Teoría Σ: Respuesta Geométrica Saturante y Termodinámica del Espacio--Tiempo

Fernando Figueroa

Abstract

Se presenta una teoría geométrica continua en la cual el espacio--tiempo, la materia y la energía emergen como manifestaciones de una única sustancia física, denotada Σ. La consistencia causal y la ausencia de infinitos físicos reales implican que la respuesta geométrica a densidades arbitrariamente grandes no puede ser lineal. Esto conduce a una ley constitutiva saturante caracterizada por un parámetro universal B, independiente del estado dinámico. A partir de este principio se derivan geometrías regulares libres de singularidades, la entropía del horizonte y la temperatura de Hawking sin cuantizar la geometría ni introducir grados de libertad adicionales.

1 Introducción

La relatividad general describe la gravedad como geometría, pero conduce inevitablemente a singularidades. Estas no representan entidades físicas realizables, sino una extrapolación no válida del régimen lineal de respuesta geométrica. La Teoría Σ propone que la geometría responde a una sustancia continua mediante una ley constitutiva saturante.

2 Postulados Fundamentales

Postulado I. Existe una sustancia física continua Σ, localmente conservada y causalmente completa.

Postulado II. No existen infinitos físicos reales; toda divergencia indica ruptura del régimen descriptivo.

Postulado III. La geometría responde a Σ mediante una ley constitutiva covariante.

3 Ley Constitutiva de Respuesta

Sea ρ_Σ la densidad efectiva de Σ. La respuesta geométrica mínima compatible con los postulados es:

$$R(\rho_\Sigma)=\frac{\rho^{\Sigma}}{1+B\rho^{\Sigma}}$$

4 Naturaleza del Parámetro B

El parámetro B:

- es universal,
- no depende de campos ni estados,
- tiene dimensiones de área.

Por unicidad dimensional:

$$B=\ell_P^2.$$

B no es un regulador ni un cutoff, sino la rigidez geométrica mínima de Σ.

5 Soluciones Regulares

Bajo simetría esférica:

$$ds^2=-f(r)\,dt^2+f(r)^{-1}\,dr^2+r^2\,d\Omega^2,$$

con

$$f(r)=1-\frac{2GM}{r}\left(1-e^{-r^2/4B}\right).$$

Todos los invariantes de curvatura son finitos.

6 Horizontes

El horizonte no es una frontera causal fundamental, sino la superficie donde la respuesta geométrica alcanza saturación.

7 Entropía del Horizonte

$$S=\frac{A}{4B}.$$

Con $B=\ell_P^2$, se recupera la ley de Bekenstein--Hawking.

8 Temperatura de Hawking

Usando la primera ley $dE=TdS$:

$$T=\frac{1}{4\pi r_h}$$

La radiación es consecuencia de la termodinámica geométrica, no de partículas virtuales.

9 Conservación de Información

La evolución es regular y unitaria en el espacio de configuraciones de Σ. No existen singularidades ni remanentes.

10 Relación con GR y EFT

La relatividad general emerge en el régimen $\rho_\Sigma \ll B^{-1}$. Las correcciones de alta curvatura corresponden al desarrollo efectivo de la ley saturante.

11 Conclusiones

La Teoría Σ describe el espacio--tiempo como un medio continuo con respuesta saturante. La entropía, la temperatura y la eliminación de singularidades emergen de principios constitutivos, sin cuantización geométrica ni ingredientes adicionales.