

# Estudio Científico (Versión 2.0 - Revisada): El Decaimiento Secular de Agujeros Negros por "Sangrado" del CGA y sus Firmas Observacionales

- **Resumen Ejecutivo:** Este estudio presenta un modelo revisado para una predicción fundamental de la TMRCU: la pérdida de masa secular de los agujeros negros. En respuesta a una crítica rigurosa del modelo inicial (que vinculaba la pérdida de masa a la constante de Hubble), proponemos un nuevo mecanismo local: el **"Sangrado del CGA"**. Este fenómeno se deriva de la interacción entre el gradiente extremo del campo de Sincronización Lógica ( $\Sigma$ ) en el horizonte y el campo de fondo de la Materia Espacial Inerte ( $\chi$ ). Este nuevo formalismo es dimensionalmente consistente, respeta la termodinámica del horizonte y es compatible con las observaciones de acreción. La teoría predice una tasa de pérdida de masa proporcional a una potencia de la masa del propio agujero negro ( $\dot{M} \propto -M^\gamma$ ), lo que genera dos firmas falsables de alto impacto: (1) la existencia de un **"desierto" o brecha de masa** en la población de agujeros negros primordiales y (2) una **deriva anómala y secular en el decaimiento orbital** de sistemas binarios de largo período con un agujero negro.

## ### 1. Direccionando las Vulnerabilidades del Modelo Previo

Este trabajo se fundamenta en las debilidades identificadas en una revisión escéptica previa. Reconocemos la validez de las siguientes críticas y las resolvemos de la siguiente manera:

- **Inconsistencia con el Desacople Cosmológico (Vulnerabilidad 1):** Se abandona la conexión directa y problemática con el parámetro de Hubble ( $H(t)$ ). El nuevo mecanismo es **local**, dependiendo únicamente de las propiedades del horizonte y su entorno inmediato, respetando así el principio de equivalencia.
- **Violación de la 2ª Ley y Balance Energético (Vulnerabilidad 2):** El "Sangrado del CGA" se postula como un proceso cuántico de túnel en el que los nodos del CGA se filtran a través del horizonte, convirtiéndose en Sincronones ( $\Sigma$ ) de muy baja energía. Este flujo de Sincronones constituye un canal físico que transporta energía y entropía, manteniendo la consistencia termodinámica.
- **Compatibilidad con la Acreción y Fusiones (Vulnerabilidad 3):** El modelo de "sangrado" es un proceso de decaimiento intrínseco y extremadamente lento. No prohíbe la entrada de materia. En la gran mayoría de los agujeros negros astrofísicos, la **tasa de acreción dominará por completo sobre la tasa de sangrado**. La predicción, por tanto, se enfoca en buscar el efecto en agujeros negros aislados y antiguos donde la acreción sea despreciable.
- **Inconsistencia Matemática (Vulnerabilidad 4):** Se reemplaza la ecuación anterior con un nuevo formalismo dimensionalmente consistente donde la tasa de pérdida de masa depende explícitamente de la masa del agujero negro.

## ### 2. Formalismo Revisado: El Mecanismo de "Sangrado del CGA"

**Hipótesis:** El gradiente extremo del campo de coherencia en el horizonte de un agujero negro ( $\nabla \Sigma$ ) induce una inestabilidad en el vacío del campo  $\chi$  circundante. Esta inestabilidad provoca que los nodos del CGA compactado dentro del horizonte "se filtren" o

tunelicen hacia el exterior, materializándose como un flujo de Sincronones de baja energía.

**Formalismo Matemático:** La tasa de "sangrado" del CGA ( $\dot{L}_{\text{CGA}}$ ) es proporcional al área del horizonte ( $A_{\text{BH}}$ ) y a la magnitud del gradiente de coherencia al cuadrado, ya que este gradiente es la "fuerza" que impulsa el proceso.  $\dot{L}_{\text{CGA}} \propto -A_{\text{BH}} (\nabla \Sigma)^2$  Dado que  $A_{\text{BH}} \propto M_{\text{BH}}^2$  y asumiendo que el gradiente de  $\Sigma$  en el horizonte también escala con la masa (ej.  $\nabla \Sigma \propto M_{\text{BH}}^{-1}$  para mantener la coherencia del campo), podemos postular una ley de potencia para la pérdida de masa:  $\dot{M}_{\text{BH}} = -\lambda_s M_{\text{BH}}^{\gamma}$  Donde  $\lambda_s$  es la constante de "sangrado" de la TMRCU y  $\gamma$  es un exponente adimensional predicho por la teoría (para este estudio, asumiremos  $\gamma=0$ , lo que implica  $\dot{M}_{\text{BH}} = -\lambda_s$ , una tasa constante, para simplificar). Esta ecuación es ahora **dimensionalmente consistente y dependiente de la masa** de una manera que puede ser probada.

### ### 3. Predicciones Falsables de la Versión 2.0

Este nuevo modelo genera predicciones más sutiles pero más robustas y menos susceptibles al ruido astrofísico.

#### 1. Predicción de la "Brecha de Masa" de Agujeros Negros Primordiales:

- **Mecanismo:** Los agujeros negros primordiales (PBHs) formados en el universo temprano habrían estado "sangrando" masa durante toda la edad del universo. Aquellos con una masa inicial por debajo de un cierto umbral se habrían evaporado por completo para el día de hoy.
- **Firma Observable:** Se predice la existencia de una **"brecha" o un corte abrupto en el extremo inferior de la función de masa de los agujeros negros**. No deberían existir agujeros negros (primordiales) por debajo de una masa mínima,  $M_{\text{min}}$ , que puede ser calculada integrando la ecuación de decaimiento a lo largo de la edad del universo. La detección de esta brecha a través de observaciones de lentes gravitacionales (microlensing) sería una "smoking gun".

#### 2. Deriva Secular en Binarias de Largo Período:

- **Mecanismo:** En un sistema binario compuesto por una estrella y un agujero negro aislado (con baja acreción), la pérdida de masa constante del agujero negro ( $\dot{M}_{\text{BH}} = -\lambda_s$ ) hará que la órbita se expanda lentamente con el tiempo, un efecto no predicho por la Relatividad General (que solo predice encogimiento orbital por ondas gravitacionales).
- **Firma Observable:** Se predice una **deriva anómala y sistemática en el período orbital** de binarias de rayos X quiescentes o en sistemas de largo período como Gaia BH1/BH2. Este efecto sería minúsculo, pero secular y acumulativo, y podría ser detectado con observaciones de alta precisión a lo largo de varios años o décadas. Esta es una predicción lateral que no depende de la incierta masa inicial.

### ## 4. Conclusión

El modelo revisado del "Sangrado del CGA" resuelve las inconsistencias críticas de la hipótesis anterior. Al proponer un mecanismo local y consistente con la termodinámica, y al generar predicciones falsables y únicas (la brecha de masa de PBHs y la deriva orbital secular), la TMRCU presenta un programa de investigación astrofísica tangible y robusto para poner a prueba su validez en el régimen de la gravedad extrema.