

TCDS – Predicción post-perihelio para 3I/ATLAS

Evidencias falsables de acoplamiento coherencial Σ en un cometa interestelar

Genaro Carrasco Ozuna
Proyecto TCDS / MSL, México
ORCID: 0009-0005-6358-9910

Versión: 8 de noviembre de 2025

Resumen

La Teoría de la Cromodinámica Sincrónica (TCDS) postula un campo de coherencia Σ con un bosón asociado (sincronón σ) que acopla débilmente a la materia y puede manifestarse como correcciones de rango corto y modulación efectiva de procesos disipativos. Este informe establece *predicciones cuantitativas y falsables* para el objeto interestelar 3I/ATLAS en la **salida del perihelio** (intervalo $t \in [0, 100]$ días post-perihelio), centradas en: (i) asimetría fotométrica de 10 %–20 % frente a modelos estándar de sublimación, (ii) corrimiento espectral neto de 2 Å–3 Å en bandas CN/C₂ no atribuible a Doppler, y (iii) deriva no gravitacional en A_1 equivalente a 0,02 arcsec/day a 0,05 arcsec/day acumulada en los primeros 100 días. Se especifican los criterios de éxito/falsación, el plan de observación y las métricas Σ requeridas para reproducibilidad.

1. Marco TCDS en modo astrofísico

El marco Σ - χ introduce una corrección efectiva sobre procesos de pérdida de masa y transporte de momento angular cuando la materia se encuentra débilmente ligada. La contribución efectiva se codifica con un acoplamiento adimensional $\kappa_\Sigma \ll 1$ y un rango microscópico ℓ_Σ , produciendo una renormalización suave de tasas y una presión radiativa efectiva.

2. Modelo mínimo y derivación

Sea \dot{M} la tasa clásica de sublimación termo-fotónica. El acoplamiento coherencial predice una tasa efectiva

$$\dot{M}_{\text{eff}} = \dot{M} \left(1 - \kappa_\Sigma e^{-r/\ell_\Sigma} \right), \quad 0 < \kappa_\Sigma \ll 1, \quad (1)$$

de donde se obtiene una *retención / recaptura parcial* de masa en la estela y una curva de luz más lenta en la fase de salida. Para la dinámica de trayectoria, la presión radiativa efectiva $P_{\text{rad}}^{\text{eff}} = P_{\text{rad}}(1 - \kappa_\Sigma)$ induce una deriva no gravitacional observable en A_1 ,

$$\frac{\Delta A_1}{A_1} \approx -\kappa_\Sigma \frac{v_{\text{esc}}}{v_{\text{orb}}}, \quad (2)$$

que para $v_{\text{esc}} \ll v_{\text{orb}}$ es del orden 10^{-3} y se manifiesta como residuales angulares acumulados.

3. Predicciones cuantitativas

3.1. Fotometría integrada (asimetría post-perihelio)

- **Efecto:** caída de brillo integrada más lenta que el modelo estándar de coma anisotrópica.
- **Magnitud:** 10 %-20 % de exceso fotométrico respecto al modelo base en $t \in [0, 100]$ días post-perihelio.
- **Métrica Σ :** correlación $R(t) > 0,95$ entre la curva prevista por (1) y la observada; Índice de locking $LI \geq 0,9$ en el ajuste multi-banda.

3.2. Espectroscopía (corrimiento cromático no Doppler)

- **Líneas:** CN 388 nm y C₂ 516 nm.
- **Predicción:** corrimiento neto al rojo $\Delta\lambda \approx 2 \text{ \AA} - 3 \text{ \AA} \pm 1 \text{ \AA}$, estable tras corregir proyección, calibración y viento solar.
- **Interpretación:** modulación del índice de refracción local por gradiente ϕ coherencial; no atribuible a efecto Doppler bulk.

3.3. Dinámica orbital (deriva no gravitacional)

- **Magnitud:** residuales angulares acumulados de 0,02 arcsec/day a 0,05 arcsec/day durante $t \in [0, 100]$ días post-perihelio.
- **Parámetro:** deriva negativa de A_1 con $\Delta A_1/A_1 \sim -10^{-3}$ según (2).
- **Verificación:** efemérides con *Horizons* y ajuste NGM (Marsden-like) con término κ_Σ .

4. Plan observacional y análisis

4.1. Fotometría

Cadencia semanal con telescopios de clase 1 m–2 m (LCOGT, Pan-STARRS). Filtro *gri* y banda ancha. Ajuste conjunto a (1); ventana crítica $t \leq 100$ d.

4.2. Espectroscopía

Resolución $R \approx 20,000$. Calibración con lámpara ThAr y estándar de velocidad radial. Control de sistema: verificación de estabilidad instrumental $\leq 1 \text{ \AA}$.

4.3. Dinámica

Descarga diaria de *Horizons*, ajuste con términos no gravitacionales (NGM) e inclusión de κ_Σ como parámetro escalar. Reporte de residuales y bandas de confianza.

| Canal | Éxito TCDS | Falsación |
|----------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Fotometría | Exceso 10 %-20 %, $R > 0,95$, $LI \geq 0,9$ | Simetría temporal y $ \text{exceso} < 5 \%$ |
| Espectroscopía | $\Delta\lambda = 2 \text{ \AA} - 3 \text{ \AA} \pm 1 \text{ \AA}$ | $\Delta\lambda$ consistente con 0 dentro de 1 \AA |
| Dinámica | 0,02 arcsec/day a 0,05 arcsec/day residuales | $< 0,01 \text{ arcsec/day}$ y $\Delta A_1/A_1 \approx 0$ |

5. Criterios de éxito y falsación

6. Métricas Σ y reproducibilidad

Usaremos el conjunto Σ -metrics: $R(t)$, LI, RMSE_SL, ventanas p:q y κ_Σ . Criterios KPI: $LI \geq 0,9$, $R > 0,95$, $RMSE_SL < 0,1$, reproducibilidad $\geq 95 \%$. Se publicarán datos crudos, scripts de ajuste Adler/Kuramoto y cuadernos de Allan deviation. Todos los artefactos llevarán DOI y hash.

7. Registro y gobernanza de datos

Se recomienda preregistro OSF con sello temporal, publicación en Zenodo con `.zenodo.json`, y repositorio de código en GitHub. Licencia CC BY 4.0 para datos y MIT para código.

8. Nota de alcance

Las magnitudes numéricas se derivan del régimen de acoplamiento débil $\kappa_\Sigma \in [10^{-4}, 10^{-3}]$ y se consideran *predicciones falsables*. Su ausencia establece límites superiores a κ_Σ útiles para refinar la TCDS.

Contacto genarocarrasco.ozuna@gmail.com GitHub: <https://github.com/geozunac3536-jpg>
DOI: [10.5281/zenodo.17560070](https://doi.org/10.5281/zenodo.17560070)