

Predicciones espectroscópicas y composición del objeto interestelar **3I/ATLAS**

Genaro Carrasco Ozuna

Proyecto TCDS / Motor Sincrónico de Luz (MSL), México

ORCID: 0009-0005-6358-9910

DOI: 10.5281/zenodo.17505875

Resumen

Se presentan predicciones cuantitativas de la composición y evolución de la coma del objeto interestelar **3I/ATLAS** durante su fase post-perihelio (noviembre 2025–enero 2026). Con base en observaciones previas de JWST, NASA y ESA, que indican una coma dominada por CO₂ con presencia secundaria de H₂O, CO y trazas de OCS, se derivan tasas de producción Q_i , leyes de variación con la distancia heliocéntrica y líneas espectrales esperadas por instrumento. El propósito es proporcionar una guía predictiva para las próximas campañas de observación desde satélites y sondas planetarias.

1. Modelo termofísico simplificado

El flujo solar en función de la distancia heliocéntrica r se expresa como:

$$(1 - A) \frac{F_{\odot}(1 \text{ au})}{r^2} \cos \theta = \epsilon \sigma T^4 + \sum_i Z_i(T) L_i,$$

con $i \in \{\text{H}_2\text{O}, \text{CO}_2, \text{CO}\}$. Se adoptan leyes de potencia empíricas para las tasas globales de sublimación:

$$Q_i(r) = Q_i(r_0) \left(\frac{r}{r_0} \right)^{-m_i},$$

donde los exponentes se estiman como:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} \approx 3-4, \quad m_{\text{CO}_2} \approx 1-2, \quad m_{\text{CO}} \approx 1-1,5.$$

La consecuencia física es un aumento progresivo de la razón $Q_{\text{CO}_2}/Q_{\text{H}_2\text{O}}$ conforme el objeto se aleja del Sol tras el perihelio ($t_p = 2025-10-30$, $r_p \simeq 1,4 \text{ au}$).

2. Ventanas de observación y plataformas

Las fechas útiles abarcan del 10 de noviembre de 2025 al 31 de enero de 2026. Se contemplan las siguientes plataformas:

- **JWST** (NIRSpec/MIRI, 2.7–5.3 μm)
- **HST** (STIS/COS, 308–388 nm)
- **ExoMars TGO / Mars Express** (fotometría IR y óptica desde órbita marciana)
- **JUICE** (fotometría multibanda según geometría)

3. Predicciones cuantitativas

Cuadro 1: Rangos esperados de producción Q_i relativos (moléculas s^{-1}) y líneas diagnósticas.

Periodo (2025–26)	r_\odot (au)	$Q_{\text{CO}_2}/Q_{\text{H}_2\text{O}}$	$Q_{\text{CO}}/Q_{\text{H}_2\text{O}}$	Bandas dominantes
15–30 nov	1.5–1.7	6–15	0.2–0.6	CO_2 4.26 μm , H_2O 2.7–3.1 μm
diciembre	1.7–2.1	10–25	0.3–0.7	CO 4.67 μm , [OI] 557.7/630.0 nm
enero	2.1–2.6	15–40	0.4–0.9	CO_2 4.26 μm , continuo 4–5 μm

Se espera que el polvo presente pendiente espectral neutra o ligeramente verde, con polarización moderada en fases 20°–40°, dominada por granos amorfos finos.

4. Detecciones esperadas

- Bandas vibracionales de CO_2 (4.26 μm) y CO (4.67 μm) de alta intensidad.
- Línea [OI] 557.7 nm por fotodisociación de CO_2 .
- OH 308 nm y CN 388 nm débiles (HST).
- OCS detectado marginalmente ($Q_{\text{OCS}}/Q_{\text{CO}_2} < 0,05$).

5. Estrategia instrumental

- **JWST**: usar NIRSpec (R1000) para separar CO_2/CO y obtener perfiles radiales $Q_i(r)$.
- **MIRI**: medir continuo 5–12 μm y caracterizar polvo.
- **HST**: integrar largas exposiciones en OH 308 nm y CN 388 nm.
- **ExoMars/Mars Express**: promediar espectros para CO_2 y polvo desde geometría marciana.

6. Criterios de falsación

1. $Q_{\text{H}_2\text{O}} \approx Q_{\text{CO}_2}$ sostenido post-perihelio → exposición de hielo de agua.
2. Intensidad de CN comparable a cometas solares → composición nitrogenada elevada.
3. Exponente $m_{\text{CO}_2} > 3$ requerido por datos → modelo termofísico insuficiente.

7. Productos sugeridos

- Curvas $Q_i(r)$ ajustadas por MCMC.
- Mapas 2D de razón $Q_{\text{CO}_2}/Q_{\text{H}_2\text{O}}$.
- Tabla de SNR10 por banda.
- Resumen de Af y polarización vs. ángulo de fase.

8. Autoverificación

Las predicciones se basan en resultados públicos de JWST y NASA (coma rica en CO₂), confirmaciones ESA y modelos termodinámicos plausibles. El enfoque mantiene falsabilidad explícita: relaciones Q_i y líneas espectrales cuantificables. El rango de exponentes m_i refleja la incertidumbre térmica y puede refinarse con futuras observaciones post-perihelio.

Referencias institucionales

NASA (2025), ESA (2025), JWST Comet Atlas Team (2025), Clarivate/Web of Science Author ID OSH-8541-2025, DOI 10.5281/zenodo.17520491.

Licencia: CC BY 4.0 — © Genaro Carrasco Ozuna, 2025. **Repositorio GitHub:** TCDS_Convergencia.