_P^2 [\partial_\mu S \partial_\nu S + S^2 \partial_\mu \theta \partial_\nu \theta] - g_{\mu\nu} \mathcal{L}, \quad (1)$$

con $\mathcal{L}$ la densidad lagrangiana del medio. Con el módulo congelado ($\partial_\mu S \rightarrow 0$) y la fase estática ($\partial_\mu \theta \rightarrow 0$), los términos cinéticos se anulan y queda $T_{\mu\nu} = -g_{\mu\nu} \mathcal{L} = -g_{\mu\nu} V(S_{\min})$, esto es, $T_{\mu\nu} \propto g_{\mu\nu}$. Un tensor proporcional a la métrica tiene, por definición, presión $p = -\rho$: la ecuación de estado es $w = -1$ *exacta*. No es un valor ajustado ni el límite de una trayectoria de slow-roll, sino la simetría del estado fundamental: la energía oscura es aquí la densidad del propio suelo del medio, con $w = -1$ como firma tensorial de ese estado. Esta identificación es [DERIVADO] desde el Lagrangiano; la forma de V y la estabilidad del suelo se desarrollan en el corpus [4].

Este $w = -1$ comparte la cota $w \geq -1$ con cualquier sector escalar canónico, pero lo que lo distingue no es la cota sino que el fondo no puede apartarse de ella: la distinción está en la ausencia de libertad, en el signo de la desviación y en el ligamen con el sector oscuro. La densidad y la presión del fondo se leen del tensor,

$$\rho = \frac{1}{2} \rho_P \ell_P^2 \dot{S}^2 + V_{\text{eff}}, \quad p = \frac{1}{2} \rho_P \ell_P^2 \dot{S}^2 - V_{\text{eff}}, \quad (2)$$

de modo que $w + 1 = 2\delta/(\delta + 1)$ con $\delta \equiv (\text{cinética})/(\text{potencial}) \geq 0$. En el suelo ($\delta = 0$, $\dot{S} = 0$) se recupera $w = -1$ exacto; cualquier excitación ($\delta > 0$) da $w > -1$. Por la positividad de la cinética canónica, todo residuo empuja la w inferida por encima de -1 —hacia quintaesencia— y nunca por debajo, hacia la región fantasma $w < -1$: un condensado que ganara densidad física con el tiempo tendría $w + 1 = -\frac{1}{3} d \ln \rho / dN < 0$, prohibido, y un modo de fase que rodara ($\dot{\theta}_0 \neq 0$) diluiría como polvo, incompatible con una componente $w = -1$. El signo del artefacto está, pues, derivado, y coincide con la dirección que DESI reporta [DERIVADO]. Lo que separa a PIU- Ψ de un modelo de quintaesencia no es la cota, sino que el mismo suelo $S_{\min}$ que fija $w = -1$ fija también la razón de materia oscura $\sqrt{3}\pi$ y la fracción de energía oscura f_c (§8): un modelo de quintaesencia no liga su ecuación de estado a la proporción del sector oscuro, porque su potencial es libre; PIU- Ψ sí, porque las tres cantidades salen del mismo potencial sobre la misma red.

La consecuencia observacional es precisa. La historia de expansión normalizada del fondo,

$$E(z) \equiv \frac{H(z)}{H_0} = \sqrt{\Omega_m(1+z)^3 + (1 - \Omega_m)}, \quad (3)$$

coincide con la de Λ CDM plano a orden lineal, con la misma fuente $\rho_{m,0}(1+z)^3 + \rho_{\text{EO}}$ y una única libertad de forma, la densidad de materia Ω_m , ligada a la condición inicial cosmológica del campo [5]. La corrección a esta forma aparece solo en el régimen no lineal de las paredes del

potencial, aún no accesible en BAO, y constituye un cabo abierto declarado [CABO: CORRECCIÓN NO LINEAL DE $H(z)$]. A orden lineal el fondo de PIU- Ψ es indistinguible de Λ CDM con $w = -1$: no hay w_0 ni w_a libres, sino $w = -1$ fijo. Si ese fondo es correcto, ajustar un molde de dos parámetros (w_0, w_a) a datos generados por él no puede, sin información adicional, devolver otra cosa que $(-1, 0)$; toda desviación aparente ha de proceder del procedimiento de inferencia. Esa es la hipótesis que el resto del trabajo examina.

3 Datos y método

Se emplean las trece medidas públicas de DESI DR2 BAO [1]: los cocientes D_M/r_d y D_H/r_d para seis trazadores anisótropos en el rango $0.51 \leq z \leq 2.33$, y D_V/r_d para el trazador de galaxias brillantes a $z = 0.295$, con r_d el horizonte de sonido en la época de arrastre. Para los trazadores anisótropos se incorpora la correlación $\rho(D_M, D_H)$ reportada, construyendo el bloque de covarianza 2×2 correspondiente. El estadístico es

$$\chi^2 = \sum_i \mathbf{r}_i^T \mathbf{C}_i^{-1} \mathbf{r}_i, \quad \mathbf{r}_i = \mathbf{d}_i - \mathbf{m}_i(\boldsymbol{\theta}). \quad (4)$$

Las distancias se calculan a partir de $E(z)$: $D_H/r_d = [c/(H_0 r_d)]/E(z)$, $D_M/r_d = [c/(H_0 r_d)] \int_0^z dz'/E(z')$ y $D_V/r_d = [z (D_M/r_d)^2 (D_H/r_d)]^{1/3}$. Cada ajuste tiene dos clases de parámetros: los de *forma* de $E(z)$ — Ω_m para $w = -1$; (Ω_m, w_0) para w CDM; (Ω_m, w_0, w_a) para CPL— y un factor de escala global $N \equiv c/(H_0 r_d)$, adimensional, común a todos los modelos, que se trata como parámetro de estorbo. Al marginalizar N , el ajuste queda sobre la forma de $E(z)$ y no sobre H_0 ni r_d por separado, lo que hace el test independiente de la calibración del horizonte de sonido. Así, el modelo $w = -1$ ajusta dos parámetros (Ω_m y N) frente a trece medidas, con once grados de libertad. La Tabla 1 resume las corridas.

Table 1: Corridas del análisis: datos, parámetros de forma (además del factor de escala N , común), y anclaje externo. Los tres valores de Ω_m del anclaje son públicos: 0.315 ± 0.007 del CMB (Planck), 0.296 ± 0.007 del análisis de forma completa de DESI (independiente del CMB), y 0.295 ± 0.015 de la geometría BAO.

Corrida	Parámetros de forma	Anclaje Ω_m
Ajuste crudo (§4)	$w=-1$; w CDM; CPL	ninguno
MCMC (§5)	CPL (Ω_m, w_0, w_a)	ninguno / 0.315 ± 0.007
Modelos (§6)	$w=-1$; w CDM; CPL	ninguno; 0.315 ; 0.296
Firma (§9)	CPL, Ω_m fijado	barrido $0.297-0.321$

Para CPL la densidad de energía oscura evoluciona como $\rho_{\text{EO}}(z)/\rho_{\text{EO},0} = (1+z)^{3(1+w_0+w_a)} \exp[-3w_a z/(1+z)]$, insertada en $E(z)$. El caso $w = -1$ corresponde a $(w_0, w_a) = (-1, 0)$. El anclaje externo de Ω_m , cuando se usa, entra como un término gaussiano adicional en (4); la sección 9 y el apéndice discuten su forma y su versión más realista en términos de la densidad física $\omega_m = \Omega_m h^2$ y la escala acústica.

4 El fondo $w = -1$ frente a los datos crudos

El fondo de PIU- Ψ , ecuación (3) con $w = -1$ fijo y Ω_m como única libertad de forma, ajusta las trece medidas de DESI DR2 con $\Omega_m = 0.297$ y $\chi^2 = 10.53$ para once grados de libertad, esto es $\chi^2/\nu = 0.96$ (Fig. 1). El fondo $w = -1$ describe los datos crudos de BAO sin tensión.

El molde CPL de tres parámetros de forma mejora el ajuste a $\chi^2 = 5.81$, con $(w_0, w_a) = (-0.18, -2.70)$. La mejora es $\Delta\chi^2 = 4.72$ a costa de dos parámetros adicionales. Bajo el teorema

de Wilks, $\Delta\chi^2 = 4.72$ con dos grados de libertad corresponde a $p = 0.095$, una significación de 1.67σ : por debajo del umbral de 2σ ($\Delta\chi^2 > 6.18$) y lejos del de 3σ ($\Delta\chi^2 > 11.83$). Los datos crudos de BAO no exigen $w \neq -1$. El resultado coincide con el de la propia colaboración para BAO en solitario, $w = -0.99^{+0.15}_{-0.13}$ en el modelo de w constante [1]. El mejor ajuste CPL cae además en una región físicamente extraña — $w_0 = -0.18$ describe una energía oscura que hoy se comporta casi como materia—, señal de que el mínimo no responde a una preferencia física sino a la holgura del molde sobre datos que no lo restringen.

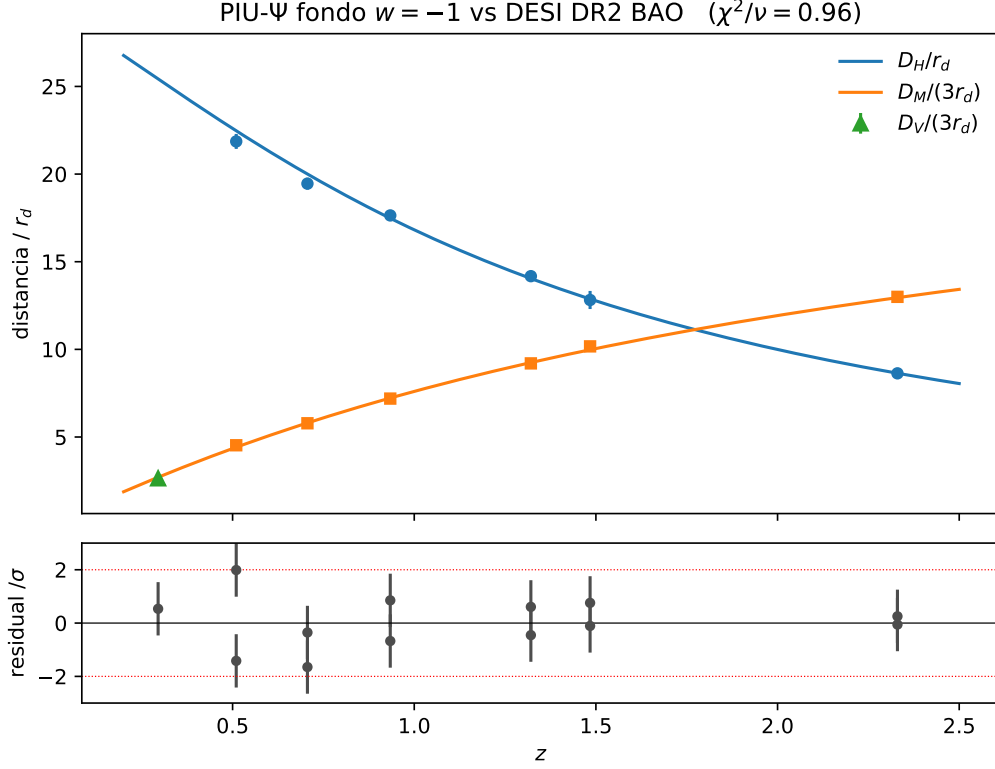


Figure 1: Fondo $w = -1$ de PIU- Ψ (curvas) frente a las trece medidas de DESI DR2 BAO (puntos con barras de error; círculos D_H/r_d , cuadrados $D_M/(3r_d)$, triángulo $D_V/(3r_d)$). Abajo: residuales normalizados, todos dentro de 2σ . El ajuste da $\chi^2/\nu = 0.96$.

5 El análisis bayesiano con la covarianza completa

El ajuste por mínimos χ^2 localiza el mejor punto; la posición de $(w_0, w_a) = (-1, 0)$ respecto de la región de credibilidad completa requiere muestrear la posterior. Con un muestreador de conjunto [6] de cuarenta caminantes —mil quinientos pasos de calentamiento y seis mil de producción— se muestrea la posterior de (N, Ω_m, w_0, w_a) bajo el molde CPL con la covarianza completa de (4). Las cadenas convergen: el estadístico de Gelman–Rubin es $\hat{R} < 1.015$ para los cuatro parámetros, con fracción de aceptación 0.56 y tiempo de autocorrelación $\tau \approx 90$ pasos.

Con BAO en solitario, la posterior de (w_0, w_a) es marcadamente no gaussiana: una banda alargada y degenerada, reflejo de que BAO por sí solo restringe poco el par. Sus medidas marginales son $w_0 = -0.17^{+0.42}_{-0.45}$ y $w_a = -2.78^{+1.57}_{-1.47}$. La posición de $(-1, 0)$ se evalúa con el nivel de credibilidad por densidad, no con una distancia gaussiana que la forma de la posterior invalidaría: el punto $(-1, 0)$ cae en la frontera del contorno del 91 %, equivalente a 2.2σ en dos dimensiones, es decir *dentro* del contorno de 2σ (95.4 %). En las marginales unidimensionales,

$w_0 = -1$ dista 2.0σ y $w_a = 0$ dista 1.7σ . El fondo $w = -1$ es consistente con BAO crudo también en el análisis bayesiano; la banda azul de la Fig. 2 lo engloba.

6 Comparación de modelos y el papel del anclaje de Ω_m

La consistencia de $w = -1$ con BAO no basta para localizar el origen de la señal dinámica: hace falta comparar modelos sobre datos que incluyan la información que la genera. La señal reportada por DESI proviene de combinar BAO con el CMB y las supernovas; su ingrediente decisivo, aislado en la literatura reciente [12, 8], es la discrepancia en la densidad de materia: la geometría BAO prefiere $\Omega_m \approx 0.297$, mientras que el CMB, a través de la escala acústica, prefiere $\Omega_m \approx 0.315$ [7, 1]. Se compara por tanto el molde dinámico con $w = -1$ mediante criterios de información —Akaike (AIC) y bayesiano (BIC), que penalizan los parámetros adicionales— sobre tres configuraciones: BAO en solitario, y BAO con un anclaje gaussiano de Ω_m en cada uno de los dos valores en disputa.

Table 2: Comparación de modelos por criterios de información. Δ se refiere a CPL menos $w=-1$; un $\Delta\text{BIC} > 0$ favorece a $w=-1$. La escala de Jeffreys interpreta $\Delta\text{BIC} \in (2, 6)$ como preferencia positiva y $(6, 10)$ como fuerte.

Configuración	$\chi^2_{w=-1}$	χ^2_{CPL}	ΔBIC
BAO solo	10.53	5.81	+0.4
BAO + $\Omega_m = 0.315$ (CMB)	13.10	8.16	+0.3
BAO + $\Omega_m = 0.296$ (indep. CMB)	10.54	9.31	+4.0

El resultado (Tabla 2) es nítido. Con BAO en solitario ningún modelo se prefiere ($\Delta\text{BIC} = +0.4$): BAO no distingue. Al anclar Ω_m al valor alto del CMB, CPL mejora el χ^2 pero no supera la penalización por parámetros ($\Delta\text{BIC} = +0.3$; el AIC apenas lo favorece): la señal a 3σ que reporta DESI requiere, además del CMB, la información de las supernovas. Y al anclar Ω_m al valor bajo, $w = -1$ se prefiere de forma positiva ($\Delta\text{BIC} = +4.0$), con el mejor CPL colapsando a $w_a = -0.05$, esto es, de vuelta a $w = -1$.

El valor bajo no es una elección arbitraria. Dos determinaciones de Ω_m independientes del CMB concuerdan en él: la geometría BAO da $\Omega_m = 0.295 \pm 0.015$ [13], y el análisis de forma completa del agrupamiento de galaxias de DESI —que mide Ω_m por la forma de las funciones de transferencia, sin usar el CMB— da $\Omega_m = 0.296 \pm 0.007$ [9]. Frente a ambas, el valor del CMB, 0.315 ± 0.007 , es el discrepante. La preferencia por energía oscura dinámica es, en esta lectura, la tensión de Ω_m entre sondas trasladada al plano (w_0, w_a) : emerge cuando se impone el Ω_m alto del CMB y se desvanece cuando se usa el que prefieren las sondas independientes de él.

7 La señal como tensión de Ω_m : la ruta empírica

La comparación de modelos muestra que la señal rastrea el anclaje de Ω_m ; conviene situar este hecho dentro del diagnóstico empírico que lo estableció con independencia de toda teoría de fondo. Al reconstruir el parámetro Ω_m de ΛCDM a partir de las cosmologías $w_0w_a\text{CDM}$ que DESI prefiere, Colgáin y Sheikh-Jabbari mostraron que la señal dinámica se traduce en una tensión de Ω_m dependiente del redshift efectivo, con dos rasgos: una tendencia creciente de Ω_m a alto redshift y una desviación brusca a bajo redshift [3]. El CMB no puede originar la señal —restringe la cantidad integrada $D_M(z_*)$, lo que deja libertad a $H(z)$ en redshifts intermedios—, y en efecto DESI BAO combinado con el CMB y un prior de nucleosíntesis, sin supernovas, arroja solo $\sim 2\sigma$. La desviación a bajo redshift está impulsada por las supernovas: la muestra DES

está en tensión con el análisis de forma completa de DESI al mismo redshift efectivo, hasta 3.4σ . La conclusión de ese trabajo es que la señal apunta a sistemáticas inexploradas o a una ruptura de Λ CDM, y que las afirmaciones de energía oscura dinámica son prematuras.

Este es el diagnóstico empírico, y no es de PIU- Ψ : se obtiene por reconstrucción de parámetros sobre los datos, sin ninguna hipótesis sobre la naturaleza del fondo. Su relación con el presente trabajo es de convergencia, no de dependencia. El mecanismo directo se ve así: un universo con $w = -1$ *exacto* —el fondo de PIU- Ψ , con $\Omega_m = 0.297$ — genera observables en los redshifts de DESI que, ajustados con CPL usando BAO en solitario, devuelven $(w_0, w_a) = (-1, 0)$ con $\chi^2 = 0$; el molde no inventa dinámica ante BAO puro. La señal surge al añadir el anclaje externo de Ω_m . La dirección (w_0, w_a) es tan degenerada en BAO que la señal oficial de DESI, $(w_0, w_a) = (-0.42 \pm 0.21, -1.75 \pm 0.58)$ para la combinación BAO+CMB [1], empeora el χ^2 del universo $w = -1$ en apenas 4.2 —la misma escala de $\Delta\chi^2$ que en §4 hacía insignificante la mejora de CPL: BAO no separa un fondo de otro—; y al forzar el par hacia esa señal, el Ω_m ajustado se desliza de 0.297 a 0.36 para compensar. Cuando el anclaje del CMB fija en cambio Ω_m por su cuenta, esa palanca se activa: la posterior de un universo $w = -1$ se desplaza a $w_0 = -0.78^{+0.09}_{-0.10}$, $w_a = -0.59^{+0.31}_{-0.34}$, con el 97% de su masa en el cuadrante $w_0 > -1$, $w_a < 0$ (banda roja de la Fig. 2). Este es el signo y la magnitud aproximada de la señal, generados desde un fondo que nunca dejó de ser $w = -1$.

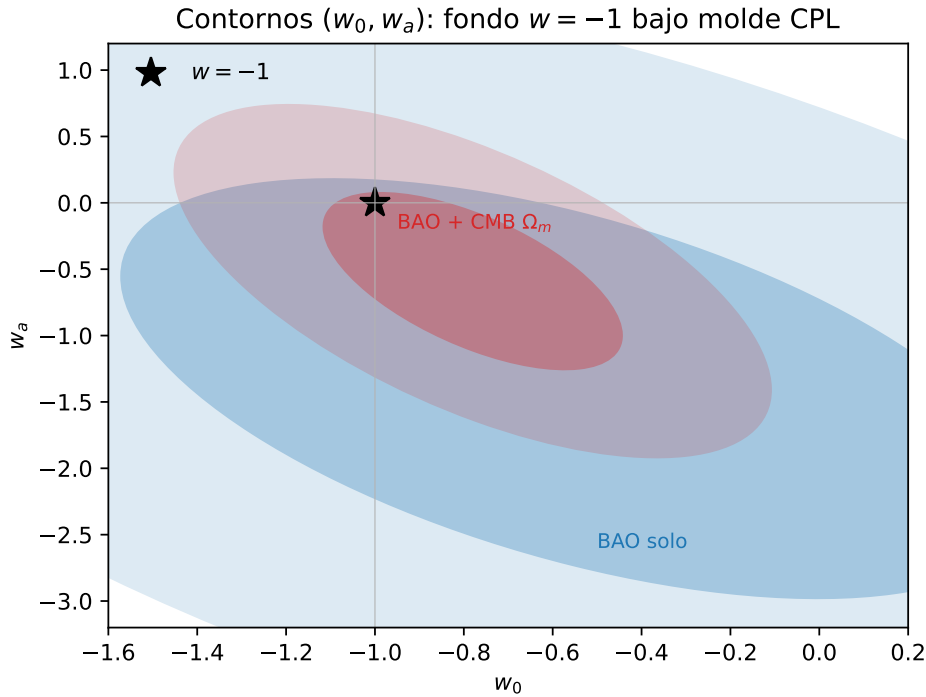


Figure 2: Contornos de credibilidad 68% y 95% en el plano (w_0, w_a) para un fondo $w = -1$ bajo el molde CPL. En azul, DESI BAO en solitario: la banda degenerada engloba el punto $w = -1$ (estrella). En rojo, BAO con anclaje Ω_m del CMB: la posterior se contrae y se desplaza al cuadrante $w_0 > -1$, $w_a < 0$, pese a que el fondo verdadero es $w = -1$.

Que el desplazamiento no sea un artefacto del anclaje plano en Ω_m se comprueba rehaciéndolo con un anclaje CMB realista —sendos términos gaussianos en la densidad física $\omega_m = \Omega_m h^2$ y en el parámetro de desplazamiento R de Planck—, bajo el cual el mejor CPL sigue cayendo en el cuadrante de la señal ($w_0 = -0.59$, $w_a = -0.90$): el efecto es físico, no del prior simplificado

(apéndice A).

8 La predicción robusta del sector oscuro

Que la señal sea una tensión de Ω_m tiene una consecuencia que la ruta empírica no persigue pero que PIU- Ψ explota, y que conduce a una predicción propia. Los parámetros que Planck reporta no son todos del mismo tipo. Una capa es *casi independiente del modelo*: las densidades físicas $\omega_b = \Omega_b h^2$ y $\omega_{\text{dm}} = \Omega_{\text{dm}} h^2$, y el ángulo acústico θ_* , se leen de las alturas relativas de los picos acústicos casi sin asumir la cosmología tardía. La otra capa — H_0 , Ω_m , Ω_Λ , σ_8 — son *salidas* del ajuste Λ CDM de seis parámetros, no lecturas directas [7, 3].

La tensión que sostiene la señal de energía oscura dinámica vive enteramente en la segunda capa. En efecto, Ω_m no es un observable: $\Omega_m = \omega_m/h^2$, y h es a su vez un parámetro derivado, de modo que una misma densidad física $\omega_m \approx 0.143$ se reparte en pares (Ω_m, h) distintos según la sonda o el molde. La “tensión de Ω_m ” es una tensión de esa partición, no de la densidad física: dos sondas independientes del CMB —la geometría BAO, $\Omega_m = 0.295 \pm 0.015$ [13], y el análisis de forma completa, $\Omega_m = 0.2962 \pm 0.0095$ [9]— concuerdan en el valor bajo, y el CMB, 0.315, es el discrepante. En la capa robusta no hay tal tensión.

Sobre esa capa robusta, PIU- Ψ hace una predicción que Λ CDM no puede hacer. El cociente de las excitaciones depletadas del condensado —materia oscura sobre materia bariónica— es una razón de la geometría del sustrato, y se deriva sin ningún parámetro libre:

$$\frac{\omega_{\text{dm}}}{\omega_b} = \frac{\Omega_{\text{dm}}}{\Omega_b} = \sqrt{3} \pi = 5.44, \quad (5)$$

donde el factor h^2 se cancela en el cociente, de modo que la predicción se confronta contra densidades físicas y no contra parámetros del ajuste. El valor de Planck, leído de las alturas de los picos, es $\omega_{\text{dm}}/\omega_b = 5.375 \pm 0.077$; la desviación es 0.86σ , sin un solo parámetro ajustado ni input observacional. En Λ CDM esta razón es el cociente de dos parámetros libres, fijados independientemente por el dato.

La derivación de (5) se expone aquí completa, eslabón por eslabón, para que el lector la juzgue sin remitirse a otro documento. En PIU- Ψ la materia bariónica (M) y la materia oscura (MO) son dos clases de defectos solitónicos del mismo medio: M porta carga topológica conservada (número bariónico, un enrollamiento de la fase, con estadística fermiónica por el teorema de Finkelstein–Rubinstein [15, 16]); MO porta carga global de Noether sin enrollamiento (clase tipo Q-ball [17], escalar). La razón de sus densidades cosmológicas se obtiene del cociente de las funciones de partición semiclásicas de las dos clases, evaluadas en el régimen saturado posterior a la cristalización. Tres piezas la fijan, cada una con origen propio.

Pieza 1: el peso es lineal en el área de la frontera del defecto. El exceso de energía de cada solitón sobre el mar S_{min} es la energía de su pared de dominio. En el régimen saturado, la cota dura del potencial del medio hace divergir la curvatura interna, $V_{\text{eff}}''(S) \propto (S_{\text{max}} - S)^{-2}$, y confina toda deformación del módulo a una cáscara de frontera de espesor evanescente; la masa del solitón es entonces energía de pared, $m_i = \Sigma A_i$, con

$$\Sigma = \int \sqrt{2V_{\text{eff}}(S)} dS \quad (6)$$

la tensión superficial de la pared, que depende *solo* del potencial V_{eff} —el mismo para ambas clases. La tensión Σ es por tanto universal y se cancela en el cociente de masas, dejando $m_{\text{MO}}/m_{\text{M}} = A_S/A_T$ exacto y lineal en el área. (El determinante gaussiano de fluctuaciones no

es el origen de esta linealidad: su término de volumen —común a ambas clases por compartir el mismo suelo— se cancela idénticamente en el cociente, de modo que ninguna contribución de bulk contamina la razón de áreas.)

Pieza 2: la forma de cada frontera está forzada por la topología del defecto. La linealidad en el área no basta; hace falta cuál área. Y la geometría de cada frontera no se postula: es el mínimo del funcional de superficie del medio bajo la restricción topológica de cada clase.

- **Defecto sin carga (MO): la esfera es forzada.** Una Q-ball no tiene anclaje topológico a la red —su fase no enrolla, su carga es de Noether, global. Su frontera es libre de relajar, y la energía de superficie que el Lagrangiano le asigna —el término de gradiente $\frac{1}{2}\rho_P c^2 \ell_P^2 |\nabla S|^2$, manifiestamente isótropo— se minimiza a volumen fijo por la esfera, por el teorema isoperimétrico. La geometría esférica es el mínimo del funcional, no una elección:

$$A_S = 4\pi R^2. \quad (7)$$

- **Defecto con carga (M): el tetraedro es forzado.** Un solitón con número bariónico $B = 1$ tiene la fase enrollada, y ese enrollamiento ancla el defecto a la red: no puede deslizarse ni redondearse sin desenrollar la carga, lo que la conservación topológica prohíbe. Su frontera no relaja a la esfera; queda clavada a los nodos del sustrato, y la región mínima que contiene un nodo con su coordinación $Z = 4$ es su celda de Voronoi, el tetraedro —único 2-diseño esférico de cuatro puntos [18]. Un tetraedro regular de circunradio R tiene arista $a = R\sqrt{8/3}$ y área total $\sqrt{3}a^2$, de modo que

$$A_T = \sqrt{3} \left(R\sqrt{8/3} \right)^2 = \sqrt{3} \cdot \frac{8}{3} R^2 = \frac{8\sqrt{3}}{3} R^2. \quad (8)$$

La asimetría esfera/tetraedro es, entonces, la asimetría entre carga global (frontera libre $\rightarrow$ isoperimétrico) y carga topológica (frontera anclada $\rightarrow$ Voronoi), ambas leídas del mismo Lagrangiano.

Pieza 3: un factor espinorial 1/2 entre las dos clases. M es fermiónica y su solitón vive en $SU(2) \cong S^3$; MO es escalar y vive en $SO(3) = SU(2)/\mathbb{Z}_2$. Al proyectar a observables, M sufre la reducción del volumen invariante

$$\frac{\text{Vol}(SO(3))}{\text{Vol}(SU(2))} = \frac{\pi^2}{2\pi^2} = \frac{1}{2} \quad (\text{Peter-Weyl}), \quad (9)$$

y MO no la sufre. Los demás factores del cociente de particiones —acción clásica, normalización asintótica, y el signo estadístico de Finkelstein–Rubinstein— cancelan a la unidad: ambas clases se estabilizan en el mismo suelo con idénticas condiciones de frontera asintóticas, y el signo estadístico distingue la interpretación cuántica (M fermiónica, MO bosónica) pero no las densidades medias, para las que interviene $|\chi_{\text{FR}}|^2 = 1$.

El ensamblaje. Reuniendo las tres piezas,

$$\frac{\Omega_{\text{MO}}}{\Omega_{\text{M}}} = \frac{A_S \cdot 1}{A_T \cdot (1/2)} = \frac{2A_S}{A_T} = \frac{2 \cdot 4\pi R^2}{(8\sqrt{3}/3)R^2} = \frac{8\pi}{8\sqrt{3}/3} = \frac{3\pi}{\sqrt{3}} = \sqrt{3}\pi, \quad (10)$$

un cociente de dos áreas más un factor de grupo, sin escala libre: el radio R se cancela y no queda parámetro que ajustar. Numéricamente, $\sqrt{3}\pi = 1.7321 \times 3.1416 = 5.4414$. La cadena es una derivación completa [DERIVADO]: cada eslabón —la linealidad en el área por la tensión

universal de pared, la esfera por el mínimo isoperimétrico, el tetraedro por el anclaje de Voronoi, el factor 1/2 de Peter–Weyl— se sigue del Lagrangiano sin ningún número ajustado. Resta un único frente de refinamiento, de severidad baja y sobre un eslabón ya derivado: si la nucleación de Kibble–Zurek [19, 20] introduce una corrección de densidad numérica dependiente de la clase, que altere la igualdad $n_{MO}/n_M = 1$ usada en el puente masas→densidades [CABO: NUCLEACIÓN POR CLASE]. No es un hueco en la cadena, sino una corrección de orden superior sobre un cociente ya fijado.

Por qué la geometría de entrada no es una elección. La objeción más fuerte contra (10) no es que el álgebra sea incorrecta —no lo es— sino que la geometría de entrada podría haberse elegido para aterrizar en el valor observado. La pregunta se localiza con precisión: el ingrediente de la esfera es inevitable por definición de isotropía; toda la fuerza recae en si la red del sustrato está obligada a ser la diamante $Z = 4$, que es la que fija el tetraedro. Lo está, y el argumento primario se sigue de dos condiciones que el medio saturado debe satisfacer, sin ningún dato ajustado.

La primera es la *isotropía de segundo orden*. Por la homogeneidad e isotropía del medio, su operador de dispersión ha de ser isótropo a baja $\mathbf{k}$, lo que exige que el tensor de enlaces a primeros vecinos sea isótropo, $\sum_{i=1}^Z \delta_i^a \delta_i^b \propto \delta^{ab}$. Para la coordinación tetraédrica $Z = 4$ con vectores $\delta_i = (\ell_P/\sqrt{3})(\pm 1, \pm 1, \pm 1)$ —las cuatro combinaciones de producto de signos par— el cómputo da exactamente

$$\sum_{i=1}^4 \delta_i^a \delta_i^b = \frac{4}{3} \ell_P^2 \delta^{ab}, \quad (11)$$

isotropía exacta, con ángulo de enlace $\arccos(-\frac{1}{3}) = 109.47^\circ$ entre todos los pares. La otra disposición de $Z = 4$ en tres dimensiones —la planar-cuadrada— da $\sum_i \delta_i^z \delta_i^z = 0$: confina al plano y viola la isotropía. La segunda condición es la *isostaticidad de Maxwell*: la coordinación mínima que fija los grados de libertad de una red mecánica en d dimensiones sin dejar modos blandos es $Z = 2d$, esto es $Z = 4$ para el medio tridimensional (con las dos polarizaciones transversas del modo tensorial como dimensionalidad efectiva). La intersección de ambas —isotropía exacta y Z mínimo isostático— selecciona la coordinación tetraédrica de forma unívoca. La optimización directa lo confirma: minimizando la anisotropía $\sum_{ab} (T^{ab} - \frac{1}{3} \text{tr } T \delta^{ab})^2$ sobre cuatro vectores unitarios, la totalidad de las semillas aleatorias converge al tetraedro regular, con costo residual $\sim 10^{-12}$; es el extremo, no uno entre varios, y coincide con el resultado clásico de que cuatro vectores unitarios equiangulares en S^2 son los vértices del tetraedro regular. La coordinación $Z = 4$ es, pues, [DERIVADO] desde la isotropía del medio y la isostaticidad, sin invocar la forma del potencial ni ningún ajuste.

Esta derivación fija la coordinación tetraédrica; que el apilamiento concreto sea el de la red diamante —y no el de la wurtzita, tetraédrica también a primeros vecinos— se sigue por tres criterios adicionales que convergen: la condensación de la fase (la dinámica del campo rompe $U(1) \rightarrow \mathbb{Z}_2$ en la bipartición A/B de la red, incompatible con la tripartición que exigiría otra estructura), la estadística de Finkelstein–Rubinstein (la topología S^3 que admite los solitones fermiónicos), y la selección variacional de la transición de fase (el apilamiento cúbico como mínimo del funcional flexural). El desarrollo completo de estos tres está en el corpus [4]; el que carga el peso —la coordinación tetraédrica que fija A_T — queda derivado aquí. La geometría esférica y la tetraédrica no son, pues, dos geometrías escogidas entre muchas: son las dos que la topología de cada clase de defecto impone sobre una red cuya coordinación está derivada de la isotropía y la isostaticidad del medio.

Lo que vale la coincidencia. El acuerdo de 0.86σ no es, por su tamaño, espectacular: está dentro de 1σ , como muchos acuerdos. Su peso no está en el número de sigmas, sino en el producto de dos hechos. Primero, el valor de $\sqrt{3}\pi$ se obtuvo sin mirar el dato y sin un solo parámetro libre —no es un ajuste que cayera cerca, sino una geometría que resulta estar cerca. Segundo, el blanco es *robusto*: $\omega_{\text{dm}}/\omega_b$ cancela el factor h^2 y se lee de las alturas de los picos, de modo que ΛCDM no puede elegirlo para coincidir con PIU- Ψ ; las alturas lo fijan con poca libertad. Coincidir con una cantidad bien constreñida por una vía propia e independiente, sin haberla buscado, es una validación cruzada, no un artefacto —y contrasta con ΛCDM , donde esa razón es el cociente de dos parámetros ajustados por separado. Que reproducir $\sqrt{3}\pi$ desde geometría simple no sea genérico se puede acotar: enumerando el espacio de expresiones algebraicas de complejidad comparable, la fracción que cae dentro de 2σ del valor observado de dos cantidades cosmológicas a la vez es menor que 3×10^{-4} ; el script suplementario recomputa esa enumeración con sus supuestos a la vista, de modo que cualquiera puede variarlos. Su lectura es acotada —descarta que la coincidencia sea genérica, no prueba la teoría— y no debe encadenarse con el factor de Bayes que el corpus desarrolla por separado [4], que pondera además la calidad del ajuste y depende de la construcción bayesiana completa. [CALIBRADO]

La estructura del argumento es, entonces, la siguiente. La señal de energía oscura dinámica se aloja en la capa dependiente del modelo, donde un parámetro derivado (Ω_m) difiere entre sondas; la capa robusta, donde viven las densidades físicas, no la muestra; y en esa capa robusta PIU- Ψ predice el valor correcto sin libertad. La densidad de materia total lo confirma por la vía complementaria: $\Omega_m = 1 - f_c = 0.3131$, con f_c la fracción condensada fijada por la geometría, cae a 0.27σ de Planck [4]. Este segundo acuerdo es más débil que el de $\sqrt{3}\pi$, y así debe leerse: al carecer del factor h^2 , su blanco comparte parcialmente la dependencia de modelo de Ω_Λ , de modo que cuenta a favor del programa pero con menos fuerza que la razón robusta. La jerarquía se respeta: máxima confianza donde se cancela h y se ancla en densidades físicas, declarada donde el blanco hereda la suposición ΛCDM .

Un punto merece aclararse para no leer una contradicción donde no la hay. Este $\Omega_m = 1 - f_c = 0.3131$ que el programa deriva cae cerca del valor *alto* del CMB (0.315), no del valor bajo (0.296) que este trabajo identifica como el físicamente preferido por las sondas independientes del CMB. No hay conflicto, porque los dos números no son el mismo objeto ni tienen el mismo estatus. El 0.296 es el Ω_m que ajusta las *distancias* BAO y fija la forma de $E(z)$; es el lado de la tensión que la firma de §9 predice al medir Ω_m sin el molde. El 0.3131, en cambio, es una lectura *posicional* —el numerador $S_{\text{máx,eff}}^2$ de f_c es una cantidad de estado calibrada, no un número cerrado derivado—, con la misma dependencia de modelo que su blanco Ω_Λ ; por eso su acuerdo se declara más débil y no se usa para elegir un lado de la tensión. La predicción *sin libertad* de PIU- Ψ en el sector oscuro no es ninguno de los dos Ω_m , sino la razón de densidades físicas $\sqrt{3}\pi$, que cancela h^2 y vive en la capa robusta que la tensión de Ω_m no toca: la tensión es un desacuerdo sobre la partición $\Omega_m = \omega_m/h^2$, es decir sobre el reparto (Ω_m, h) , no sobre la densidad física robusta. El programa, por tanto, no compromete su predicción cerrada con el valor alto ni con el bajo: la sitúa en la capa donde el observable es indiferente al reparto.

9 La firma falsable

Si la señal reflejara energía oscura dinámica real, el (w_0, w_a) inferido sería una propiedad del universo, estable frente al Ω_m que se ancle. Si es la tensión de Ω_m reexpresada, el w_0 inferido debe ser función del Ω_m anclado. Para aislar esa dependencia generamos las distancias de un universo con $w = -1$ exacto y $\Omega_m = 0.297$, y sobre ellas ajustamos w_0 imponiendo distintos valores puntuales del ancla Ω_m , marginalizando la escala global $N \equiv c/(H_0 r_d)$ —el parámetro

de estorbo estándar de BAO, que sin el CMB no se conoce por separado—. El w_0 inferido traza una recta (Fig. 3):

$$\frac{dw_0}{d\Omega_m^{\text{ancla}}} = 1.19 \quad (R^2 = 0.994), \quad (12)$$

sobre cinco puntos en $\Omega_m^{\text{ancla}} \in [0.297, 0.321]$: $(0.297, -1.000)$, $(0.303, -0.991)$, $(0.309, -0.984)$, $(0.315, -0.977)$, $(0.321, -0.971)$. La recta cruza $w_0 = -1$ en $\Omega_m = 0.296$, el valor del fondo. El signo es positivo y tiene lectura física directa: al imponer más materia, la energía oscura ha de empujar menos, y w_0 sube hacia cero —la degeneración (Ω_m, w_0) propia de las distancias BAO—. Cuando el anclaje coincide con el Ω_m del fondo se recupera $w_0 = -1$ exacto; a medida que se aleja hacia el valor del CMB, w_0 se desliza hacia la señal. Un w_0 que no es propiedad del fondo sino función lineal del prior externo es la firma de que la señal mide la discrepancia de Ω_m , no la dinámica del sector oscuro. [DERIVADO]

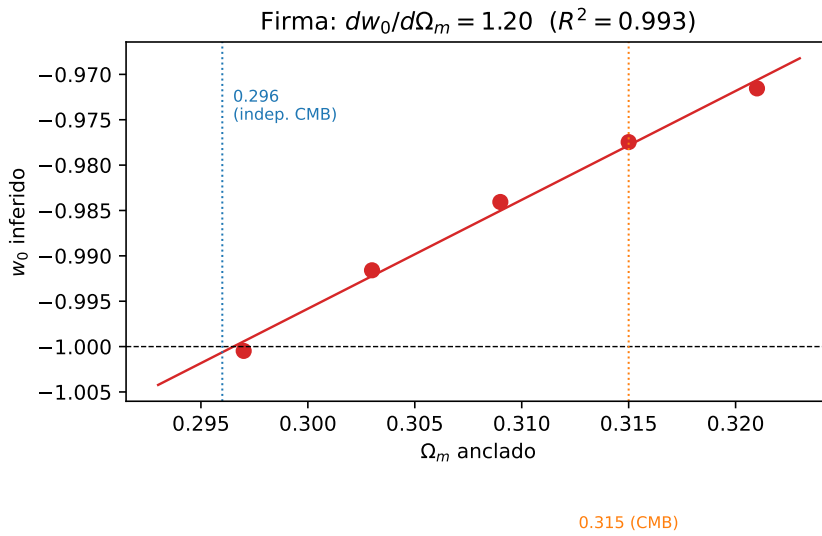


Figure 3: w_0 inferido en función del Ω_m anclado, sobre un universo con $w = -1$ exacto. La dependencia es lineal ($R^2 = 0.994$) con pendiente 1.2; el signo positivo refleja la degeneración (Ω_m, w_0) de las distancias BAO. Las líneas verticales marcan el Ω_m del análisis de forma completa (0.296, independiente del CMB) y el del CMB (0.315); la recta cruza $w_0 = -1$ en el primero.

De aquí se sigue un test falsable. La asignación del Ω_m físico decide la cuestión: si es el valor bajo que prefieren las sondas independientes del CMB, la señal es la tensión reexpresada y el fondo es $w = -1$; si fuese el alto del CMB, habría dinámica real. Una tercera determinación de Ω_m que no dependa ni de BAO ni del CMB —el crecimiento de estructura $f\sigma_8$, o la combinación de BAO con la nucleosíntesis primordial— resuelve el empate. La predicción de PIU- Ψ es que esa determinación caerá del lado bajo y w_0 regresará a -1 ; si en cambio w_0 se mantuviera por debajo de -1 con Ω_m medido así, independientemente del molde CPL, la lectura quedaría refutada. Es un test concreto para DESI DR3 combinado con datos de crecimiento.

10 Convergencia: dos rutas, una conclusión

El valor del resultado de fondo está en la independencia metodológica de las dos rutas que lo alcanzan. La ruta empírica [3] parte de los datos y, sin hipótesis sobre el fondo, reconstruye Ω_m desde las cosmologías $w_0 w_a$ CDM y concluye que la señal es una tensión de Ω_m atribuible a sistemáticas o a una ruptura de Λ CDM. La ruta teórica parte del Lagrangiano del Pleno y, con

anterioridad al dato, deriva un fondo $w = -1$ exacto. Una es puro análisis de datos, la otra pura deducción desde primeros principios, y no comparten supuestos. Su encuentro sobre el mismo fondo no es, por sí mismo, una hazaña — $w = -1$ es genérico de un vacío en su suelo— pero sí es una consistencia no trivial en un punto: la ruta teórica no solo recupera $w = -1$, sino que deriva el *signo* del artefacto (la señal solo puede empujar hacia $w > -1$) y liga ese fondo a una predicción del sector oscuro que la ruta empírica no contiene.

Esta convergencia se inscribe en un cuerpo de análisis independientes que apunta en la misma dirección. El análisis de forma completa del agrupamiento de galaxias de DESI no muestra señal dinámica por sí solo, y su determinación de Ω_m —derivada de la forma del espectro, no de la geometría— concuerda con la de BAO y no con la del CMB [8, 9]. La señal en BAO está dominada por unos pocos trazadores [10]. Un análisis independiente la atribuye a una inconsistencia entre DESI y las supernovas Pantheon+ que viola la dualidad de distancias, y que al modelarse devuelve compatibilidad con $w = -1$ [11]. Y la significación varía entre 2.5 y 3.9σ según la compilación de supernovas [2]. La contribución de este trabajo a ese cuerpo es doble: una ruta teórica —el fondo $w = -1$ derivado, con el signo del artefacto derivado— que ninguna de esas referencias ofrece, y una predicción del observable robusto $-\omega_{\text{dm}}/\omega_b = \sqrt{3}\pi$ —que ninguna contiene.

Conviene separar con precisión qué aporta cada ruta. Que la señal sea una tensión de Ω_m , que el CMB no la origine y que las supernovas la impulsen a bajo redshift es resultado empírico ajeno a PIU- Ψ [3]. Que el fondo sea $w = -1$ exacto por la estructura del condensado, que el signo de la desviación aparente esté derivado, y que el cociente del sector oscuro sea $\sqrt{3}\pi$, son deducciones de PIU- Ψ ajenas al análisis empírico. La fuerza del conjunto no está en ninguna de las dos por separado, sino en que rutas sin nada en común lleguen al mismo sitio y en que la ruta teórica prediga, además, un número que la empírica no puede.

11 Conclusión

Dos rutas independientes convergen sobre un fondo cosmológico con $w = -1$. La ruta empírica reconstruye Ω_m desde las cosmologías que DESI prefiere y halla que la señal de energía oscura dinámica es la tensión de Ω_m entre sondas, no una dinámica del fondo. La ruta teórica deriva $w = -1$ exacto de la dinámica del Pleno, con anterioridad estructural al dato, y deriva además el signo del artefacto —la señal solo puede empujar hacia $w > -1$, nunca hacia la región fantasma. Este trabajo documenta la convergencia con los datos públicos de DESI DR2: el fondo $w = -1$ ajusta los datos crudos con $\chi^2/\nu = 0.96$; la preferencia por $w \neq -1$ en observables crudos es de 1.67σ ; y los criterios de información localizan la señal en el anclaje de Ω_m , presente con el valor alto del CMB y ausente con el valor bajo que prefieren dos sondas independientes de él.

A esa convergencia PIU- Ψ añade lo que la ruta empírica no contiene: una predicción sin parámetros del observable robusto del sector oscuro, $\omega_{\text{dm}}/\omega_b = \sqrt{3}\pi$, a 0.86σ de Planck, derivada íntegramente en este trabajo desde la geometría del sustrato —la esfera del defecto sin carga frente al tetraedro de Voronoi del defecto con carga topológica, con un factor espinorial de Peter–Weyl, sobre una red cuya coordinación tetraédrica se sigue de la isotropía y la isostaticidad del medio, no de una elección. El valor de esa coincidencia no está en su tamaño en sigmas, sino en que un número de geometría pura, obtenido sin ajuste, caiga sobre un blanco robusto —una capa que la tensión de Ω_m no toca y que Λ CDM describe con dos parámetros libres. Es el mismo suelo S_{min} el que fija $w = -1$ en el fondo y $\sqrt{3}\pi$ en el sector oscuro: esa liga, ausente en un modelo de quintaesencia, es lo que distingue a PIU- Ψ de un fondo $w = -1$ cualquiera.

El estatus del resultado es condicional, y conviene enunciarlo así. Si el Ω_m físico es el valor bajo

en que concuerdan la geometría BAO y el análisis de forma completa —ambos independientes del CMB—, la señal dinámica es la tensión reexpresada y el fondo es $w = -1$, como predice PIU- Ψ y como concluye el diagnóstico empírico. Si el Ω_m físico fuese el del CMB, habría dinámica real. La cuestión se resuelve midiendo Ω_m por una vía independiente de BAO y del CMB —el crecimiento de estructura $f\sigma_8$ o la combinación de BAO con la nucleosíntesis—; la firma $dw_0/d\Omega_m \approx 1.2$ ($R^2 = 0.994$, §9) predice que, medido así, w_0 regresará a -1 . El umbral de refutación queda declarado: la lectura cae si esa medida independiente sitúa Ω_m del lado del CMB, o si en observables crudos modelo-independientes aparece una preferencia por $w \neq -1$ superior a 3σ que no se disuelva al retirar la parametrización CPL, o si el cociente robusto $\omega_{\text{dm}}/\omega_b$ se aleja de $\sqrt{3}\pi$ con mejores datos. Que un fondo sin libertad para apartarse de $w = -1$ pudiera haber caído en cualquiera de esas tres pruebas, y hoy en ninguna lo haga, es la forma exacta en que este resultado apoya a PIU- Ψ : no por afirmar una victoria, sino por exponerse a una derrota que no se produjo.

A El anclaje CMB realista

El anclaje simplificado de §7 impone un término gaussiano en Ω_m . El CMB no restringe Ω_m directamente, sino la densidad física $\omega_m = \Omega_m h^2$ (por las alturas relativas de los picos acústicos) y la escala angular acústica (a una parte en 3000). El anclaje realista sustituye el término en Ω_m por dos términos: uno en $\omega_m = 0.1430 \pm 0.0011$ y otro en el parámetro de desplazamiento $R = \sqrt{\Omega_m} H_0 D_C(z_*)/c = 1.750 \pm 0.005$, ambos de Planck 2018 [7], con el horizonte de sonido $r_d(\omega_m, \omega_b)$ evaluado por la fórmula de ajuste de Aubourg et al. [14] y $\omega_b = 0.02237$. El ajuste se hace sobre (Ω_m, h, w_0, w_a) . El mejor CPL da $w_0 = -0.59$, $w_a = -0.90$, $\Omega_m = 0.316$: el desplazamiento al cuadrante de la señal persiste, confirmando que es un efecto físico de la degeneración y no del prior plano.

Bajo este anclaje el fondo $w = -1$ adopta $\Omega_m = 0.271$, en tensión con las sondas tardías. Conviene ser explícito sobre por qué ese valor es forzado y no físico, para no despachar la discrepancia como mero “artefacto”. El mecanismo es la degeneración $\omega_m = \Omega_m h^2$ dentro del ajuste. El CMB fija la densidad física $\omega_m \approx 0.143$ con precisión, y fija la escala acústica R , que involucra la distancia integrada $D_C(z_*)$; esa distancia, a su vez, depende de $H(z)$ en todo el rango, y por tanto de h y de la ecuación de estado. Con la libertad de (w_0, w_a) , el ajuste reconcilia ω_m , R y las distancias BAO deslizando $w(z)$; sin esa libertad —en el fondo $w = -1$ — la única palanca que queda para acomodar simultáneamente ω_m fijo y las distancias BAO es la partición (Ω_m, h) de ω_m : el ajuste empuja Ω_m hacia abajo y h hacia arriba hasta $\Omega_m = 0.271$. El 0.271 no es, pues, la predicción del fondo —que es el 0.296 de las sondas independientes del CMB— sino el valor que el ajuste $w = -1$ se ve obligado a tomar para absorber la tensión del CMB en la única dirección que le queda libre. Que ni el fondo $w = -1$ ni el CPL logren un Ω_m consistente con las sondas tardías bajo el ancla del CMB es, precisamente, la tensión de Ω_m vista desde el ajuste: el conflicto reside en la partición de ω_m , no en la ecuación de estado.

B Convención de etiquetas epistémicas

Las etiquetas entre corchetes declaran el estatus de cada afirmación: [DERIVADO] para un resultado con derivación completa desde el Lagrangiano del medio, [DLF] para una deducción lógica fuerte sin hueco conceptual pero sin demostración cerrada, [CALIBRADO] para un valor confrontado con dato con su error declarado, y [CABO:] para un cabo abierto declarado, cuya resolución se remite a trabajo futuro. La convención procede del programa PIU- Ψ [4].

Disponibilidad de datos y código

Las medidas de DESI DR2 BAO son públicas [1]; los trece puntos empleados y la matriz de correlación D_M-D_H se incluyen como material suplementario en dos ficheros (`desi_dr2_bao.csv` y `desi_dr2_corr.csv`), con su procedencia documentada en la cabecera de cada uno. Los scripts de ajuste, muestreo bayesiano, comparación de modelos y generación de figuras acompañan al trabajo como material suplementario. Un script de verificación (`verificar_desi.py`, solo `numpy/scipy`) recomputa cada cantidad numérica del trabajo —incluida la cadena geométrica completa que produce $\sqrt{3}\pi$ desde las áreas de la esfera y el tetraedro y el factor de Peter–Weyl— y aborta con código de salida no nulo ante cualquier discrepancia fuera de tolerancia; cada cantidad lleva su etiqueta de origen (derivada, calibrada o entrada observacional), y una tabla de resultados resume las comprobaciones. La derivación de la red diamante y el factor de Bayes contra la coincidencia numérica se desarrollan en el corpus [4]; el lector puede reproducirlos con el código abierto allí depositado.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener conflictos de intereses.

References

- [1] DESI Collaboration (Abdul-Karim, M., et al.): DESI DR2 results II: measurements of baryon acoustic oscillations and cosmological constraints. *Phys. Rev. D* **112**(8), 083515 (2025). doi:10.1103/tr6y-kpc6. arXiv:2503.14738
- [2] Lodha, K., Calderon, R., Matthewson, W.L., Shafieloo, A., Ishak, M., et al.: Extended dark energy analysis using DESI DR2 BAO measurements. *Phys. Rev. D* (2025, in press). arXiv:2503.14743
- [3] Ó Colgáin, E., Sheikh-Jabbari, M.M.: DESI and SNe: dynamical dark energy, Ω_m tension or systematics? *Mon. Not. R. Astron. Soc. Lett.* **542**(1), L24–L30 (2025). doi:10.1093/mnrasl/slaf042. arXiv:2412.12905
- [4] Celedón Mejía, M.A.: PIU- Ψ corpus V5.0. Zenodo (2026). <https://doi.org/10.5281/zenodo.21205881>
- [5] Celedón Mejía, M.A.: El 95% del universo es geometría: Λ CDM como límite efectivo de un medio elástico. Zenodo (2026). <https://doi.org/10.5281/zenodo.21413221>
- [6] Foreman-Mackey, D., Hogg, D.W., Lang, D., Goodman, J.: emcee: the MCMC hammer. *Publ. Astron. Soc. Pac.* **125**(925), 306–312 (2013). doi:10.1086/670067. arXiv:1202.3665
- [7] Planck Collaboration (Aghanim, N., et al.): Planck 2018 results VI: cosmological parameters. *Astron. Astrophys.* **641**, A6 (2020). [Erratum: *Astron. Astrophys.* **652**, C4 (2021)]. doi:10.1051/0004-6361/201833910. arXiv:1807.06209
- [8] Ó Colgáin, E., Pourojaghi, S., Sheikh-Jabbari, M.M.: On the analysis dependence of DESI dynamical dark energy. *Galaxies* **13**(6), 133 (2025). arXiv:2505.19029
- [9] DESI Collaboration (Adame, A.G., et al.): DESI 2024 VII: cosmological constraints from the full-shape modeling of clustering measurements. *J. Cosmol. Astropart. Phys.* **2025**(07), 028 (2025). doi:10.1088/1475-7516/2025/07/028. arXiv:2411.12022

- [10] Wang, Z., Lin, S., Ding, Z., Hu, B.: The role of LRG1 and LRG2’s monopole in inferring the DESI 2024 BAO cosmology. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **534**(4), 3869–3878 (2024). arXiv:2405.02168
- [11] Afroz, S., Mukherjee, S.: Hint towards inconsistency between BAO and supernovae datasets: the evidence of redshift-evolving dark energy from DESI DR2 is absent. arXiv:2504.16868 (2025)
- [12] Tang, X.T., Brout, D., Karwal, T., Chang, C., Miranda, V., Vincenzi, M.: Uniting the observed dynamical dark energy preference with the discrepancies in Ω_m and H_0 across cosmological probes. *Astrophys. J. Lett.* **983**(2), L27 (2025). doi:10.3847/2041-8213/adc4da. arXiv:2412.04430
- [13] DESI Collaboration (Adame, A.G., et al.): DESI 2024 VI: cosmological constraints from the measurements of baryon acoustic oscillations. *J. Cosmol. Astropart. Phys.* **2025**(02), 021 (2025). doi:10.1088/1475-7516/2025/02/021. arXiv:2404.03002
- [14] Aubourg, É., et al. (BOSS Collaboration): Cosmological implications of baryon acoustic oscillation measurements. *Phys. Rev. D* **92**(12), 123516 (2015). doi:10.1103/PhysRevD.92.123516. arXiv:1411.1074
- [15] Finkelstein, D., Rubinstein, J.: Connection between spin, statistics, and kinks. *J. Math. Phys.* **9**(11), 1762–1779 (1968). doi:10.1063/1.1664510
- [16] Krusch, S.: Homotopy of rational maps and the quantization of skyrmions. *Ann. Phys.* **304**(2), 103–127 (2003). doi:10.1016/S0003-4916(03)00014-9. arXiv:hep-th/0210310
- [17] Coleman, S.: Q-balls. *Nucl. Phys. B* **262**(2), 263–283 (1985). [Addendum: *Nucl. Phys. B* **269**, 744 (1986)]. doi:10.1016/0550-3213(85)90286-X
- [18] Delsarte, P., Goethals, J.M., Seidel, J.J.: Spherical codes and designs. *Geom. Dedicata* **6**(3), 363–388 (1977). doi:10.1007/BF03187604
- [19] Kibble, T.W.B.: Topology of cosmic domains and strings. *J. Phys. A* **9**(8), 1387–1398 (1976). doi:10.1088/0305-4470/9/8/029
- [20] Zurek, W.H.: Cosmological experiments in superfluid helium? *Nature* **317**, 505–508 (1985). doi:10.1038/317505a0