

Detección de Tránsitos Exoplanetarios con TESS y Caracterización

De TOI 4010 al Análisis Poblacional

JORGE ACEBES HERNÁNDEZ

Índice

DATOS PROPIOS

1. Objetivos e Introducción
2. Reducción de Datos
3. Análisis y Resultados

DATOS DE ARCHIVO

1. Objetivos
2. Misión TESS
3. *Pipeline* y Algoritmos
4. Resultados TOI-4010
5. Análisis Poblacional
6. Conclusiones

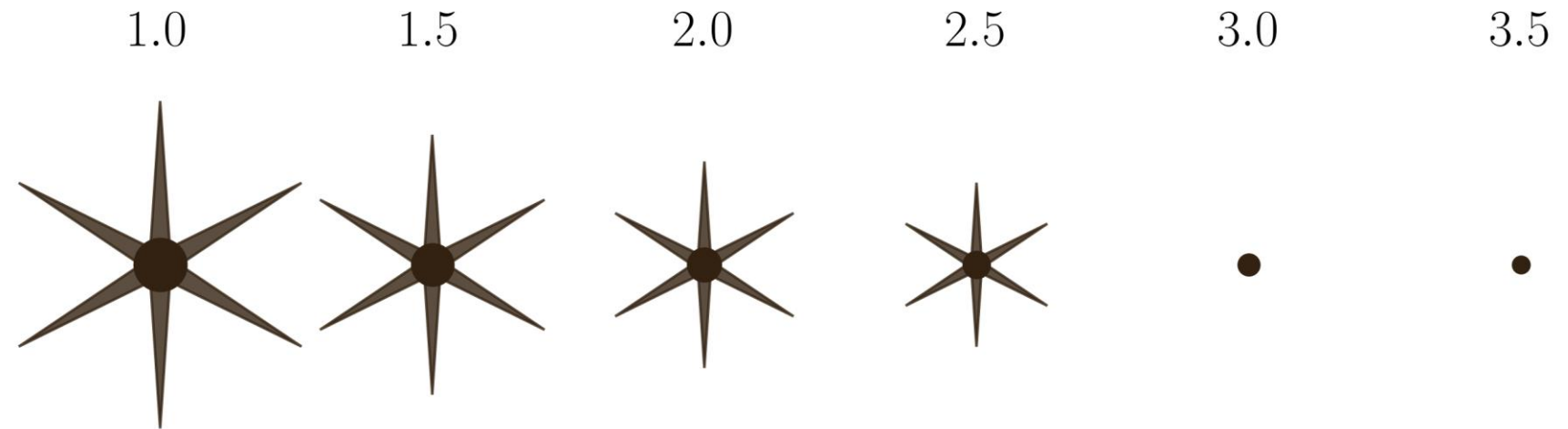
Objetivos

Objetivos e Introducción

Observar la estrella TOI-4010

Determinar su magnitud en V

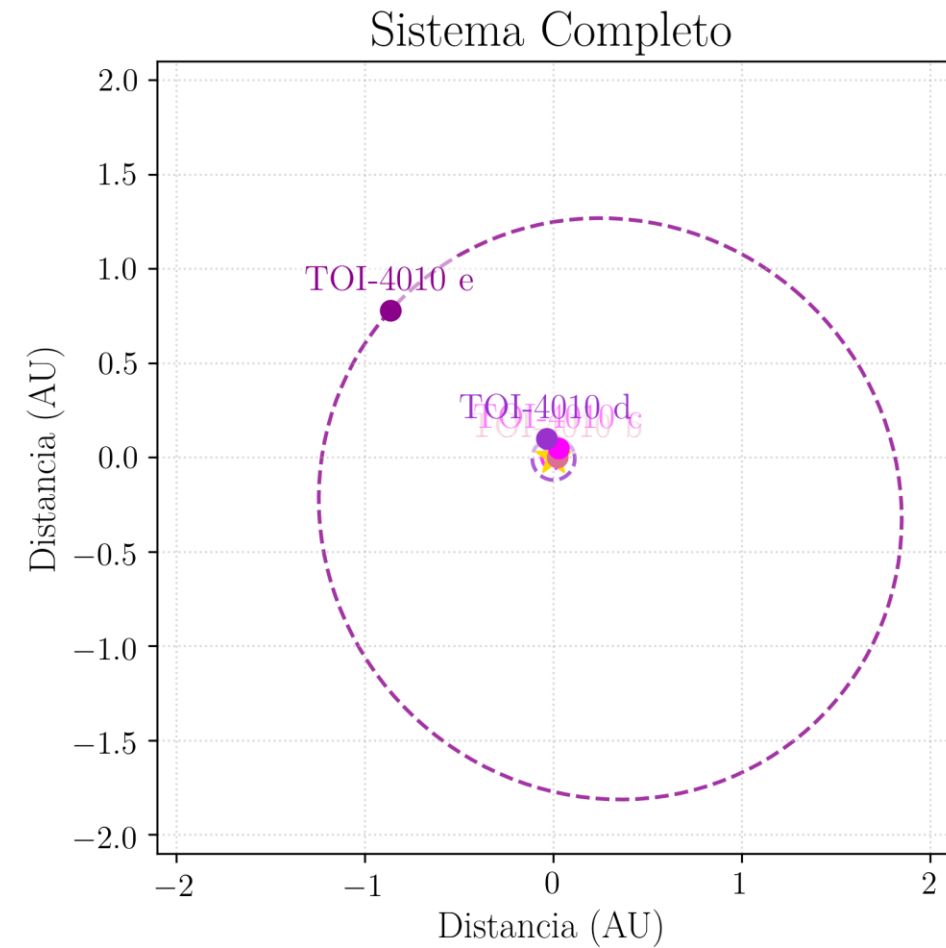
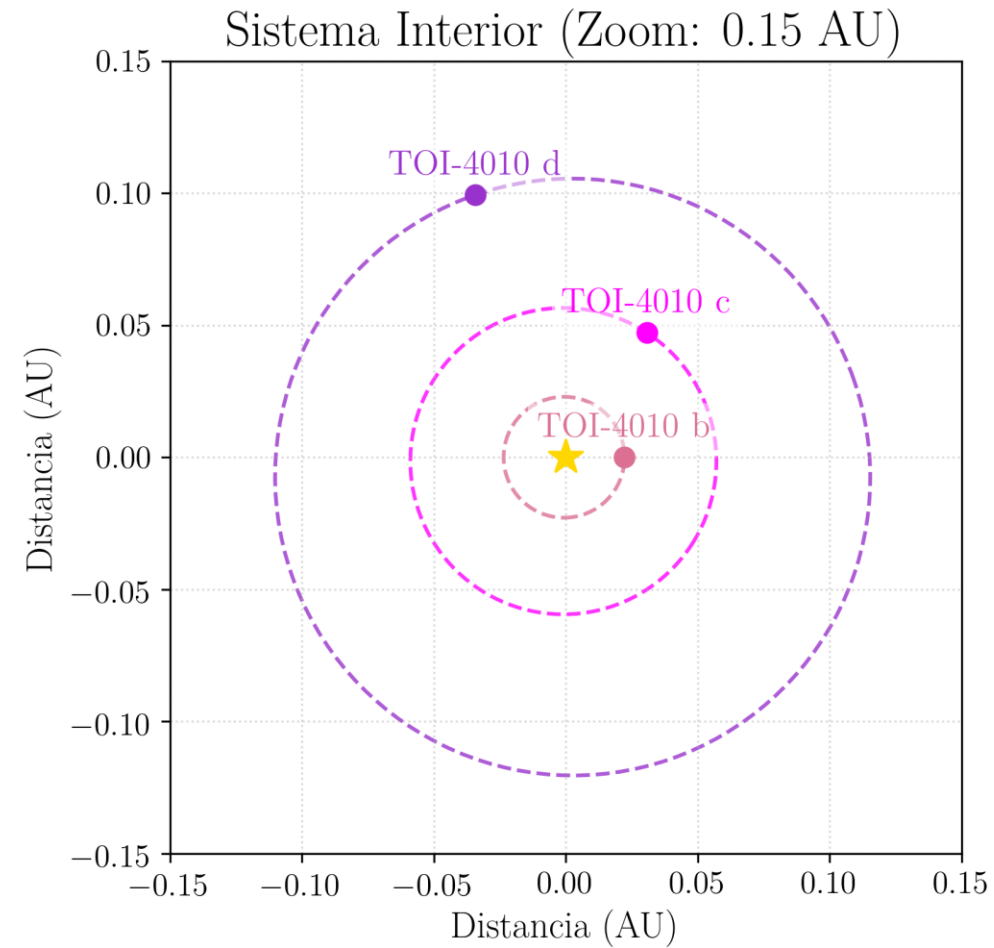
MAGNITUD
APARENTE (m)



Sistema TOI-4010

Objetivos e Introducción

Arquitectura Orbital del Sistema TOI-4010



Sistema TOI-4010

Objetivos e Introducción

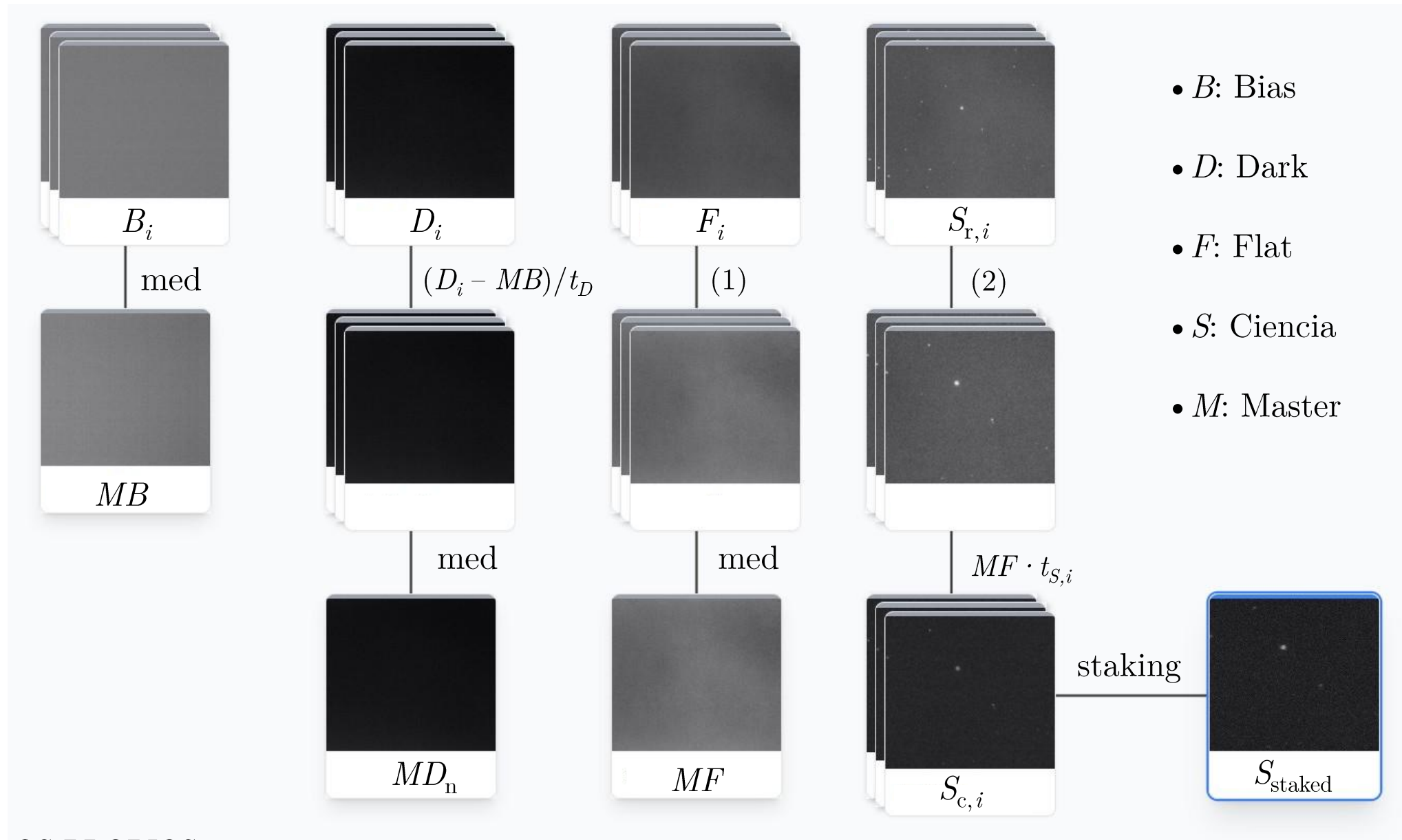
Estrella TOI-4010

- Enana tipo K ($T_{\text{eff}} = 4888 \pm 138$ K)
- $M_{\star} = 0.799 \pm 0.097 M_{\odot}$
- $R_{\star} = 0.88 \pm 0.06 R_{\odot}$
- $m_V = 12.41 \pm 0.05$ mag

Exoplanetas TOI-4010

- TOI-4010 b: $T = 1.3$ días, subneptuniano
- TOI-4010 c: $T = 5.4$ días, subsaturniano
- TOI-4010 d: $T = 14.7$ días, subsaturniano
- TOI-4010 e: $T = 762 \pm 90$ días

Reducción de Datos



- B : Bias
- D : Dark
- F : Flat
- S : Ciencia
- M : Master

- t : tiempo exposición
- n : normalizada por t
- r : cruda
- c : calibrada
- med : mediana

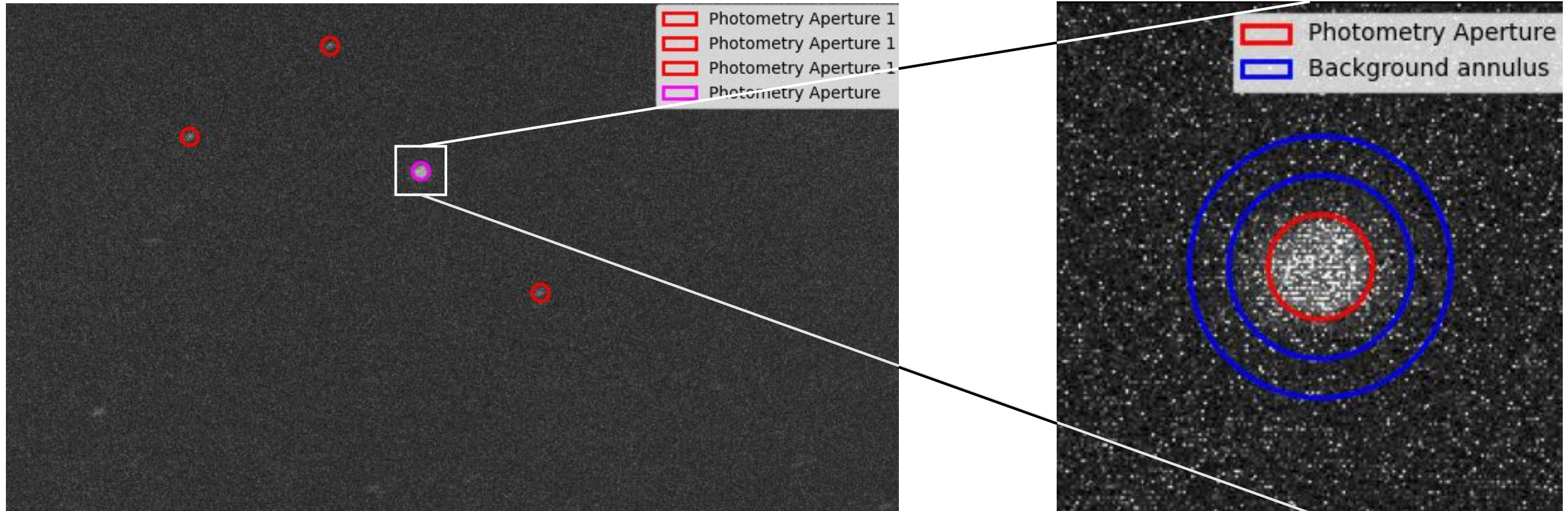
$$(1) : \frac{F_i - MB - MD_n \cdot t_F}{med(F_i - MB - MD_n \cdot t_F)}$$

$$(2) : S_{r,i} - MB - MD_n \cdot t_{S,i}$$

Análisis Fotométrico

Análisis y Resultados

TOI-4010



$$F_{\text{fondo}} = f_{\text{corona}} \cdot A_{\text{apertura}}$$

$$m_{\text{inst}} = -2.5 \log_{10}(F_{\text{apertura}} - F_{\text{fondo}})$$

$$m = m_{\text{inst}} + C$$

DATOS PROPIOS

F : flujo f : densidad de flujo A : área m : magnitud inst: instrumental C : cte.

Resultados

Análisis y Resultados

Parámetro	Experimental	Zacharias et al.
m_V (mag)	12.1 ± 0.5	12.41 ± 0.05

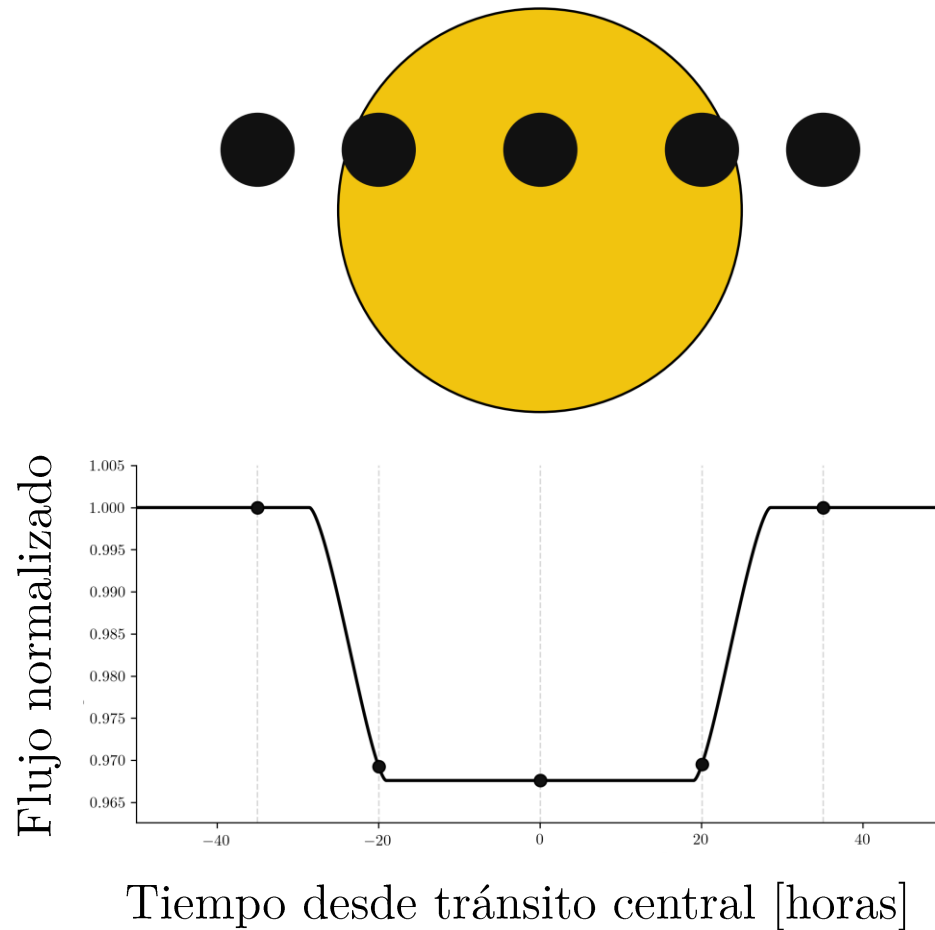
$\epsilon_{\text{medida}} = 4.0\%$

↑ Seeing

↓ Elevación

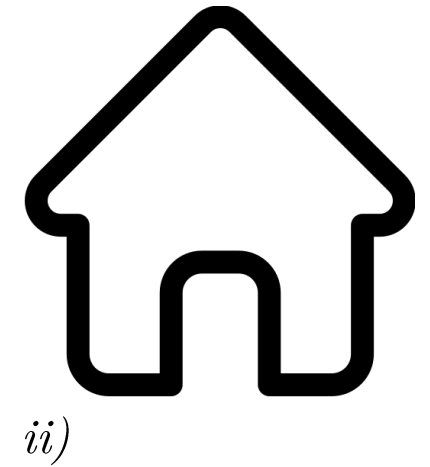
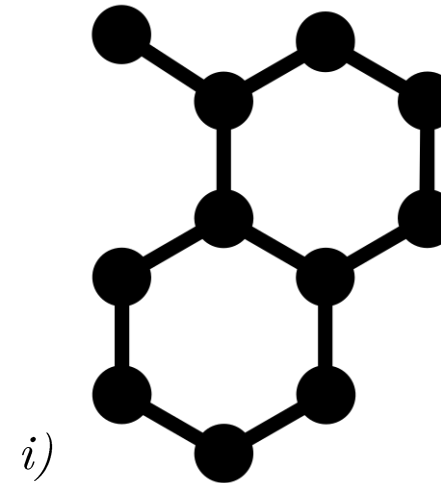
Objetivos

Detectar y Caracterizar Exoplanetas
mediante Fotometría de Tránsito



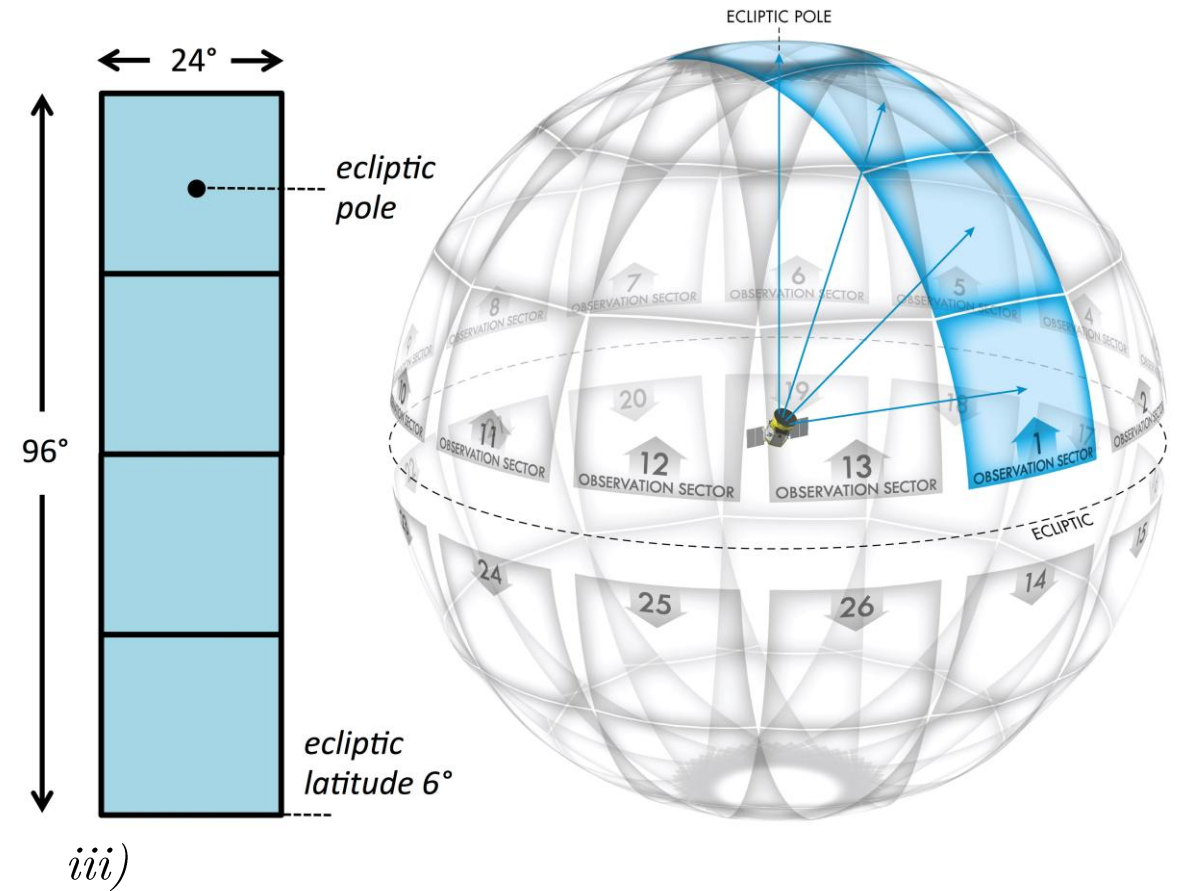
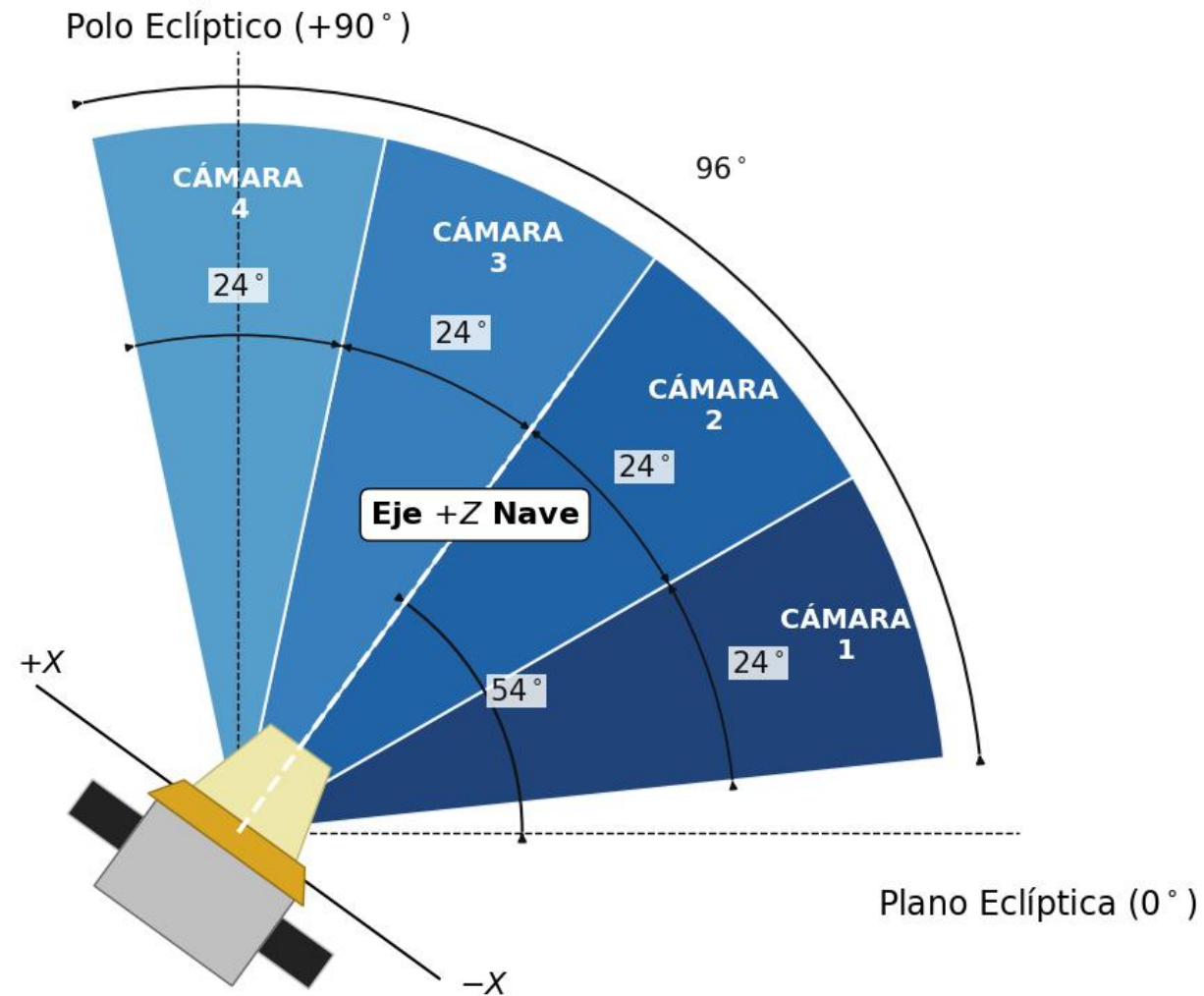
DATOS DE ARCHIVO

Análisis Poblacional de
Composición y Habitabilidad

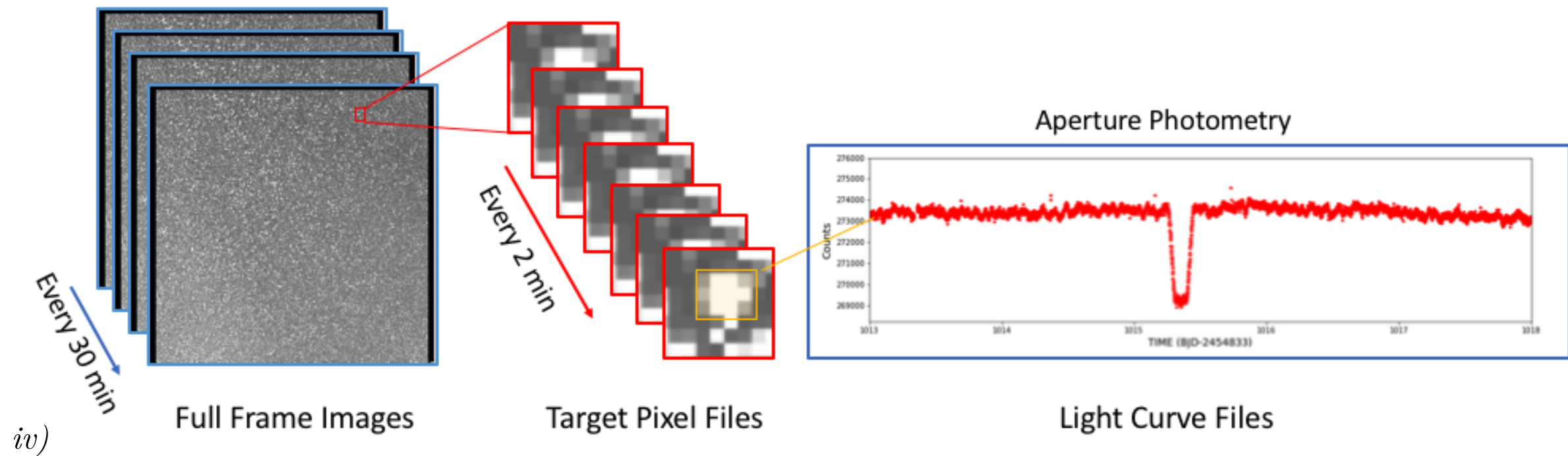


i), ii) FlatIcon

Misión TESS



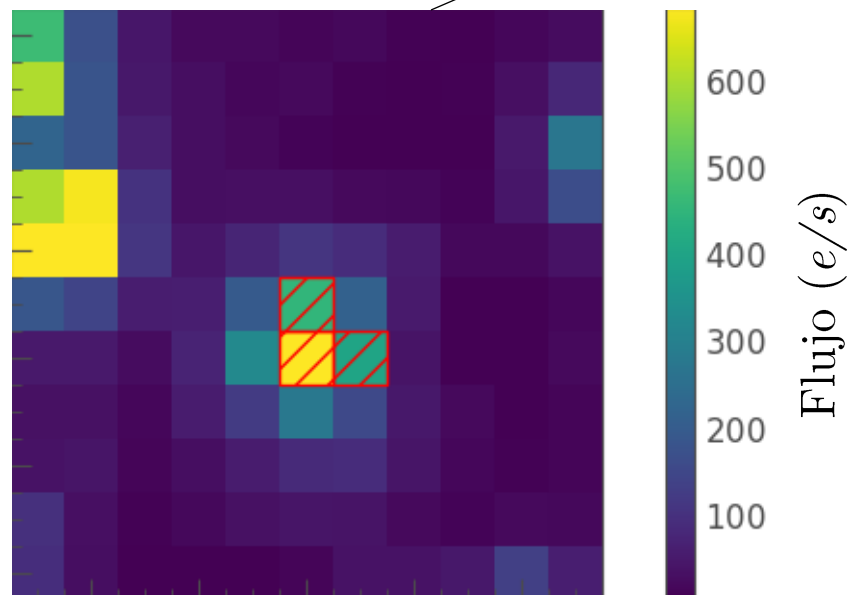
Misión TESS



PIPELINE TPFs

Pipeline y Algoritmos

TOI-4010



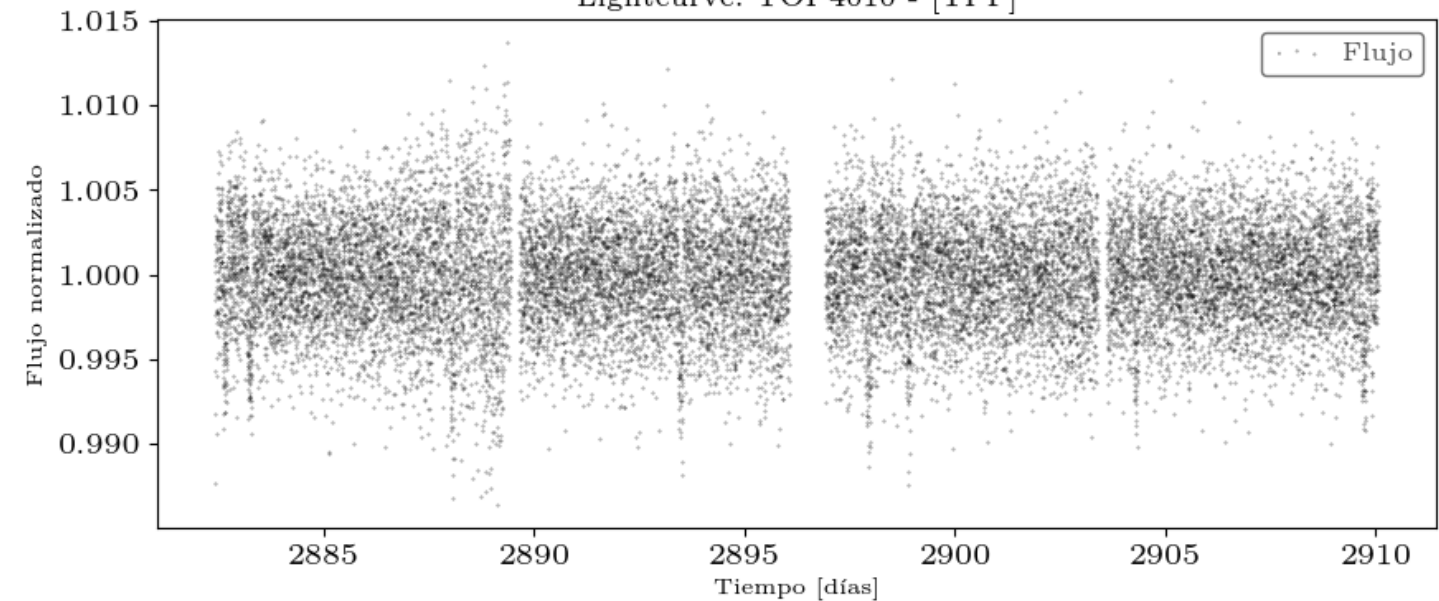
Pixel Level Decorrelation (PLD)

+

Principal Component Analysis (PCA)

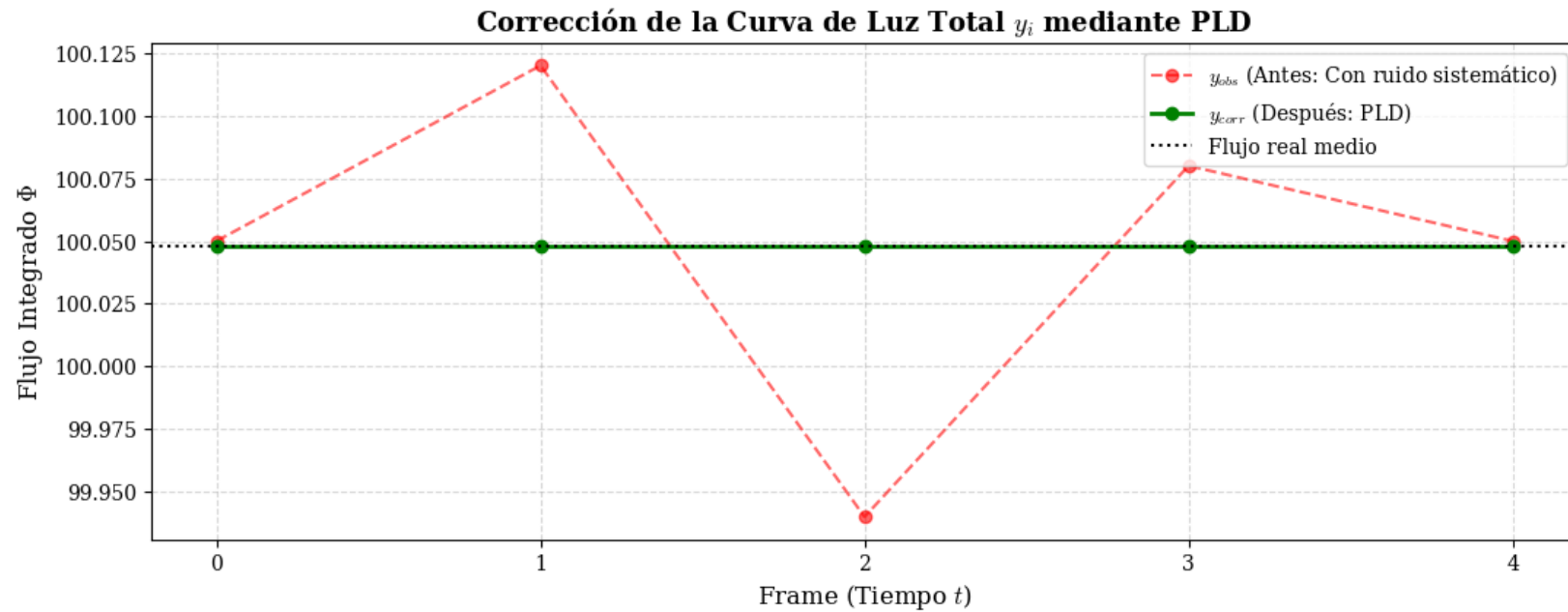
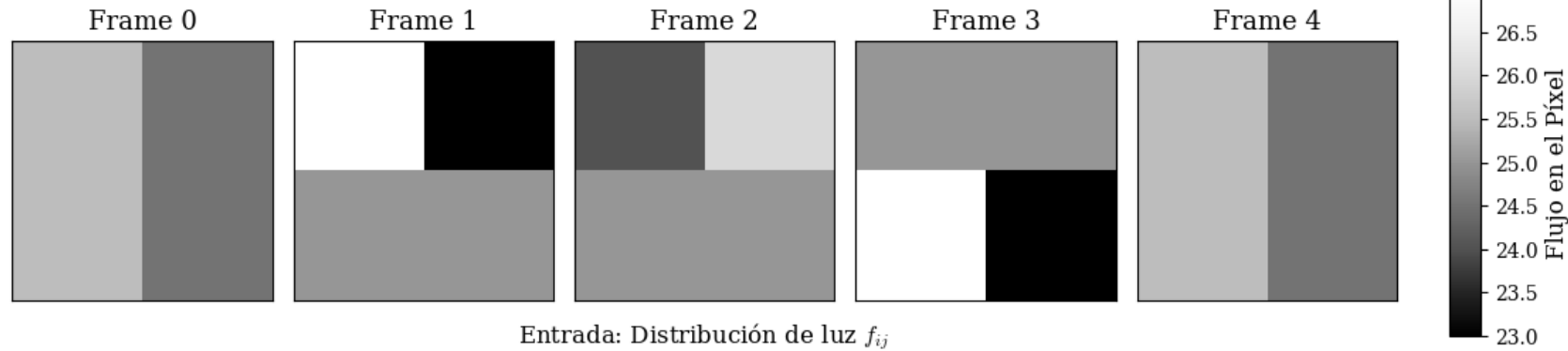
+ normalización

Lightcurve: TOI 4010 - [TPF]

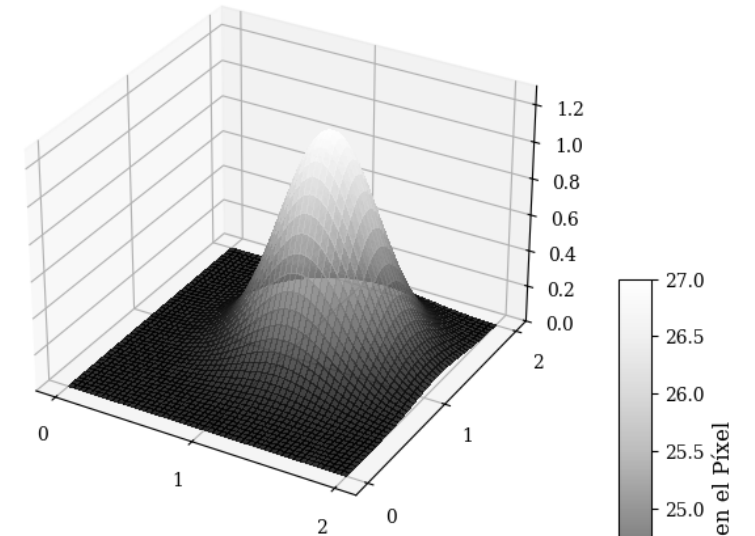


PLD

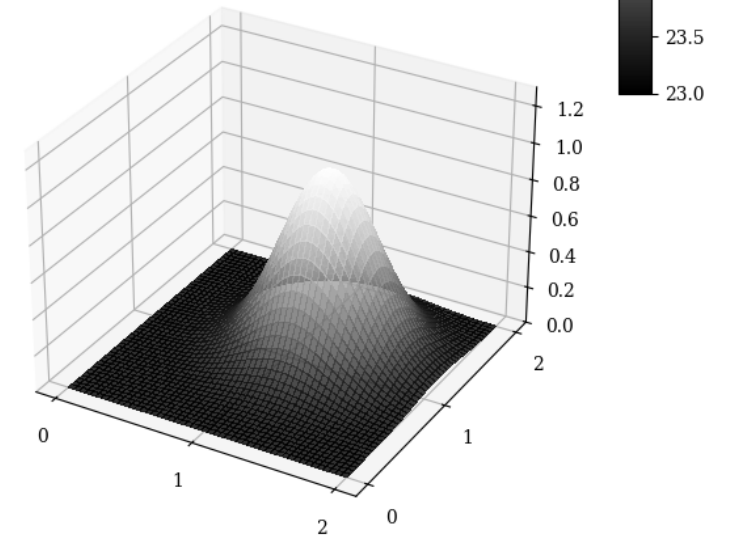
Pipeline y Algoritmos



Frame 1: OBSERVADO
(Volumen Inflado = 1.2)

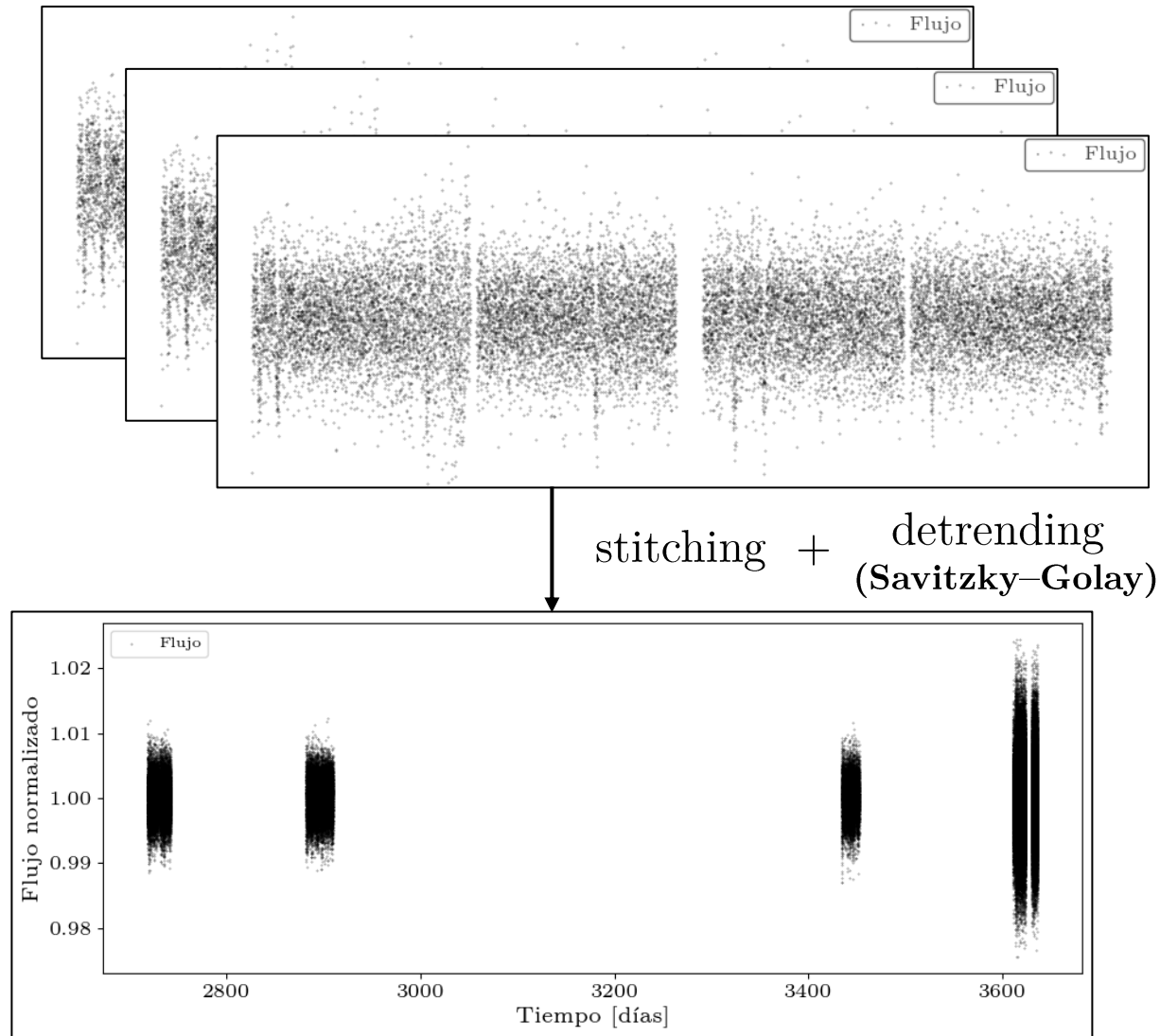


Frame 1: CORREGIDO por PLD
(Volumen Restaurado = 1.0)



Stitching y Detrending

Pipeline y Algoritmos



Aumentar SNR

$$\alpha = \frac{\delta}{\sigma} \sqrt{nq}$$

Detección Exoplanetas de
Largo Periodo

DATOS DE ARCHIVO

α : relación señal-ruido efectiva

δ : profundidad del tránsito

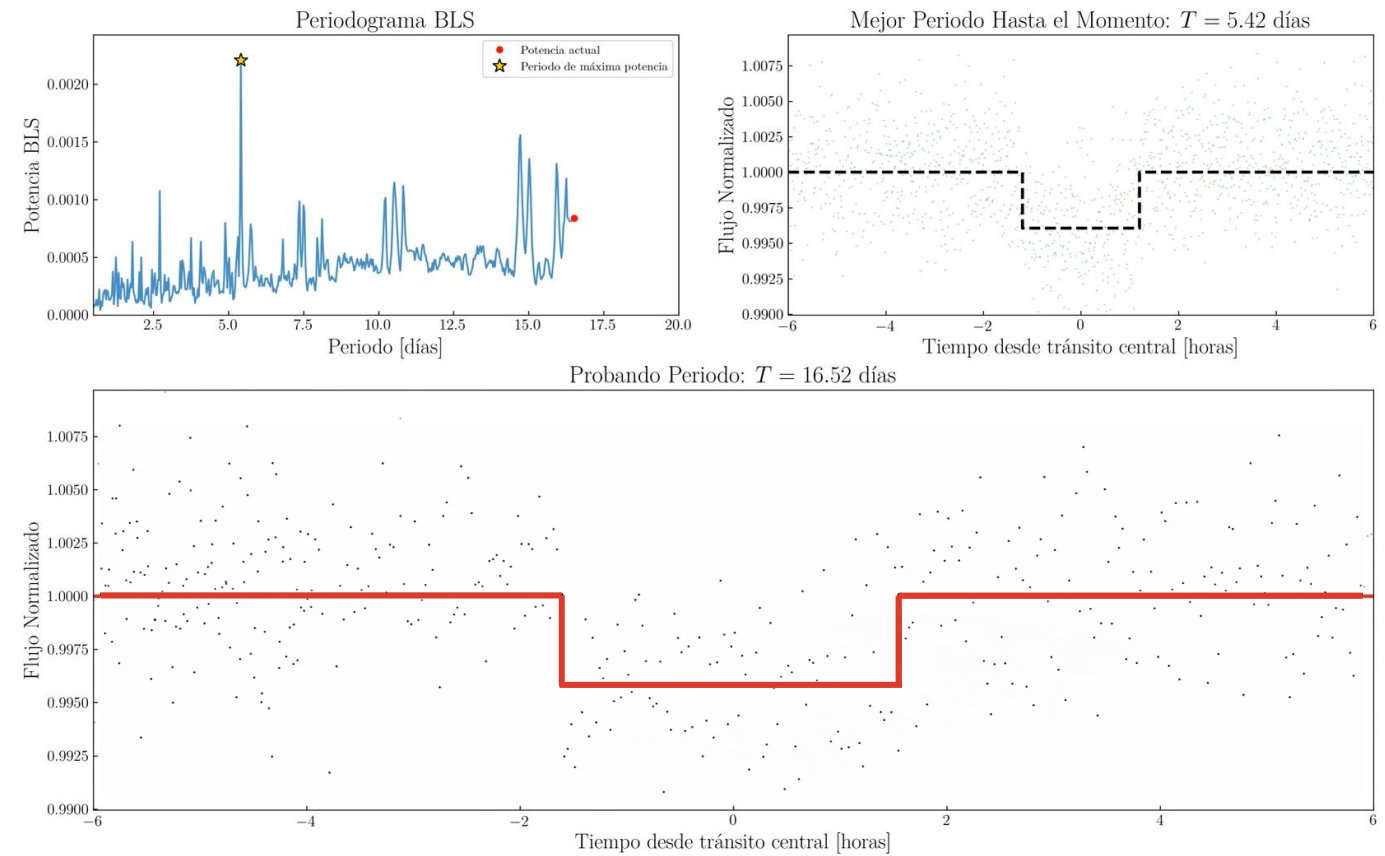
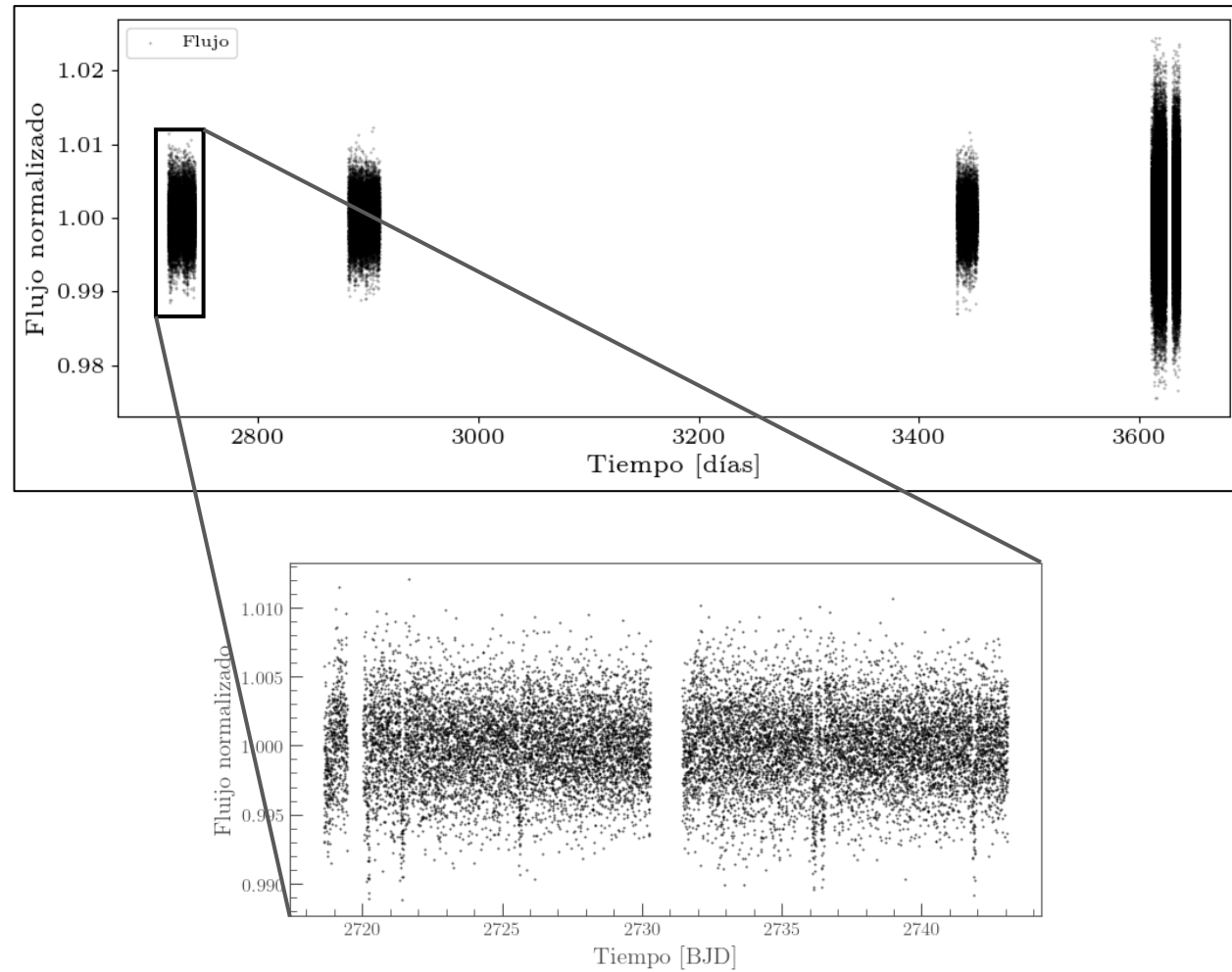
n : n^o puntos de datos

q : relación tránsito-periodo

σ : incertidumbre

BLS

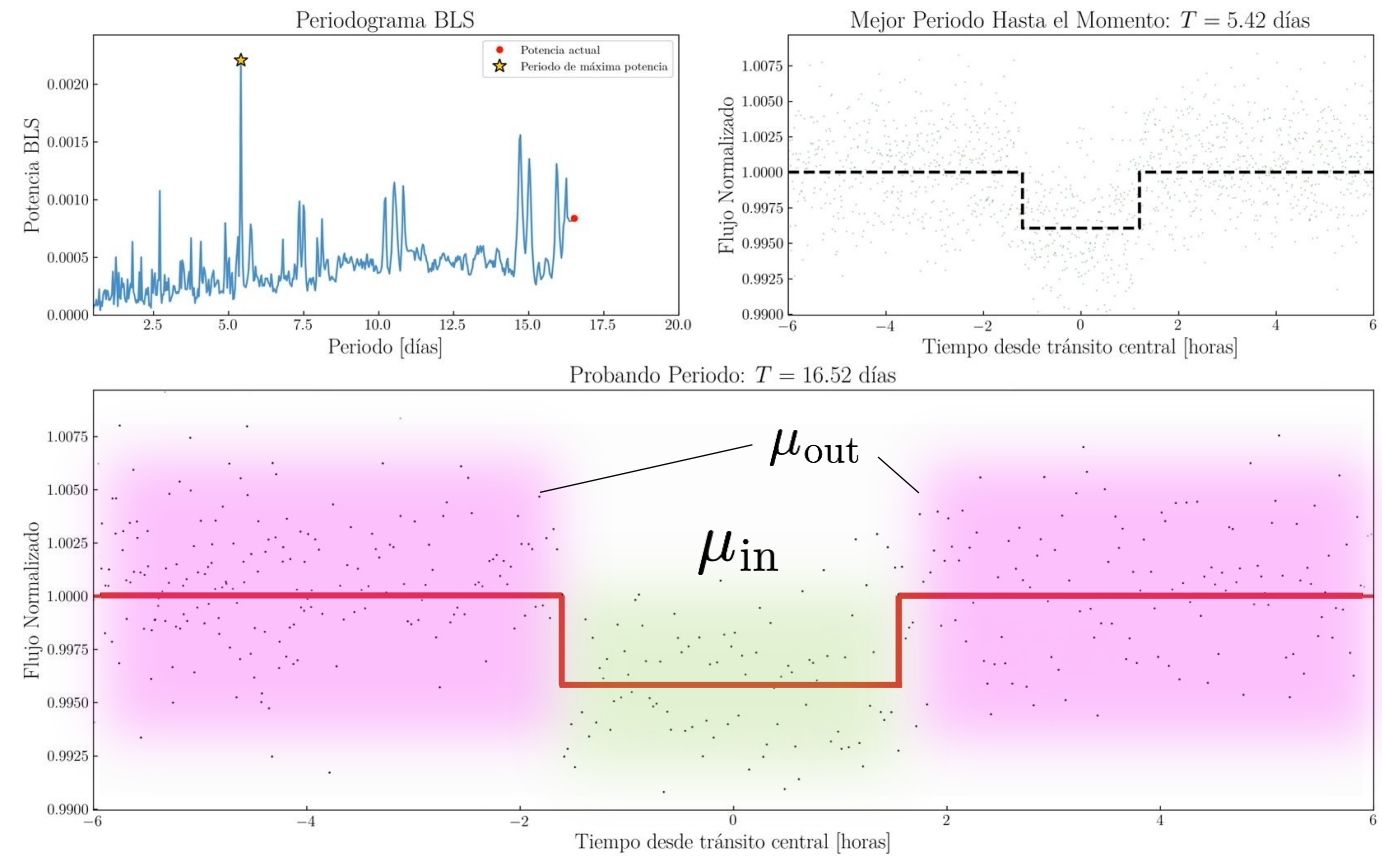
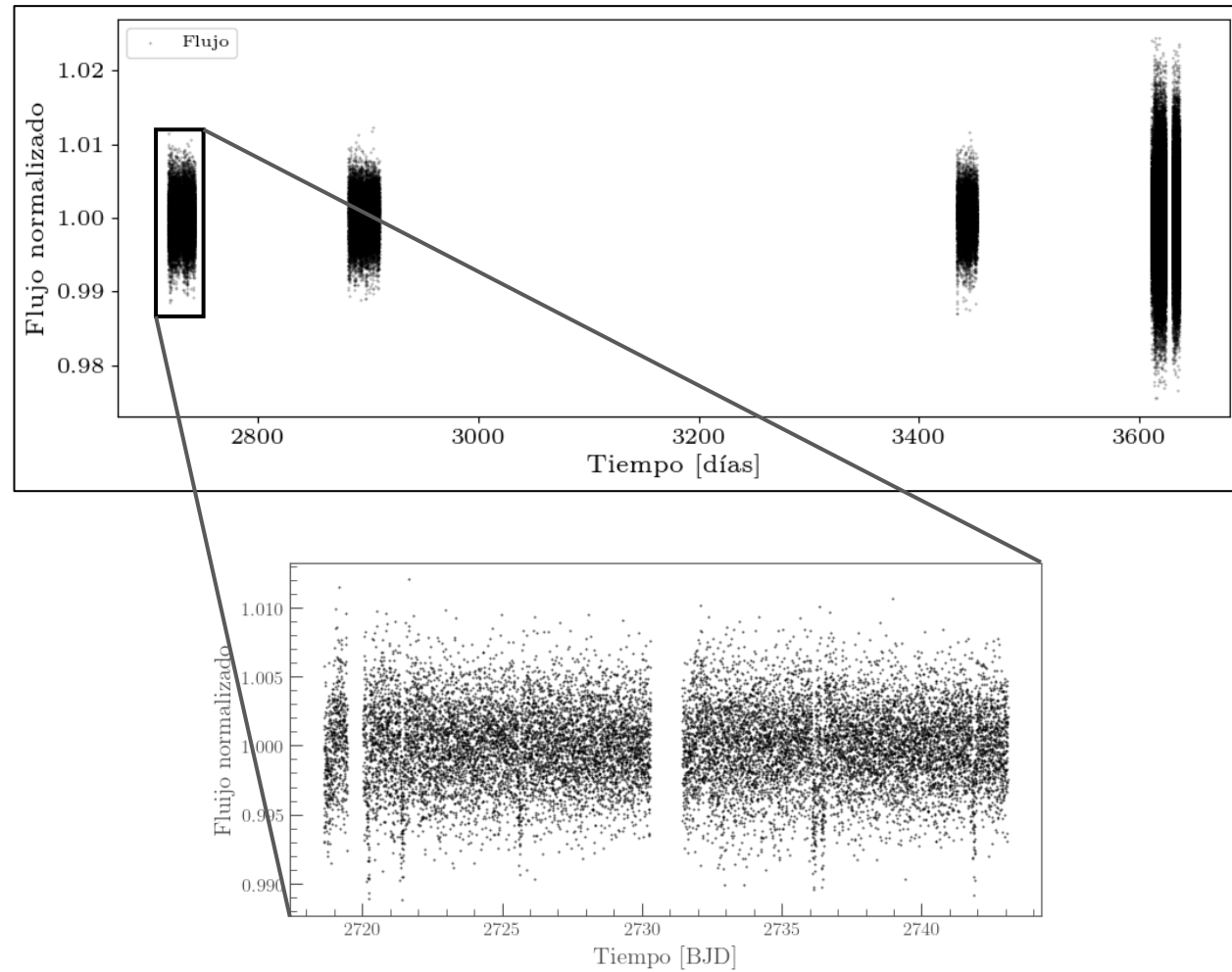
Pipeline y Algoritmos



DATOS DE ARCHIVO

BLS

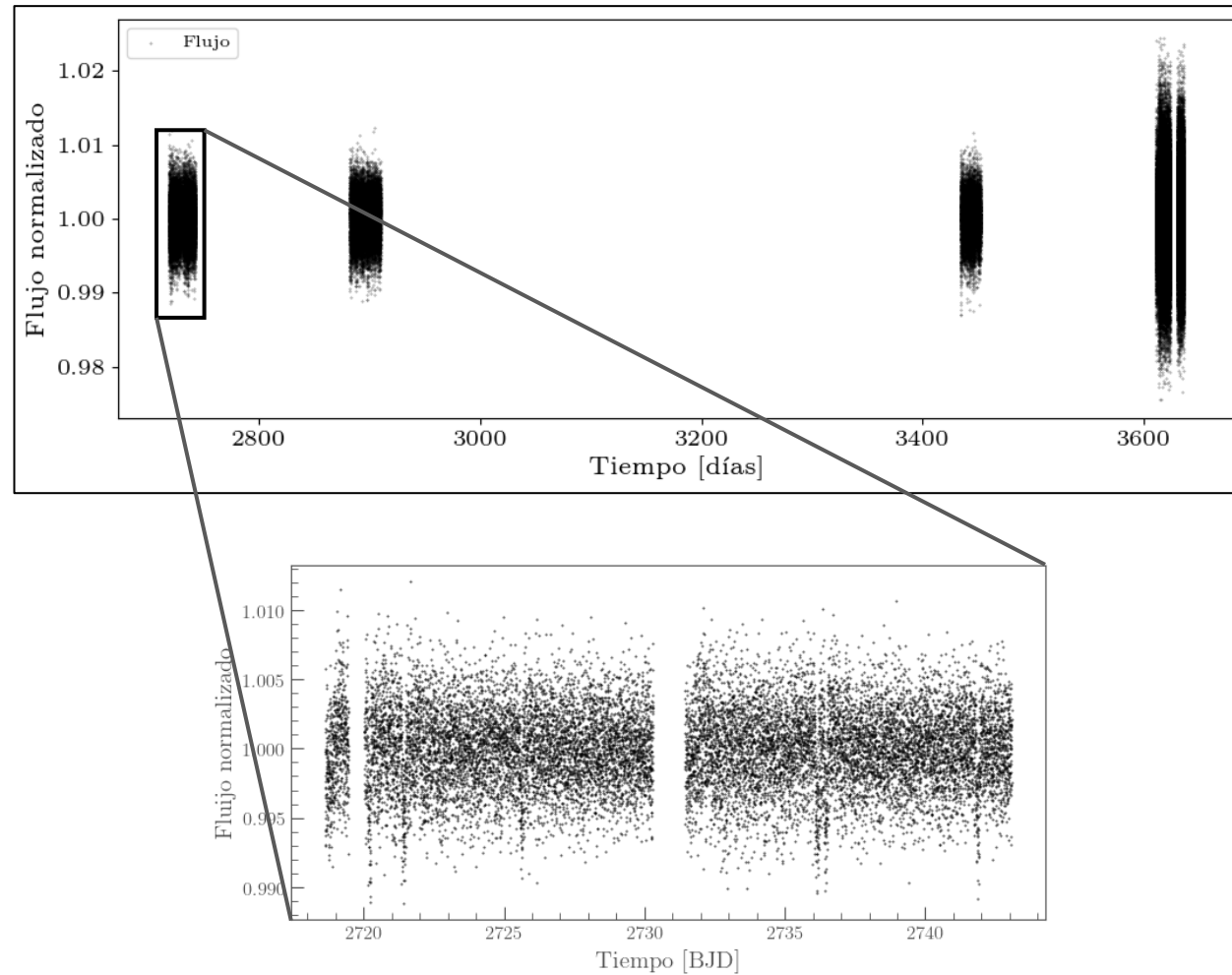
Pipeline y Algoritmos



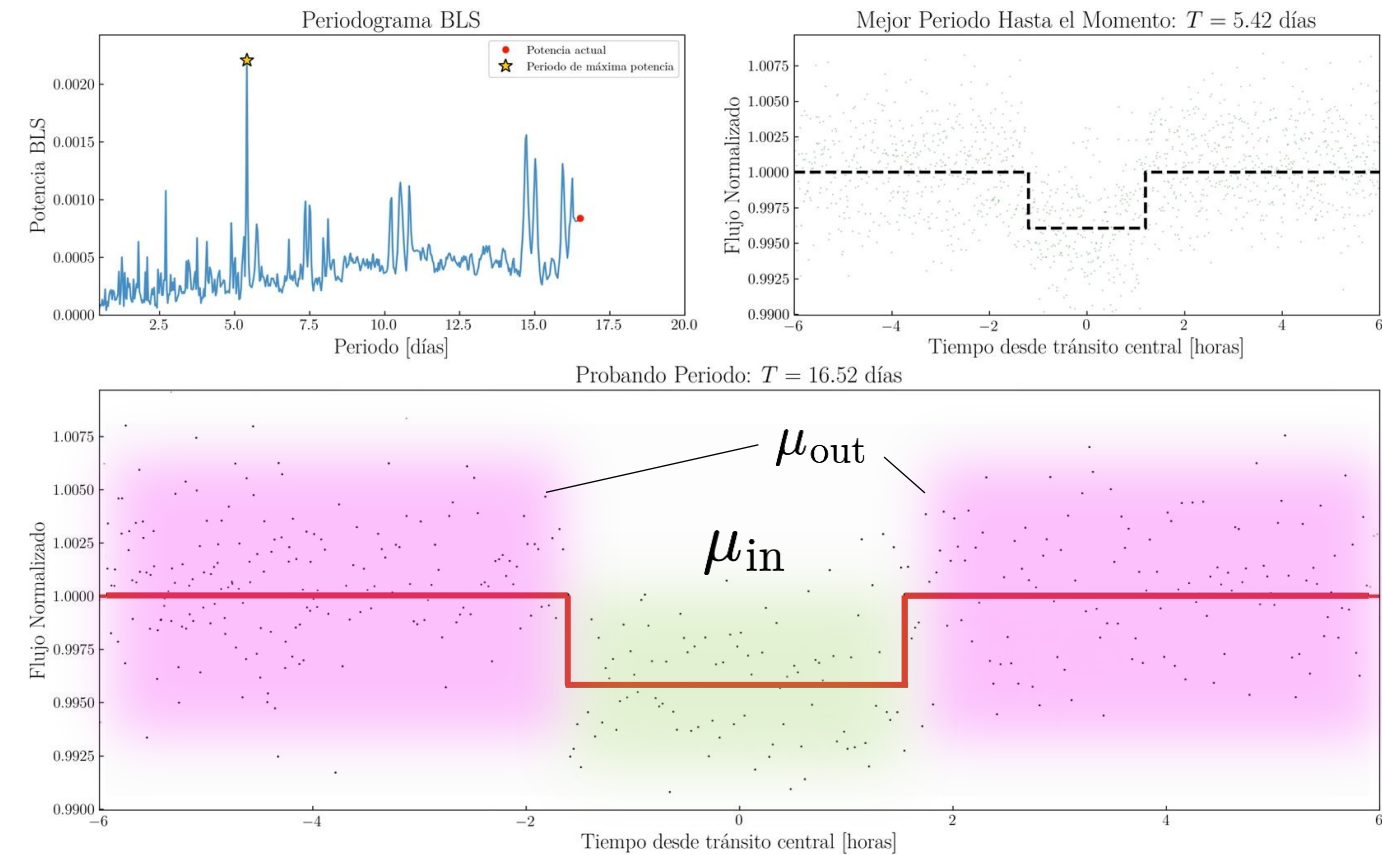
DATOS DE ARCHIVO

BLS

Pipeline y Algoritmos



$$\log \mathcal{L} \propto \frac{1}{2} \mathcal{W}_{\text{in}} (\mu_{\text{out}} - \mu_{\text{in}})^2$$



$$\delta = \mu_{\text{out}}^* - \mu_{\text{in}}^*$$

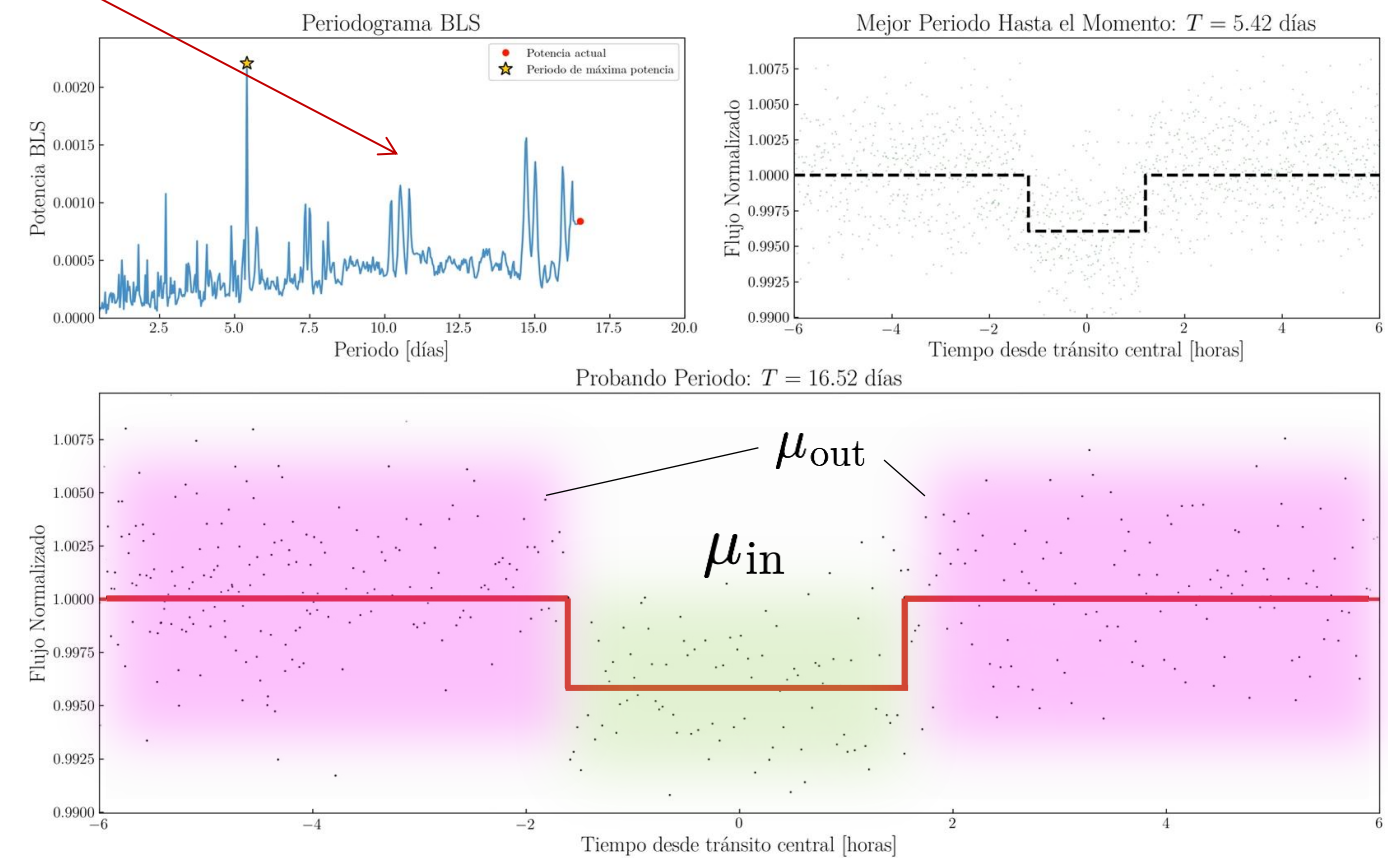
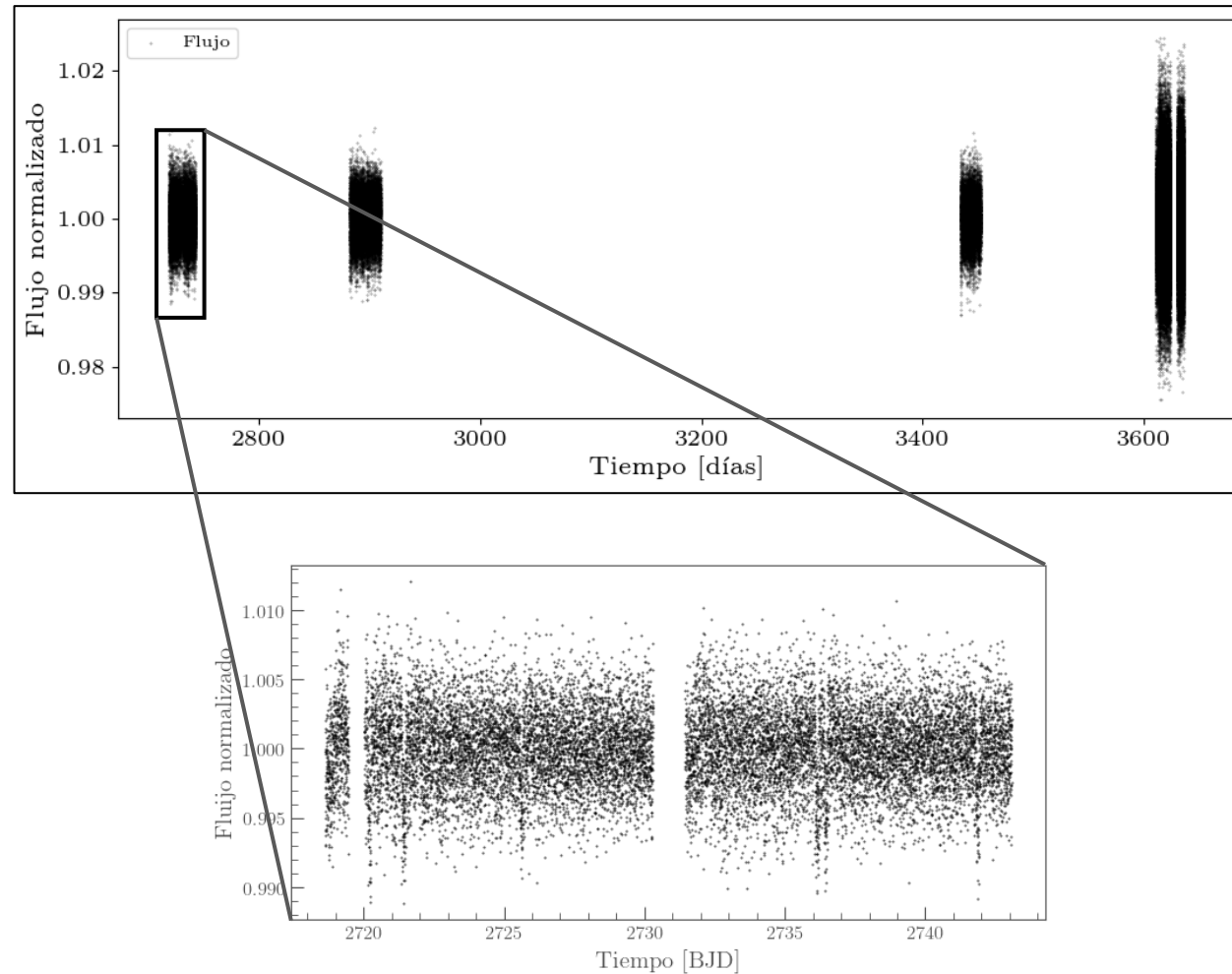
DATOS DE ARCHIVO

BLS

Pipeline y Algoritmos

MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS

$$\log \mathcal{L} \propto \frac{1}{2} \mathcal{W}_{\text{in}} (\mu_{\text{out}} - \mu_{\text{in}})^2$$



$$\delta = \mu_{\text{out}}^* - \mu_{\text{in}}^*$$

DATOS DE ARCHIVO

Derivación Parámetros físicos

Pipeline y Algoritmos

$$\delta = \left(\frac{R_p}{R_\star} \right)^2 \Rightarrow R_p = R_\star \sqrt{\delta}$$

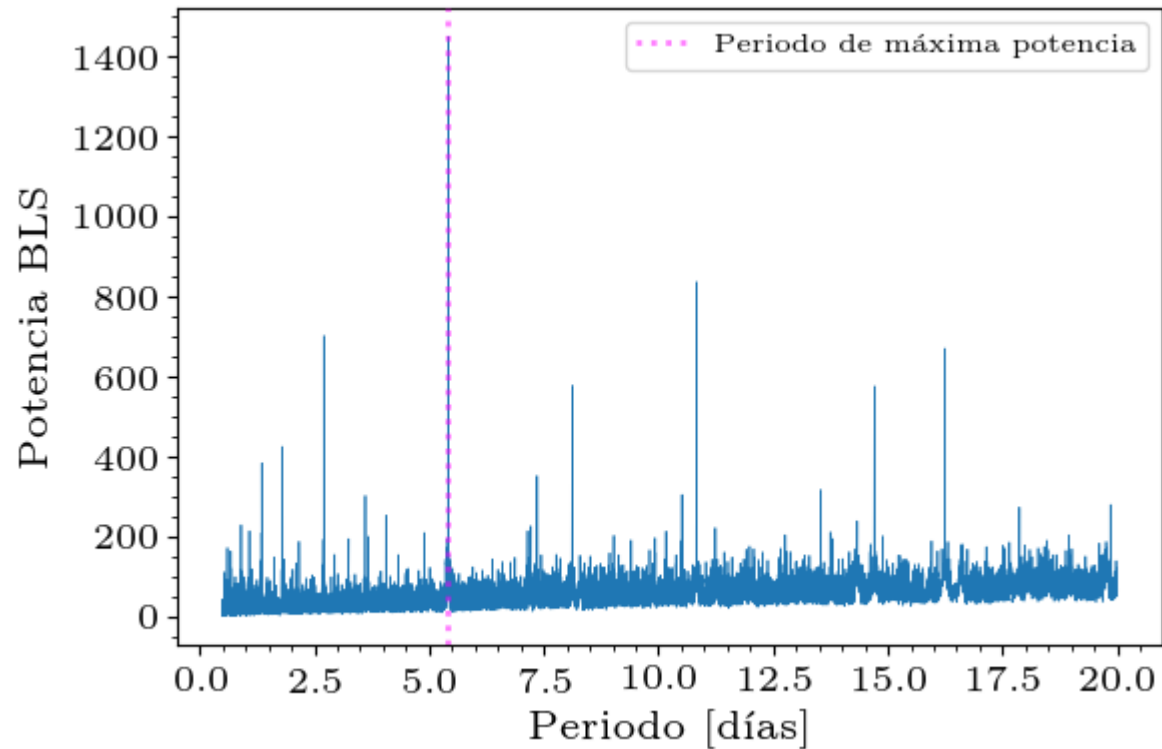
$$T^2 = \frac{4\pi^2}{GM_\star} a^3 \Rightarrow a = \sqrt[3]{\frac{GM_\star T^2}{4\pi^2}}$$

DATOS DE ARCHIVO

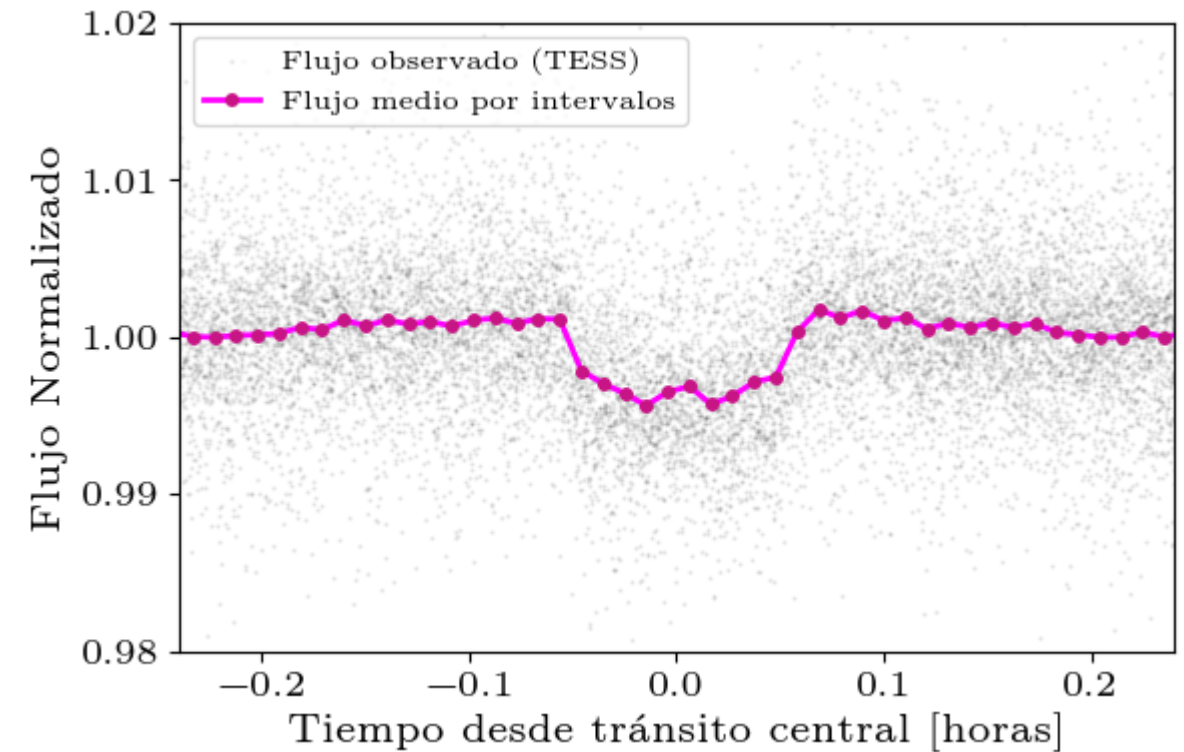
δ : profundidad del tránsito R : radio p : planetario \star : estelar T : periodo a : semieje mayor M : masa

Resultados TOI-4010

PERIODOGRAMA



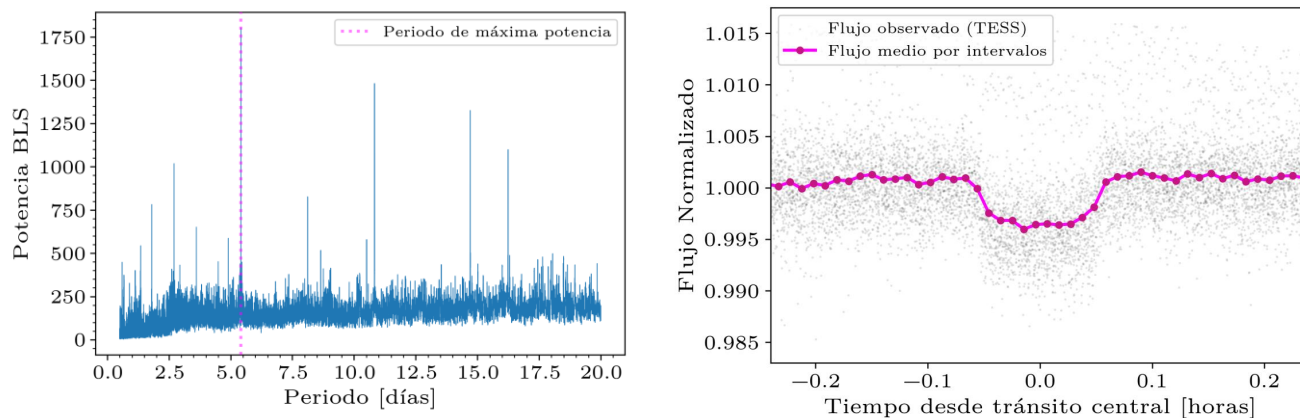
TRÁNSITO FASEADO



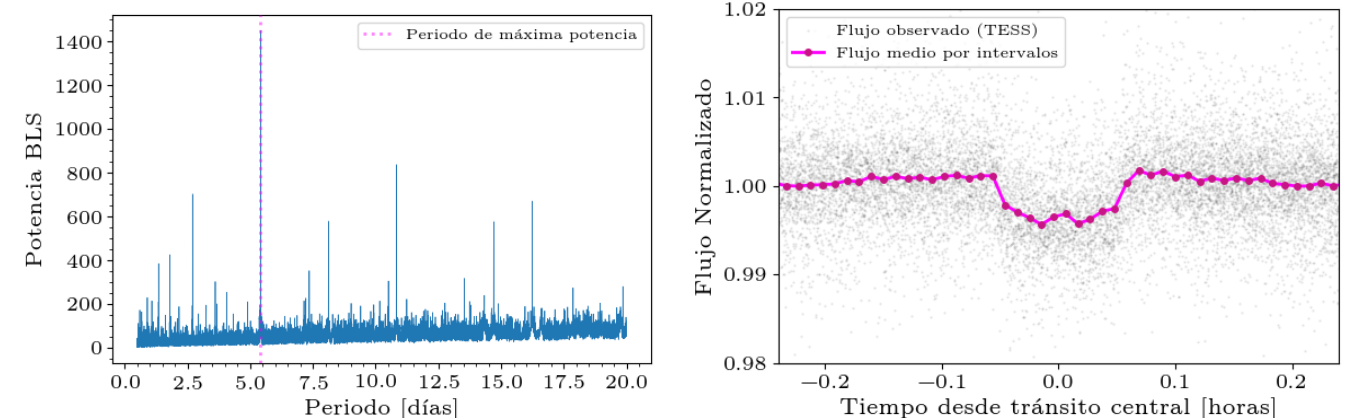
Resultados TOI-4010

Parámetro	Origen	TOI-4010 b	TOI-4010 c	TOI-4010 d
$R_p (R_{\oplus})$	TPF	3.15 ± 0.21	5.7 ± 0.4	5.8 ± 0.4
	LCF	3.24 ± 0.22	6.0 ± 0.4	6.0 ± 0.4
	Kun23	$3.02^{+0.08}_{-0.08}$	$5.93^{+0.11}_{-0.12}$	$6.18^{+0.14}_{-0.15}$
a (UA)	TPF	$(2.22 \pm 0.09) \cdot 10^{-2}$	$(5.60 \pm 0.22) \cdot 10^{-2}$	$(1.09 \pm 0.04) \cdot 10^{-1}$
	LCF	$(2.22 \pm 0.09) \cdot 10^{-2}$	$(5.60 \pm 0.22) \cdot 10^{-2}$	$(1.09 \pm 0.04) \cdot 10^{-1}$
	Kun23	$(2.29^{+0.02}_{-0.02}) \cdot 10^{-2}$	$(5.8^{+0.1}_{-0.1}) \cdot 10^{-2}$	$(1.13^{+0.01}_{-0.01}) \cdot 10^{-1}$

TPF



LCF

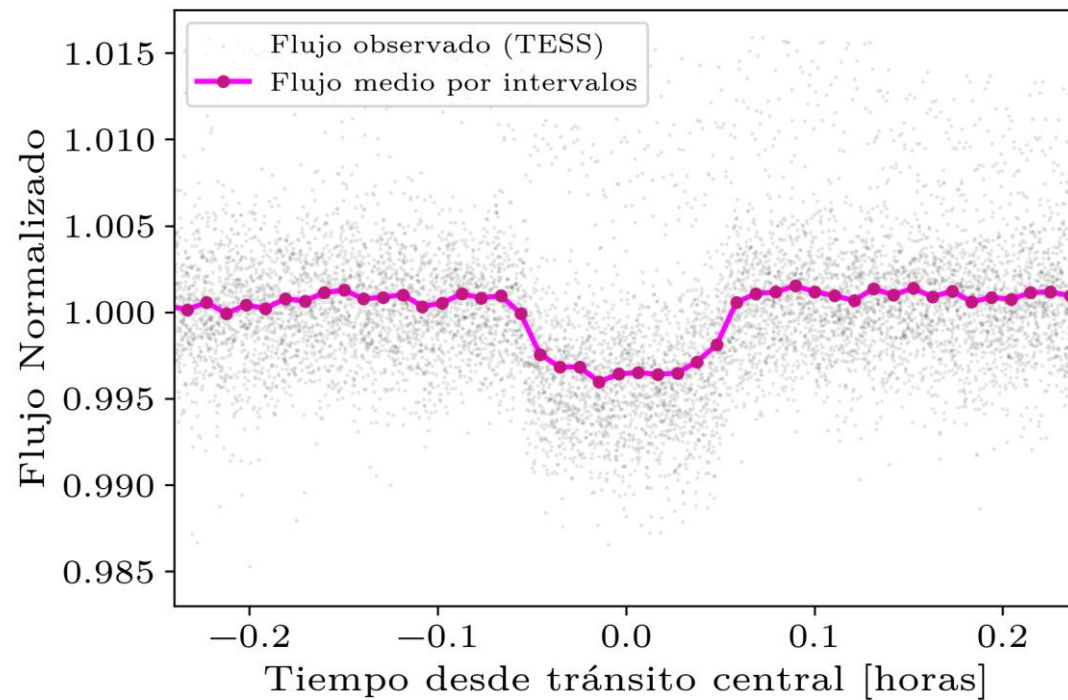


DATOS DE ARCHIVO

Resultados TOI-4010

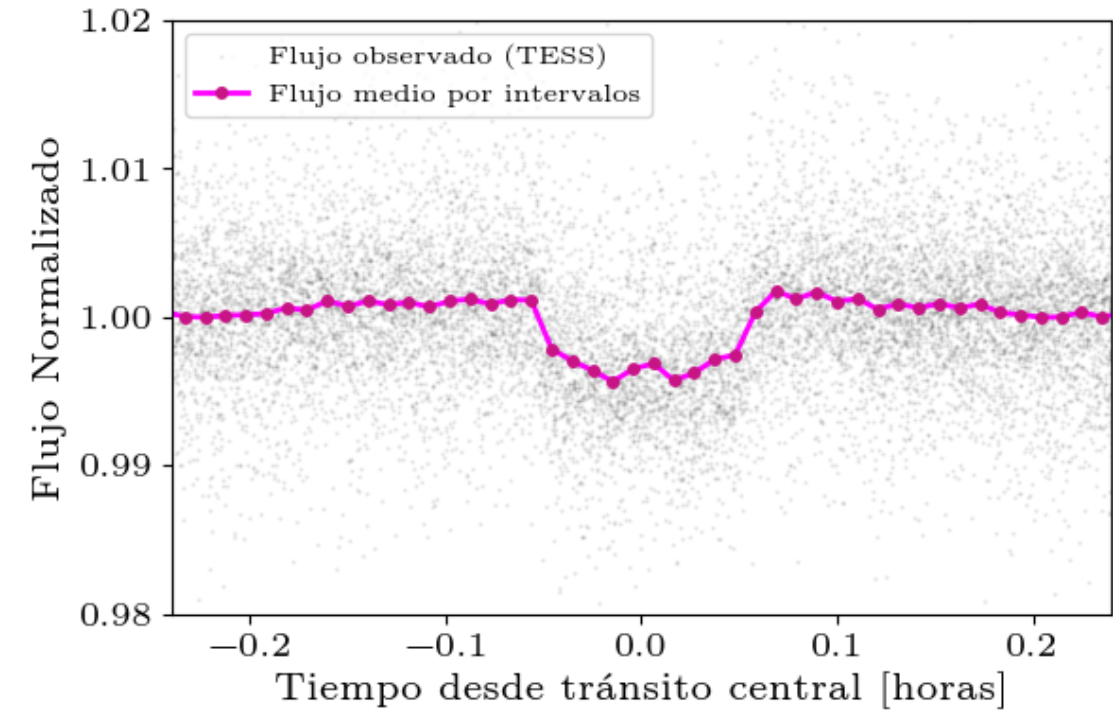
$$R_p = R_{\star} \sqrt{\delta}$$

TPF



$$a = \sqrt[3]{\frac{GM_{\star} T^2}{4\pi^2}}$$

LCF

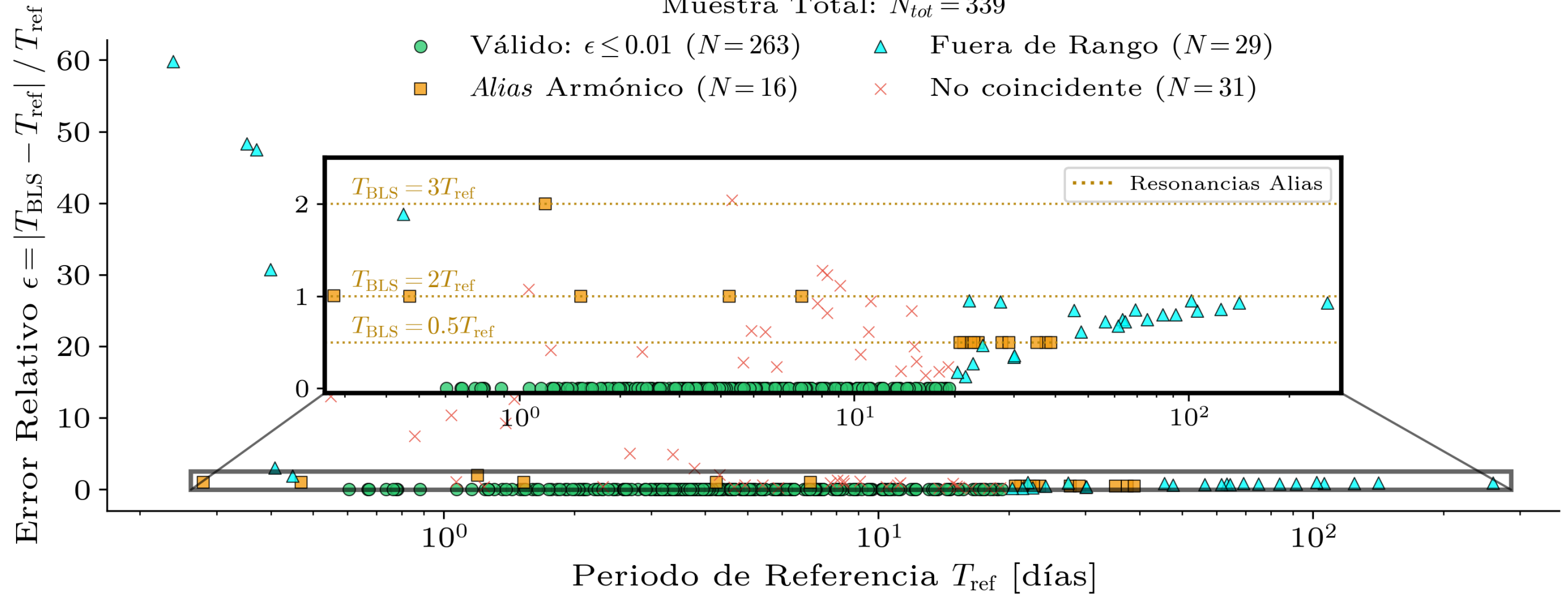


DATOS DE ARCHIVO

Precisión BLS

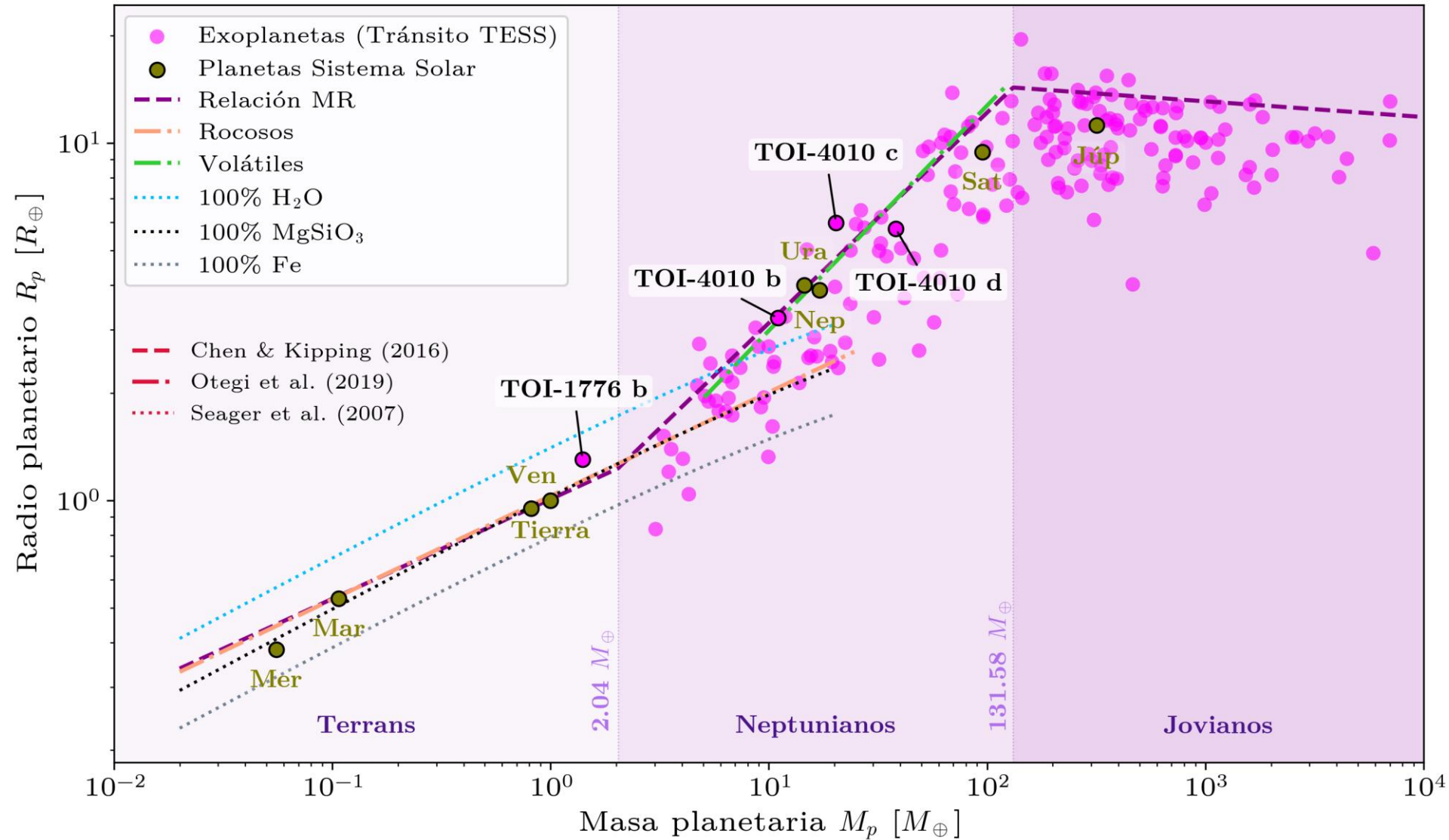
Análisis Poblacional

Muestra Total: $N_{tot} = 339$



Análisis Composicional

Análisis Poblacional

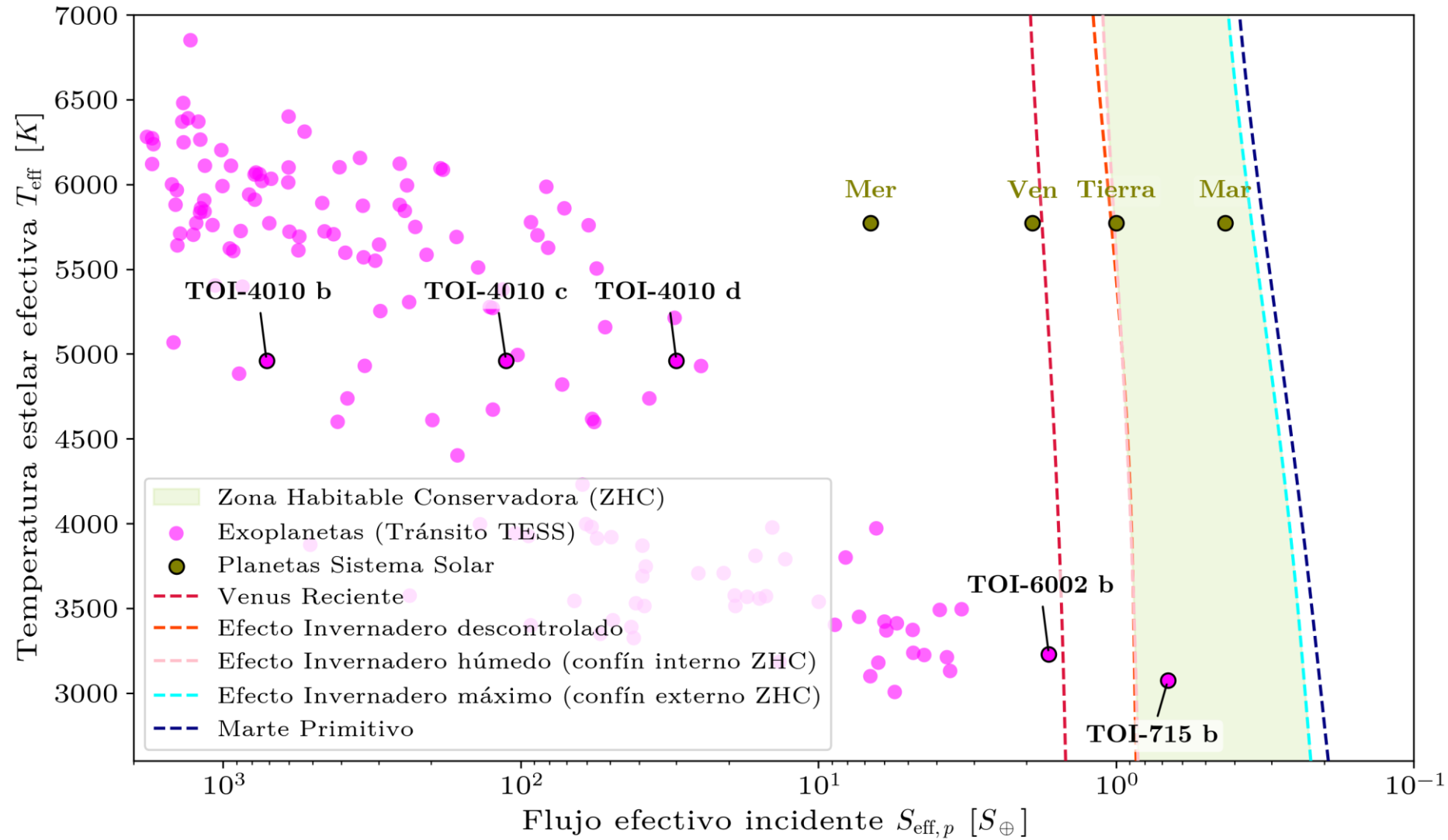


$$\alpha = \frac{\delta}{\sigma} \sqrt{nq}$$

$$\delta = \left(\frac{R_p}{R_\star} \right)^2$$

Análisis de Habitabilidad

Análisis Poblacional



Conclusiones

TOI-4010

- Todas las mediciones: $< 1\sigma$
- TOI-4010 c: $\epsilon_{\text{rel}} = 1.2\%$, $z\text{-score} = 0.17$

TPF vs LCF

- R_p : \uparrow Sensible sobreprocesado: $\text{LCF} > \text{TPF}$
- a : Independiente (parámetro temporal)

Precisión BLS

- $\sim 85\%$ periodos con precisión 99%
- $\sim 5\%$ *alias* armónicos \rightarrow TLS

Análisis Poblacional

- Composición: sesgo hacia gaseosos
- Detección en ZHC: TOI-715 b