



The Early Release Observations Lens Search Experiment

Euclid Strong Lensing Science Working Group

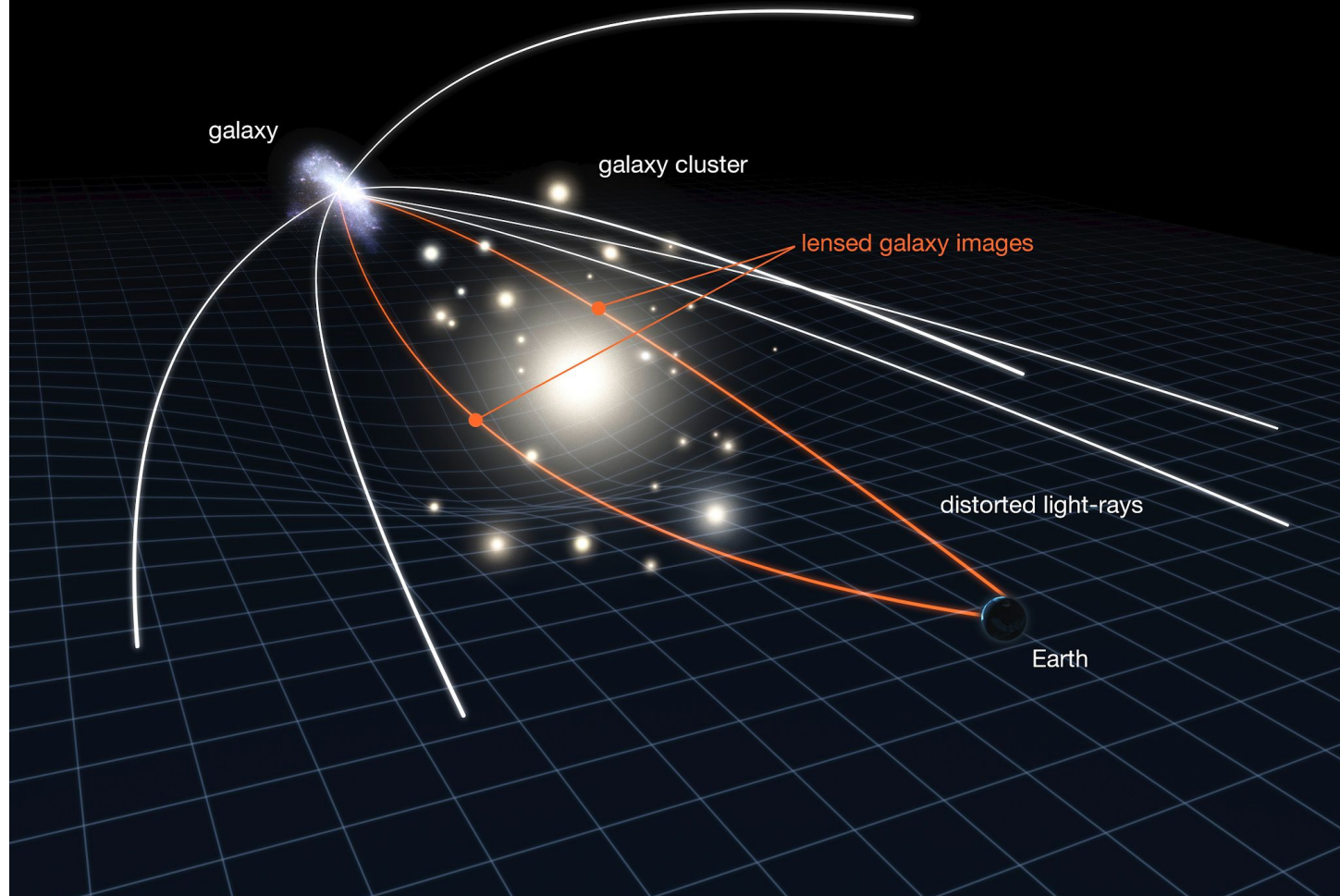
Javier Acevedo Barroso

+ **O’Riordan, Clément, Tortora, Collett, Courbin, Gavazzi, Metcalf, Busillo**

+ Inspectores visuales + equipo de las Early Release Observations

EPFL

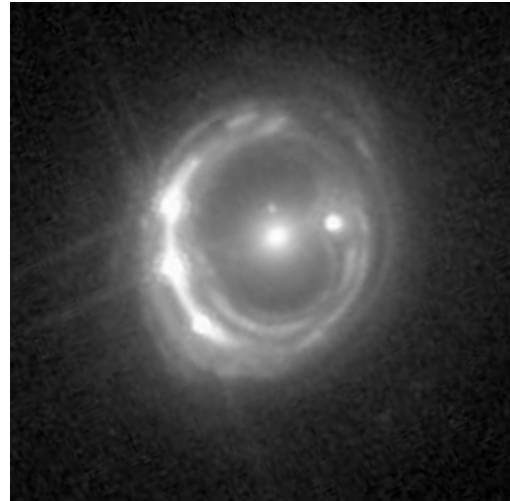




¿Por qué buscar lentes gravitacionales?

¡Permiten
medir masa
directamente!

RXJ1131-1231



Datos públicos de *HST* en el filtro F814W

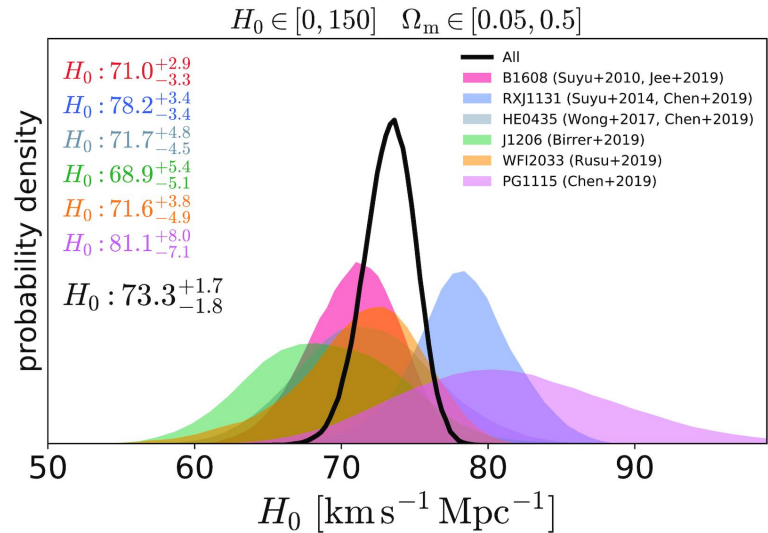
¿Por qué buscar lentes gravitacionales?

¡Permiten
estudiar
fuentes a alto
redshift!



¿Por qué buscar lentes gravitacionales?

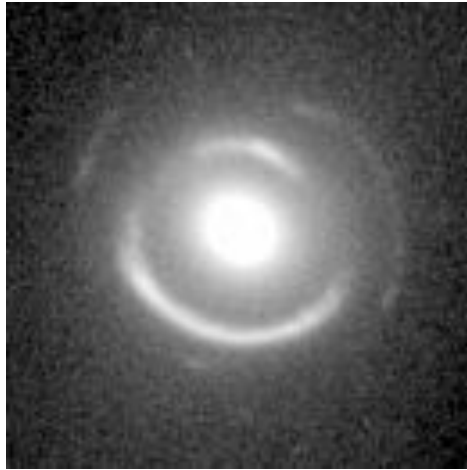
¡Permiten restringir parámetros cosmológicos!



Wong et al. 2020 / H0LICOW collaboration

¿Por qué buscar lentes gravitacionales?

SDSSJ0946+1006
"Jackpot Lens"



Datos públicos de *HST* en el filtro F814W

¡Permiten
restringir
parámetros
cosmológicos!

La Misión Euclid

- Misión espacial de la **ESA**, con contribuciones adicionales de agencias espaciales nacionales en el **Euclid Consortium**.
- El principal objetivo: la exploración del **universo oscuro**.
- Producirá un mapa **3D** de tamaño sin precedente ($\sim 10^9$ galaxias)
- Ciencia central: **Cosmología**
 - Weak lensing (lente gravitacional débil)
 - Galaxy clustering (cumulamiento de galaxias)
 - + otras sondas astrofísicas (Strong lensing, Voids, SNe, etc)
- Ciencia de legado:
 - **Strong lensing** (lente gravitacional fuerte)
 - Evolución de galaxias y AGNs
 - Universo local

Imágenes en cuatro bandas: I_E , Y_E , J_E , H_E

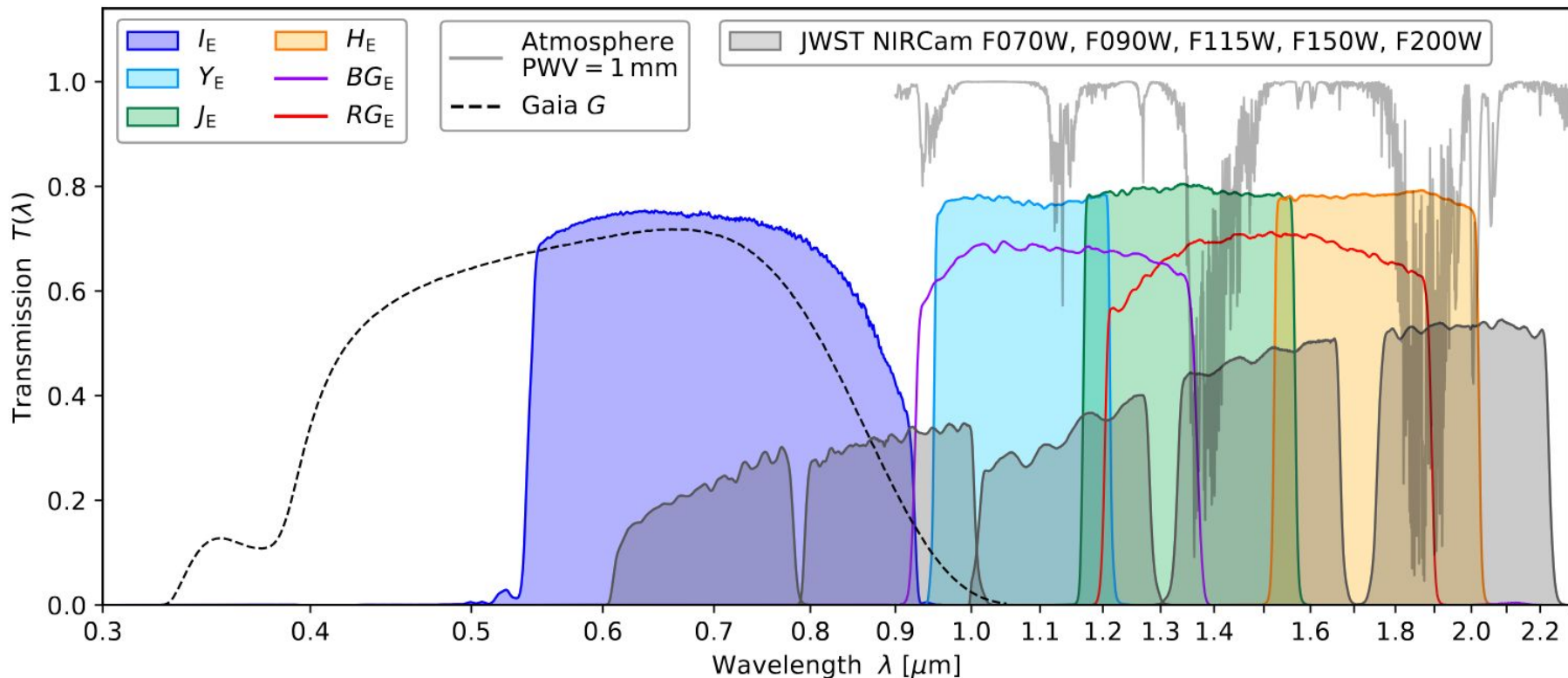


Figura tomada de [Euclid Collaboration: Mellier, et al., 2024](#)

El survey y sus dos instrumentos



- ¡Campo de visión gigante de $\sim 0.5 \text{ deg}^2$!
- Euclid Wide Survey (**EWS**) cubrirá $\sim 14000 \text{ deg}^2$ en seis años
- Visible Camera (**VIS**) (Banda ancha I_E)
 - PSF: $\sim 0.16 \text{ arcsec}$
 - $0.1 \text{ arcsec} / \text{pixel}$
- Near-Infrared Spectrometer and Photometer (**NISP**)
 - Tres bandas en el infrarrojo cercano: Y_E, J_E, H_E .
 - PSF: $\sim 0.5 \text{ arcsec}$
 - $0.3 \text{ arcsec} / \text{pixel}$
 - ¡Espectroscopía sin rendija!
 - Resolución: $R \gtrsim 450$
 - $950\text{--}2020 \text{ nm}$
 - Redshift para emisores de H α en el rango $z = 0.84\text{--}1.88$ (~ 35 millones de galaxias)

Las Early Release Observations (ERO)

- *Euclid* en modo "observatorio".
- VIS + NISP para 17 objetos astronómicos.
- No incluyen espectroscopía.
- **No es parte del survey principal.**
- Datos procesados independientemente.
- ¡Datos completamente públicos!
 - <https://euclid.esac.esa.int/dr/ero/>
- Abell 2390
- Abell 2764
- Barnard 30
- Dorado
- Fornax
- Holmberg II
- Horsehead
- IC 10
- IC 342
- Messier 78
- NGC 2403
- NGC 6254
- NGC 6397
- NGC 6744
- NGC 6822
- Perseus
- Taurus

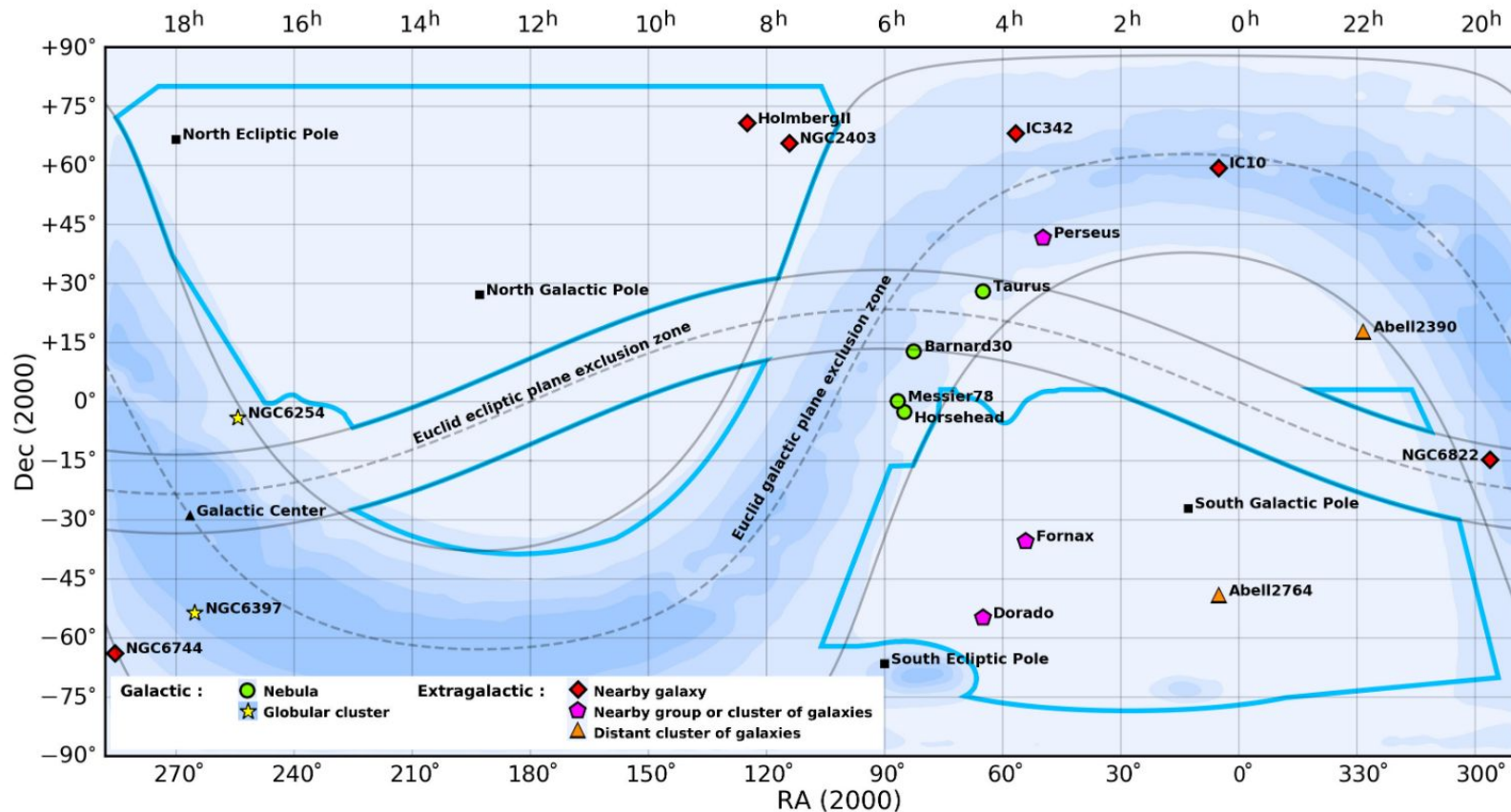


Figura tomada de [Cuillandre et al., 2024](#)

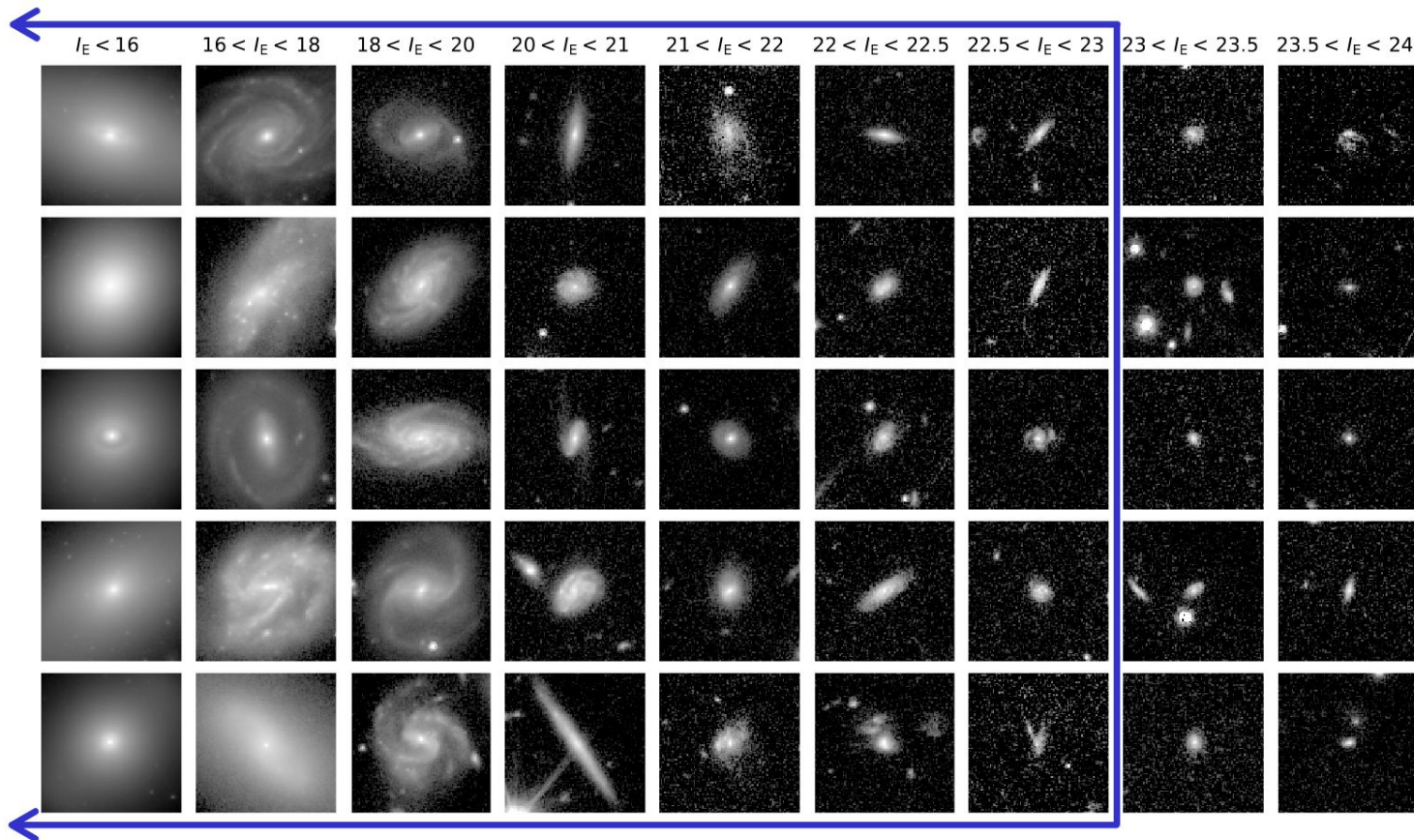
El cúmulo de Perseo (Perseus cluster)



Crédito:
ESA/Euclid/Euclid
Consortium/NASA,
image processing
by J.-C. Cuillandre
(CEA Paris-Saclay),
G. Anselmi

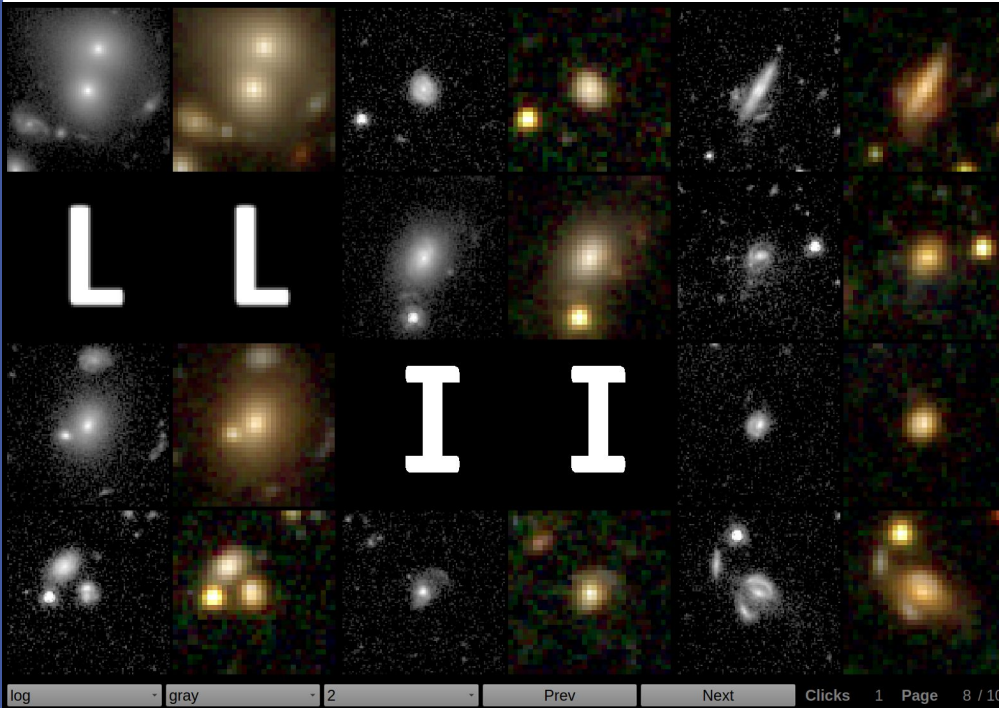
El "ERO Lens Finding Experiment" (ELSE)

12086 fuentes seleccionadas para inspección visual

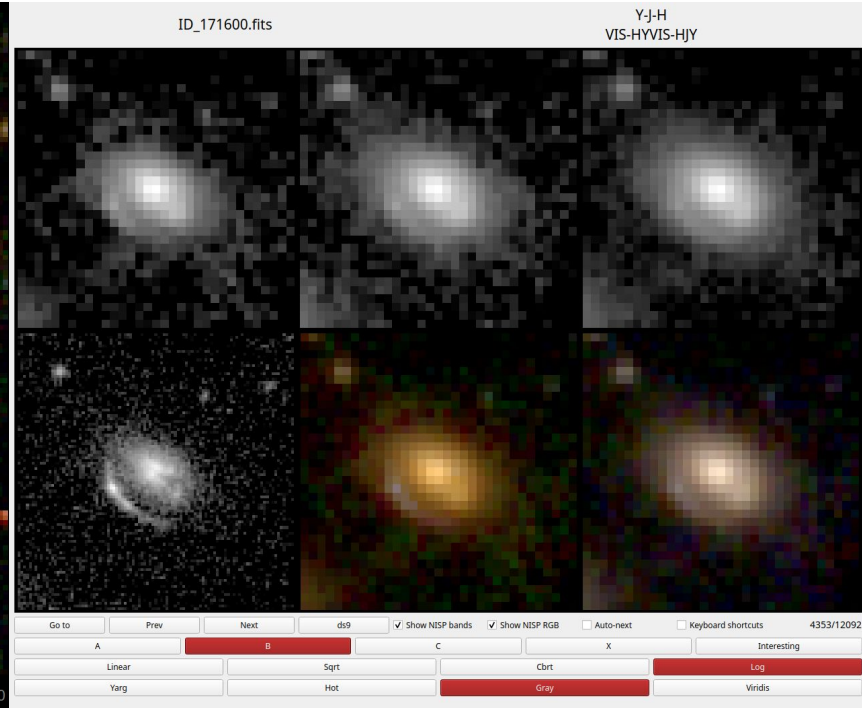


De aquí en adelante, todas las figuras vienen de [Acevedo Barroso et al., 2024](#)

Inspección visual por expertos

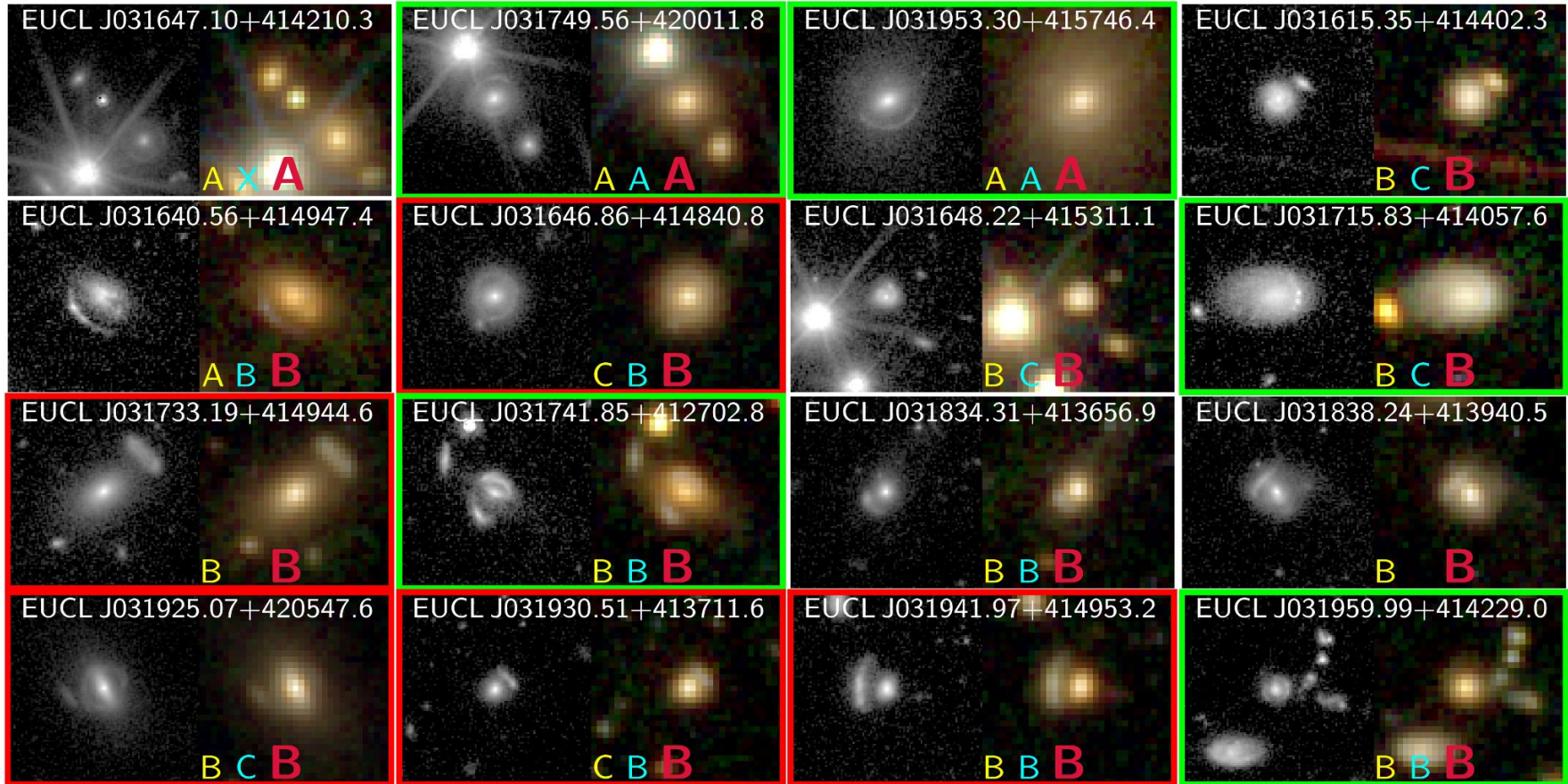


App de mosaico

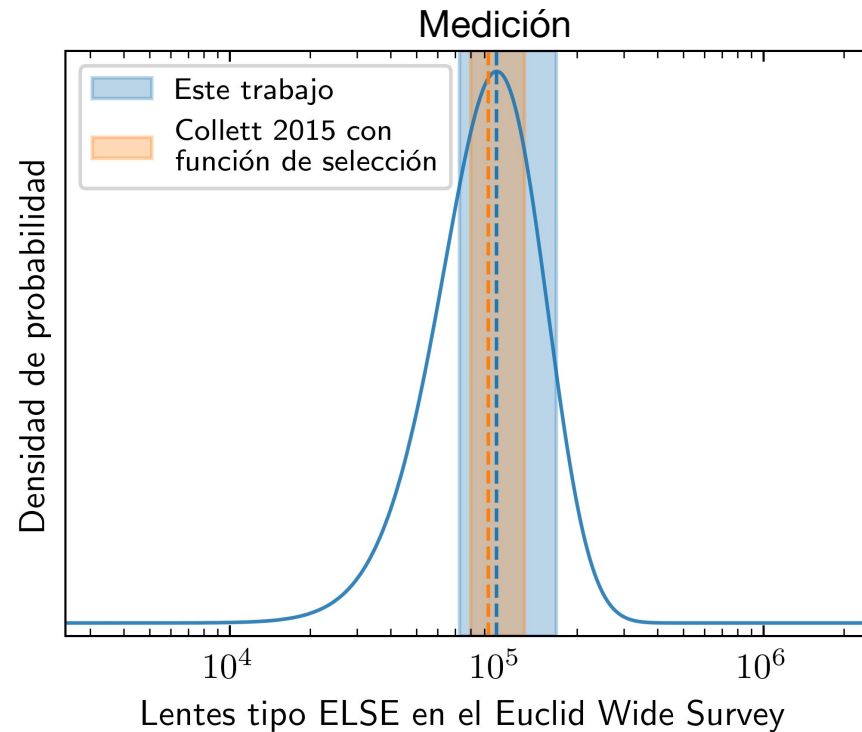
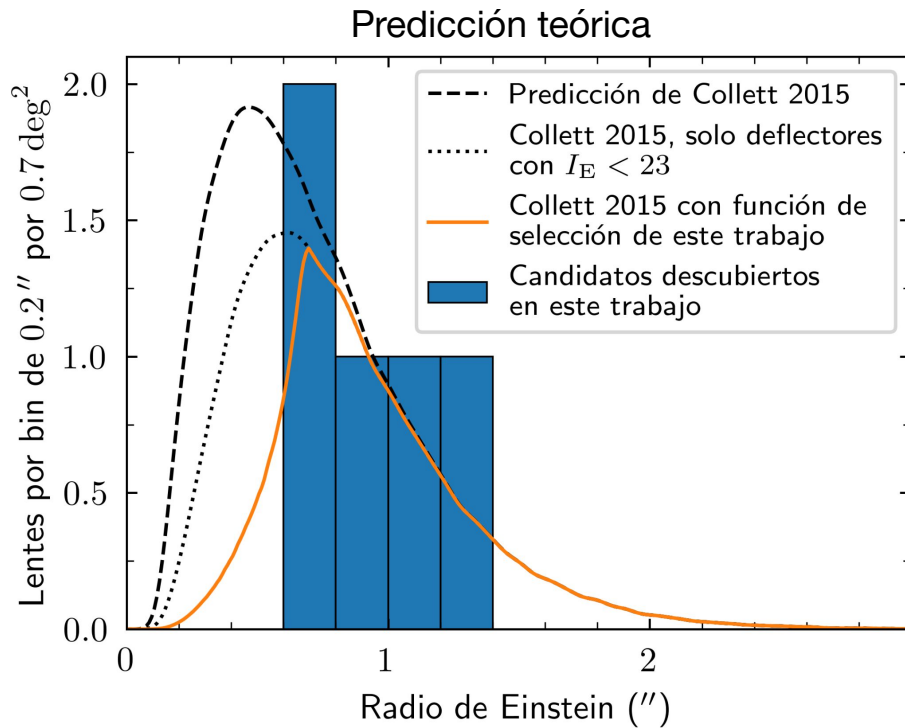


App secuencial

Los 16 candidatos a lente

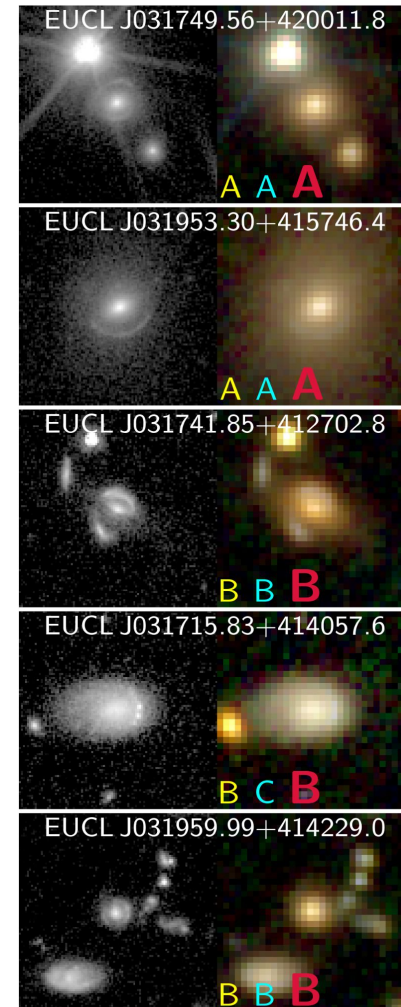


Euclid encontrará $\sim 10^5$ lentes de escala galáctica



Conclusiones

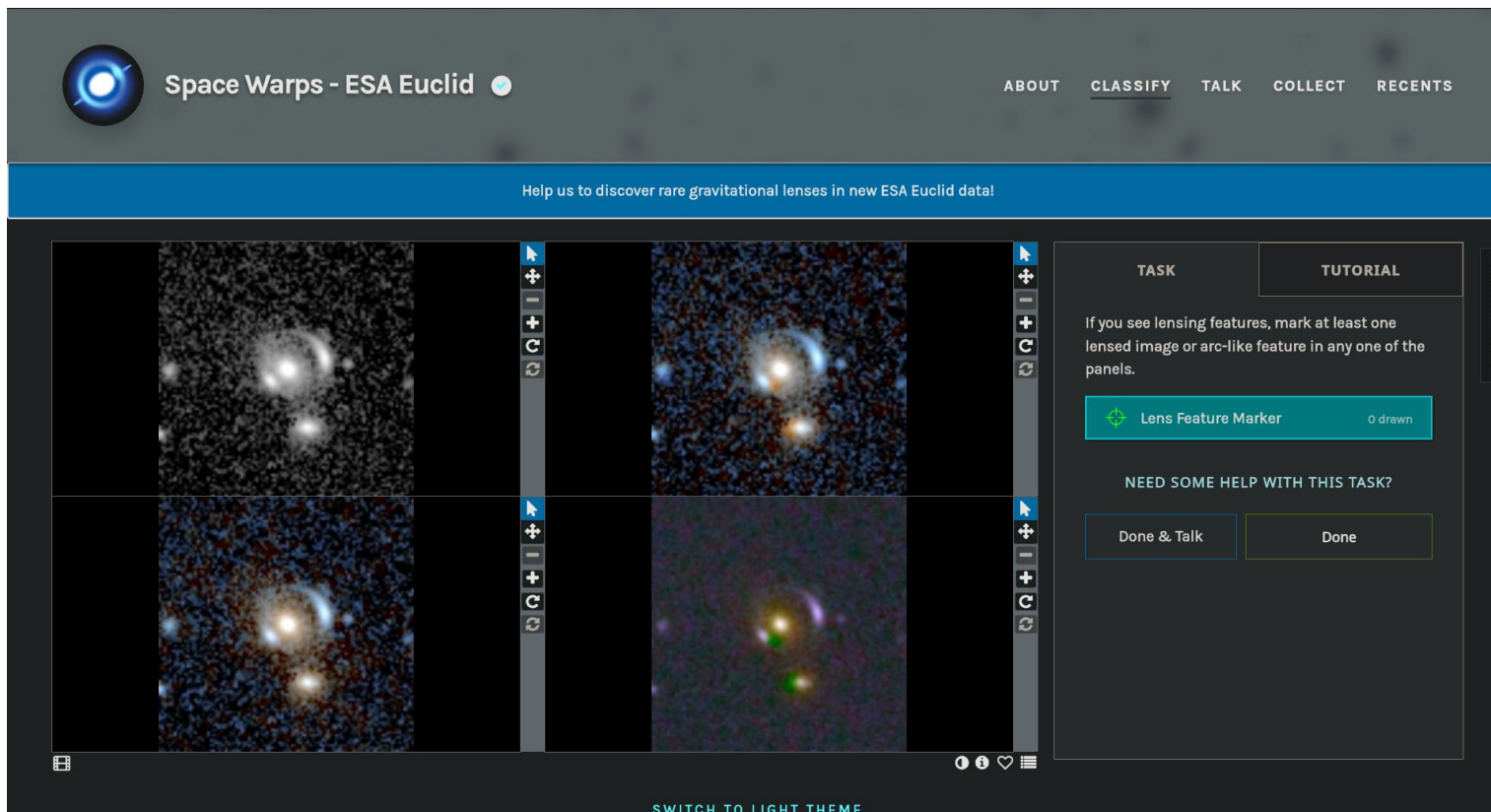
- Inspeccionamos visualmente todas las galaxias brillantes del cúmulo de Perseo ($I_E < 23$).
- Encontramos **5 nuevos candidatos a lente gravitacional** en 0.7 deg^2 de cielo galáctico.
- Confirmamos la predicción de que **Euclid encontrará ~100,000 lentes gravitacionales** en el Euclid Wide Survey.
- Nuestra metodología es poco sensible a los lentes con radio de Einstein $< 0.6''$.



Space Warps Euclid

Encuentre sus propios lentes con *Euclid*:

<https://www.zooniverse.org/projects/aprajita/space-warps-esa-euclid>



The screenshot shows the 'Space Warps - ESA Euclid' web interface. At the top, there is a navigation bar with a logo and the text 'Space Warps - ESA Euclid'. To the right of the logo are navigation links: 'ABOUT', 'CLASSIFY', 'TALK', 'COLLECT', and 'RECENTS'. Below the navigation bar is a blue banner with the text 'Help us to discover rare gravitational lenses in new ESA Euclid data!'. The main content area is divided into two columns. The left column contains four panels of astronomical images, each with a vertical toolbar on its right side containing icons for zooming in (+), zooming out (-), zooming to fit (C), and refreshing (G). The right column contains a 'TASK' panel with a 'TUTORIAL' tab. The 'TASK' panel has the following text: 'If you see lensing features, mark at least one lensed image or arc-like feature in any one of the panels.' Below this text is a button labeled 'Lens Feature Marker' with a green crosshair icon and '0 drawn' next to it. Below the button is the text 'NEED SOME HELP WITH THIS TASK?' and two buttons: 'Done & Talk' and 'Done'. On the far right, there is a vertical sidebar labeled 'FIELD GUIDE'. At the bottom of the interface, there is a 'SWITCH TO LIGHT THEME' button.

Extras

Detalles de la inspección visual

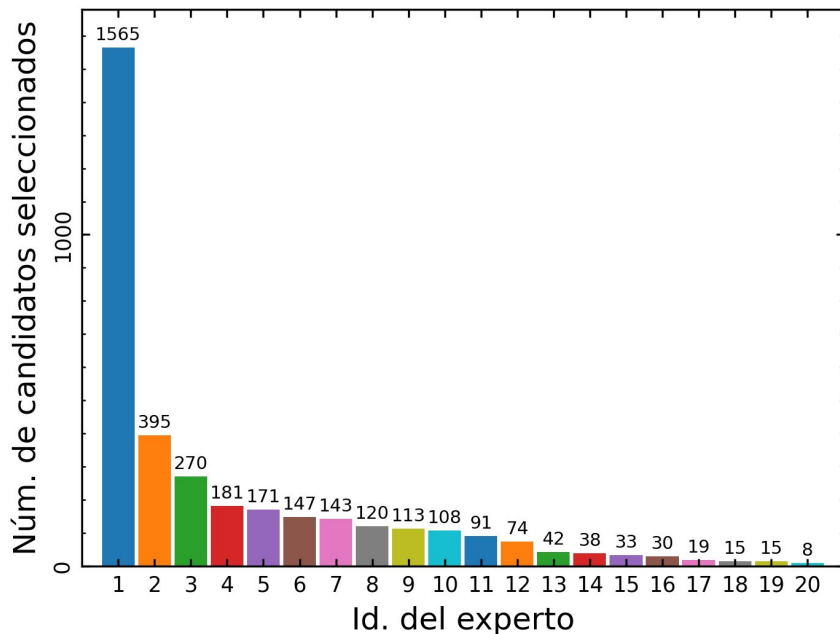
Equipo 1

- 22 expertos inicialmente.
- 1. Inspección de mosaicos:
 - a. 12092 fuentes.
 - b. 20 de 22 terminaron.
 - c. Tiempo medio: 2h45m (¡0.8 s por fuente!).
- 2. Inspección individual:
 - a. 1233 fuentes.
 - b. 17 de 22 terminaron.
 - c. Tiempo medio: 1h30m (4.4 s por fuente).

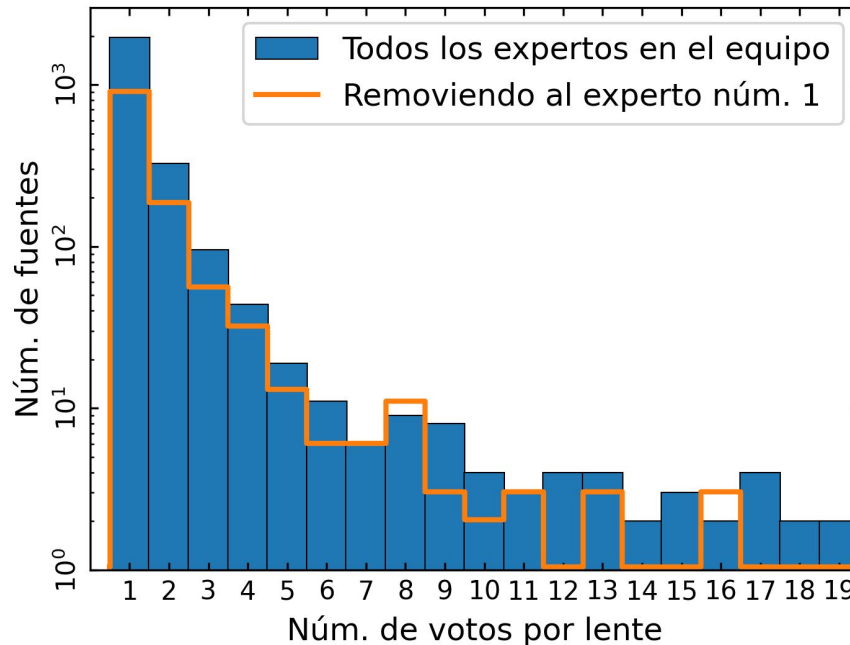
Equipo 2

- 19 expertos por grupo.
- 1. Inspección de mosaicos:
 - a. 4030 fuentes por grupo.
 - b. 16 de 19 terminaron.
 - c. Tiempo medio: 2h15m (2.0 s por fuente).
- 2. Inspección individual:
 - a. 691 fuentes.
 - b. 17 de 19 terminaron.
 - c. Tiempo medio: 45m (4.0 s por fuente).

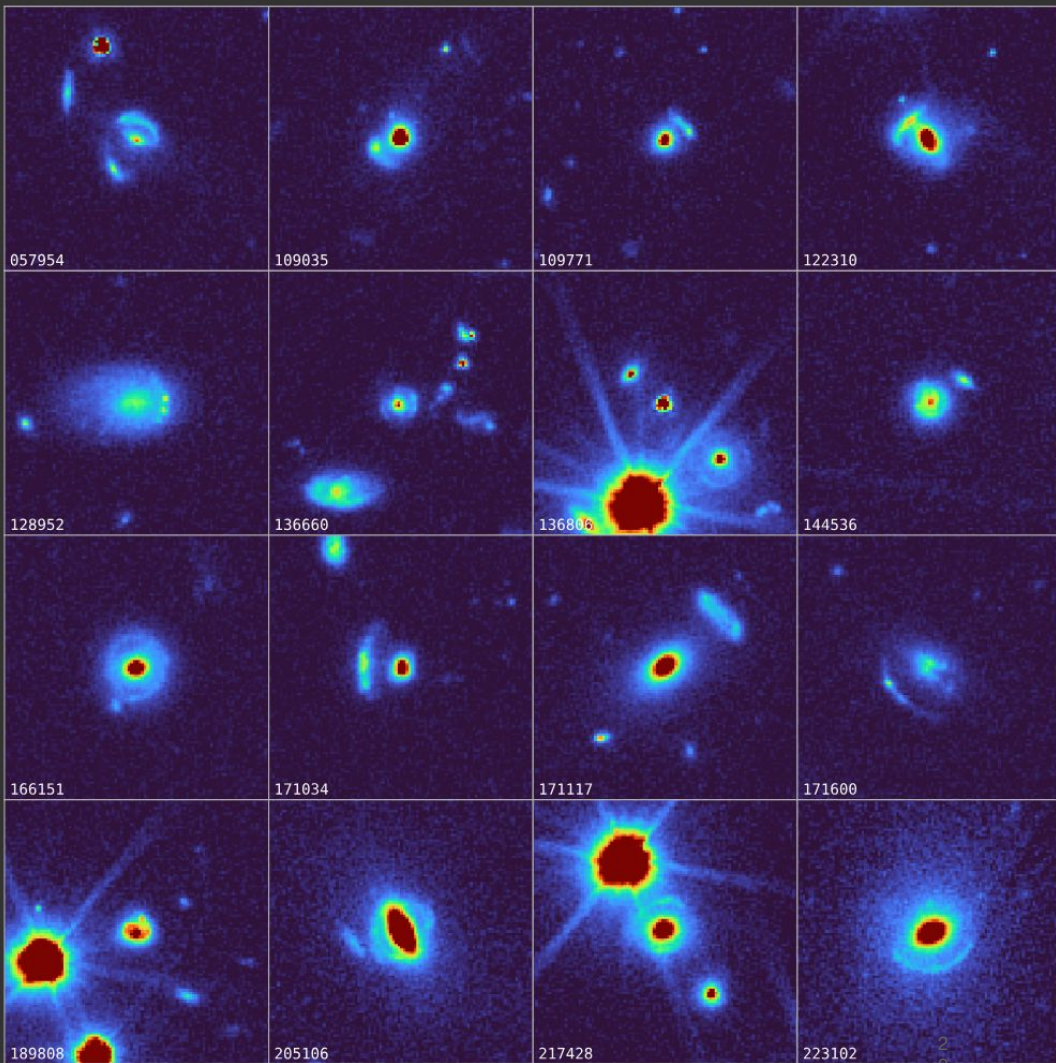
Resultados inspección visual



Removimos al experto núm. 1 por seleccionar demasiados candidatos



1233 fuentes seleccionadas para reinspección.



Modelled 16 candidate objects to determine their suitability as lenses

Model ingredients:

- Elliptical isothermal power-law lens
- Composite of 3 Sérsic profiles for lens light
- Pixellated source, optimised for regularisation strength

23 parameters to optimise