

$$\delta(\varepsilon_q - \varepsilon_g) = 0$$



# Inferencia Directa Estructural I de la Hipótesis del Desequilibrio Correlacional y el Cosmos Burbuja Correlacionado (HDC-CBC/I)

## Documentos complementarios de la Hipótesis:

**Introducción  $\alpha$  de la Hipótesis del Desequilibrio Correlacional (HDC-CBC/ $\alpha$ )**

Prólogo — Introducción

**Zenodo:** <https://doi.org/10.5281/zenodo.181>

**Hipótesis del Desequilibrio Correlacional (HDC-CBC)**

Primera Parte — Marco clásico, geométrico y cosmológico

**Zenodo:** <https://doi.org/10.5281/zenodo.17559051>

**Extensión cuántica de la Hipótesis del Desequilibrio Correlacional (HDC-CBC/Q)**

Segunda Parte — Marco Cuántico

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17683173>

**Extensión relativista de la Hipótesis del Desequilibrio Correlacional (HDC-CBC/R)**

Tercera Parte — Marco Relativista

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17762262>

**Módulo Perturbativo de la Hipótesis del Desequilibrio Correlacional (HDC-CBC/P)**

Cuarta Parte — Perturbaciones

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17839095>

**Extensión Tensorial de la Hipótesis del Desequilibrio Correlacional (HDC-CBC/T)**

Quinta Parte — Extension Tensorial

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17987410>

**Módulo Observacional de la Hipótesis del Desequilibrio Correlacional (HDC-CBC/O)**

sexta Parte — Predicciones Observacionales

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18000439>

**Módulo Numérico de la Hipótesis del Desequilibrio Correlacional (HDC-CBC/N)**

séptima Parte — Módulo Numérico

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18068474>

**Síntesis  $\Omega$  y extensión CBCt de la Hipótesis del Desequilibrio Correlacional (HDC-CBC/ $\Omega$ )**

Octava Parte — Síntesis

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18138687>

Safe Creative 2511083627292, 2511153700115, 2511223766461, 2511293876695 &  
2512063948710, 2512134011503, 2512204077798, 260103417429

**Jordi Audet Palau**  
**Independent Researcher (Barcelona, 2025-2026)**

## Prefacio del Autor — Volumen HDC–CBC/I

Este trabajo no introduce un nuevo marco cosmológico ni postula entidades físicas adicionales. Tampoco propone una modificación directa de la relatividad general ni pretende establecer detección empírica alguna.

El objetivo de HDC–CBC/I es estrictamente epistemológico: evaluar el estatus de un grado de libertad correlacional ya introducido en el marco HDC–CBC, y determinar en qué medida dicho grado de libertad puede eliminarse sin pérdida de coherencia física, conceptual u observacional.

La correlación analizada aquí no se presenta como observable directo ni como entidad ontológica independiente. Su estatus se examina exclusivamente a través de inferencia indirecta, empleando criterios estándar de consistencia utilizados de forma habitual en física teórica: cierre variacional, coherencia observacional, falsabilidad tensorial y consistencia cuántico–geométrica.

Este volumen inaugura la colección **SSIP (Supplementary Structural & Interpretative Program)** del marco HDC–CBC. Los trabajos incluidos en SSIP no introducen nueva dinámica física, nuevos parámetros ni grados de libertad adicionales. Su función es complementar el núcleo teórico de la hipótesis mediante análisis estructurales, clarificaciones interpretativas, evaluaciones comparativas y delimitación de alcance y límites conceptuales.

Este trabajo presupone la existencia previa del marco HDC–CBC, tal como se desarrolla en los módulos fundamentales  $\alpha$  (marco ontológico) y  $\Omega$  (condición correlacional). En consecuencia, HDC–CBC/I no debe leerse como un texto fundacional, sino como una evaluación de segundo nivel destinada a clarificar el papel, la necesidad y los límites del sector correlacional dentro de un marco ya definido.

A lo largo del artículo se exploran cuatro vías conceptualmente independientes de inferencia indirecta. Ninguna de ellas presupone la validez de las demás, y ninguna pretende establecer una prueba definitiva. El énfasis recae en la convergencia estructural entre resultados obtenidos en dominios físicos distintos, no en la fuerza aislada de un argumento individual.

El lector no encontrará aquí afirmaciones ontológicas fuertes ni reivindicaciones empíricas anticipadas. Encontrará, en cambio, un análisis deliberadamente conservador cuyo propósito es responder a una pregunta precisa y limitada:

**¿Puede el grado de libertad correlacional eliminarse del marco HDC–CBC sin destruir su coherencia física?**

El resto del trabajo se organiza como una respuesta progresiva a esta cuestión.

# ÍNDICE GENERAL HDC–CBC/I

*(Inferencia indirecta de grados de libertad correlacionales en la Hipótesis del Desequilibrio Correlacional y del Cosmos Burbuja Correlacionado)*

## **I+0 Prefacio y marco de lectura**

- I+0.1 Alcance y objetivos del trabajo
- I+0.2 Qué hace y qué no hace este paper
- I+0.3 Estatus epistemológico de la inferencia indirecta
- I+0.4 Relación con los módulos  $\alpha$  y  $\Omega$
- I+0.5 Independencia respecto a QRPTON

## **I+1 Criterios físicos mínimos y planteamiento variacional**

- I+1.1 Covariancia y principio de acción
- I+1.2 Estabilidad dinámica y ausencia de patologías
- I+1.3 Continuidad entre regímenes cuántico y relativista
- I+1.4 Ausencia de singularidades físicas no reguladas
- I+1.5 Compatibilidad observacional mínima
- I+1.6 Neutralidad inicial respecto a la correlación
- I+1.7 Formulación de la pregunta estructural central

## **I+2 Acción cosmológica sin sector correlacional**

- I+2.1 Forma general de la acción no correlacional
- I+2.2 Dinámica cosmológica resultante
- I+2.3 Singularidad inicial y condiciones externas
- I+2.4 Intentos de regularización sin correlación
- I+2.5 Ruptura de continuidad cuántico–relativista
- I+2.6 Indeterminación estructural del vacío
- I+2.7 Resultado negativo del planteamiento no correlacional
- I+2.8 Preparación para la extensión mínima

## **I+3 Introducción mínima del sector correlacional**

- I+3.1 Criterio de minimalidad del nuevo grado de libertad
- I+3.2 Definición operativa del sector correlacional
- I+3.3 Acción efectiva extendida
- I+3.4 Restauración del cierre variacional
- I+3.5 Estabilidad dinámica del sector correlacional
- I+3.6 Continuidad cuántico–relativista
- I+3.7 Recuperación exacta del límite  $\Lambda$ CDM
- I+3.8 Interpretación estructural de la correlación

## **I+4 Conclusión de la vía variacional**

- I+4.1 Resultado estructural de la Sección I
- I+4.2 Naturaleza y límites de la inferencia obtenida
- I+4.3 Independencia respecto a observables
- I+4.4 Función de la inferencia variacional en el programa global

## **II+0 Marco observacional y principio de ruptura de degeneraciones**

- II+0.1 Degeneraciones estructurales en cosmología moderna
- II+0.2 Exclusión deliberada del fondo cosmológico
- II+0.3 Principio de convergencia observacional
- II+0.4 Observables dinámicos considerados
- II+0.5 Criterio de inferencia observacional indirecta
- II+0.6 Independencia conceptual de la Sección I

## **II+1 Crecimiento estructural y gravedad efectiva**

- II+1.1 Crecimiento lineal en  $\Lambda$ CDM
- II+1.2 Dinámica del crecimiento en HDC–CBC
- II+1.3 Supresión coherente sin modificación del fondo
- II+1.4 Ruptura de degeneración crecimiento–expansión

## **II+2 Potenciales gravitatorios e ISW**

- II+2.1 Evolución de potenciales en  $\Lambda$ CDM
- II+2.2 Desacoplamiento dinámico en HDC–CBC
- II+2.3 ISW como observable integrado
- II+2.4 Ruptura de degeneración fondo–potenciales

## **II+3 Lente gravitacional débil**

- II+3.1 Lensing débil en el modelo estándar
- II+3.2 Potencial efectivo de lente en HDC–CBC
- II+3.3 Reducción coherente desacoplada del fondo
- II+3.4 Relación con tensiones observacionales actuales

## **II+4 Síntesis observacional**

- II+4.1 Convergencia de observables dinámicos
- II+4.2 Imposibilidad de reproducción unificada en  $\Lambda$ CDM
- II+4.3 Alcance y límites de la inferencia observacional

## **III+0 Marco tensorial y motivación multimessenger**

- III+0.1 Singularidad del sector tensorial
- III+0.2 Principio de comparación EM–GW
- III+0.3 Exclusión de modificaciones locales
- III+0.4 Compatibilidad con observaciones actuales

## **III+1 Propagación tensorial en HDC–CBC**

- III+1.1 Ondas gravitacionales en relatividad general
- III+1.2 Estructura tensorial correlacional
- III+1.3 Ecuación tensorial efectiva
- III+1.4 Fricción correlacional histórica
- III+1.5 Masa tensorial efectiva transitoria

## **III+2 Distancia luminosidad gravitacional**

- III+2.1 Definición de distancia en GR
- III+2.2 Atenuación tensorial acumulativa
- III+2.3 Separación entre  $d_L^{GW}$  y  $d_L^{EM}$
- III+2.4 Propiedades generales del efecto

## **III+3 Test multimessenger y falsabilidad**

- III+3.1 Sirenas estándar y comparación EM–GW
- III+3.2 Predicción cualitativa robusta
- III+3.3 Diferenciación frente a extensiones estándar
- III+3.4 Alcance experimental y detectores futuros
- III+3.5 Criterio explícito de falsación

## **III+4 Conclusión tensorial**

- III+4.1 Inferencia indirecta por propagación tensorial
- III+4.2 Independencia y peso epistemológico

## **IV+0 Marco cuántico–geométrico**

- IV+0.1 Planteamiento del problema de ineliminabilidad
- IV+0.2 Cambio de criterio: de observables a estructura
- IV+0.3 Correlación como estructura no local
- IV+0.4 Independencia respecto a I–III

## **IV+1 Correlación como grado de libertad cuántico no local**

- IV+1.1 Qué no es la correlación
- IV+1.2 Definición operativa cuántico–geométrica
- IV+1.3 No localidad estructural
- IV+1.4 Estado cuántico–geométrico del universo

## **IV+2 Emergencia del tiempo y flecha temporal**

- IV+2.1 El problema del tiempo en cosmología fundamental
- IV+2.2 Tiempo como parámetro emergente
- IV+2.3 Gradiente correlacional y flecha temporal
- IV+2.4 Relación con causalidad y relatividad

## **IV+3 Imposibilidad de integración fuera**

**IV+3.1** Integración efectiva y pérdida de información

**IV+3.2** Ruptura del cierre variacional

**IV+3.3** Colapso de la emergencia temporal

**IV+3.4** Aparición de no localidad no controlada

**IV+4 Conclusión final**

**IV+4.1** Ineliminabilidad cuántico-geométrica

**IV+4.2** Síntesis de las cuatro vías de inferencia

**IV+4.3** Compatibilidad cruzada

**IV+4.4** Estatus epistemológico final de la correlación

# Inferencia Directa Estructural I de la Hipótesis del Desequilibrio Correlacional y el Cosmos Burbuja Correlacionado (HDC-CBC/I)

Por Jordi Audet Palau (Barcelona a 24 enero 2026)

*“La imaginación es más importante que el conocimiento. Porque el conocimiento es limitado, mientras que la imaginación abarca el mundo entero, estimulando el progreso, dando nacimiento a la evolución.”*

Albert Einstein

## I+0 Alcance epistemológico y marco de inferencia

La presente sección establece el marco conceptual desde el cual debe interpretarse este trabajo.

El objetivo de **HDC–CBC/I** no es demostrar la existencia ontológica de la correlación como entidad física observable, ni cuantificar una probabilidad asociada a su realidad, sino analizar **en qué medida un grado de libertad correlacional resulta inferido de forma indirecta** cuando se imponen criterios estándar de consistencia física dentro del marco HDC–CBC.

En particular, este trabajo adopta una posición explícita y deliberada:

**La correlación no se presenta como un observable directo, sino como un grado de libertad inferido por necesidad estructural, estabilidad variacional y coherencia cuántico–geométrica.**

Esta distinción no es semántica, sino fundamental. En física teórica, numerosas entidades centrales —como la función de onda, la curvatura del espacio-tiempo o la constante cosmológica— no son accesibles mediante medición directa, sino que se legitiman por su **ineliminabilidad** dentro de un marco coherente y predictivo.

### I+0.1 Inferencia indirecta frente a detección directa

A lo largo de este trabajo se utilizará el término *inferencia indirecta* en un sentido preciso, distinto de:

- detección experimental directa,
- confirmación estadística,
- o prueba ontológica.

Una inferencia indirecta se considera válida cuando la eliminación de una entidad:

1. destruye el cierre variacional del modelo,
2. introduce inestabilidades dinámicas,
3. rompe la continuidad entre regímenes físicos,
4. o requiere la introducción de múltiples parches independientes para reproducir el mismo conjunto de fenómenos.

Bajo este criterio, la pregunta central que guía este trabajo no es

«¿*existe la correlación?*»,

sino:

**¿es posible formular un marco cosmológico estable, continuo y falsable sin introducir un grado de libertad correlacional?**

### **I+0.2 Neutralidad ontológica y compromiso metodológico**

Este trabajo adopta una **neutralidad ontológica explícita**.

No se asigna a la correlación un estatus metafísico fuerte ni se afirma su existencia como hecho independiente del marco teórico.

El compromiso es estrictamente metodológico:

- si la correlación puede eliminarse sin pérdida de consistencia, debe eliminarse;
- si no puede eliminarse sin colapsar el marco, su inclusión queda justificada como grado de libertad efectivo.

Este enfoque evita dos extremos igualmente problemáticos:

- la postulación gratuita de entidades no observables,
- y el rechazo dogmático de grados de libertad inferidos por coherencia estructural.

### **I+0.3 Relación con los otros módulos HDC–CBC**

El presente volumen **no introduce nueva dinámica física** más allá de la ya desarrollada en los módulos Q, R, P, T y O, N.

Su función es distinta: evaluar el **estatus epistemológico** del sector correlacional a la luz de:

- el cierre variacional del modelo (Sección I),
- la ruptura de degeneraciones observacionales (Sección II),
- las firmas tensoriales y multimessenger (Sección III),
- y la ineliminabilidad cuántico–geométrica (Sección IV).

Cada una de estas vías es conceptualmente independiente, y ninguna presupone la validez de las otras.

### **I+0.4 Alcance y límites del trabajo**

Este trabajo **no afirma**:

- que la correlación esté observacionalmente confirmada,
- que exista con una probabilidad cuantificable,
- ni que constituya la única explicación posible de los fenómenos discutidos.

Sí afirma, de manera precisa y limitada, que:

**dentro del marco HDC–CBC, la hipótesis de la correlación alcanza un alto grado de robustez por inferencia indirecta, al converger múltiples criterios independientes de consistencia física.**



El lector debe interpretar los resultados en este contexto, y no como una declaración definitiva sobre la ontología última del universo.

### **I+0.5 Estructura del análisis**

El resto del trabajo se organiza como sigue:

- **Sección I:** detección indirecta por cierre variacional.
- **Sección II:** detección indirecta por ruptura de degeneraciones observacionales.
- **Sección III:** detección indirecta por propagación tensorial y comparación EM–GW.
- **Sección IV:** detección indirecta por ineliminabilidad cuántico–geométrica.

La convergencia de estas cuatro vías constituye el núcleo del argumento presentado.

## I+1 Criterios físicos mínimos y planteamiento variacional

El análisis que sigue se apoya únicamente en **criterios físicos estándar**, ampliamente aceptados en teoría de campos y cosmología, y **no presupone** la existencia de ningún grado de libertad correlacional.

El objetivo de esta sección es establecer qué se exige mínimamente a un marco cosmológico antes de evaluar la necesidad de introducir estructura adicional.

### I+1.1 Covariancia y principio variacional

Se exige que el marco cosmológico:

1. derive de una **acción covariante** bien definida,
2. admita una formulación variacional consistente,
3. produzca ecuaciones de campo locales y bien planteadas.

Formalmente, se parte de una acción efectiva general de la forma:

$$S = \int d^4x \sqrt{-g} \mathcal{L}_{\text{eff}}[g_{\mu\nu}, \Psi_i],$$

donde  $\Psi_i$  representan los campos de materia y radiación estándar.

Este requisito excluye construcciones puramente fenomenológicas que no admiten un principio de acción subyacente.

### I+1.2 Estabilidad dinámica

Se impone como condición no negociable que el sistema sea **dinámicamente estable** en todo el dominio cosmológicamente relevante.

En particular, se exige:

- ausencia de **modos fantasma** (energía cinética negativa),
- ausencia de **inestabilidades de gradiente**,
- ausencia de **masas efectivas taquiónicas** en el régimen lineal.

Estas condiciones son independientes de datos observacionales y responden únicamente a coherencia interna.

### I+1.3 Continuidad entre regímenes físicos

Un marco cosmológico consistente debe describir de forma continua:

- el régimen temprano de alta densidad,
- y el régimen tardío donde GR es una excelente aproximación.

Esto implica que:

- no deben introducirse condiciones iniciales externas ad hoc,
- el paso entre regímenes no puede requerir cambios de teoría,
- el límite relativista tardío debe recuperarse de forma suave.

La ruptura de continuidad entre regímenes indica la ausencia de un grado de libertad relevante.

### I+1.4 Ausencia de singularidades físicas no reguladas

Se exige que el marco no requiera:

- divergencias físicas reales,

- densidades infinitas,
- ni curvaturas no reguladas

para definir su evolución cosmológica.

Este criterio no implica la eliminación de singularidades matemáticas formales, sino la ausencia de **singularidades físicas ineludibles** que señalen la pérdida de validez del modelo.

### **I+1.5 Compatibilidad observacional mínima**

Finalmente, se impone una condición de **compatibilidad observacional mínima**:

- el marco debe recuperar exactamente GR +  $\Lambda$ CDM en el límite apropiado,
- no debe violar ninguna observación cosmológica establecida,
- y no debe introducir nuevos parámetros libres sin justificación estructural.

Este criterio asegura que cualquier grado de libertad adicional no sea introducido para “forzar” el ajuste a datos.

### **I+1.6 Neutralidad respecto a la correlación**

Es crucial subrayar que **ninguno de los criterios anteriores requiere la introducción de correlación**.

En esta sección:

- no se postula ningún campo correlacional,
- no se asume ninguna estructura no local,
- no se anticipa ningún resultado posterior.

La correlación solo será considerada en la medida en que resulte **inevitable** al intentar satisfacer simultáneamente todos los criterios anteriores.

### **I+1.7 Pregunta estructural central**

A partir de los criterios fijados, la cuestión que guiará el resto de la Sección I puede formularse de manera precisa:

**¿Existe una acción cosmológica covariante, estable, continua y observacionalmente consistente que satisfaga todos los criterios anteriores sin introducir un grado de libertad correlacional?**

La Sección I+2 abordará esta pregunta examinando las consecuencias de intentar construir tal acción sin correlación.

## I+2 Acción cosmológica general sin sector correlacional

En esta sección se analiza la forma más general de una acción cosmológica que **no incluya explícitamente ningún grado de libertad correlacional**, y se examinan sus consecuencias cuando se imponen simultáneamente los criterios establecidos en la Sección I+1.

El objetivo no es refutar modelos concretos, sino evaluar si **existe una clase general de acciones no correlacionales** capaz de satisfacer todas las condiciones físicas mínimas sin introducir nuevas patologías.

### I+2.1 Forma general de la acción no correlacional

Consideremos la acción cosmológica covariante más general compuesta únicamente por:

- el sector gravitacional,
- el contenido de materia y radiación estándar,
- y contribuciones locales del vacío compatibles con simetrías relativistas.

Puede escribirse formalmente como:

$$S_{\text{nc}} = \int d^4x \sqrt{-g} \left[ \frac{M_{\text{Pl}}^2}{2} R + \mathcal{L}_{\text{SM}} + \mathcal{L}_{\text{vac}}(g_{\mu\nu}) \right],$$

donde  $\mathcal{L}_{\text{vac}}$  puede incluir:

- una constante cosmológica rígida,
- términos efectivos de fluido oscuro,
- correcciones geométricas locales de bajo orden.

Por construcción, esta acción **no contiene grados de libertad adicionales** más allá de los del Modelo Estándar y la métrica.

### I+2.2 Dinámica cosmológica resultante

Bajo simetría FLRW, la variación de  $S_{\text{nc}}$  conduce a ecuaciones de Friedmann de la forma:

$$H^2 = \frac{8\pi G}{3} (\rho_m + \rho_r + \rho_{\text{vac}}),$$

con:

- $\rho_{\text{vac}} = \text{constante}$ ,  
o dependiente solo de invariantes geométricos locales.

En ausencia de grados de libertad dinámicos adicionales, la evolución cosmológica queda completamente determinada por:

- las densidades iniciales,
- y parámetros constantes fijados externamente.

### I+2.3 Problema de singularidad y condiciones iniciales

Una consecuencia inmediata de la estructura anterior es que:

$$\rho \rightarrow \infty \text{ cuando } \alpha \rightarrow 0.$$

La singularidad inicial no es aquí un artefacto de elección de variables, sino el resultado directo de:

- energía del vacío rígida,
- ausencia de mecanismos de retroalimentación dinámica,
- falta de regulación a alta densidad.

En este marco, las condiciones iniciales deben imponerse **externamente a la teoría**, lo que viola el criterio de continuidad física entre regímenes.

### **I+2.4 Intentos de regularización sin correlación**

Diversas estrategias pueden intentarse para mitigar estas patologías sin introducir correlación explícita:

#### **(a) Ajuste fino del término del vacío**

Requiere cancelaciones extremadamente precisas sin explicación dinámica.

#### **(b) Fluidos efectivos ad hoc**

Introducen nuevos parámetros sin principio variacional claro o sin estabilidad garantizada.

#### **(c) Modificaciones geométricas locales**

Suelen conducir a:

- modos fantasma,
- inestabilidades de gradiente,
- o pérdida del límite GR.

Ninguna de estas estrategias proporciona una solución **genérica, estable y natural**.

### **I+2.5 Falta de continuidad cuántico–relativista**

En la acción no correlacional:

- el régimen temprano (vacío cuántico)
- y el régimen tardío (geometría clásica)

quedan conceptualmente separados.

No existe un grado de libertad que:

- codifique la transición,
- transporte memoria dinámica,
- o regule el paso entre ambos dominios.

Esto obliga a tratar el tiempo y la causalidad como estructuras axiomáticas, no emergentes.

### **I+2.6 Indeterminación estructural del vacío**

Otro problema fundamental es que el vacío en este marco:

- no responde dinámicamente a la geometría,
- no retroalimenta la curvatura,
- no posee estructura interna reguladora.

El vacío actúa como un término rígido, no como un estado físico dinámico, lo que limita severamente su capacidad explicativa.

### **I+2.7 Resultado negativo del planteamiento no correlacional**

El análisis anterior conduce a un resultado claro:

**No existe una acción cosmológica no correlacional que satisfaga simultáneamente los criterios de covariancia, estabilidad, continuidad física y compatibilidad observacional sin introducir patologías estructurales.**

Este resultado no depende de un modelo concreto, sino de la estructura general de las acciones consideradas.

### **I+2.8 — Preparación para la introducción correlacional**

Es importante enfatizar que, hasta este punto:

- no se ha postulado la correlación,
- no se ha asumido su existencia,
- no se ha utilizado ninguna propiedad específica de HDC–CBC.

La correlación solo se introducirá en la Sección I+3 como **respuesta mínima** al conjunto de limitaciones identificadas aquí.

## I+3 Introducción mínima del sector correlacional y cierre variacional

Tras el resultado negativo establecido en la Sección I+2, la cuestión deja de ser si la correlación es una hipótesis atractiva, y pasa a ser estrictamente estructural:

**¿Cuál es la extensión mínima del marco variacional que permite restaurar estabilidad, continuidad y cierre dinámico sin violar observaciones establecidas?**

En esta sección se muestra que la introducción de un **sector correlacional mínimo** satisface este objetivo sin introducir nuevas patologías.

### I+3.1 Criterio de minimalidad

La introducción de cualquier nuevo grado de libertad debe cumplir un criterio estricto de minimalidad:

1. No introducir nuevas fuerzas locales.
2. No acoplarse directamente a materia o radiación.
3. No modificar la física electromagnética ni del Modelo Estándar.
4. Recuperar exactamente GR +  $\Lambda$ CDM en el límite apropiado.
5. Resolver simultáneamente las patologías identificadas en I+2.

Este criterio excluye:

- nuevos campos gauge,
- sectores oscuros adicionales,
- o modificaciones geométricas ad hoc.

### I+3.2 Definición operativa del sector correlacional

Se introduce un único grado de libertad efectivo, denotado por  $C$ , cuya función no es transportar energía local ni mediar interacciones, sino **codificar el estado de coherencia entre el vacío cuántico y la geometría emergente**.

El sector correlacional se define por una acción efectiva general:

$$S_C = \int d^4x \sqrt{-g} \mathcal{L}_C(C, X), X = -\frac{1}{2} \nabla_\mu C \nabla^\mu C.$$

No se presupone una forma específica de  $\mathcal{L}_C$  más allá de las condiciones de estabilidad estándar.

### I+3.3 Acción efectiva extendida

La acción total pasa a ser:

$$S_{\text{eff}} = \int d^4x \sqrt{-g} \left[ \frac{M_{\text{Pl}}^2}{2} R + \mathcal{L}_{\text{SM}} + \mathcal{L}_C(C, X) \right].$$

Esta extensión es **mínima** en el sentido de que:

- añade un único grado de libertad,

- no altera el contenido de materia,
- no introduce nuevas simetrías gauge,
- no modifica el principio variacional.

### I+3.4 Cierre variacional restaurado

La variación completa de  $S_{\text{eff}}$  produce:

- ecuaciones de campo bien definidas para  $g_{\mu\nu}$ ,
- una ecuación dinámica para  $C$ ,
- y un sistema cerrado sin condiciones iniciales externas.

En particular:

- el vacío deja de ser rígido,
- la curvatura se retroalimenta dinámicamente,
- y el régimen temprano queda regulado sin divergencias físicas ineludibles.

El sistema recupera así el **cierre variacional** ausente en el marco no correlacional.

### I+3.5 Estabilidad y control dinámico

Bajo condiciones estándar sobre  $\mathcal{L}_C$ , se garantiza:

- ausencia de modos fantasma,
- estabilidad frente a perturbaciones de gradiente,
- masa efectiva no taquiónica.

Estas condiciones no requieren ajuste fino y se satisfacen en un dominio amplio del espacio funcional de  $\mathcal{L}_C$ .

### I+3.6 Continuidad cuántico–relativista

El grado de libertad correlacional cumple una función crucial:

- regula el régimen temprano de alta densidad,
- se desacopla progresivamente en el régimen tardío,
- permite recuperar GR como límite efectivo.

De este modo, el régimen cuántico temprano y el régimen relativista tardío quedan descritos por **un único marco dinámico continuo**.

### I+3.7 Recuperación del límite $\Lambda$ CDM

En el límite en el que:

$$C \rightarrow C_0, \nabla_\mu C \rightarrow 0,$$

la acción efectiva se reduce a:

$$S_{\text{eff}} \rightarrow \int d^4x \sqrt{-g} \left[ \frac{M_{\text{Pl}}^2}{2} R - \Lambda_{\text{eff}} + \mathcal{L}_{\text{SM}} \right],$$

recuperando exactamente la dinámica de GR +  $\Lambda$ CDM.

Esto garantiza compatibilidad observacional plena en el universo tardío.



### **I+3.8 Interpretación estructural**

Es fundamental enfatizar que el sector correlacional:

- no se introduce para explicar un observable específico,
- no se ajusta a datos particulares,
- no actúa como parámetro libre fenomenológico.

Su inclusión está motivada exclusivamente por:

**la necesidad de restaurar cierre variacional, estabilidad y continuidad física en el marco cosmológico.**

En este sentido, la correlación no es una hipótesis añadida, sino una **respuesta mínima forzada** por consistencia.

### **I+3.9 Conclusión de la Sección I+3**

La introducción del sector correlacional permite:

- resolver las patologías estructurales del marco no correlacional,
- restaurar el cierre variacional,
- mantener estabilidad dinámica,
- y preservar compatibilidad observacional.

Esto completa el argumento de la Sección I:

**la correlación emerge como un grado de libertad inferido por necesidad estructural, no por postulación ontológica.**

## **I+4 Conclusión: detección indirecta por cierre variacional**

Las Secciones I+0 a I+3 han abordado la cuestión de la correlación desde un enfoque estrictamente estructural, sin recurrir a datos observacionales ni a afirmaciones ontológicas fuertes. El objetivo ha sido evaluar si, bajo criterios físicos mínimos ampliamente aceptados, es posible formular un marco cosmológico cerrado y consistente **sin introducir un grado de libertad correlacional**.

El resultado puede resumirse de forma precisa:

**La eliminación completa de un sector correlacional impide simultáneamente el cierre variacional, la estabilidad dinámica y la continuidad cuántico–relativista del marco cosmológico.**

### **I+4.1 Resultado principal de la Sección I**

El análisis ha mostrado que:

1. Una acción cosmológica no correlacional conduce inevitablemente a:
  - singularidades físicas no reguladas,
  - dependencia de condiciones iniciales externas,
  - y ausencia de retroalimentación dinámica del vacío.
2. Los intentos de regular estas patologías sin introducir nuevos grados de libertad:
  - requieren ajuste fino,
  - introducen inestabilidades,
  - o rompen el límite relativista observado.
3. La introducción de un **único grado de libertad correlacional**, bajo un criterio estricto de minimalidad:
  - restaura el cierre variacional,
  - garantiza estabilidad dinámica,
  - preserva la continuidad entre regímenes físicos,
  - y recupera exactamente GR +  $\Lambda$ CDM en el límite tardío.

Este resultado **no depende de una forma específica** del sector correlacional, sino de su papel estructural.

### **I+4.2 Naturaleza de la inferencia obtenida**

Es esencial subrayar el alcance exacto de esta conclusión.

La Sección I **no demuestra la existencia ontológica de la correlación**, ni establece su realidad como hecho empírico independiente. Lo que establece es algo más limitado y, al mismo tiempo, más robusto:

**Dentro del marco HDC–CBC, la correlación es inferida indirectamente como condición necesaria de consistencia variacional.**

En este sentido, la correlación ocupa el mismo estatus epistemológico que otras entidades fundamentales de la física teórica que no son observables directos, pero cuya eliminación destruye la coherencia del marco que las contiene.

### **I+4.3 Independencia respecto a observables**

Un aspecto clave de esta primera vía de inferencia es su **independencia total de datos observacionales**:

- no se han utilizado tensiones cosmológicas,
- no se ha invocado crecimiento estructural,
- no se han considerado ondas gravitacionales,
- ni se ha apelado a ajuste fenomenológico alguno.

Esto convierte al resultado de la Sección I en un **criterio estructural previo**, que no depende de la evolución futura de los datos.

### **I+4.4 Función de la Sección I dentro del programa completo**

La detección indirecta por cierre variacional constituye el **primer pilar** del programa desarrollado en este trabajo.

Las secciones siguientes abordarán vías complementarias e independientes:

- la ruptura de degeneraciones observacionales (Sección II),
- las firmas tensoriales y multimessenger (Sección III),
- y la ineliminabilidad cuántico–geométrica del grado de libertad correlacional (Sección IV).

Cada una de ellas refuerza el argumento desde dominios conceptuales distintos, pero ninguna es necesaria para validar el resultado de la Sección I.

### **I+4.5 Conclusión operativa**

La conclusión final de esta sección puede formularse sin ambigüedad:

**Si se exige un marco cosmológico variacionalmente cerrado, dinámicamente estable y cuántico–relativistamente continuo, la introducción de un grado de libertad correlacional deja de ser opcional y pasa a ser estructuralmente necesaria dentro de HDC–CBC.**

Esta inferencia constituye la primera forma de detección indirecta de la correlación desarrollada en este trabajo.

## II+0 Marco observacional y principio de ruptura de degeneraciones

La Sección II aborda la inferencia indirecta de la correlación desde un dominio completamente distinto al tratado en la Sección I: **el dominio observacional**.

A diferencia del cierre variacional, aquí no se analiza la consistencia interna del marco, sino la forma en que distintos observables cosmológicos **responden de manera no degenerada** a la presencia de un grado de libertad correlacional.

El objetivo de esta sección no es ajustar datos ni reclamar confirmaciones experimentales, sino evaluar si la correlación deja **huellas observacionales coherentes** que no pueden reproducirse simultáneamente dentro de un marco  $\Lambda$ CDM rígido sin introducir múltiples parches independientes.

### II+0.1 Degeneración observacional en cosmología moderna

En cosmología contemporánea es bien conocido que observables geométricos fundamentales, como:

- la historia de expansión  $H(z)$ ,
- las distancias luminosidad y angular medidas con luz,
- y el CMB primario,

presentan **fuertes degeneraciones** entre modelos físicamente distintos.

Como consecuencia:

- diferentes teorías pueden reproducir el mismo fondo cosmológico,
- sin compartir la misma dinámica de perturbaciones,
- ni el mismo contenido físico subyacente.

Estas degeneraciones no constituyen un fallo experimental, sino una propiedad estructural del problema inverso cosmológico.

### II+0.2 Enfoque adoptado: no competir en el fondo

El marco HDC–CBC adopta explícitamente una estrategia conservadora:

**La correlación no se introduce para modificar el fondo cosmológico observado.**

En particular, HDC–CBC está construido para:

- reproducir  $H(z)$  dentro de las incertidumbres de  $\Lambda$ CDM,
- preservar las distancias electromagnéticas,
- y no introducir tensiones adicionales en BAO, SN Ia o CMB primario.

Esto implica que **el fondo no es un canal de detección de la correlación**, y no será utilizado como tal en esta sección.

### II+0.3 Principio de ruptura de degeneraciones

La inferencia indirecta que se explora en esta sección se basa en un principio distinto:

**Si un conjunto de observables dinámicos rompe sistemáticamente degeneraciones que permanecen intactas en  $\Lambda$ CDM, y lo hace de manera coherente y sin ajuste fino, entonces se infiere la presencia de un grado de libertad adicional.**

Este principio no requiere que un observable aislado discrimine el modelo.

Requiere, en cambio, **convergencia entre observables independientes**.

## II+0.4 Observables considerados

La Sección II se centrará exclusivamente en observables sensibles a la **dinámica del espacio-tiempo**, no solo a su geometría instantánea:

- crecimiento lineal de estructura  $D(a)$  y  $f\sigma_8(z)$ ,
- evolución de potenciales gravitatorios e ISW,
- lente gravitacional débil (shear y convergencia),
- consistencia entre estos observables y el fondo cosmológico.

Los observables tensoriales y multimessenger se reservan explícitamente para la Sección III y no se utilizarán aquí.

## II+0.5 Criterio de inferencia observacional indirecta

En esta sección se considerará que existe **inferencia observacional indirecta** cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

1. El fondo cosmológico permanece compatible con  $\Lambda$ CDM.
2. Los observables dinámicos muestran desviaciones sistemáticas.
3. Dichas desviaciones son coherentes entre sí.
4. No pueden reproducirse simultáneamente mediante variaciones estándar de parámetros en  $\Lambda$ CDM.
5. No requieren la introducción de múltiples mecanismos independientes.

Este criterio es deliberadamente estricto y evita interpretaciones oportunistas.

## II+0.6 Relación con la Sección I

Es fundamental destacar que la Sección II **no depende** del resultado de la Sección I.

- Incluso si el argumento variacional fuera ignorado,
- la ruptura de degeneraciones observacionales seguiría siendo un canal válido e independiente de inferencia.

Del mismo modo, los resultados de esta sección no se utilizan para reforzar retroactivamente la Sección I.

Esta independencia conceptual es esencial para evitar circularidad.

## II+0.7 Alcance y limitaciones

La Sección II:

- no presenta ajustes estadísticos completos,
- no reclama detección empírica definitiva,
- y no pretende reemplazar análisis MCMC detallados.

Su objetivo es **identificar patrones estructurales** de ruptura de degeneraciones que, de confirmarse con mayor precisión observacional, refuercen la inferencia indirecta de un grado de libertad correlacional.

## II+0.8 Organización de la Sección II

El resto de la Sección II se organiza como sigue:

- **II+1:** ruptura de degeneración en el crecimiento estructural.
- **II+2:** potenciales gravitatorios e ISW.
- **II+3:** lente gravitacional débil.
- **II+4:** síntesis observacional y criterios de convergencia.

## II+1 Crecimiento estructural y gravedad efectiva

Uno de los sondeos más sensibles de desviaciones respecto a  $\Lambda$ CDM que preservan la expansión de fondo es el crecimiento de la estructura a gran escala. A diferencia de los observables puramente geométricos, el crecimiento estructural pone a prueba directamente la respuesta dinámica de la materia frente a la gravedad y constituye, por tanto, un canal privilegiado para detectar grados de libertad adicionales que no modifican el fondo cosmológico.

En esta sección se analiza cómo la presencia de un grado de libertad correlacional afecta al crecimiento de las perturbaciones de materia y cómo este efecto conduce a una ruptura sistemática de la degeneración crecimiento–expansión característica de  $\Lambda$ CDM.

### II+1.1 Crecimiento lineal en $\Lambda$ CDM

En el marco  $\Lambda$ CDM, la evolución de las perturbaciones lineales de materia queda completamente determinada una vez fijada la historia de expansión de fondo  $H(z)$ .

Para escalas sub-horizonte y materia no relativista, el factor de crecimiento lineal  $D(a)$  satisface una ecuación diferencial de segundo orden de la forma:

$$D''(a) + \left( \frac{3}{a} + \frac{H'(a)}{H(a)} \right) D'(a) - \frac{3}{2} \frac{\Omega_m(a)}{a^2} D(a) = 0,$$

donde las primas denotan derivadas respecto al factor de escala  $a$ .

Una propiedad clave de  $\Lambda$ CDM es que el crecimiento estructural está fuertemente acoplado a la expansión: una vez especificado  $H(z)$ , la tasa de crecimiento

$f(a) = d \ln D / d \ln a$  y el observable  $f \sigma_8(z)$  quedan esencialmente fijados, salvo por la normalización  $\sigma_8$ .

Como consecuencia,  $\Lambda$ CDM presenta una **degeneración crecimiento–expansión** muy fuerte: modelos que reproducen el mismo fondo cosmológico predicen inevitablemente historias de crecimiento muy similares.

### II+1.2 Dinámica del crecimiento en HDC–CBC

En el marco HDC–CBC, la expansión de fondo se construye para ser indistinguible de  $\Lambda$ CDM dentro de las incertidumbres observacionales. Sin embargo, la presencia de un grado de libertad correlacional modifica la respuesta *dinámica* de las perturbaciones sin alterar el fondo.

A nivel perturbativo, esto se manifiesta como una modificación efectiva del acoplamiento gravitacional que gobierna el crecimiento de las fluctuaciones de materia. De forma esquemática, la ecuación de crecimiento adopta la forma:

$$D''(a) + \left( \frac{3}{a} + \frac{H'(a)}{H(a)} \right) D'(a) - \frac{3}{2} \frac{\Omega_m(a)}{a^2} \mu(a) D(a) = 0,$$

donde  $\mu(a)$  es una función de respuesta gravitacional efectiva inducida por el sector correlacional.

De manera crucial:

- $\mu(a) \rightarrow 1$  en el límite tardío, garantizando la recuperación exacta de GR,
- las desviaciones respecto a la unidad son suaves, independientes de escala en régimen lineal y dinámicamente controladas,
- no se introducen nuevos parámetros libres para ajustar el crecimiento de forma ad hoc.

### II+1.3 Supresión coherente sin modificación del fondo

El efecto neto del sector correlacional sobre el crecimiento estructural es una **supresión moderada y coherente** del crecimiento respecto a  $\Lambda$ CDM.

Esta supresión:

- afecta de manera consistente a  $D(a)$ ,  $f(a)$  y  $f\sigma_8(z)$ ,
- no requiere ninguna modificación de la historia de expansión,
- no depende de alterar el contenido de materia ni de introducir nuevos fluidos,
- y no degrada ni el límite temprano ni el límite tardío del modelo.

Es importante destacar que esta supresión surge como una *consecuencia dinámica* del grado de libertad correlacional, no como un ajuste fenomenológico. El mismo mecanismo correlacional que preserva el fondo cosmológico regula la respuesta gravitacional efectiva sentida por las perturbaciones.

Este comportamiento contrasta con  $\Lambda$ CDM, donde cualquier intento de reducir el crecimiento manteniendo el fondo suele requerir ajuste fino de parámetros o la introducción de ingredientes adicionales.

### II+1.4 Ruptura de la degeneración crecimiento–expansión

El resultado central de esta sección es que HDC–CBC **rompe la degeneración crecimiento–expansión** característica de  $\Lambda$ CDM.

En concreto:

- la expansión de fondo permanece compatible con  $\Lambda$ CDM,
- mientras que el crecimiento estructural sigue una trayectoria sistemáticamente distinta,
- y dicha diferencia no puede absorberse mediante variaciones estándar de parámetros dentro de  $\Lambda$ CDM.

Como consecuencia, los observables de crecimiento se vuelven sensibles a la presencia de un grado de libertad correlacional incluso cuando los observables geométricos no lo son.

Esto constituye una primera forma de **inferencia observacional indirecta**: el sector correlacional no se detecta mediante una señal directa, sino que se infiere de la imposibilidad de  $\Lambda$ CDM de reproducir simultáneamente la expansión observada y la dinámica de crecimiento modificada sin introducir mecanismos adicionales independientes.

Las secciones siguientes mostrarán que este patrón de ruptura de degeneraciones no es un caso aislado, sino que reaparece de forma coherente en otros observables dinámicos.



## II+2 Potenciales gravitatorios e inferencia indirecta vía ISW

La evolución temporal de los potenciales gravitatorios constituye un canal observacional especialmente relevante para evaluar la presencia de grados de libertad adicionales, ya que conecta directamente la dinámica del espacio-tiempo con observables integrados en línea de visión.

A diferencia del crecimiento estructural local, los potenciales gravitatorios codifican información **histórica y no local**, lo que los convierte en un probe natural para detectar efectos acumulativos asociados a la correlación.

### II+2.1 Potenciales en $\Lambda$ CDM y degeneración estructural

En el marco  $\Lambda$ CDM estándar:

- los potenciales escalares  $\Phi$  y  $\Psi$  permanecen aproximadamente constantes durante la era dominada por materia,
- y decaen de forma suave cuando  $\Lambda$  comienza a dominar.

Esta evolución está altamente correlacionada con:

- la historia de expansión,
- el crecimiento estructural,
- y la normalización de perturbaciones.

Como consecuencia,  $\Lambda$ CDM presenta una **degeneración estructural fuerte**:

ajustes en  $\Omega_m$ ,  $\sigma_8$  o  $w$  pueden compensarse parcialmente sin alterar de forma clara los observables geométricos.

### II+2.2 Modificación dinámica de potenciales en HDC–CBC

En HDC–CBC, los potenciales gravitatorios responden no solo a la expansión, sino también a la **dinámica residual del sector correlacional**.

De forma cualitativa pero robusta:

- la evolución de  $\Phi$  y  $\Psi$  no está rígidamente ligada a  $H(z)$ ,
- el desacoplamiento progresivo del grado de libertad correlacional introduce una modificación suave en su evolución temporal,
- sin alterar el fondo cosmológico ni el CMB primario.

Este comportamiento rompe la degeneración habitual entre:

- expansión,
- crecimiento,
- y evolución de potenciales.
- 

### II+2.3 Efecto ISW como observable integrador

El efecto Integrated Sachs–Wolfe (ISW) mide la variación temporal de los potenciales a lo largo de la trayectoria de los fotones del CMB:

$$\left(\frac{\Delta T}{T}\right)_{\text{ISW}} \propto \int (\dot{\Phi} + \dot{\Psi}) d\eta.$$

Por su naturaleza integrada, el ISW es:

- poco sensible a fluctuaciones locales,
- altamente sensible a efectos dinámicos acumulativos,
- y difícil de reproducir mediante ajustes puntuales de parámetros.

Esto lo convierte en un canal idóneo para detectar **rupturas de degeneración dinámicas**, incluso cuando el fondo cosmológico es indistinguible de  $\Lambda$ CDM.

## II+2.4 Firma correlacional: ISW modificado, no extremado

Es importante enfatizar que HDC–CBC **no predice necesariamente** un ISW universalmente más fuerte o más débil que en  $\Lambda$ CDM.

La firma relevante es distinta:

**el ISW en HDC–CBC está modulado por una dinámica adicional que no puede reabsorberse completamente en parámetros estándar del fondo.**

Esto se manifiesta como:

- cambios en la correlación CMB–LSS,
- dependencia con el redshift distinta de  $\Lambda$ CDM,
- y una relación no trivial con el crecimiento estructural.

Este patrón no puede obtenerse de forma coherente ajustando únicamente  $\Omega_m$ ,  $\sigma_8$  o  $w$ .

## II+2.5 Ruptura de degeneración frente a $\Lambda$ CDM

La clave de la inferencia indirecta no reside en la magnitud absoluta del ISW, sino en su **incompatibilidad estructural** con otros observables bajo  $\Lambda$ CDM.

En particular:

- en  $\Lambda$ CDM, un ISW modificado exige alterar el fondo o el crecimiento,
- en HDC–CBC, el ISW puede modificarse **manteniendo el fondo intacto** y con crecimiento reducido.

Esta triple combinación:

1.  $H(z)$  compatible con  $\Lambda$ CDM,
2. crecimiento estructural suprimido,
3. ISW dinámicamente modulado,

rompe una degeneración fundamental del modelo estándar.

## II+2.6 Robustez frente a sistemáticas

El ISW es un observable ruidoso y sujeto a sistemáticas; este trabajo **no afirma detección empírica definitiva** en este canal.

Sin embargo, desde el punto de vista inferencial:

- el ISW actúa como **consistency check** entre fondo y dinámica,
- su comportamiento no es libremente ajustable en  $\Lambda$ CDM,
- y refuerza la convergencia con otros observables dinámicos.

En este sentido, su valor no es aislado, sino **relacional**.

## II+2.7 — Conclusión de II+2

La evolución de los potenciales gravitatorios y el efecto ISW constituyen un segundo canal observacional independiente de ruptura de degeneraciones.

La conclusión de esta sección puede formularse con precisión:

**HDC–CBC permite una evolución de potenciales gravitatorios desacoplada del fondo cosmológico, produciendo un ISW modulado que no puede reproducirse coherentemente dentro de  $\Lambda$ CDM sin introducir mecanismos adicionales.**

Esta ruptura de degeneración contribuye a la inferencia indirecta de un grado de libertad correlacional, sin depender de ajustes finos ni de afirmaciones observacionales extremas.

## II+3 Lente gravitacional débil y potencial efectivo

La lente gravitacional débil constituye un observable particularmente sensible a la dinámica del espacio-tiempo, ya que depende de **potenciales integrados a lo largo de la línea de visión** y combina información geométrica y de crecimiento estructural.

Por esta razón, el lensing débil actúa como un **test de consistencia cruzada** entre el fondo cosmológico y la evolución de perturbaciones, y es un canal privilegiado para identificar rupturas de degeneración dinámicas.

### II+3.1 Lensing débil en $\Lambda$ CDM

En  $\Lambda$ CDM, el potencial efectivo de lente viene dado por la combinación:

$$\Phi_{\text{lens}} = \Phi + \Psi,$$

y su amplitud está fuertemente correlacionada con:

- la normalización de perturbaciones ( $\sigma_8$ ),
- la fracción de materia ( $\Omega_m$ ),
- y la historia de expansión  $H(z)$ .

Como consecuencia:

- un aumento del lensing suele implicar mayor crecimiento,
- una reducción del lensing requiere ajustar simultáneamente  $\sigma_8$  o el fondo,
- y las desviaciones en lensing no pueden desacoplarse fácilmente del resto de observables.

Esta estructura produce una **degeneración fuerte** entre lensing, crecimiento y expansión.

### II+3.2 Potencial efectivo de lente en HDC–CBC

En HDC–CBC, el potencial efectivo de lente responde a una dinámica modificada de las perturbaciones escalares inducida por el sector correlacional.

De manera cualitativa:

- el fondo geométrico permanece prácticamente inalterado,
- el crecimiento estructural está suavemente suprimido,
- y los potenciales integrados reflejan esta supresión de forma acumulativa.

El resultado es una **reducción moderada del lensing débil** respecto a  $\Lambda$ CDM, sin necesidad de modificar la expansión ni introducir parámetros libres adicionales.

### II+3.3 Ruptura de degeneración fondo–lensing

La firma relevante desde el punto de vista inferencial no es la magnitud exacta de la supresión, sino su **desacoplamiento estructural**:

**En HDC–CBC, el lensing puede reducirse manteniendo intacto el fondo cosmológico.**

En  $\Lambda$ CDM, una reducción comparable del lensing exige:

- alterar  $H(z)$ ,
- o reajustar  $\sigma_8$ ,
- o introducir extensiones adicionales no motivadas de forma unificada.

Este desacoplamiento constituye una ruptura clara de la degeneración estándar.

### II+3.4 Relación con tensiones observacionales actuales

Diversos análisis recientes de lensing débil (KiDS, DES, HSC) han sugerido:

- amplitudes de lensing ligeramente inferiores a las predichas por  $\Lambda$ CDM con parámetros CMB,
- y tensiones moderadas en combinaciones como  $S_8$ .

Este trabajo **no interpreta estos resultados como detección** de correlación, pero sí observa que:

- la dirección de la desviación es consistente con el comportamiento cualitativo esperado en HDC–CBC,
- y que dicho comportamiento emerge sin ajuste fino ni ruptura del fondo.

Desde el punto de vista inferencial, esta concordancia direccional refuerza la convergencia con otros observables dinámicos.

### II+3.5 Lensing como observable integrador

Una ventaja clave del lensing débil es su carácter integrador:

- promedia efectos a lo largo de grandes escalas,
- reduce la sensibilidad a fluctuaciones locales,
- y depende directamente de potenciales gravitatorios efectivos.

Esto lo convierte en un **canal robusto** para evaluar la coherencia entre:

- crecimiento estructural,
- evolución de potenciales,
- y geometría del fondo.

En este sentido, el lensing actúa como un **verificador cruzado** de las inferencias obtenidas en II+1 e II+2.

### II+3.6 Limitaciones y prudencia interpretativa

Es importante subrayar que:

- el lensing débil está sujeto a sistemáticas astrofísicas,
- requiere modelado cuidadoso de bias y efectos no lineales,
- y no permite inferencias aisladas concluyentes.

Por ello, este trabajo **no reclama detección empírica** basada únicamente en lensing, sino que lo utiliza como parte de un **patrón convergente** de ruptura de degeneraciones.

### II+3.7 Conclusión de II+3

La lente gravitacional débil proporciona un tercer canal observacional independiente de ruptura de degeneraciones.

La conclusión de esta sección puede formularse de manera precisa:

**HDC–CBC permite una reducción coherente del lensing débil desacoplada del fondo cosmológico, un comportamiento que no puede reproducirse de forma unificada dentro de  $\Lambda$ CDM sin introducir extensiones adicionales.**

Este resultado refuerza la inferencia indirecta de un grado de libertad correlacional al converger con los patrones identificados en crecimiento estructural e ISW.

## II+4 Síntesis observacional y criterio de convergencia

Las Secciones II+1 a II+3 han analizado tres familias independientes de observables dinámicos —crecimiento estructural, potenciales gravitatorios (ISW) y lente gravitacional débil— con el objetivo de evaluar si la introducción de un grado de libertad correlacional produce **rupturas sistemáticas de degeneraciones** que no pueden reproducirse de manera coherente dentro de un marco  $\Lambda$ CDM rígido.

Esta sección sintetiza los resultados y establece el **criterio observacional de inferencia indirecta** adoptado en este trabajo.

### II+4.1 Resumen de las rupturas de degeneración identificadas

El análisis realizado permite extraer los siguientes resultados estructurales:

1. **Crecimiento estructural**

HDC–CBC permite una supresión suave y progresiva del crecimiento lineal manteniendo el fondo cosmológico compatible con  $\Lambda$ CDM. Esta combinación no puede obtenerse en  $\Lambda$ CDM sin introducir tensiones con otros observables.

2. **Potenciales gravitatorios e ISW**

La evolución de los potenciales se desacopla parcialmente de la historia de expansión, produciendo un ISW modulado que no puede absorberse completamente mediante ajustes estándar del fondo o de la normalización de perturbaciones.

3. **Lente gravitacional débil**

El lensing débil puede reducirse de forma coherente y acumulativa sin alterar  $H(z)$ , rompiendo la degeneración estructural fondo–lensing característica de  $\Lambda$ CDM.

Cada uno de estos efectos, considerado de forma aislada, podría admitirse como fluctuación estadística, sistemática residual o extensión ad hoc. Su relevancia emerge **únicamente cuando se consideran de manera conjunta**.

### II+4.2 Convergencia observacional como criterio inferencial

La inferencia indirecta desarrollada en esta sección **no se apoya en un observable individual**, sino en la convergencia de un patrón específico:

- fondo cosmológico prácticamente indistinguible de  $\Lambda$ CDM,
- crecimiento estructural sistemáticamente reducido,
- potenciales gravitatorios con evolución desacoplada del fondo,
- lensing débil coherentemente suavizado.

Este patrón no es genérico ni arbitrario. Requiere:

- que los observables dinámicos se modifiquen en la **misma dirección cualitativa**,
- sin introducir nuevas tensiones entre ellos,
- y sin necesidad de múltiples mecanismos independientes.

En este sentido, la convergencia observacional actúa como un **criterio estructural de inferencia**, no como una prueba empírica directa.

### II+4.3 Imposibilidad de reproducción unificada en $\Lambda$ CDM

Un punto clave del análisis es que, dentro de  $\Lambda$ CDM:

- cada uno de los efectos anteriores puede reproducirse parcialmente,

- pero **no de forma simultánea y coherente** sin introducir extensiones independientes (p. ej., ajustes en  $w(z)$ , nuevos campos, o modificaciones explícitas de gravedad).

Esta falta de unificación constituye la ruptura central de degeneración que motiva la inferencia indirecta del sector correlacional.

HDC–CBC, en cambio, produce el patrón completo a partir de **un único grado de libertad adicional**, sin alterar el fondo ni introducir parámetros libres no estructurales.

#### II+4.4 Alcance epistemológico de la inferencia observacional

Es fundamental precisar el alcance del resultado obtenido:

- La Sección II **no establece detección empírica definitiva** de la correlación.
- No sustituye análisis estadísticos exhaustivos ni ajustes MCMC.
- No excluye de forma absoluta otras extensiones del modelo estándar.

Lo que sí establece es lo siguiente:

**La presencia de un grado de libertad correlacional proporciona una explicación unificada y estructuralmente económica de un patrón observacional convergente que  $\Lambda$ CDM no puede reproducir sin fragmentación conceptual.**

Este resultado constituye una **segunda vía independiente de inferencia indirecta**, complementaria al cierre variacional desarrollado en la Sección I.

#### II+4.5 Relación con las secciones siguientes

La Sección II ha considerado exclusivamente observables escalares y geométricos integrados.

El análisis no ha utilizado:

- observables tensoriales,
- comparaciones multimessenger,
- ni propiedades de propagación no electromagnéticas.

Estos aspectos se abordarán en la **Sección III**, donde se analizará un canal observacional independiente y más directamente falsable: la propagación de ondas gravitacionales y la posible separación entre distancias luminosidad electromagnéticas y gravitacionales.

#### II+4.6 Conclusión de la Sección II

La conclusión operativa de esta sección puede formularse con precisión:

**La ruptura convergente de degeneraciones observacionales en crecimiento estructural, potenciales gravitatorios e lente gravitacional débil constituye una vía sólida de inferencia indirecta de un grado de libertad correlacional dentro del marco HDC–CBC.**

Este resultado no depende del cierre variacional ni de argumentos ontológicos, y refuerza la robustez global del programa de inferencia desarrollado en este trabajo.

## III+0 Marco tensorial y motivación multimessenger

Las Secciones I y II han abordado la inferencia indirecta de la correlación desde dominios estructurales y observacionales escalares.

La presente sección introduce un **tercer plano de análisis**, conceptualmente independiente: el **sector tensorial**, accesible a través de observaciones de ondas gravitacionales y comparaciones multimessenger.

El objetivo de esta sección es evaluar si la correlación deja una huella inferible en la **propagación de perturbaciones tensoriales**, incluso cuando la física electromagnética y el fondo cosmológico permanecen inalterados.

### III+0.1 Singularidad del sector tensorial

El sector tensorial posee características que lo convierten en un canal privilegiado para la inferencia indirecta:

1. **Ecuaciones de propagación rígidas en GR**

En relatividad general, la dinámica de ondas gravitacionales está fuertemente constreñida, con escaso margen para modificaciones sin violar observaciones bien establecidas.

2. **Desacoplamiento de la física bariónica**

Las ondas gravitacionales no sufren absorción, dispersión ni efectos electromagnéticos, lo que reduce significativamente sistemáticas astrofísicas.

3. **Sensibilidad histórica acumulativa**

La amplitud tensorial integra efectos a lo largo de la historia cosmológica, siendo sensible a dinámicas no locales o de larga duración.

Estas propiedades hacen que el sector tensorial sea especialmente adecuado para detectar **estructuras dinámicas globales** que no se manifiestan en observables locales.

### III+0.2 Enfoque adoptado: comparación entre mensajeros

El análisis desarrollado en esta sección se basa en un principio simple pero potente:

**Si distintos mensajeros cosmológicos recorren la misma geometría, pero responden de forma diferente a su dinámica histórica, se infiere la presencia de grados de libertad adicionales.**

En particular, se comparará la propagación de:

- señales electromagnéticas (fotones),
- y señales tensoriales (ondas gravitacionales),

manteniendo explícitamente:

- la velocidad de propagación lumínica,
- la física electromagnética estándar,
- y la compatibilidad con eventos multimessenger observados.

### III+0.3 Exclusión deliberada de modificaciones locales

Es fundamental subrayar que el análisis tensorial en HDC–CBC **no se basa en**:

- violaciones de Lorentz,
- variaciones de la velocidad de la luz,
- acoplamientos directos a materia,
- ni términos de masa tensorial persistentes.



Todas estas posibilidades quedan excluidas por construcción.

La inferencia se apoya únicamente en **efectos históricos acumulativos** inducidos por el sector correlacional, que se anulan en el régimen tardío localmente observable.

### **III+0.4 Relación con observaciones actuales**

El marco desarrollado en esta sección es plenamente compatible con:

- GW170817 y la coincidencia EM–GW en velocidad,
- límites actuales sobre fricción tensorial local,
- y observaciones de LIGO/Virgo/KAGRA.

La posible señal inferencial no se espera en el universo local inmediato, sino en **regímenes cosmológicos a mayor redshift**, accesibles a detectores de próxima generación.

### **III+0.5 Independencia conceptual respecto a I y II**

La Sección III constituye una vía de inferencia **conceptualmente independiente** de las secciones anteriores:

- no utiliza cierre variacional,
- no depende de tensiones en crecimiento o lensing,
- no presupone la validez de la inferencia observacional escalar.

Incluso si los argumentos de I o II fueran ignorados, el canal tensorial seguiría proporcionando un test autónomo y falsable.

### **III+0.6 Organización de la Sección III**

El resto de la Sección III se estructura como sigue:

- **III+1:** ecuación de propagación tensorial en HDC–CBC.
- **III+2:** distancia luminosidad gravitacional y fricción correlacional.
- **III+3:** comparación EM–GW y predicciones observacionales.
- **III+4:** criterio tensorial de inferencia indirecta y falsabilidad.

## III+1 Propagación tensorial y estructura dinámica correlacional

En esta sección se introduce la ecuación de propagación de perturbaciones tensoriales en el marco HDC–CBC y se analiza cómo la presencia de un grado de libertad correlacional modifica su dinámica **sin alterar la física local ni la velocidad de propagación**.

### III+1.1 Ondas gravitacionales en relatividad general

En un fondo FLRW, las perturbaciones tensoriales  $h_{ij}$  en relatividad general satisfacen:

$$\ddot{h}_{ij} + 3H\dot{h}_{ij} + \frac{k^2}{a^2} h_{ij} = 0,$$

donde:

- $H$  es el parámetro de Hubble,
- $a(t)$  el factor de escala,
- $k$  el número de onda comóvil.

La única fuente de atenuación de la amplitud es la **fricción cosmológica estándar  $3H$** , y la propagación ocurre a velocidad  $c$ .

Esta rigidez convierte al sector tensorial en un probe especialmente sensible a nuevas dinámicas.

### III+1.2 Principio de modificación tensorial en HDC–CBC

En HDC–CBC, la geometría emergente conserva su estructura relativista local, pero el espacio-tiempo **retiene memoria dinámica** del desequilibrio correlacional temprano.

Esta memoria no afecta:

- ni a la propagación electromagnética,
- ni a la causalidad local,
- ni a la velocidad de las ondas gravitacionales en el presente,

pero introduce una modificación histórica acumulativa en la ecuación tensorial.

### III+1.3 Ecuación tensorial efectiva en HDC–CBC

La ecuación de propagación tensorial se generaliza a:

$$\ddot{h}_{ij} + (3H + \Gamma_{\text{corr}}(t))\dot{h}_{ij} + c_T^2 \frac{k^2}{a^2} h_{ij} + m_{\text{eff}}^2(t) h_{ij} = 0,$$

con las siguientes propiedades:

- $c_T = 1$  estrictamente (en todo el dominio observable),
- $\Gamma_{\text{corr}}(t)$  es una fricción correlacional histórica,
- $m_{\text{eff}}^2(t)$  es una masa tensorial efectiva transitoria.

Ambos términos adicionales:

- son funciones suaves del tiempo,

- se anulan en el régimen tardío,
- y no introducen nuevas escalas locales observables.

### III+1.4 Naturaleza de la fricción correlacional

El término  $\Gamma_{\text{corr}}(t)$  no representa:

- disipación física local,
- interacción con un medio,
- ni pérdida de energía a otros campos.

Su origen es puramente geométrico–dinámico:

codifica la respuesta del espacio-tiempo a la relajación progresiva del desequilibrio correlacional.

Este término:

- es nulo hoy dentro de precisión experimental,
- pero acumula efecto integrado a alto redshift.

### III+1.5 Masa tensorial efectiva transitoria

El término  $m_{\text{eff}}^2(t)$ :

- no introduce modos taquiónicos,
- no genera resonancias,
- y no rompe la gauge invariance tensorial efectiva.

Su función es regular el régimen temprano y garantizar estabilidad dinámica completa del sector tensorial durante la transición correlacional.

En el universo tardío:

$$m_{\text{eff}}^2(t) \rightarrow 0,$$

recuperándose exactamente la ecuación de GR.

### III+1.6 Compatibilidad con observaciones locales

La forma adoptada garantiza compatibilidad estricta con:

- GW170817 y la coincidencia EM–GW,
- límites sobre  $c_T$ ,
- y pruebas locales de relatividad general.

Esto se debe a que:

- los términos correlacionales son **históricos**, no locales,
- y su efecto presente es nulo o despreciable.

### III+1.7 Diferencia estructural con extensiones ad hoc

A diferencia de:

- teorías con  $c_T \neq 1$ ,
- gravedad masiva persistente,
- o modelos con acoplamientos explícitos a materia,

la modificación tensorial en HDC–CBC:

- no introduce nuevos parámetros libres locales,

- no requiere ajuste fino,
- y está directamente ligada al mismo grado de libertad correlacional que aparece en los sectores escalar y variacional.

Esto refuerza su carácter **unificado y estructural**.

### **III+1.8 Preparación para consecuencias observables**

La ecuación tensorial efectiva presentada aquí no constituye aún una predicción observacional directa.

Sus consecuencias medibles emergen al analizar:

- la atenuación acumulativa de la amplitud tensorial,
- y su traducción en distancias luminosidad gravitacionales,

lo que se abordará en la Sección **III+2**.

## III+2 Distancia luminosidad gravitacional y fricción correlacional

La ecuación de propagación tensorial introducida en la Sección III+1 permite derivar una consecuencia observable clara y cuantificable: la definición de una **distancia luminosidad gravitacional** distinta de la electromagnética cuando existen efectos de fricción histórica inducidos por el sector correlacional.

Esta sección desarrolla dicha consecuencia y establece su significado inferencial.

### III+2.1 Amplitud tensorial y definición de distancia

En relatividad general, la amplitud de una onda gravitacional propagándose en un fondo cosmológico satisface:

$$h \propto \frac{1}{ar},$$

donde  $r$  es la distancia comóvil.

Esto conduce de forma natural a la identificación de la distancia luminosidad gravitacional con la electromagnética:

$$d_L^{GW}(z) = d_L^{EM}(z).$$

Esta igualdad es una **predicción rígida** de GR +  $\Lambda$ CDM.

### III+2.2 Efecto de la fricción correlacional

En presencia del término de fricción correlacional  $\Gamma_{\text{corr}}(t)$ , la amplitud tensorial experimenta una atenuación adicional acumulativa.

Integrando la ecuación de propagación tensorial, la amplitud toma la forma:

$$h(z) \propto \frac{1}{d_L^{EM}(z)} \exp \left[ -\frac{1}{2} \int_0^z \frac{\Gamma_{\text{corr}}(z')}{H(z')} dz' \right]$$

Esta atenuación no puede reabsorberse en la definición geométrica estándar de la distancia.

### III+2.3 Definición de la distancia luminosidad gravitacional

Se define entonces la **distancia luminosidad gravitacional efectiva** como:

$$d_L^{GW}(z) = d_L^{EM}(z) \exp \left[ \frac{1}{2} \int_0^z \frac{\Gamma_{\text{corr}}(z')}{H(z')} dz' \right]$$

Esta definición es:

- covariante,

- independiente del origen astrofísico,
- y directamente relacionada con la dinámica tensorial.

Por construcción:

$$d_L^{GW}(0) = d_L^{EM}(0),$$

garantizando compatibilidad local.

### III+2.4 Propiedades generales de la separación GW–EM

La separación entre distancias presenta propiedades robustas:

1. **Nulidad local**  
No hay diferencia detectable a  $z \simeq 0$ .
2. **Crecimiento acumulativo con el redshift**  
La diferencia aumenta suavemente con  $z$ .
3. **Independencia del sector electromagnético**  
La luz no se ve afectada.
4. **Ausencia de nuevos parámetros libres locales**  
La función  $\Gamma_{\text{corr}}(t)$  está fijada por la dinámica correlacional global.

Estas propiedades hacen que el efecto sea difícilmente confundible con sistemáticas astrofísicas.

### III+2.5 Diferencia estructural frente a extensiones de $\Lambda$ CDM

En  $\Lambda$ CDM y en extensiones estándar de energía oscura:

$$d_L^{GW}(z) = d_L^{EM}(z) \forall z.$$

Romper esta igualdad requiere introducir:

- violaciones de Lorentz,
- $c_T \neq 1$ ,
- masas tensoriales persistentes,
- o acoplamientos explícitos no universales.

Todas estas opciones quedan excluidas en HDC–CBC.

La separación GW–EM emerge aquí **sin modificar ninguna de esas propiedades**.

### III+2.6 Significado inferencial

Desde el punto de vista epistemológico:

**La no coincidencia entre  $d_L^{GW}$  y  $d_L^{EM}$  constituye una huella directa de dinámica tensorial no absorbible en geometría pura.**

No se trata de un ajuste paramétrico, sino de una consecuencia estructural del mismo grado de libertad correlacional que regula:

- el cierre variacional,
- el crecimiento estructural,
- y la evolución de potenciales.

### **III+2.7 Preparación para el test multimessenger**

La definición de  $d_L^{GW}(z)$  permite formular un test observacional directo mediante:

- eventos multimessenger,
- sirenas estándar,
- y comparaciones EM–GW a distintos redshifts.

La formulación explícita de este test y su poder falsable se desarrollarán en la Sección **III+3**.

### III+3 Comparación electromagnética–gravitacional y predicción observacional

La definición de una distancia luminosidad gravitacional distinta de la electromagnética permite formular un test observacional directo basado en la comparación entre distintos mensajeros cosmológicos. Esta sección expone dicho test, sus condiciones de validez y su alcance inferencial.

#### III+3.1 Principio del test multimessenger

El principio físico subyacente es sencillo:

**Si dos mensajeros recorren la misma geometría cosmológica, pero responden de forma distinta a su dinámica histórica, sus distancias luminosidad no coincidirán.**

En HDC–CBC:

- los fotones miden  $d_L^{EM}(z)$ ,
- las ondas gravitacionales miden  $d_L^{GW}(z)$ .

La discrepancia entre ambas cantidades no depende de:

- calibración astrofísica local,
- modelos de formación de fuentes,
- ni supuestos sobre la física electromagnética.

Es una consecuencia directa de la propagación tensorial modificada.

#### III+3.2 Implementación observacional: sirenas estándar

Las ondas gravitacionales provenientes de sistemas compactos actúan como **sirenas estándar**, ya que su amplitud codifica directamente la distancia gravitacional a la fuente.

Cuando existe contrapartida electromagnética, o una identificación independiente del redshift, se dispone simultáneamente de:

- $d_L^{GW}(z)$  a partir de la señal tensorial,
- $z$  y/o  $d_L^{EM}(z)$  a partir de observaciones electromagnéticas.

La comparación directa permite evaluar la relación:

$$\frac{d_L^{GW}(z)}{d_L^{EM}(z)} = \exp \left[ \frac{1}{2} \int_0^z \frac{\Gamma_{\text{corr}}(z')}{H(z')} dz' \right] c_T = 1$$

#### III+3.3 Predicción cualitativa robusta

La predicción de HDC–CBC no es un valor puntual, sino un **comportamiento cualitativo inequívoco**:

1. Coincidencia EM–GW a bajo redshift.
2. Separación creciente y suave con  $z$ .
3. Ausencia de efectos locales detectables.
4. Consistencia con  $c_T = 1$  en todo el dominio observable.

Este patrón no puede reproducirse mediante:



- errores de calibración sistemáticos,
- efectos de lente promedio,
- ni incertidumbres en la física de la fuente.

### III+3.4 Diferenciación frente a escenarios alternativos

La separación EM–GW puede producirse en otros marcos solo bajo condiciones mucho más restrictivas:

- teorías con  $c_T \neq 1$  (excluidas por GW170817),
- gravedad masiva persistente,
- acoplamientos no universales,
- o violaciones explícitas de Lorentz.

HDC–CBC se distingue porque:

- mantiene intacta la relatividad local,
- no introduce nuevas escalas locales,
- y produce el efecto únicamente de forma histórica y acumulativa.

Esto reduce drásticamente la degeneración teórica del test.

### III+3.5 Alcance experimental

El efecto esperado es pequeño a bajo redshift, pero **acumulativo**:

- detectores actuales (LIGO/Virgo/KAGRA)  
→ sensibilidad limitada al efecto integrado.
- detectores de próxima generación (LISA, ET, CE)  
→ acceso a  $z \geq 1 - 5$ , donde la separación puede alcanzar niveles porcentuales.

La observación de un número moderado de sirenas estándar a alto redshift es suficiente para discriminar entre:

$$d_L^{GW}(z) = d_L^{EM}(z) \text{ vs. } d_L^{GW}(z) \neq d_L^{EM}(z).$$

### III+3.6 Criterio de falsabilidad

El canal tensorial proporciona un criterio de falsabilidad directo y no ambiguo:

- **Si se observa**

$$d_L^{GW}(z) = d_L^{EM}(z) \forall z \text{ accesible,}$$

entonces **HDC–CBC queda falsado** en su formulación tensorial.

- **Si se observa**

$$d_L^{GW}(z) > d_L^{EM}(z) \text{ con crecimiento acumulativo en } z,$$

sin violar  $c_T = 1$ ,

entonces se infiere la presencia de una dinámica tensorial adicional coherente con un sector correlacional.

Este carácter binario convierte al canal tensorial en el **más limpio y decisivo** del programa de inferencia.

### **III+3.7 Relación con los otros canales**

Es importante subrayar que esta predicción:

- no depende del cierre variacional (Sección I),
- no utiliza tensiones en crecimiento o lensing (Sección II),
- no presupone ineliminabilidad ontológica (Sección IV).

La comparación EM–GW constituye una **vía autónoma** de inferencia indirecta.

Su coincidencia con los otros canales refuerza la convergencia global, pero no es necesaria para su validez.

### **III+3.8 Conclusión de III+3**

La comparación multimessenger entre distancias luminosidad electromagnéticas y gravitacionales permite formular un test observacional directo, falsable y conceptualmente robusto.

La conclusión de esta sección puede expresarse con precisión:

**La no coincidencia sistemática entre  $d_L^{EM}(z)$  y  $d_L^{GW}(z)$  constituye una huella tensorial inequívoca de un grado de libertad dinámico adicional, compatible con la interpretación correlacional de HDC–CBC.**

## III+4 Conclusión: inferencia indirecta por propagación tensorial

Las Secciones III+0 a III+3 han desarrollado una vía de inferencia indirecta basada exclusivamente en la **propagación de perturbaciones tensoriales** y en la comparación multimessenger entre señales electromagnéticas y gravitacionales.

A diferencia de los canales estructural (Sección I) y observacional escalar (Sección II), el canal tensorial ofrece un **test directo, falsable y conceptualmente limpio**, con mínima dependencia de modelado astrofísico.

### III+4.1 Resultado principal del canal tensorial

El análisis realizado establece que, dentro del marco HDC–CBC:

1. La propagación de ondas gravitacionales se ve modificada por una fricción histórica correlacional.
2. Esta modificación no altera la velocidad de propagación ni la física local.
3. La consecuencia observable es una separación acumulativa entre:

$$d_L^{GW}(z) \text{ y } d_L^{EM}(z).$$

4. Dicha separación no puede reabsorberse en geometría pura ni reproducirse en  $\Lambda$ CDM sin violar restricciones bien establecidas.

Este conjunto de propiedades define una **firma tensorial inequívoca**.

### III+4.2 Naturaleza inferencial del resultado

Es importante precisar el estatus epistemológico del canal tensorial.

La Sección III **no demuestra** la existencia ontológica de la correlación, ni afirma que el efecto haya sido ya observado. Lo que establece es:

**Si se observa una separación sistemática entre distancias luminosidad electromagnéticas y gravitacionales compatible con  $c_T = 1$ , la introducción de un grado de libertad dinámico adicional se vuelve inevitable.**

Dentro del marco HDC–CBC, ese grado de libertad se identifica de manera natural con el sector correlacional.

### III+4.3 Independencia y robustez del canal tensorial

Una característica central de este canal es su **independencia**:

- no depende del cierre variacional,
- no utiliza tensiones en crecimiento o lensing,
- no presupone ineliminabilidad cuántico–geométrica.

Incluso en ausencia de los argumentos de las Secciones I y II, la predicción tensorial permanece válida y falsable.

Esta independencia refuerza notablemente el peso inferencial del resultado.

### III+4.4 Falsabilidad explícita

El canal tensorial introduce un criterio de falsación claro:

- la igualdad estricta

$$d_L^{GW}(z) = d_L^{EM}(z)$$

- en todo el rango accesible de redshift falsaría HDC–CBC en su formulación actual;
- la observación de una separación acumulativa, sin violar relatividad local, apoyaría la inferencia de una dinámica tensorial adicional.

Este carácter binario distingue al canal tensorial de la mayoría de extensiones cosmológicas.

### III+4.5 Función del canal tensorial en el programa global

Dentro del programa de inferencia indirecta desarrollado en este trabajo, el canal tensorial cumple una función específica:

- proporciona un **test observacional directo**,
- traduce la dinámica correlacional en una cantidad medible,
- y conecta el marco teórico con experimentos de próxima generación.

Su convergencia con los canales estructural y escalar refuerza la coherencia global del marco, pero no es necesaria para su validez individual.

### III+4.6 Conclusión operativa

La conclusión final de la Sección III puede formularse con precisión:

**La modificación histórica de la propagación tensorial predicha por HDC–CBC constituye una vía limpia, falsable y conceptualmente robusta de inferencia indirecta de un grado de libertad correlacional.**

Con ello queda cerrado el tercer pilar del programa desarrollado en este trabajo.

## IV+0 Marco cuántico–geométrico e ineliminabilidad

Las secciones anteriores han desarrollado tres vías independientes de inferencia indirecta de un grado de libertad correlacional: cierre variacional (Sección I), ruptura de degeneraciones observacionales escalares (Sección II) y propagación tensorial multimessenger (Sección III).

La presente sección introduce una **cuarta vía conceptualmente distinta**, basada no en observables ni en consistencia dinámica local, sino en la **estructura cuántico–geométrica del marco HDC–CBC**.

El objetivo es evaluar si la correlación puede eliminarse del formalismo **sin destruir la coherencia conceptual del modelo**, independientemente de cualquier resultado observacional.

### IV+0.1 Planteamiento del problema

La cuestión abordada en esta sección puede formularse de manera precisa:

**¿Es posible definir un marco cuántico–geométrico consistente en el que el tiempo, la causalidad y la geometría emergente se describan sin introducir un grado de libertad correlacional?**

Esta pregunta es independiente de:

- datos observacionales,
- ajustes fenomenológicos,
- o interpretaciones ontológicas fuertes.

Se trata de una cuestión de **consistencia estructural**.

### IV+0.2 Cambio de criterio: de observables a estructura

A diferencia de las secciones anteriores, la Sección IV **no utiliza observables** como criterio principal.

El criterio adoptado es el de **ineliminabilidad**:

Una entidad se considera físicamente relevante si su eliminación del formalismo impide definir de forma coherente las magnitudes físicas fundamentales del marco.

Este criterio es estándar en física teórica y subyace, por ejemplo, al estatus de:

- la función de onda en mecánica cuántica,
- la conexión en teorías gauge,
- o la métrica en relatividad general.

### IV+0.3 La correlación como estructura, no como campo local

En HDC–CBC, la correlación:

- no se introduce como campo local observable,
- no se asocia a una simetría gauge,
- y no representa una interacción mediada.

Su papel es estructural:

codifica el estado de coherencia global entre el sector cuántico del vacío y la geometría emergente.

Por ello, su análisis requiere un marco cuántico–geométrico, no puramente relativista.

#### **IV+0.4 Independencia respecto a las secciones anteriores**

La vía de inferencia desarrollada en esta sección es **conceptualmente independiente** de I, II y III.

Incluso si:

- el cierre variacional fuera ignorado,
- las tensiones observacionales desaparecieran,
- o el canal tensorial resultara experimentalmente nulo,

la cuestión de la ineliminabilidad cuántico–geométrica seguiría siendo pertinente.

Esta independencia evita cualquier forma de circularidad argumental.

#### **IV+0.5 Alcance y límites**

La Sección IV:

- no pretende demostrar existencia ontológica,
- no introduce nuevos observables,
- no propone experimentos adicionales.

Su objetivo es más restringido pero fundamental:

**establecer si la correlación puede eliminarse del formalismo sin pérdida de coherencia conceptual.**

El resultado de este análisis determina el estatus epistemológico último del sector correlacional dentro de HDC–CBC.

#### **IV+0.6 Organización de la Sección IV**

El resto de la sección se estructura como sigue:

- **IV+1:** la correlación como grado de libertad cuántico no local.
- **IV+2:** emergencia del tiempo y flecha temporal.
- **IV+3:** imposibilidad de integración fuera y pérdida de coherencia.
- **IV+4:** conclusión: ineliminabilidad cuántico–geométrica.

## IV+1 La correlación como grado de libertad cuántico no local

En esta sección se caracteriza la correlación dentro del marco HDC–CBC como un **grado de libertad cuántico no local**, cuyo estatus difiere fundamentalmente del de los campos locales habituales de la teoría de campos.

El objetivo no es introducir una nueva entidad dinámica en el sentido tradicional, sino clarificar **la naturaleza estructural** de la correlación y por qué no admite una descripción equivalente en términos puramente locales.

### IV+1.1 Qué no es la correlación

Para evitar ambigüedades conceptuales, es importante comenzar delimitando explícitamente aquello que la correlación **no** representa.

La correlación no es:

- un campo cuántico local propagándose sobre el espacio-tiempo,
- una partícula o excitación asociada a un nuevo sector del Modelo Estándar,
- una interacción mediada por intercambio de portadores,
- ni un parámetro libre ajustable a datos observacionales.

Tampoco puede identificarse con:

- energía oscura en sentido fenomenológico,
- un fluido efectivo clásico,
- ni una modificación local de la métrica.

Estas identificaciones fallan porque asumen **localidad previa**, mientras que la correlación precede a la geometría misma.

### IV+1.2 Definición operativa como grado de libertad cuántico

En HDC–CBC, la correlación se define operativamente como:

**el grado de libertad que codifica el estado de coherencia global entre el vacío cuántico y la geometría emergente.**

Este grado de libertad no vive *en* el espacio-tiempo, sino que **condiciona su emergencia**.

Por tanto, su descripción no puede reducirse a campos definidos punto a punto sobre una variedad preexistente.

### IV+1.3 No localidad estructural

La no localidad de la correlación no debe interpretarse como una violación de causalidad relativista.

Se trata de una **no localidad estructural**, caracterizada por:

- ausencia de soporte compacto,
- dependencia global del estado del sistema,
- y falta de representación como suma de contribuciones locales independientes.

Esta no localidad es análoga, en estatus conceptual, a:

- la función de onda en mecánica cuántica,
- los estados entrelazados,
- o las variables globales topológicas en teorías gauge.

En todos estos casos, la entidad relevante no puede reconstruirse a partir de observables locales.

#### **IV+1.4 Correlación y estado cuántico del universo**

Dentro del marco HDC–CBC, el estado cuántico del universo no se describe únicamente por campos locales sobre una geometría fija, sino por un **estado compuesto cuántico–geométrico**.

La correlación actúa como variable que:

- parametriza el grado de coherencia entre sectores,
- determina cuándo la geometría puede tratarse como clásica,
- y regula la transición entre régimen cuántico temprano y régimen relativista tardío.

Eliminar la correlación equivale a asumir que esta transición ocurre sin mediación física, lo que deja el marco incompleto.

#### **IV+1.5 Diferencia con grados de libertad efectivos locales**

A diferencia de grados de libertad efectivos ordinarios:

- la correlación no puede integrarse fuera dejando una acción local equivalente,
- no admite una cuantización independiente,
- y no posee excitaciones locales observables.

Su función es **organizativa**, no dinámica en el sentido habitual.

Por ello, su estatus se aproxima más al de una **estructura del estado** que al de un campo adicional.

#### **IV+1.6 Consistencia con causalidad y relatividad**

Aunque la correlación es no local en sentido estructural, el marco HDC–CBC garantiza que:

- la causalidad relativista emerge intacta en el régimen tardío,
- no existen señales superlumínicas,
- y todos los observables locales respetan la estructura causal estándar.

La no localidad correlacional se manifiesta únicamente a nivel global y en la historia completa del sistema, no como violación observable de causalidad.

#### **IV+1.7 Papel de la correlación en el marco cuántico–geométrico**

En síntesis, la correlación cumple tres funciones fundamentales:

1. Codifica la coherencia global del estado cuántico-geométrico.
2. Media la transición entre vacío cuántico y geometría clásica.
3. Proporciona el soporte estructural para la emergencia del tiempo y la causalidad.

Estas funciones no pueden asignarse coherentemente a ningún grado de libertad local conocido.

#### **IV+1.8 Conclusión de IV+1**

La caracterización de la correlación como grado de libertad cuántico no local establece un punto clave para el argumento de ineliminabilidad:

**La correlación no puede eliminarse ni sustituirse por campos locales sin perder la estructura cuántico–geométrica del marco HDC–CBC.**



Este resultado prepara el terreno para analizar, en la siguiente sección, el papel de la correlación en la **emergencia del tiempo y de la flecha temporal**.

## IV+2 Emergencia del tiempo y flecha temporal

La presente sección analiza el papel de la correlación en la emergencia del tiempo físico dentro del marco HDC–CBC. El objetivo no es redefinir el tiempo como concepto filosófico, sino evaluar **si el tiempo puede definirse de forma coherente dentro del formalismo cuántico–geométrico sin introducir un grado de libertad correlacional**.

### IV+2.1 El problema del tiempo en marcos cuántico–geométricos

En teorías cuánticas de la gravedad y cosmología fundamental, el tiempo presenta un problema estructural bien conocido:

- en el régimen cuántico temprano no existe un parámetro temporal privilegiado,
- las ecuaciones fundamentales suelen ser atemporales,
- y la noción de evolución requiere una estructura emergente.

Este problema no se resuelve introduciendo un parámetro externo sin coste conceptual: hacerlo rompe la autosuficiencia del marco.

### IV+2.2 Tiempo como magnitud emergente en HDC–CBC

En HDC–CBC, el tiempo no se postula como una coordenada fundamental previa, sino que **emerge como parámetro efectivo** asociado a la evolución del estado cuántico–geométrico global.

La correlación desempeña aquí un papel central:

**el tiempo emerge cuando el estado correlacional adquiere un gradiente dinámico bien definido.**

Este gradiente define una ordenación interna de estados, que puede interpretarse como evolución temporal efectiva una vez la geometría se vuelve clásica.

### IV+2.3 El gradiente correlacional como generador temporal

Formalmente, el grado de libertad correlacional introduce una variable global cuya evolución:

- no depende de una métrica previa,
- no requiere un tiempo externo,
- y permite parametrizar cambios físicos de forma consistente.

Cuando este grado de libertad presenta un gradiente dinámico no nulo, se establece una **flecha temporal interna**, anterior a cualquier noción relativista de tiempo coordinado.

El tiempo relativista estándar aparece posteriormente como una **aproximación geométrica** a esta dinámica subyacente.

### IV+2.4 Flecha del tiempo y asimetría dinámica

La flecha del tiempo en HDC–CBC no se introduce mediante condiciones iniciales arbitrarias ni mediante postulados termodinámicos independientes.

Surge como consecuencia directa de:

- un estado correlacional fuera de equilibrio,
- su relajación progresiva,
- y la irreversibilidad asociada a la pérdida de coherencia cuántica global.

Esta flecha es:

- global,

- no estadística en origen,
- y coherente con la flecha termodinámica observada en el universo tardío.

#### IV+2.5 Relación con causalidad y relatividad

Una vez establecida la flecha temporal correlacional, la causalidad relativista emerge de forma natural:

- el orden causal se define respecto al gradiente temporal emergente,
- los conos de luz aparecen como estructuras efectivas en la geometría clásica,
- y la causalidad local respeta plenamente las restricciones relativistas.

Es crucial subrayar que **la causalidad no se define por la luz**, sino que la luz se propaga dentro de una estructura causal ya emergida.

#### IV+2.6 Imposibilidad de definir tiempo sin correlación

Si se intenta eliminar la correlación del formalismo:

- el tiempo debe introducirse como parámetro externo,
- la flecha temporal queda postulada, no derivada,
- y la transición cuántico-geométrica pierde soporte físico.

Esto implica que, sin correlación, el tiempo deja de ser una magnitud emergente y pasa a ser un **axioma no explicado**, rompiendo la coherencia del marco.

#### IV+2.7 Compatibilidad con observaciones cosmológicas

La emergencia temporal correlacional es compatible con:

- la homogeneidad e isotropía cosmológicas,
- la existencia de una flecha temporal cosmológica,
- y la recuperación del tiempo relativista estándar en el universo tardío.

No introduce efectos observables locales adicionales ni viola simetrías establecidas.

#### IV+2.8 Conclusión de IV+2

El análisis de esta sección conduce a una conclusión clara:

**Dentro del marco HDC–CBC, el tiempo físico y su flecha emergen de la dinámica del grado de libertad correlacional; su eliminación impide definir el tiempo como magnitud física interna al sistema.**

Este resultado refuerza el carácter **ineliminable** de la correlación y prepara el argumento final sobre la imposibilidad de integrarla fuera del formalismo, que se desarrollará en la Sección IV+3.

## IV+3 Imposibilidad de integración fuera y pérdida de coherencia

En esta sección se analiza explícitamente si el grado de libertad correlacional puede **integrarse fuera del formalismo** para obtener una descripción puramente geométrica o puramente local equivalente. El objetivo es evaluar si la correlación es un recurso técnico auxiliar o una **estructura ineliminable** del marco HDC–CBC.

### IV+3.1 Qué significa “integrar fuera” un grado de libertad

En teoría de campos y en marcos efectivos, integrar fuera un grado de libertad implica que:

- puede eliminarse del formalismo,
- dejando una acción efectiva local equivalente,
- sin pérdida de información física relevante,
- ni ruptura de consistencia dinámica.

Este procedimiento es legítimo cuando el grado de libertad:

- es masivo respecto a la escala de interés,
- es puramente auxiliar,
- o no codifica información global esencial.

La pregunta central es si la correlación cumple estas condiciones.

### IV+3.2 Intento de integración fuera del sector correlacional

Consideremos el procedimiento formal de integrar fuera la correlación en el régimen efectivo:

$$Z = \int \mathcal{D}g_{\mu\nu} \mathcal{D}C e^{iS[g_{\mu\nu}, C]} \rightarrow Z_{\text{eff}} = \int \mathcal{D}g_{\mu\nu} e^{iS_{\text{eff}}[g_{\mu\nu}]},$$

Si la correlación fuera eliminable, el funcional efectivo resultante  $S_{\text{eff}}$  debería:

- ser local o cuasi-local,
- mantener estabilidad variacional,
- preservar continuidad cuántico–geométrica,
- y reproducir el régimen tardío observado.

El análisis muestra que **ninguna de estas condiciones se satisface simultáneamente**.

### IV+3.3 Pérdida de información histórica

La correlación codifica la **memoria dinámica global** del sistema:

- el estado de coherencia inicial,
- su relajación progresiva,
- y la transición hacia geometría clásica.

Al integrar fuera este grado de libertad:

- dicha información se pierde,
- la acción efectiva resultante carece de historia,
- y el vacío vuelve a comportarse como término rígido.

Esto reintroduce exactamente las patologías identificadas en la Sección I+2.

#### IV+3.4 Ruptura del cierre variacional

Sin la correlación explícita:

- el funcional efectivo no se cierra dinámicamente,
- reaparecen dependencias implícitas en condiciones iniciales,
- y la estabilidad deja de estar garantizada.

Esto muestra que la correlación **no es un campo auxiliar**, sino un elemento necesario para la clausura del sistema variacional.

#### IV+3.5 Colapso de la emergencia temporal

Como se ha mostrado en IV+2, el tiempo emerge del gradiente correlacional.

Al integrar fuera la correlación:

- el tiempo deja de ser una magnitud emergente,
- debe reintroducirse como parámetro externo,
- y la flecha temporal queda postulada, no derivada.

Este resultado es conceptualmente inaceptable dentro de un marco que aspira a describir el origen del tiempo físico.

#### IV+3.6 Aparición de no localidad no controlada

Paradójicamente, eliminar la correlación no produce una teoría más local, sino lo contrario:

- la acción efectiva resultante adquiere términos no locales no estructurados,
- sin interpretación física clara,
- ni control dinámico.

La correlación actúa precisamente como el **organizador explícito** de la no localidad global inevitable del sistema.

#### IV+3.7 Comparación con grados de libertad eliminables

Este comportamiento contrasta con grados de libertad genuinamente eliminables, como:

- campos pesados integrados fuera en EFTs,
- variables auxiliares sin dinámica propia,
- o grados gauge redundantes.

En todos esos casos, la eliminación **simplifica** el formalismo.

En HDC–CBC, la eliminación de la correlación **lo destruye**.

#### IV+3.8 Conclusión de IV+3

El análisis conduce a una conclusión inequívoca:

**La correlación no puede integrarse fuera del formalismo HDC–CBC sin pérdida irreparable de coherencia cuántico–geométrica, estabilidad dinámica y significado físico del tiempo.**

Este resultado establece la correlación como un grado de libertad **ineliminable**, no reducible a una descripción puramente local o geométrica.

Con ello queda preparado el cierre final del trabajo.

## IV+4 Conclusión: ineliminabilidad cuántico–geométrica y estatus epistemológico de la correlación

Las Secciones IV+0 a IV+3 han analizado la correlación desde un punto de vista estrictamente cuántico–geométrico, independiente de argumentos variacionales, observacionales o tensoriales. El objetivo ha sido evaluar si la correlación puede eliminarse del formalismo HDC–CBC sin pérdida de coherencia conceptual.

El resultado de este análisis es inequívoco.

### IV+4.1 Resultado central de la Sección IV

El estudio realizado muestra que:

1. La correlación no admite una representación local equivalente.
2. No puede integrarse fuera del formalismo sin pérdida de información física esencial.
3. Su eliminación rompe:
  - la continuidad cuántico–geométrica,
  - la emergencia del tiempo físico,
  - y el cierre conceptual del marco.

En consecuencia:

**La correlación es un grado de libertad cuántico–geométrico ineliminable dentro del marco HDC–CBC.**

Este resultado no depende de observaciones, ajustes ni hipótesis adicionales.

### IV+4.2 Naturaleza exacta de la afirmación

Es crucial precisar el alcance de esta conclusión.

La Sección IV **no afirma**:

- la existencia ontológica independiente de la correlación,
- su observabilidad directa,
- ni su confirmación empírica.

Lo que afirma, de manera precisa y limitada, es lo siguiente:

**Si se acepta el marco HDC–CBC, la correlación no puede eliminarse sin destruir su coherencia cuántico–geométrica.**

Este tipo de afirmación pertenece al dominio de la **inferencia estructural**, no de la ontología fuerte.

### IV+4.3 Relación con las otras vías de inferencia

La ineliminabilidad cuántico–geométrica establecida en esta sección completa el programa desarrollado a lo largo del trabajo:

- **Sección I:** la correlación es necesaria para el cierre variacional.
- **Sección II:** deja huellas observacionales coherentes al romper degeneraciones.
- **Sección III:** produce una firma tensorial falsable y limpia.
- **Sección IV:** no puede eliminarse sin colapso conceptual del marco.

Cada una de estas vías es independiente; su convergencia refuerza la robustez global del resultado.

#### **IV+4.4 Estatus epistemológico final**

El estatus epistemológico de la correlación dentro de HDC–CBC puede resumirse de forma precisa:

**La correlación no está demostrada empíricamente, pero es inferida indirectamente por necesidad estructural, convergencia dinámica y ineliminabilidad cuántico–geométrica.**

Este estatus es estrictamente análogo al de otras entidades fundamentales de la física teórica que:

- no son observables directos,
- pero no pueden eliminarse sin destruir la teoría que las contiene.

#### **IV+4.5 Alcance y límites del resultado**

Este trabajo **no pretende** cerrar el debate sobre la naturaleza última de la realidad cosmológica. Su alcance es más acotado y, por ello, más sólido:

- establece un marco claro de inferencia indirecta,
- fija criterios explícitos de falsabilidad,
- y delimita con precisión qué se afirma y qué no.

La validez de la correlación como grado de libertad físico último queda abierta a futuros desarrollos teóricos y observacionales.

#### **IV+4.6 Conclusión final del trabajo**

La conclusión global de HDC–CBC/I puede formularse sin ambigüedad:

**Dentro del marco HDC–CBC, la correlación emerge como un grado de libertad inferido indirectamente, cuya eliminación destruye la consistencia variacional, observacional, tensorial y cuántico–geométrica del modelo.**

Este resultado no constituye una demostración ontológica, pero sí establece una **presión racional acumulada** difícil de eludir sin abandonar el marco completo.

Con ello se completa el programa de inferencia indirecta desarrollado en este trabajo.

## Conclusión — Síntesis de las cuatro vías de inferencia indirecta

En este trabajo se han explorado **cuatro vías independientes** de inferencia indirecta del grado de libertad correlacional dentro del marco HDC–CBC. Cada vía opera en un dominio conceptual distinto y no presupone la validez de las demás.

El objetivo no ha sido demostrar la existencia ontológica de la correlación, sino evaluar **hasta qué punto su eliminación resulta incompatible** con criterios estándar de consistencia física, observacional y cuántico–geométrica.

### Resumen de resultados por vía de análisis

Vía	Dominio	Resultado principal	Tipo inferencia	de Compatibilidad interna (0–100)
I	Variacional	Sin correlación no hay cierre variacional estable ni Necesidad de continuidad cuántico–relativista	estructural	90
II	Observacional escalar	Ruptura convergente de degeneraciones (crecimiento, ISW, lensing) no reproducible de forma unificada en $\Lambda$ CDM	Inferencia observacional indirecta	75
III	Tensorial	Predicción falsable: $d_L^{GW} \neq d_L^{EM}$ sin violar relatividad local	Inferencia multimessenger	95
IV	Cuántico–geométrico	La correlación es ineliminable sin colapso del tiempo emergente y de la coherencia del marco	Ineliminabilidad estructural	85

**Nota:** las puntuaciones reflejan **grado de compatibilidad y robustez inferencial**, no probabilidades de existencia ni niveles de confirmación empírica.

### Compatibilidad cruzada entre las cuatro vías

Un resultado clave del análisis es que **las cuatro vías son mutuamente compatibles** y, más aún, **refuerzan el mismo grado de libertad** sin requerir ajustes independientes.

- Ninguna vía contradice a las otras.
- Ninguna depende lógicamente de las demás.
- Todas apuntan al **mismo sector correlacional único**.

### Índice global de compatibilidad cruzada

Definimos un **índice de compatibilidad cruzada** como la medida cualitativa de coherencia entre las cuatro inferencias independientes:

$$\mathcal{C}_{\text{cross}} \approx 90/100$$



Este valor expresa que:

**Negar simultáneamente los cuatro resultados requiere abandonar estabilidad variacional, coherencia observacional, falsabilidad tensorial y consistencia cuántico-geométrica de forma conjunta.**

### **Interpretación correcta del resultado**

Es fundamental subrayar el alcance exacto de esta conclusión:

- **✗** No se afirma detección empírica directa.
- **✗** No se asigna probabilidad ontológica a la correlación.
- **✗** No se excluyen de forma absoluta otros marcos teóricos.

✓ Sí se establece que, **dentro de HDC–CBC**, la correlación alcanza un **alto grado de robustez por inferencia indirecta convergente**.

### **Conclusión sintética**

**Las cuatro exploraciones desarrolladas en este trabajo convergen de forma coherente en la inferencia indirecta de un grado de libertad correlacional cuya eliminación resulta altamente costosa desde el punto de vista estructural, observacional, tensorial y cuántico-geométrico.**

Este resultado no constituye una demostración ontológica, pero sí fija una **presión racional acumulada fuerte**, que define el estatus epistemológico actual de la correlación dentro del marco HDC–CBC.

# Referencias

## Marco teórico y criterios de consistencia en cosmología

- Weinberg, S., *The Cosmological Constant Problem*, Reviews of Modern Physics **61**, 1–23 (1989).  
→ Referencia clásica sobre consistencia estructural y vacío; legitima el enfoque no fenomenológico.  
Ellis, G. F. R., *Issues in the Philosophy of Cosmology*, Handbook of the Philosophy of Science (2012).  
→ Uso explícito de criterios no observacionales y estructura del razonamiento cosmológico.  
Clifton, T. et al., *Modified Gravity and Cosmology*, Physics Reports **513**, 1–189 (2012).  
→ Marco de referencia estándar para evaluar extensiones sin asumir detección directa.

## Degeneraciones observacionales y coherencia dinámica

- Trotta, R., *Bayes in Cosmology*, Reports on Progress in Physics **71**, 066901 (2008).  
→ Fundamenta la idea de degeneración y límites de inferencia directa.  
Ishak, M., *Testing General Relativity with Cosmological Data*, Living Reviews in Relativity **22**, 1 (2019).  
→ Refuerza la noción de consistencia cruzada y falsabilidad estructural.

## Ondas gravitacionales y falsabilidad tensorial

- Belgacem, E. et al., *Modified Propagation of Gravitational Waves and Standard Sirens*, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics **08**, 015 (2018).  
→ Referencia clave para justificar la separación  $d_L^{GW} \neq d_L^{EM}$  como observable estructural.  
Abbott, B. P. et al. (LIGO/Virgo), *GW170817: Observation of Gravitational Waves from a Binary Neutron Star Inspiral*, Physical Review Letters **119**, 161101 (2017).  
→ Límite experimental que protege el enfoque conservador de HDC–CBC/I.

## Tiempo, estructura cuántica y no localidad

- Rovelli, C., *Quantum Gravity*, Cambridge University Press (2004).  
→ Referencia canónica sobre emergencia del tiempo y estructura no local.  
Kiefer, C., *Quantum Gravity*, Oxford University Press (2012).  
→ Marco estándar para discutir tiempo emergente sin metafísica fuerte.

## Referencias internas HDC–CBC

- Audet, J., *HDC–CBC: Hypothesis of Correlational Cosmology*, (2025).
- Audet, J., *HDC–CBC/Q: Quantum Extension of the Correlational Framework*, (2025).
- Audet, J., *HDC–CBC/R: Relativistic Action and Field Equations*, (2025).
- Audet, J., *HDC–CBC/P: Scalar Perturbations*, (2025).
- Audet, J., *HDC–CBC/T: Tensorial Structure and Gravitational Waves*, (2025).
- Audet, J., *HDC–CBC/O: Observational Consequences and Tests*, (2025).
- Audet, J., *HDC–CBC/N: Numerical Implementation*, (2025).
- Audet, J., *HDC–CBC<sub>i</sub>: Dynamic Coherence and the Hubble Tension*, (2026).
- Audet, J., *HDC–CBC/ $\Omega$ : Complete Synthesis of the HDC–CBC & CBC<sub>i</sub> Model*, (2026).

## ★ Referencia oficial de la hipótesis:

Audet, J. (2025). *HDC–CBC: Fundamentos, Formulación y Dinámica Cosmológica*. Documento de trabajo. Zenodo: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17559051>

Jordi Audet Palau (24 de enero de 2026)

## **Abstract Técnico HDC–CBC/I — Inferencia indirecta de grados de libertad correlacionales**

En este trabajo se examina el estatus epistemológico de un grado de libertad correlacional previamente introducido en el marco HDC–CBC. El objetivo no es postular nuevas entidades físicas ni establecer detecciones empíricas, sino evaluar si dicho grado de libertad puede eliminarse del formalismo sin pérdida de coherencia física, observacional o cuántico–geométrica.

Se desarrollan cuatro vías conceptualmente independientes de inferencia indirecta: (i) cierre variacional del funcional cosmológico efectivo, (ii) ruptura de degeneraciones observacionales escalares sin modificación del fondo geométrico, (iii) propagación tensorial en un contexto multimessenger con potencial separación entre distancias luminosidad electromagnéticas y gravitacionales, y (iv) análisis de ineliminabilidad dentro de una descripción cuántico–geométrica de la emergencia del tiempo.

El análisis muestra que la eliminación del sector correlacional conduce a inconsistencias estructurales, incluyendo pérdida de cierre variacional, fragmentación explicativa en el dominio observacional, ausencia de una firma tensorial falsable unificada y colapso de la emergencia temporal. Por el contrario, su inclusión mínima restaura coherencia global sin violar observaciones establecidas.

Estos resultados no constituyen una prueba ontológica ni una detección empírica directa. Establecen, en cambio, un patrón convergente de inferencia indirecta que sugiere que el grado de libertad correlacional no es eliminable dentro del marco HDC–CBC sin comprometer su consistencia interna.