

# TCDS – Predicción post-perihelio para 3I/ATLAS

Evidencias falsables de acoplamiento coherencial  $\Sigma$  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  $\Sigma$  con un bosón asociado (sincronón  $\sigma$ ) 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/C<sub>2</sub> 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  $\Sigma$  requeridas para reproducibilidad.

## 1. Marco TCDS en modo astrofísico

El marco  $\Sigma$ - $\chi$  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  $\ell_\Sigma$ , 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  $\Sigma$ :** 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 C<sub>2</sub> 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  $\phi$  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  $\kappa_\Sigma$ .

### 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  $\kappa_\Sigma$  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 $1 \text{ \AA}$
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 $\Sigma$ y reproducibilidad

Usaremos el conjunto  $\Sigma$ -metrics:  $R(t)$ , LI, RMSE\_SL, ventanas p:q y  $\kappa_\Sigma$ . 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  $\kappa_\Sigma$  útiles para refinar la TCDS.

**Contacto** genarocarrasco.ozuna@gmail.com    GitHub: <https://github.com/geozunac3536-jpg>