



GRUPO
HALLEY



Facultad
de Ciencias

Escuela
de Física

RECA INTERNSHIP 2025

HOW BRIGHT IS THAT SATELLITE!?

ALEXANDRA SERRANO MENDOZA

Universidad Industrial de Santander

SUPERVISORES

MEREDITH L. RAWLS,¹ ANDRÉS PLAZAS MALAGÓN²

¹ University of Washington

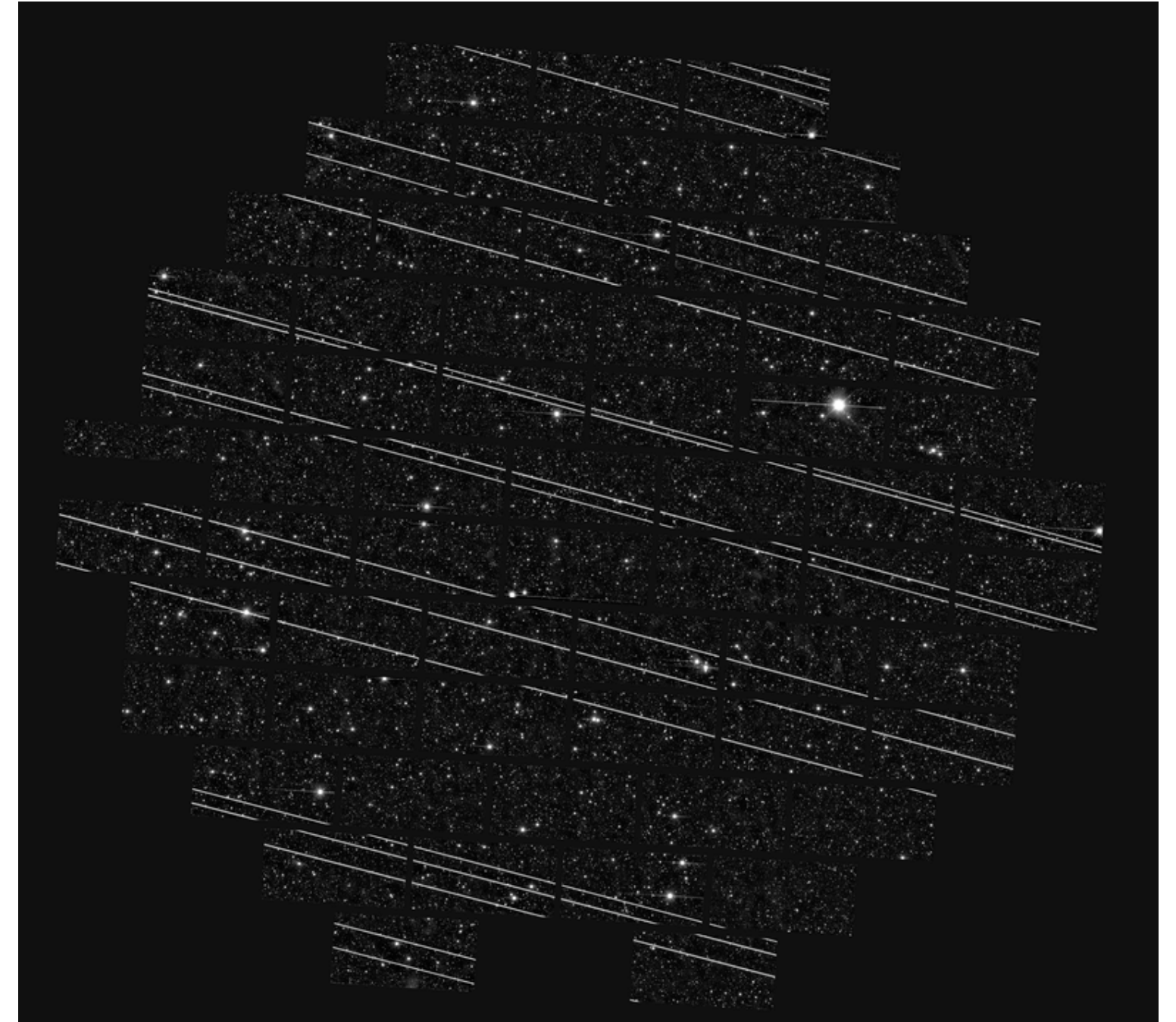
² SLAC/KIPAC

CONTEXTO Y MOTIVACIÓN



Trazas de satélites Starlink en un startrail en Nuevo México (EE UU) poco después de su lanzamiento. Crédito: M. Lewinsky

- Satélites en rápido aumento
- Impacto en la astronomía
- Desde 2019, SpaceX ha puesto 8000 satélites Starlink en órbita
- Otras compañías tienen planeado aumentar el número a un millón en un futuro cercano.



Satélites Starlink captados con DECam en el Telescopio Blanco (CTIO). Exp = 333 s. Créditos: CTIO/NOIRLab/[NSF](#)/AURA/DECam DELVE Survey. 2019

CONTEXTO Y MOTIVACIÓN

IAU CENTRE FOR THE PROTECTION OF THE DARK AND QUIET SKY FROM SATELLITE CONSTELLATION INTERFERENCE (IAU-CPS)

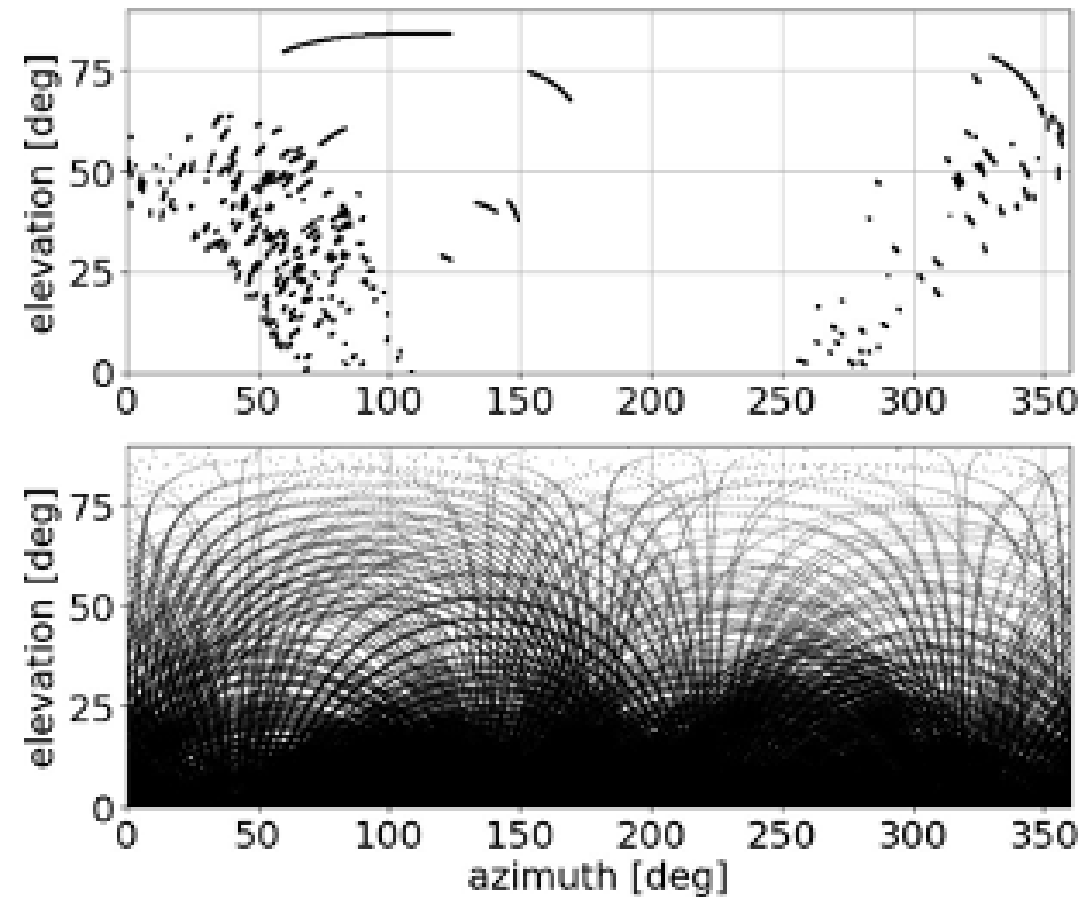


Telescopio de 4 metros Víctor M. Blanco. Crédito: NOIRLab

- Protección del cielo oscuro
- Avanzar en nuestra comprensión del universo
- Patrimonio cultural
- Protección de la fauna nocturna

CONTEXTO Y MOTIVACIÓN: IMPACTO EN LA ASTRONOMÍA

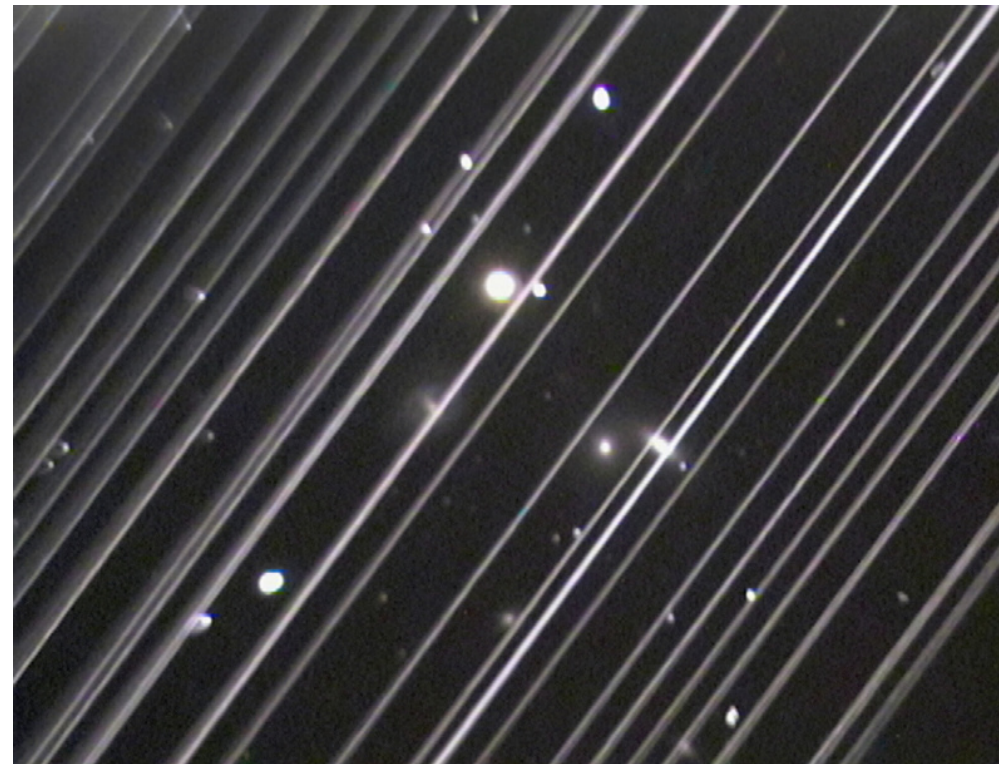
RADIO



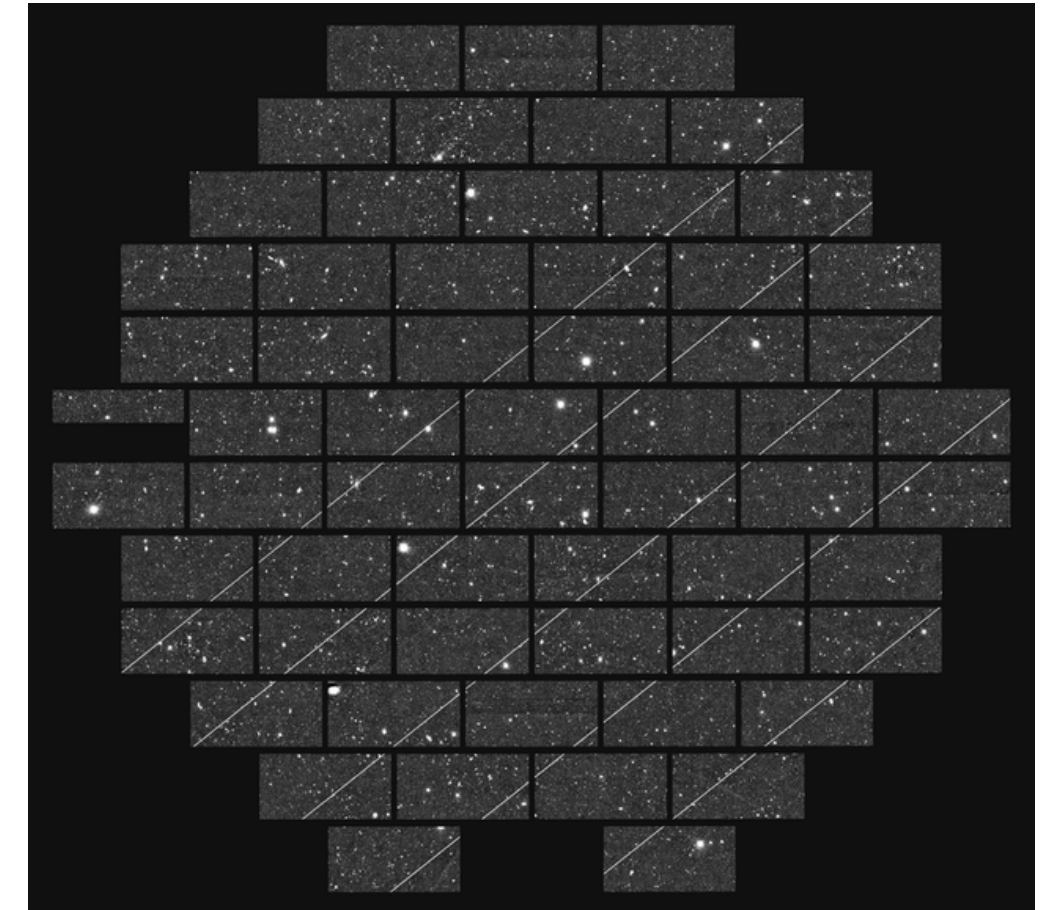
Movimiento de satélites sobre el horizonte, visto desde SKA-Mid en Sudáfrica. El panel superior muestra todos los satélites geosíncronos activos durante un período de 2000 segundos, y el panel inferior muestra el movimiento de OneWeb y Starlink fase 1 durante el mismo período. Crédito: F. Di Vruno (SKAO).

Radiotelescopios son altamente sensibles y detectan señales de radio muy débiles

INFRARROJO/VISIBLE



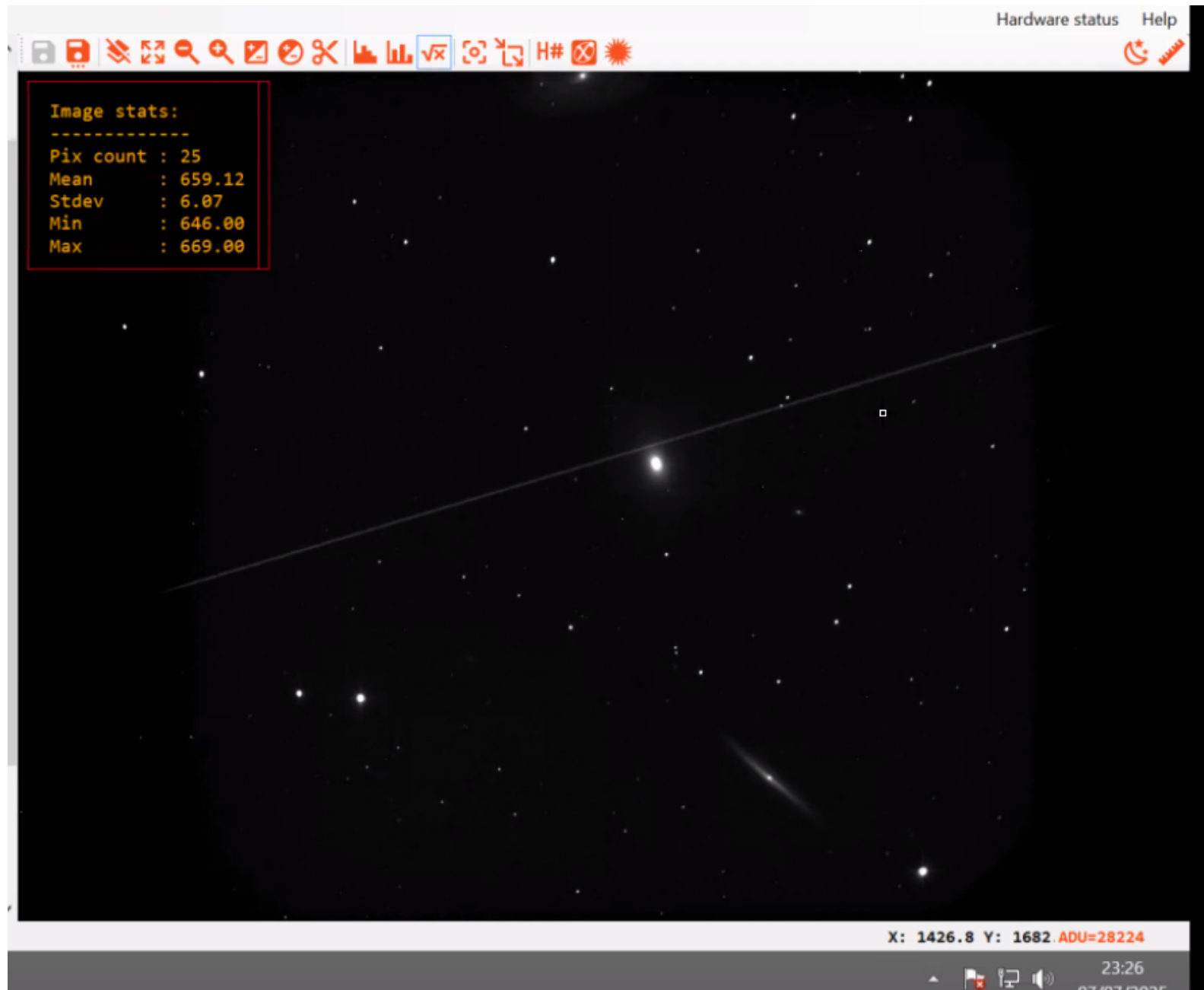
Credit: V. Girgis/ Lowell Observatory



Los telescopios también recogen la luz reflejada de los satélites, haciendo que se vean como estelas brillantes al tomar imágenes de larga exposición.

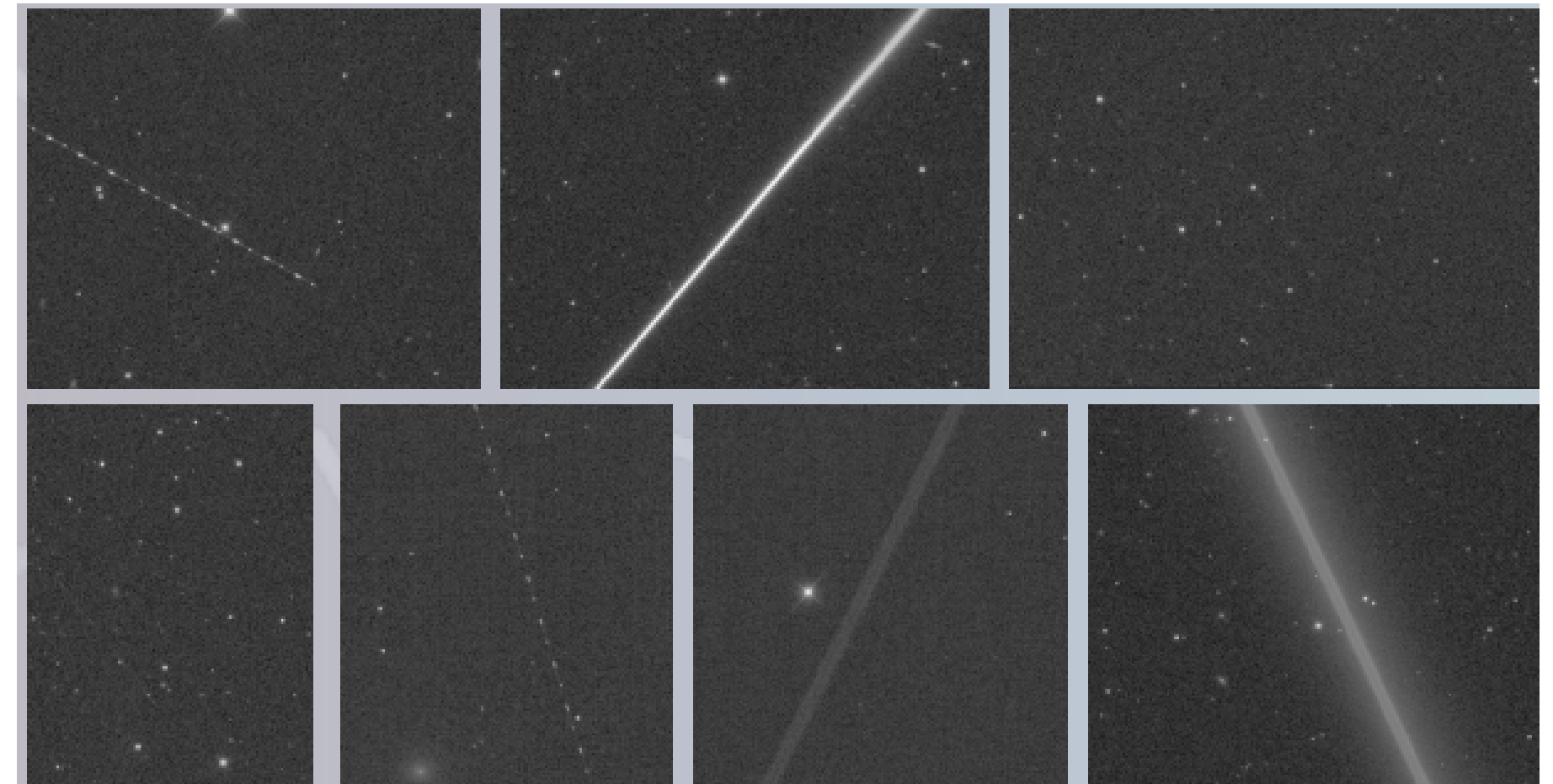
En el rango IR, los telescopios también son sensibles a la radiación térmica emitida por los satélites.

CONTEXTO Y MOTIVACIÓN



Observatorio de Teide – Tenerife, Julio 2025 (Intership RECA)

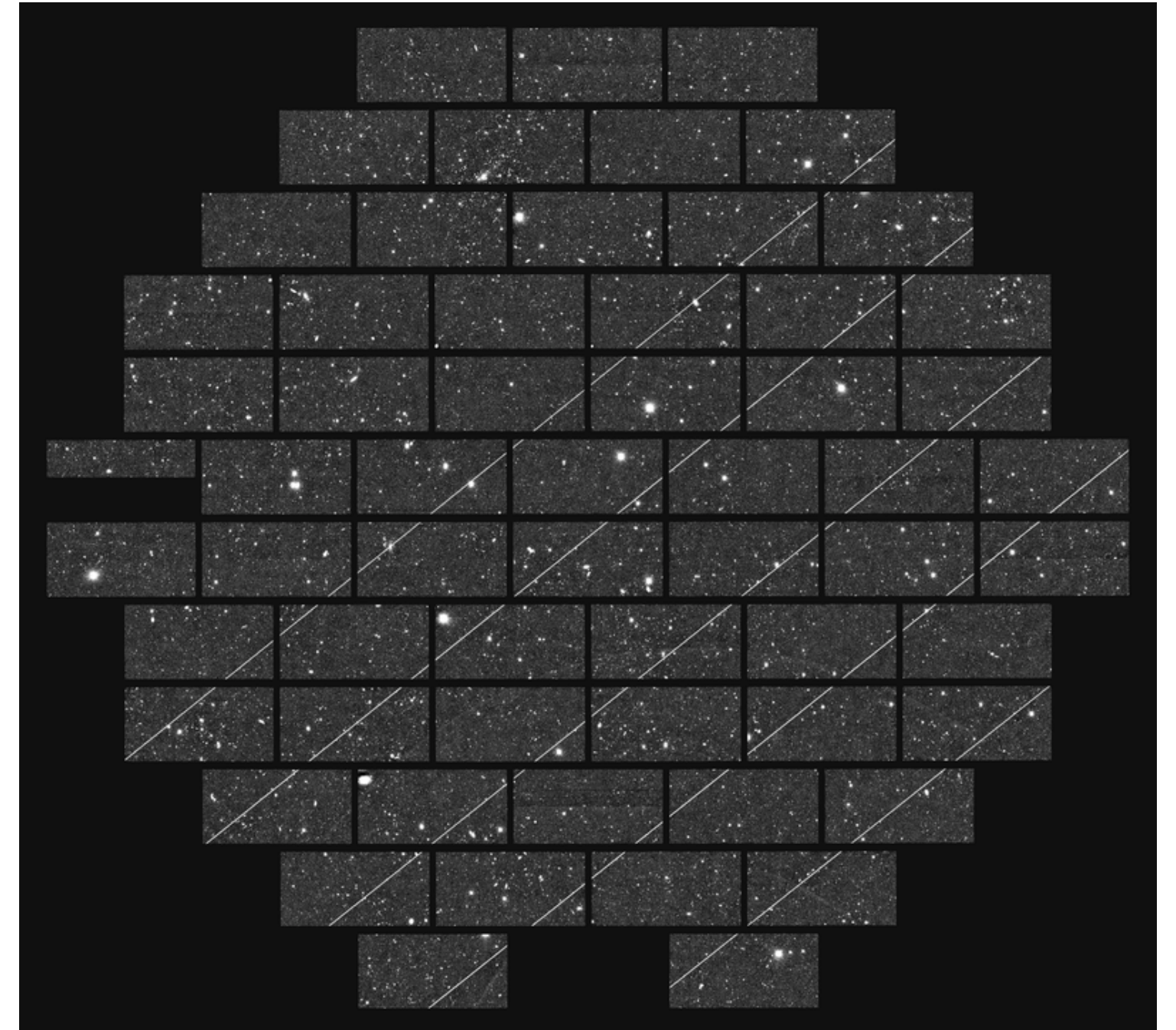
Experiencia Real – Observación Remota
desde el Observatorio del Teide



Estelas satelitales en imágenes de ComCam y LSSTCam,
noviembre de 2024 – mayo de 2025

OBJETIVO DEL PROYECTO

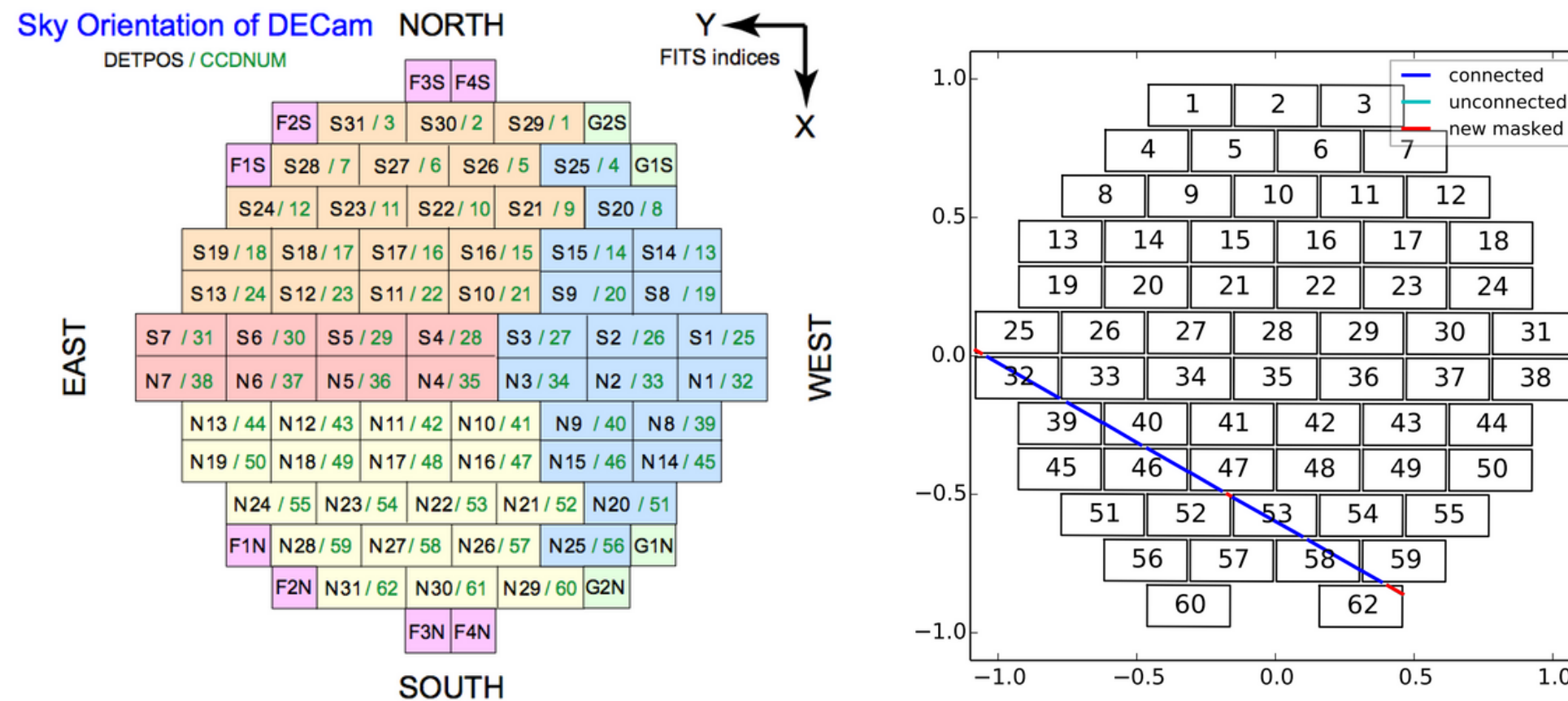
- Detectar estelas en imágenes de DECam
- Identificar los satélites STARLINK
- Medir el brillo
- Evaluar el impacto en las observaciones



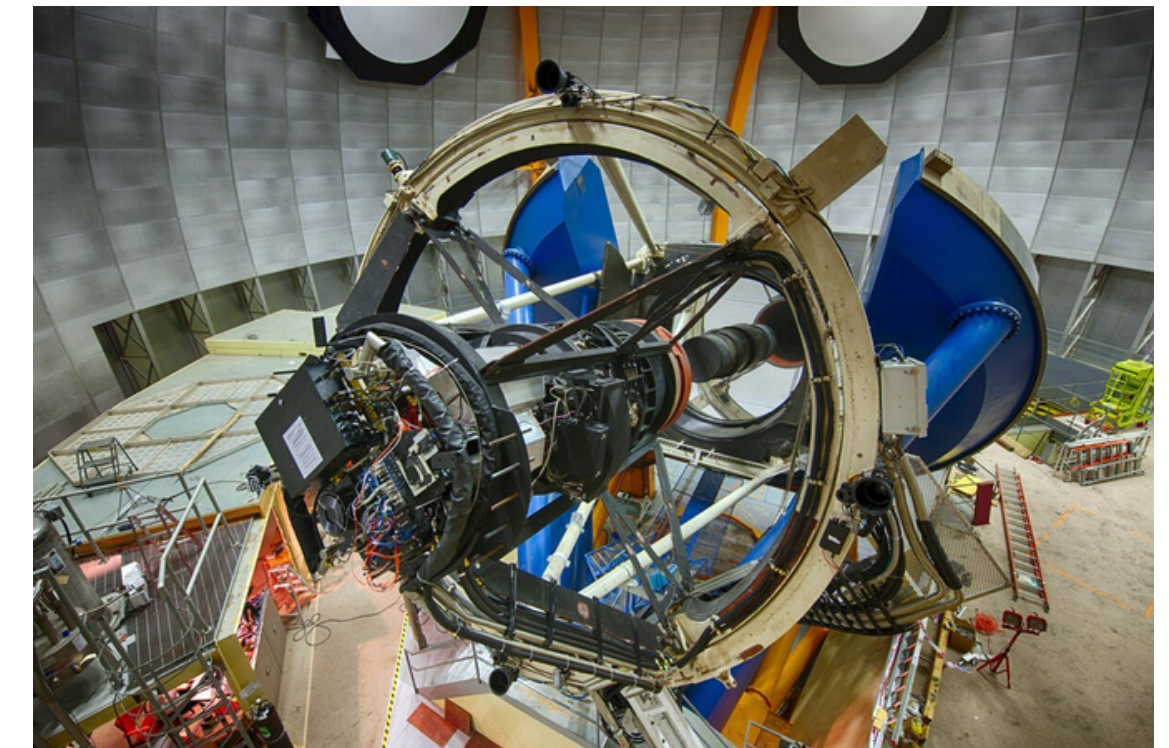
DATOS: DECAM Y NOIRLAB

- 7 millones de imágenes (2012-hoy)
- Campo de visión: 3 deg^2
- Archivo público: NOIRLab

Los datos usados fueron de observaciones realizadas en 2022

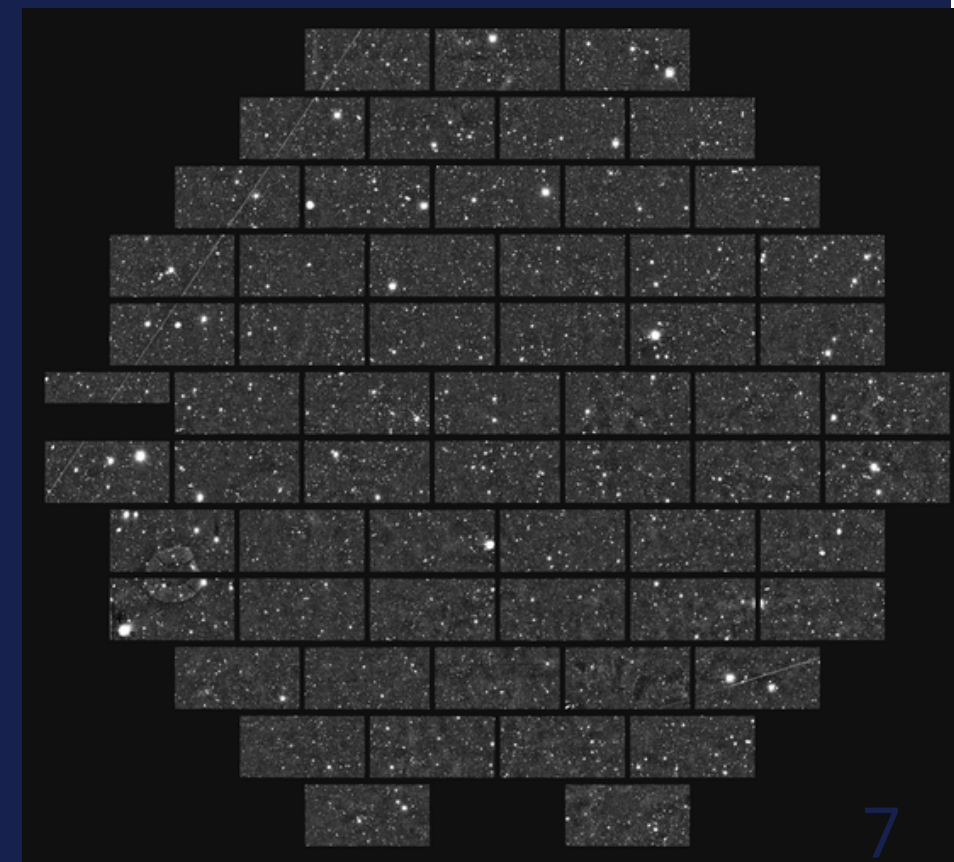
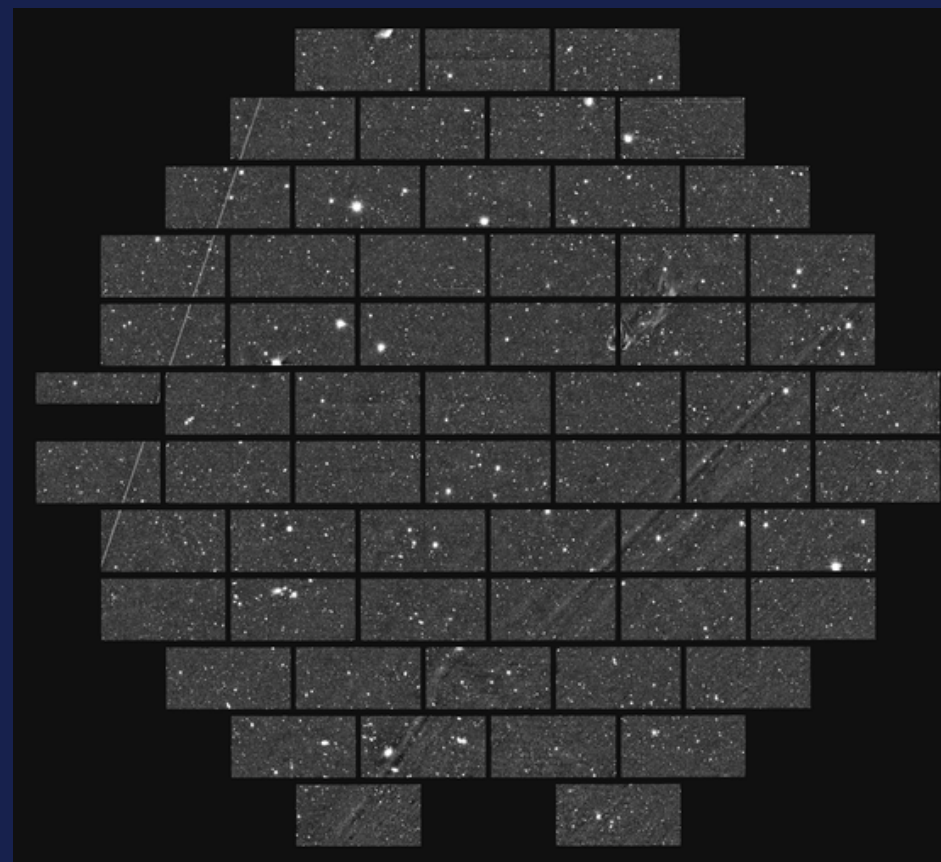
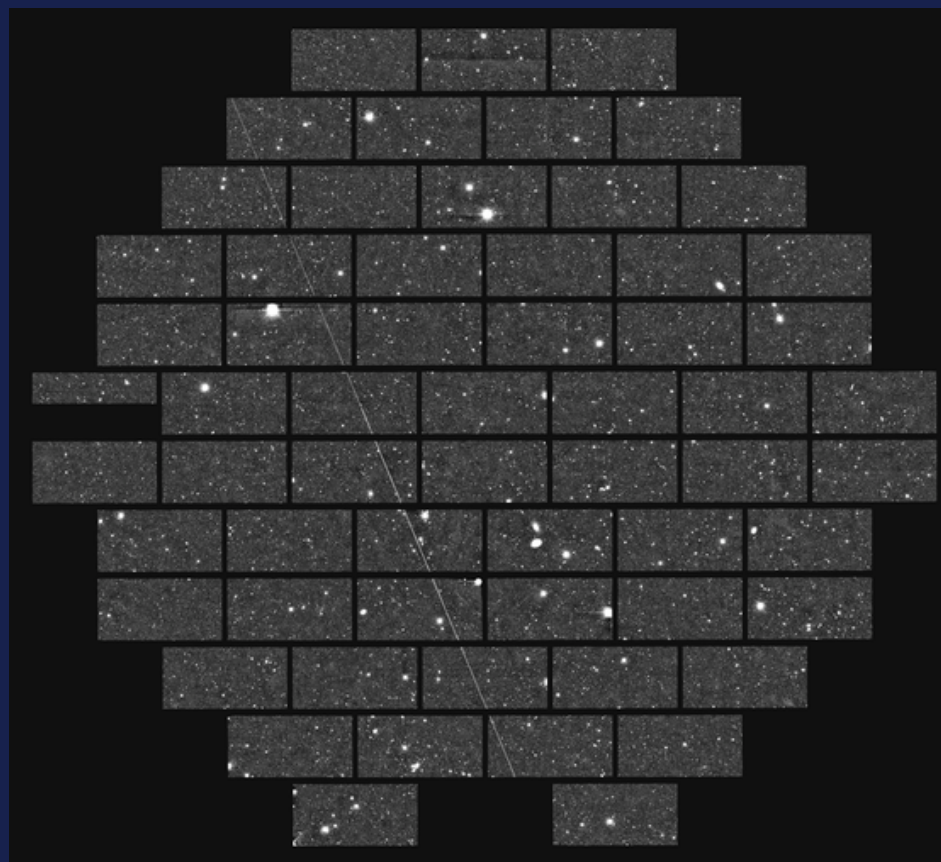
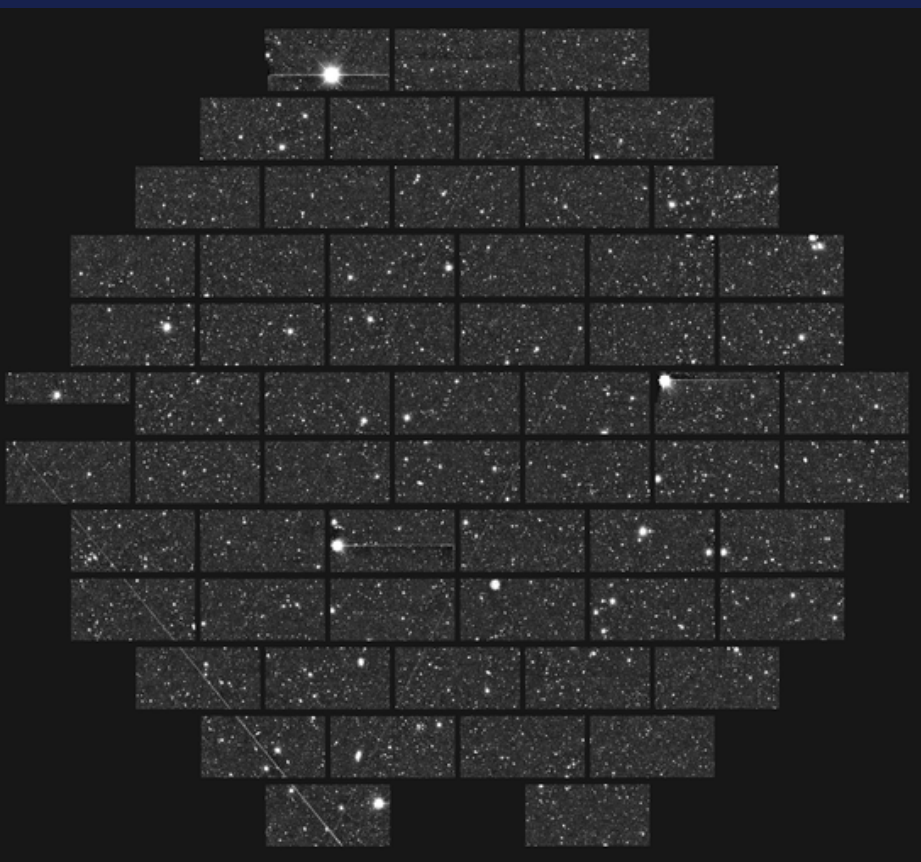
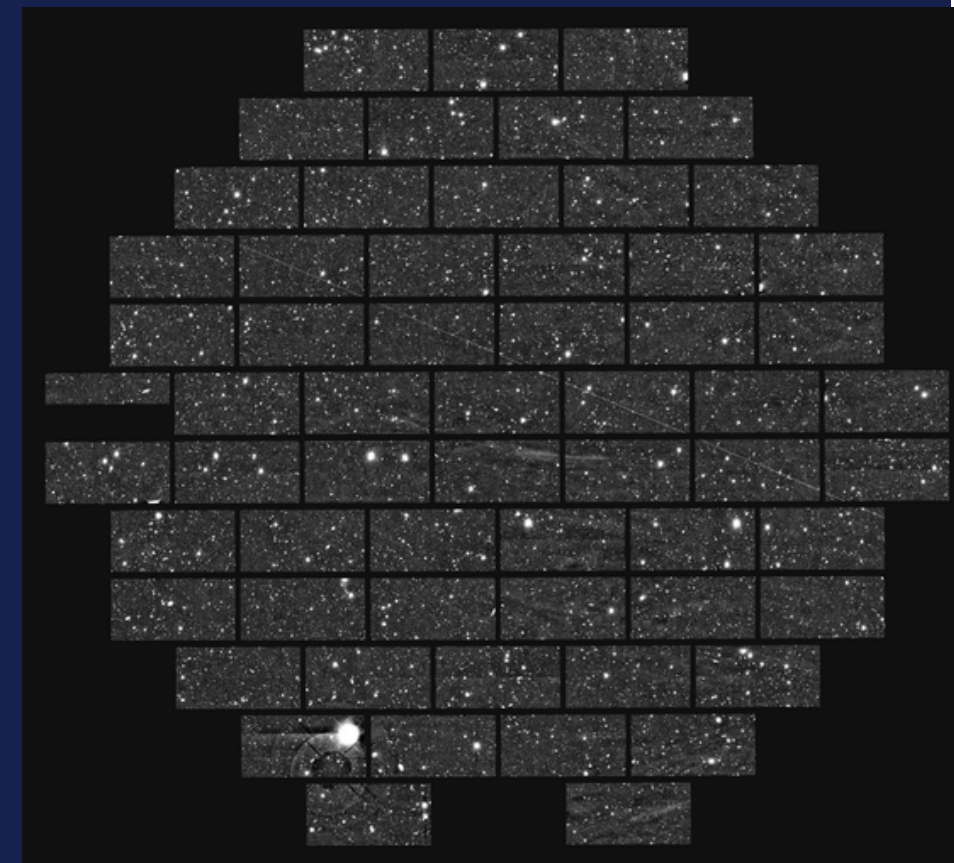
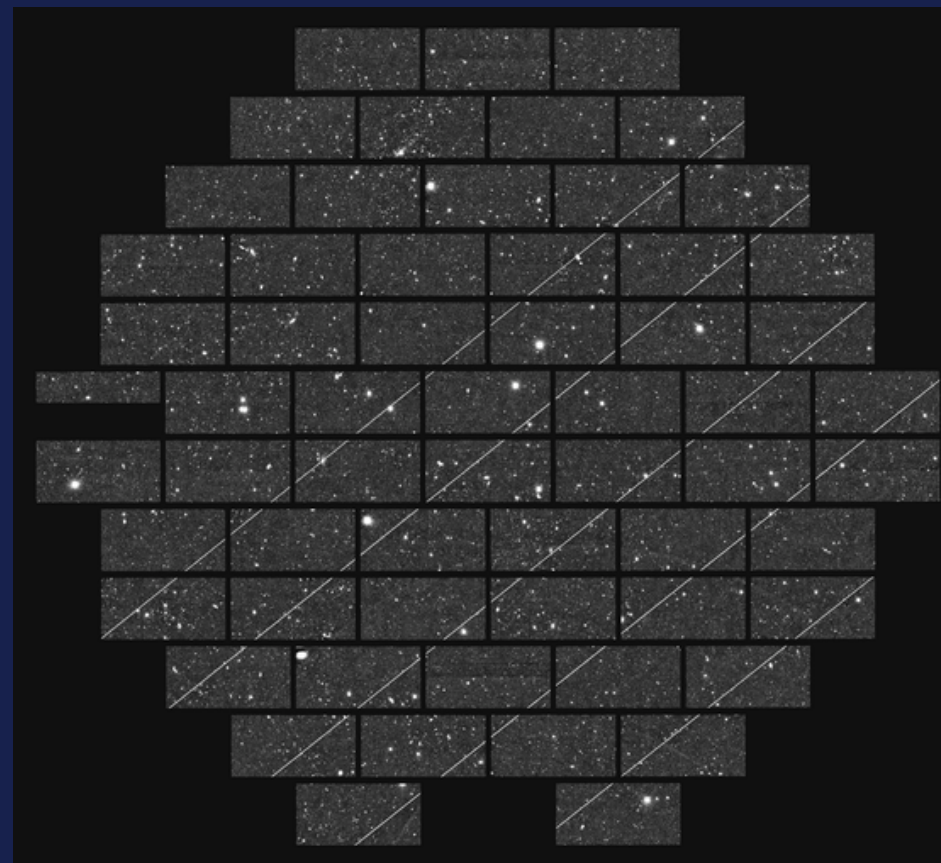
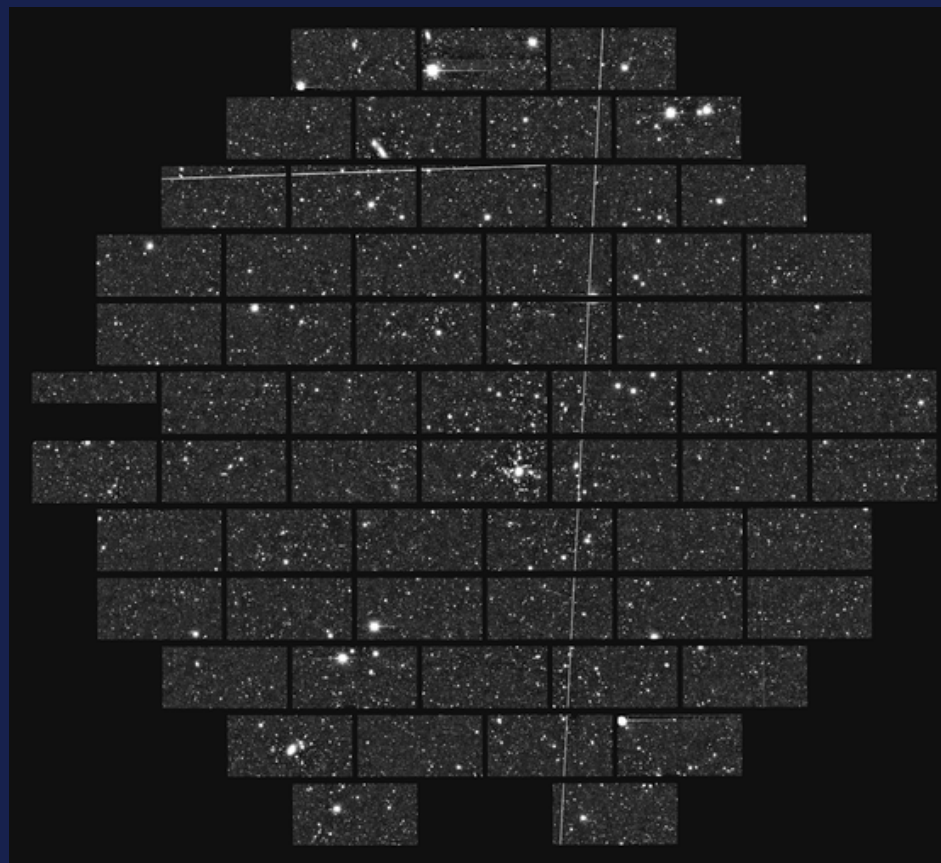
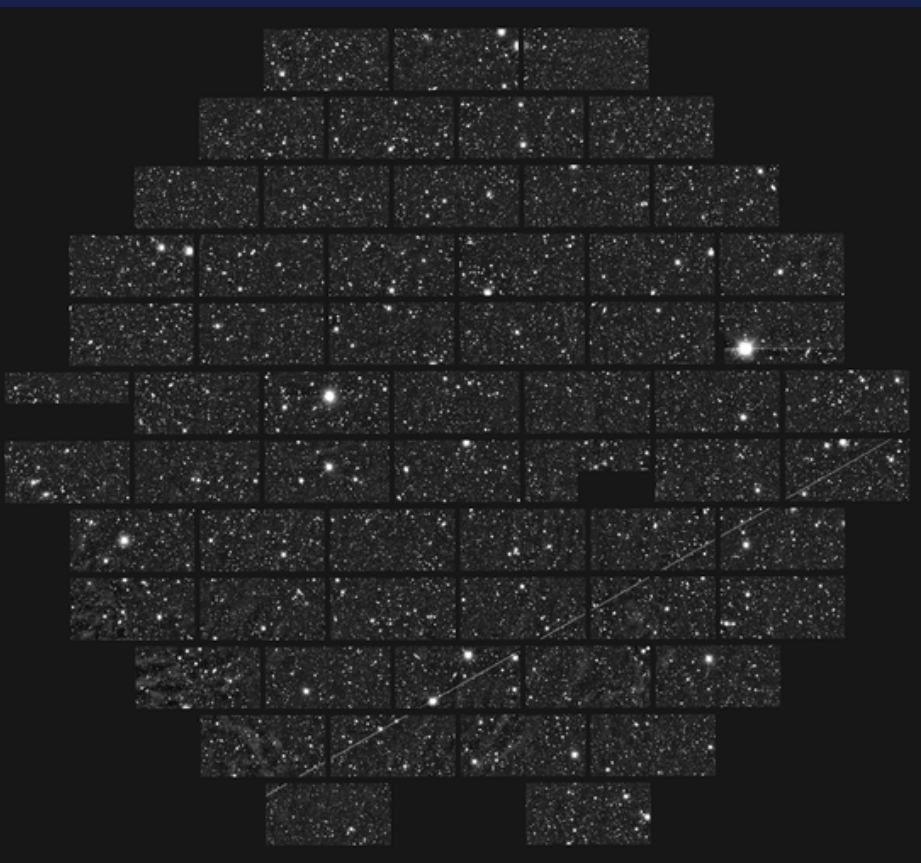


Telescopio Victor M. Blanco de 4 m. Cerro Tololo, Chile



Telescopio Blanco con DECam montado en su foco

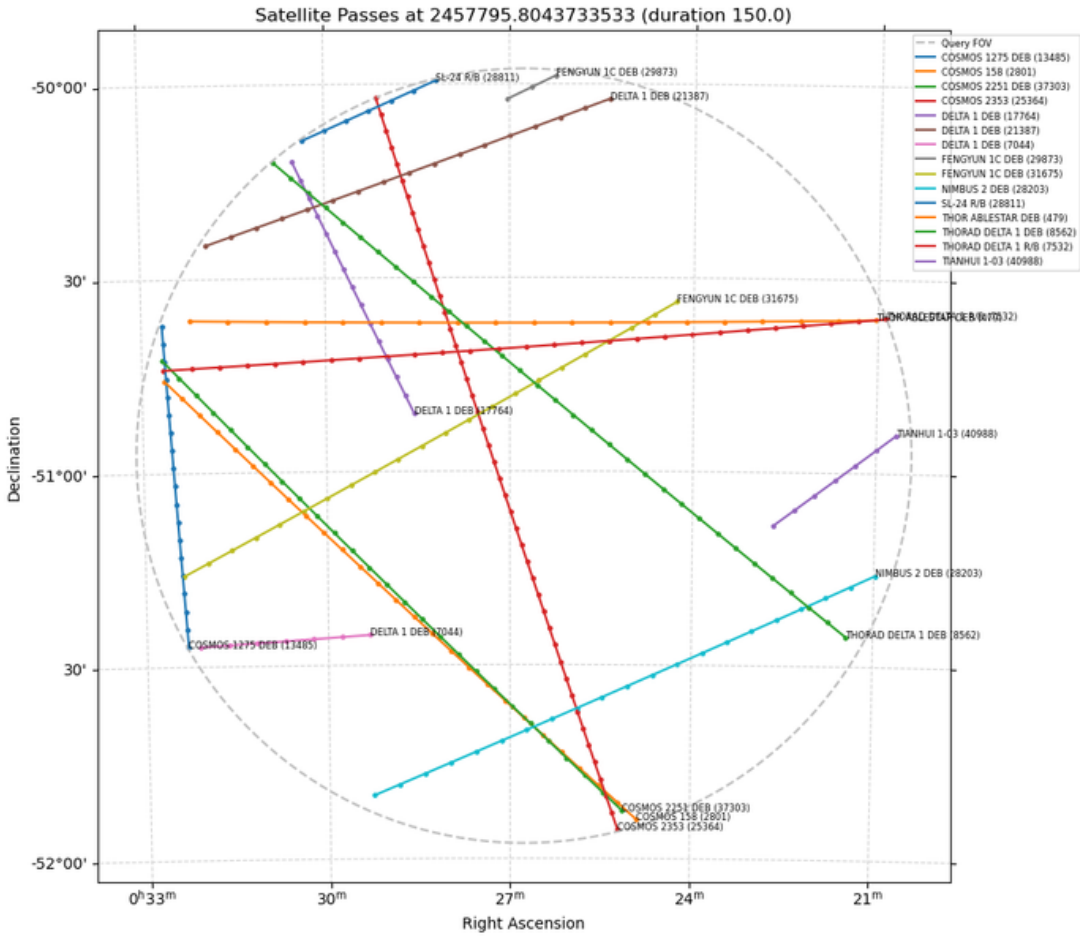
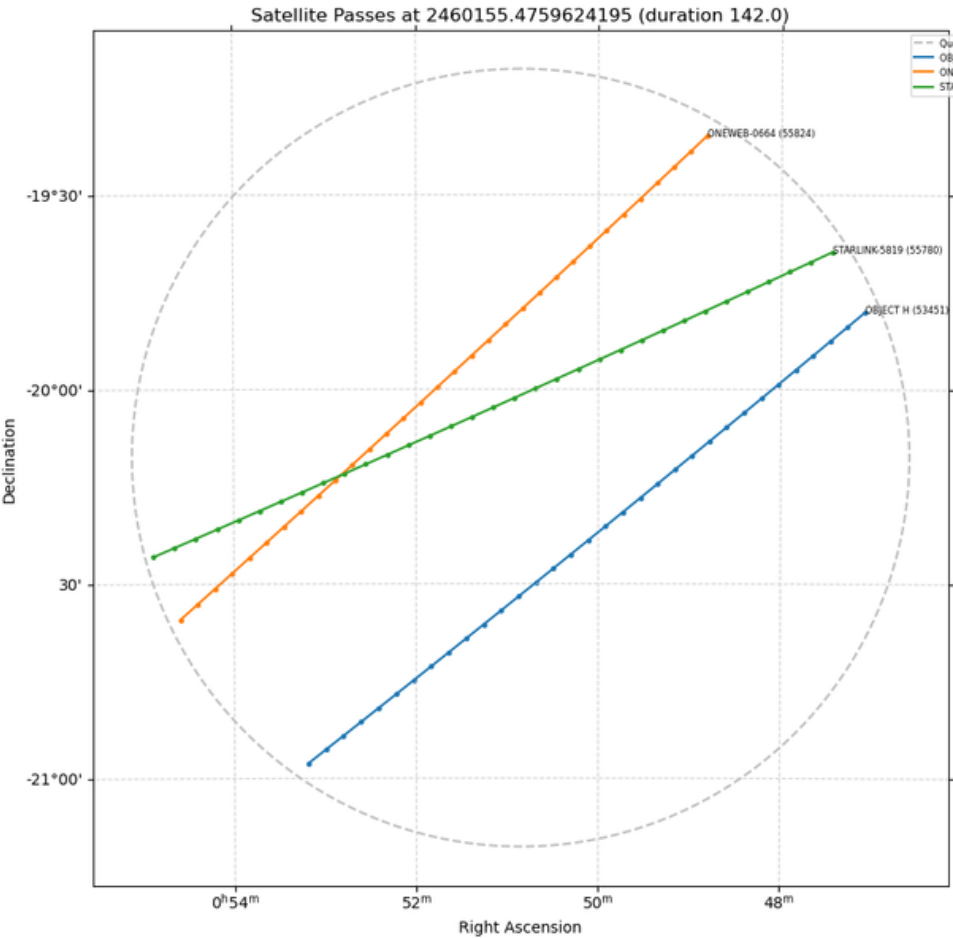
FILTRANDO LOS DATOS



SATCHECKER PARA IDENTIFICAR STARLINKS

Ventajas de usar SatChecker

- Filtrar satélites por constelaciones (Starlinks)
- Visualizar la trayectoria en el cielo
- Comparar las predicciones del Satchecker con las trazas de las imágenes



	EXPNUM	BAND	TELESCOP	OBSERVAT	INSTRUME	OBS- LONG	OBS- LAT	OBS- ELEV	TELEQUIN	TIMESYS	DATE-OBS	TIME-OBS	DARKTIME	EXPTIME	
	0	140520	r	CTIO 4.0-m telescope	CTIO	DECam	70.8149	-30.1661	2215	2000	UTC	2012-10-20 00:25:35.429106	00:25:35.429106	2.10353	1.0 224
	1	140521	r	CTIO 4.0-m telescope	CTIO	DECam	70.8149	-30.1661	2215	2000	UTC	2012-10-20 00:29:50.667562	00:29:50.667562	2.09597	1.0 224
	2	140522	u	CTIO 4.0-m telescope	CTIO	DECam	70.8149	-30.1661	2215	2000	UTC	2012-10-20 00:46:16.576959	00:46:16.576959	31.09820	30.0 184
	3	140523	u	CTIO 4.0-m telescope	CTIO	DECam	70.8149	-30.1661	2215	2000	UTC	2012-10-20 00:47:44.370016	00:47:44.370016	31.09300	30.0 184
	4	140524	u	CTIO 4.0-m telescope	CTIO	DECam	70.8149	-30.1661	2215	2000	UTC	2012-10-20 00:49:47.211636	00:49:47.211636	31.09170	30.0 184
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
506513	1228730	g	CTIO 4.0-m telescope	CTIO	DECam	70.8149	-30.1661	2215	2000	UTC	2023-08-03 08:42:53.917964	08:42:53.917964	81.10140	80.0 03:0	
506514	1228731	r	CTIO 4.0-m telescope	CTIO	DECam	70.8149	-30.1661	2215	2000	UTC	2023-08-03 08:44:44.058111	08:44:44.058111	71.12170	70.0 03:0	
506515	1228732	r	CTIO 4.0-m telescope	CTIO	DECam	70.8149	-30.1661	2215	2000	UTC	2023-08-03 08:46:22.681357	08:46:22.681357	71.10870	70.0 03:0	
506516	1228733	i	CTIO 4.0-m telescope	CTIO	DECam	70.8149	-30.1661	2215	2000	UTC	2023-08-03 08:48:02.549261	08:48:02.549261	91.09020	90.0 03:0	
506517	1228734	i	CTIO 4.0-m telescope	CTIO	DECam	70.8149	-30.1661	2215	2000	UTC	2023-08-03 08:50:01.864095	08:50:01.864095	91.12910	90.0 03:0	
506518 rows × 18 columns															

506518 rows × 18 columns

	filename	rnum	ra_1	ra_2	ra_3	ra_4	dec_1	dec_2	dec_3	dec_4	expnum	ccdnum
0	D00145425_g_c03_r4148p01_hstreak.fits	3	1.159330	1.160919	1.164310	1.162720	-28.724241	-28.724212	-28.857155	-28.857183	145425	3
1	D00145425_g_c06_r4148p01_hstreak.fits	1	0.986677	0.986711	0.644209	0.644186	-29.032018	-29.034283	-29.037208	-29.034944	145425	6
2	D00145425_g_c09_r4148p01_hstreak.fits	1	0.452852	0.452942	0.109842	0.109782	-29.193042	-29.199694	-29.203265	-29.196615	145425	9
3	D00145425_g_c15_r4148p01_hstreak.fits	1	0.286716	0.286812	0.630816	0.630741	-29.363308	-29.358405	-29.362739	-29.367644	145425	15
4	D00145425_g_c16_r4148p01_hstreak.fits	1	0.985852	0.987446	0.987211	0.985615	-29.216748	-29.216752	-29.366385	-29.366381	145425	16
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
879115	D01223535_g_c05_r6224p01_hstreak.fits	1	323.500201	323.502653	323.444690	323.442238	-17.828499	-17.830897	-17.884254	-17.881855	1223535	5
879116	D01223535_g_c31_r6224p01_hstreak.fits	1	324.355544	324.369908	324.372363	324.357994	-18.392109	-18.391941	-18.541070	-18.541235	1223535	31
879117	D01223535_g_c56_r6224p01_hstreak.fits	1	322.914589	322.934330	322.849385	322.829651	-19.193809	-19.210870	-19.298406	-19.281342	1223535	56
879118	D01223535_g_c58_r6224p01_hstreak.fits	1	323.771850	323.783894	323.835739	323.823696	-19.214779	-19.204086	-19.255903	-19.266598	1223535	58
879119	D01223535_g_c59_r6224p01_hstreak.fits	1	323.878330	323.890982	323.836373	323.823717	-19.203540	-19.214870	-19.269001	-19.257671	1223535	59

879120 rows × 13 columns

Como son tantos datos y tantos satélites, filtramos solo los Starlinks

SATCHECKER PARA IDENTIFICAR STARLINKS

```
for exp in tqdm(expnumtry, desc="Buscando STARLINKs"):
    fila = telemetry1_filtrado[telemetry1_filtrado['EXPNUM'] == exp].iloc[0] #row

    #print(fila)
    try:
        ra = fila['RA']
        dec = fila['DEC']
        latitude = fila['OBS-LAT']
        longitude = fila['OBS-LONG']
        elevation = fila['OBS-ELEV']
        exptime = fila['EXPTIME']
        timeobs = fila['TIME-OBS']
        dateobs = fila['DATE-OBS']
        duration = fila['EXPTIME']
        start_time_jd = Time(fila['DATE-OBS']).jd

        # Conversión de coordenadas y fecha
        coord = SkyCoord(ra=fila['RA'], dec=fila['DEC'], unit=u.deg)
        ra_center = coord.icrs.ra.value
        dec_center = coord.icrs.dec.value
        print(f"Running query for expnum{exp}")

        # URL para la API
        url = f"https://dev.satchecker.cps.iau.noirlab.edu/fov/satellite-passes/?latitude={latitude}&longitude={longitude}&elevation={elevation}&start_
        response = requests.get(url, timeout=60)
        response.raise_for_status()
        data = response.json()['data']['satellites']

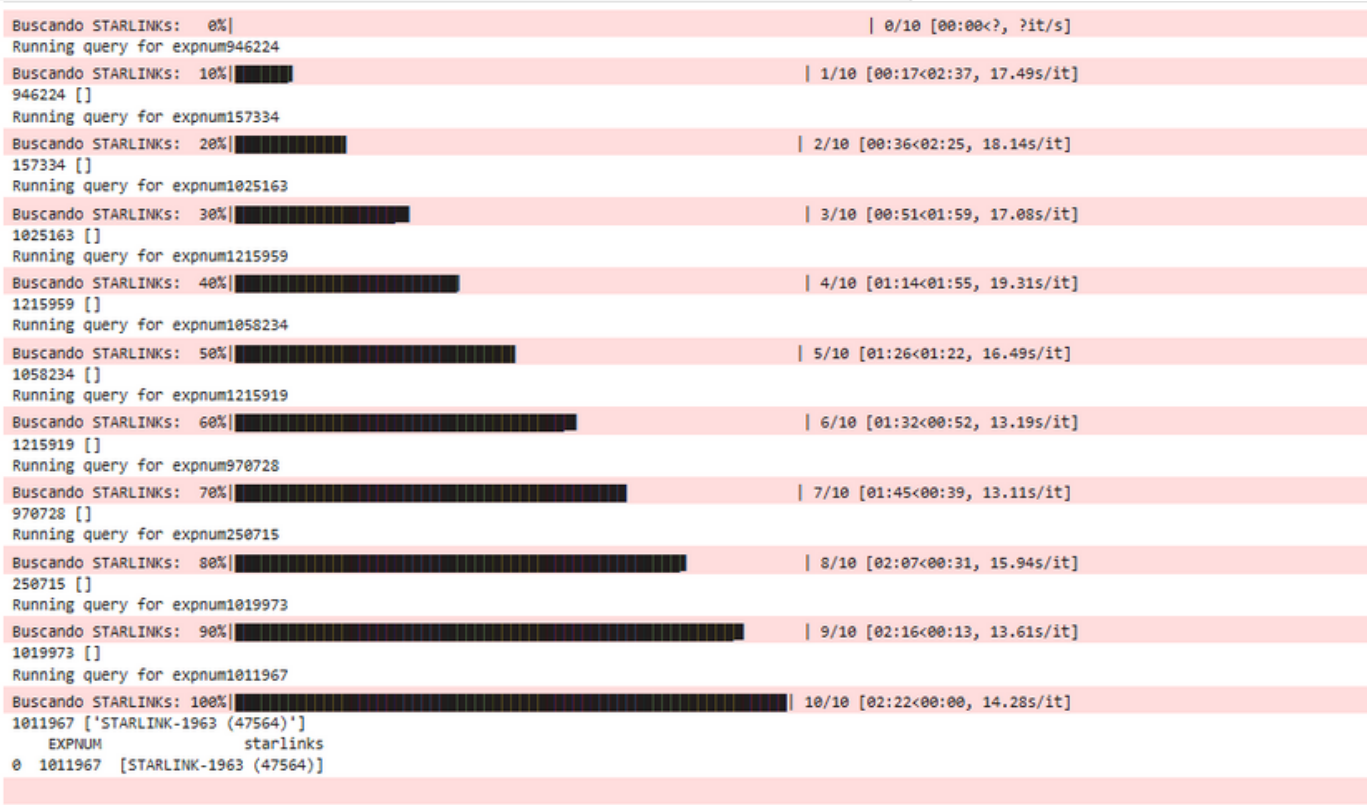
        # Guardar todas las satélites si quieres
        todos_satelites[exp] = list(data.keys())

        # Filtrar Starlink
        starlinks = [sat for sat in data if 'STARLINK' in sat.upper()] # It was hard to find STARLINKs in a small sample, so I tried with COSMOS instea
        print(exp, starlinks)
        if starlinks:
            expnum_starlink.append(exp)
            starlinks_en_exp.append(starlinks)

    except Exception as e:
        print(f"⚠ Error en expnum {exp}: {e}")
        continue

# Crear DataFrame con resultados
df_starlink = pd.DataFrame({
    'EXPNUM': expnum_starlink,
    'starlinks': starlinks_en_exp
})

# Vista rápida
print(df_starlink.head())
```



```
[37]: df_starlink
```

	EXPNUM	starlinks
[37]:	0	1011967 [STARLINK-1963 (47564)]

```
[38]: todos_satelites
```

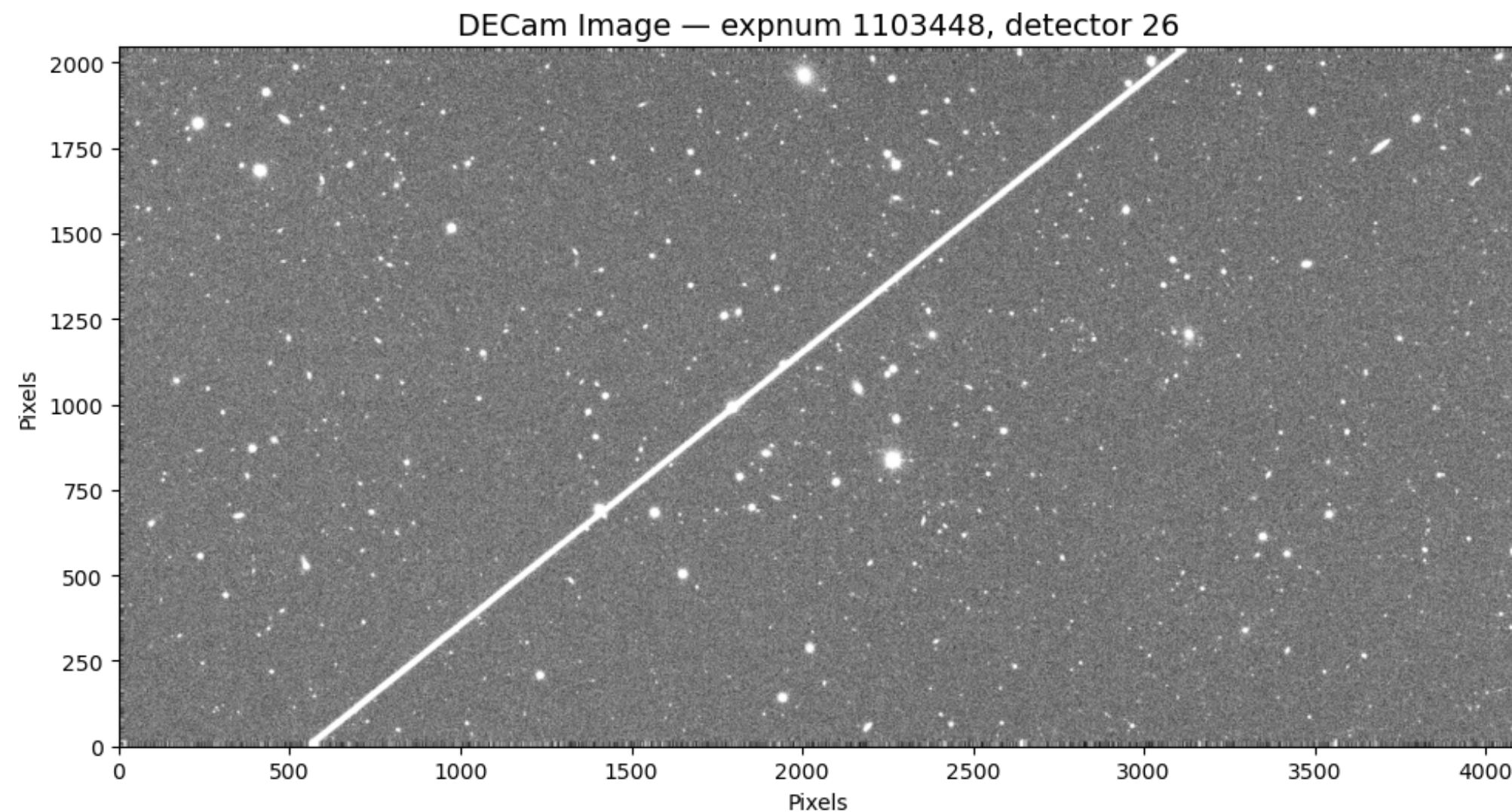
```
[38]: {946224: ['DELTA 1 R/B (3094)',
          'FENGYUN 1C DEB (30843)',
          'SAUDICOMSAT 4 (31127)'],
      157334: ['SL-16 DEB (22430)', 'SL-8 DEB (21251)'],
      1025163: [],
      1215959: [],
      1058234: ['COSMOS 2416 (28908)', 'NEE 01 PEGASUS (39151)'],
      1215919: [],
      970728: ['SL-8 R/B (22488)'],
      250715: ['ATLAS 2A CENTAUR R/B (25968)',
          'COSMOS 2251 DEB (35431)',
          'COSMOS 2251 DEB (35784)',
          'COSMOS 2251 DEB (35834)',
          'DELTA 2 R/B(1) (23640)',
          'DMSP 5D-2 F14 DEB (24777)',
          'FENGYUN 1C DEB (30016)',
          'FENGYUN 1C DEB (36269)',
          'SL-16 DEB (23407)',
          'SL-8 DEB (27747)',
          'SUPERBIRD A1 (22253)',
          'THORAD AGENA D DEB (4821)',
          'YAMAL 102 (25897)'],
      1019973: ['BREEZE-KM R/B (39252)',
          'ONEWEB-0190 (48796)',
          'ONEWEB-0246 (48786)',
          'ONEWEB-0248 (48798)'],
      1011967: ['STARLINK-1963 (47564)', 'TURKSAT 3U (39152)']}
```

Con esto, generamos un nuevo dataset, donde hubieran solo satélites Starlink, con una traza visible detectada por DECam

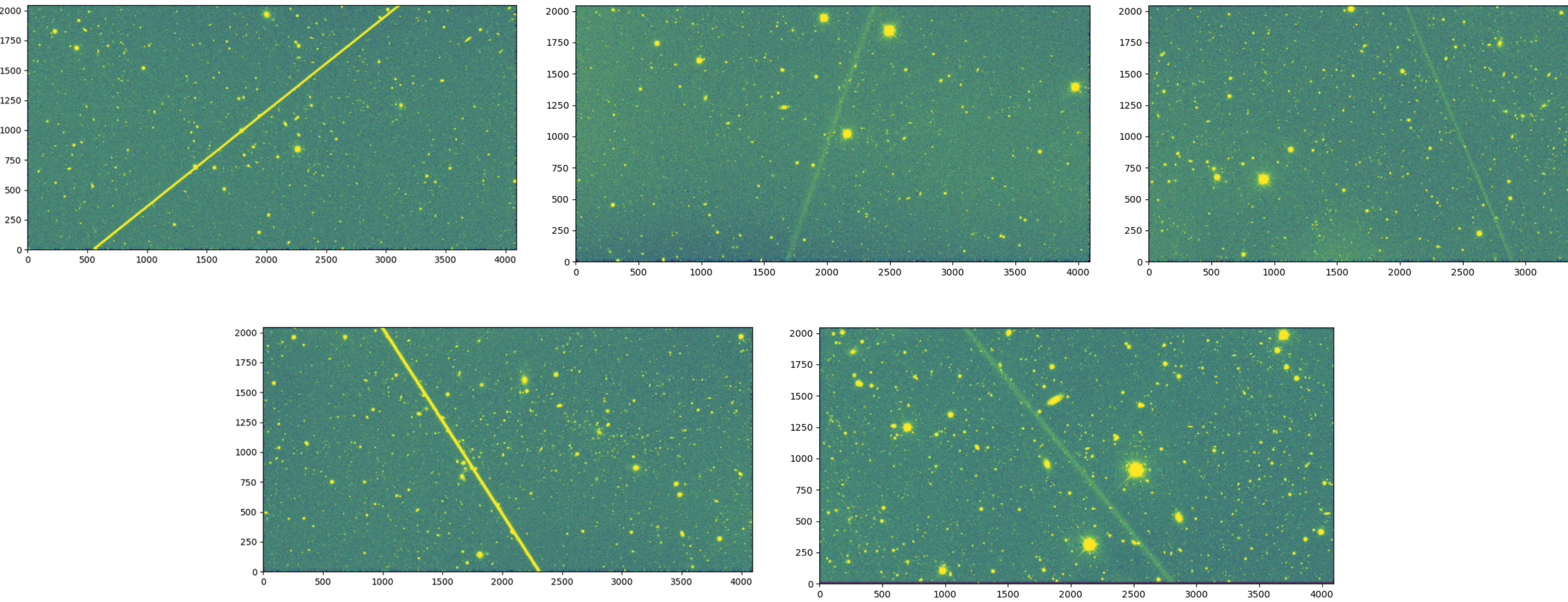
DATOS: SIMPLE IMAGE ACCESS (SIA)

Con esto, generamos un nuevo dataset, donde hubieran solo satélites Starlink, con una traza visible detectada por DECcam.

Para no tener que descargar imagen por imagen, podemos obtener las imágenes directamente del repositorio en línea del NOIRLab, considerando solo aquellos detectores que tienen trazas.

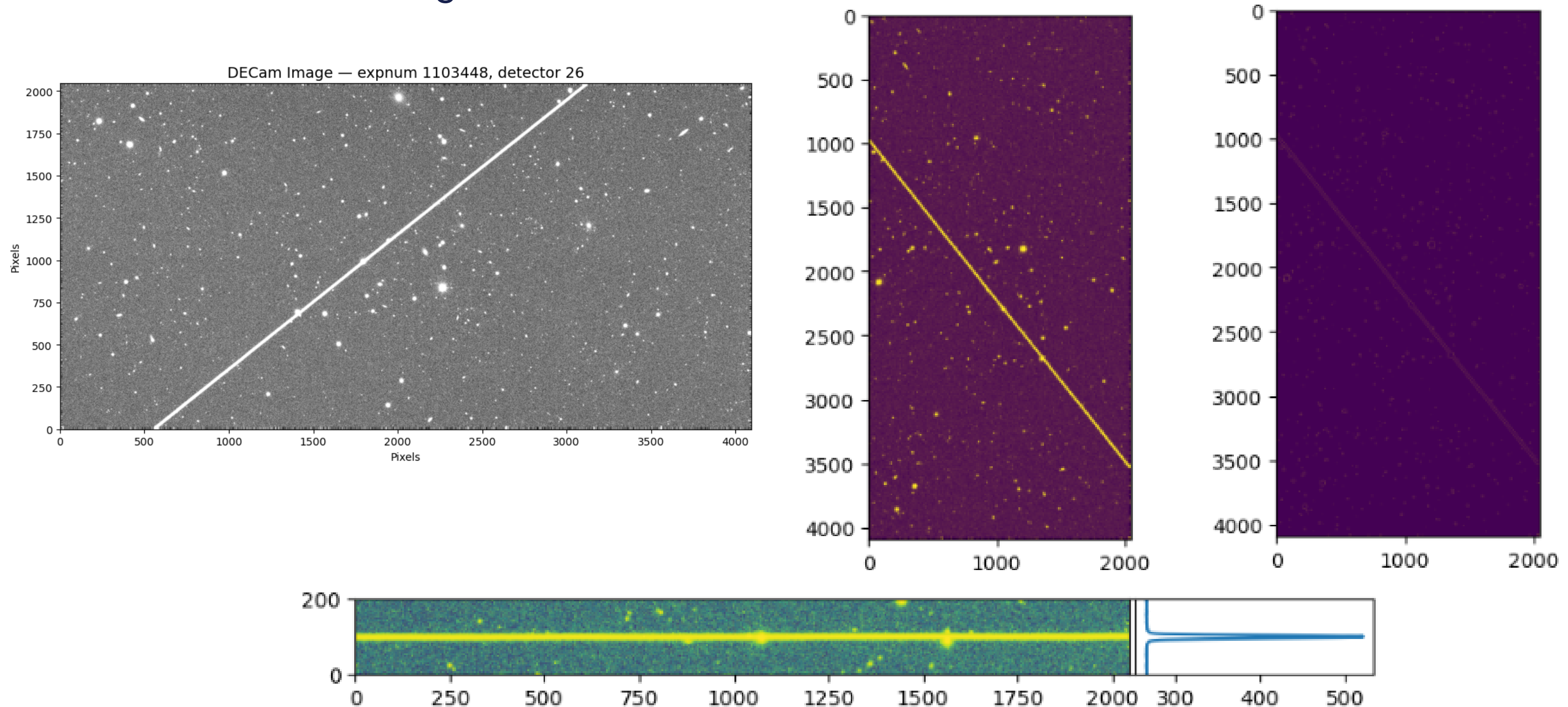


DATOS: SIMPLE IMAGE ACCESS (SIA)



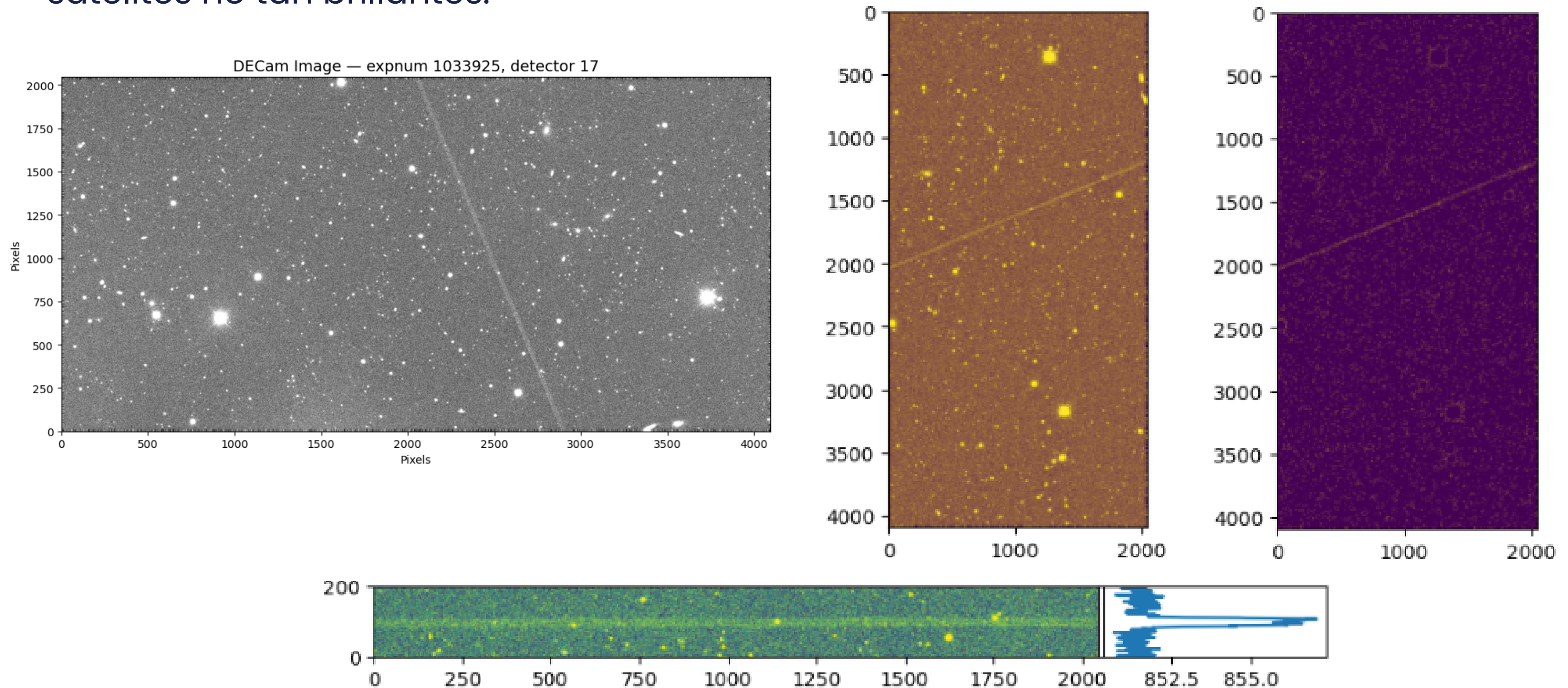
DATOS: IDENTIFICACIÓN DE ESTELAS

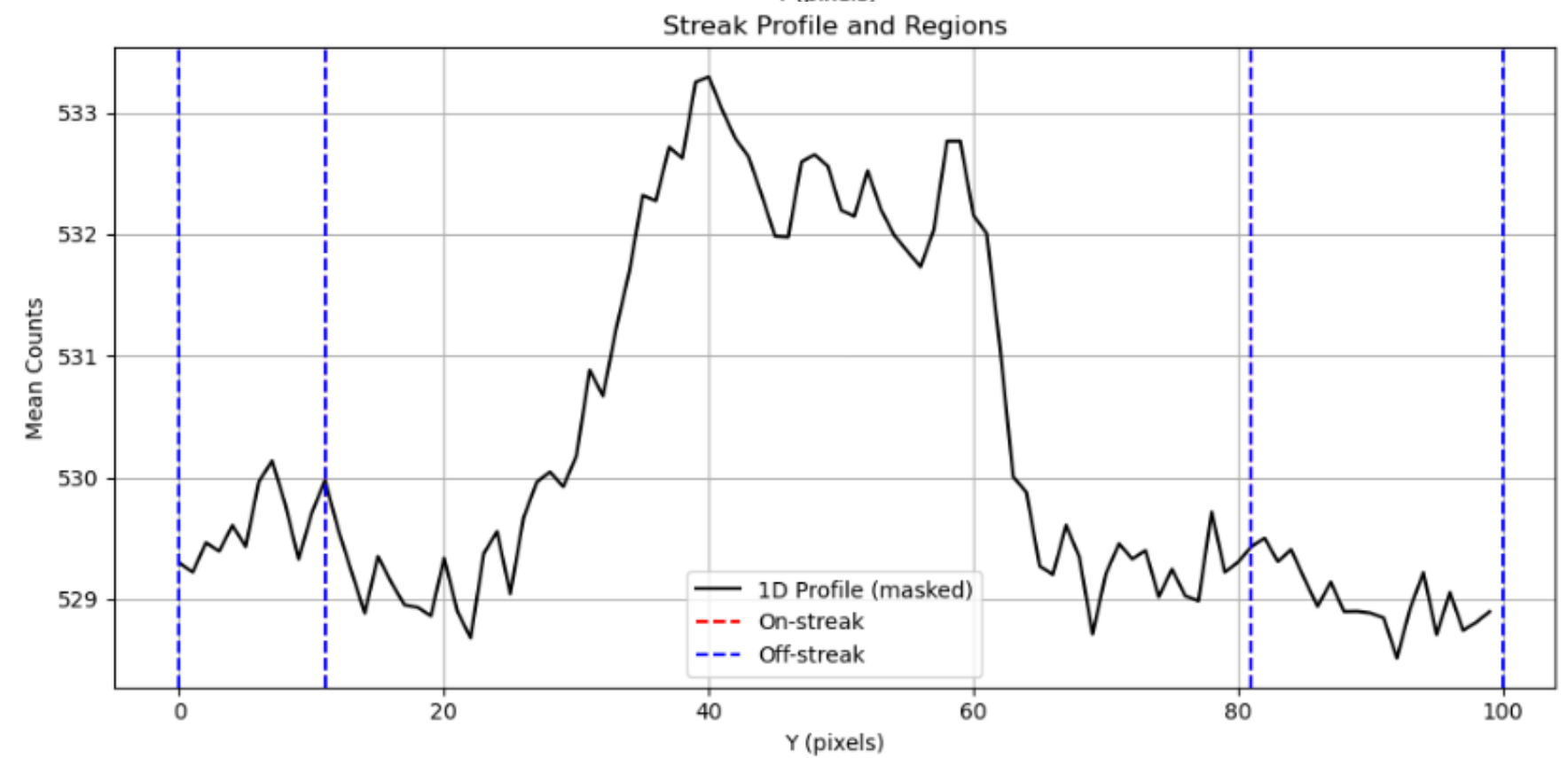
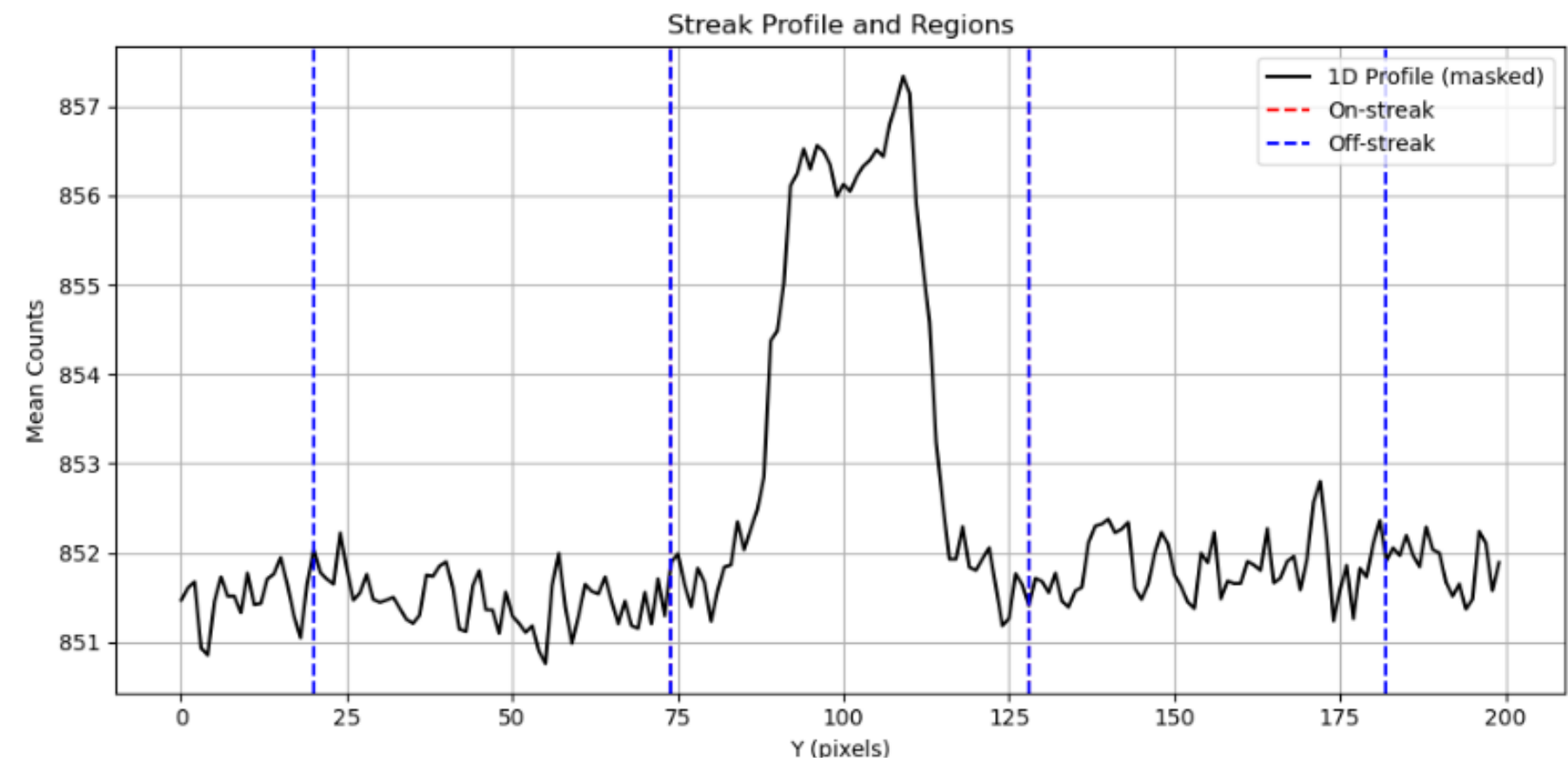
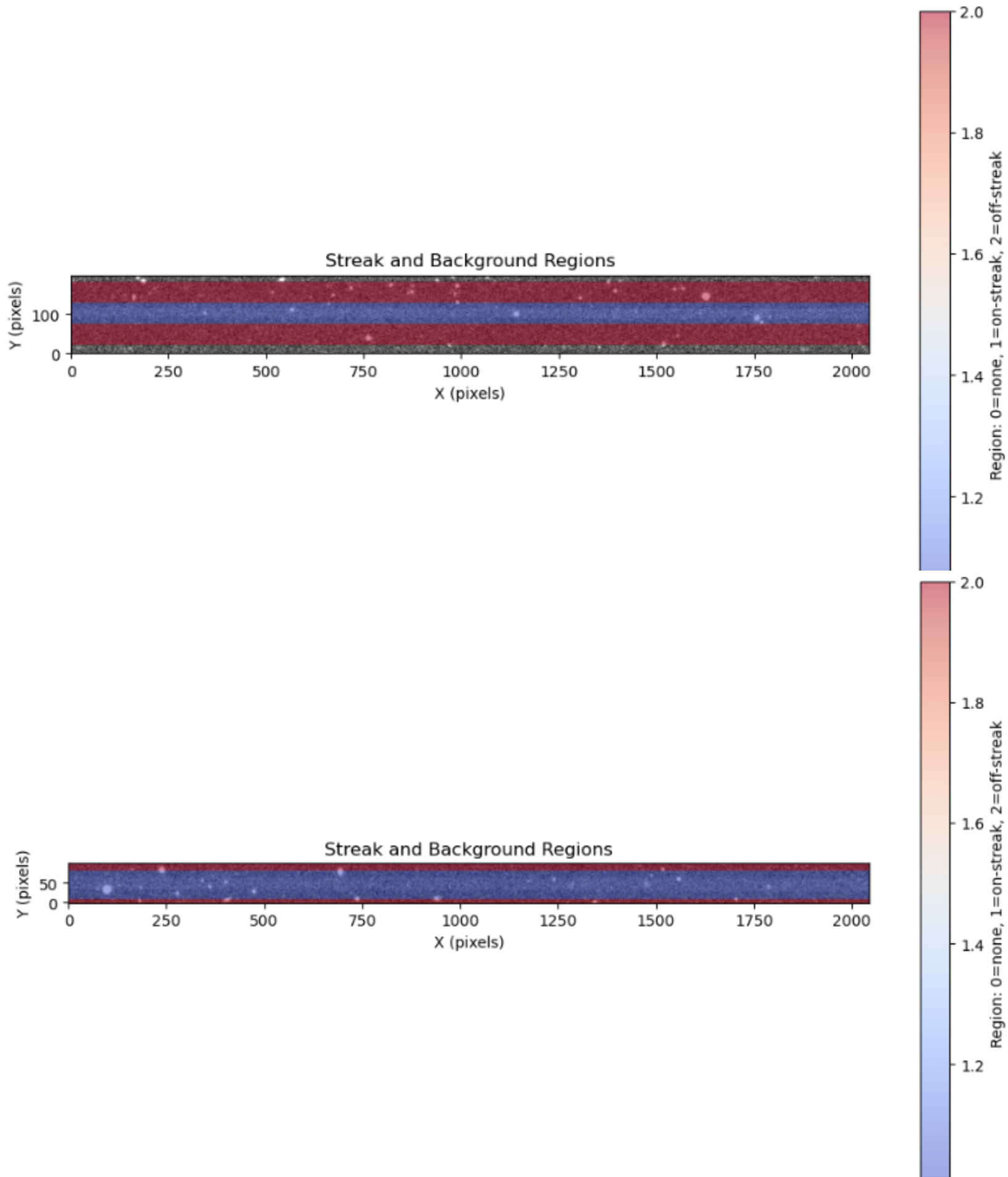
Para poder medir el impacto del brillo de estos satélites, debemos hacer fotometría de cada una. Sin embargo, cada una tiene una trayectoria diferente, por lo que aplicamos la Transformada de Hough.



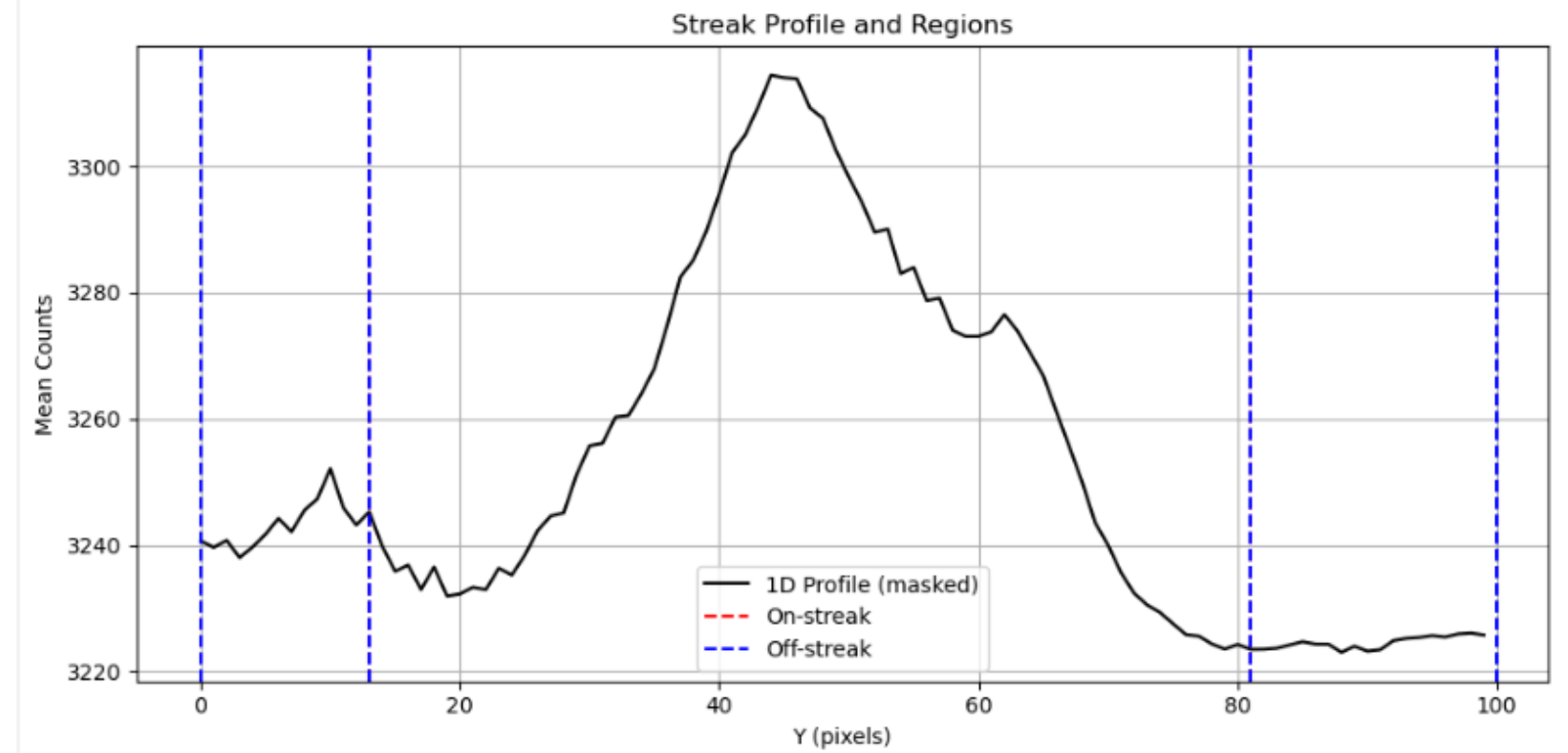
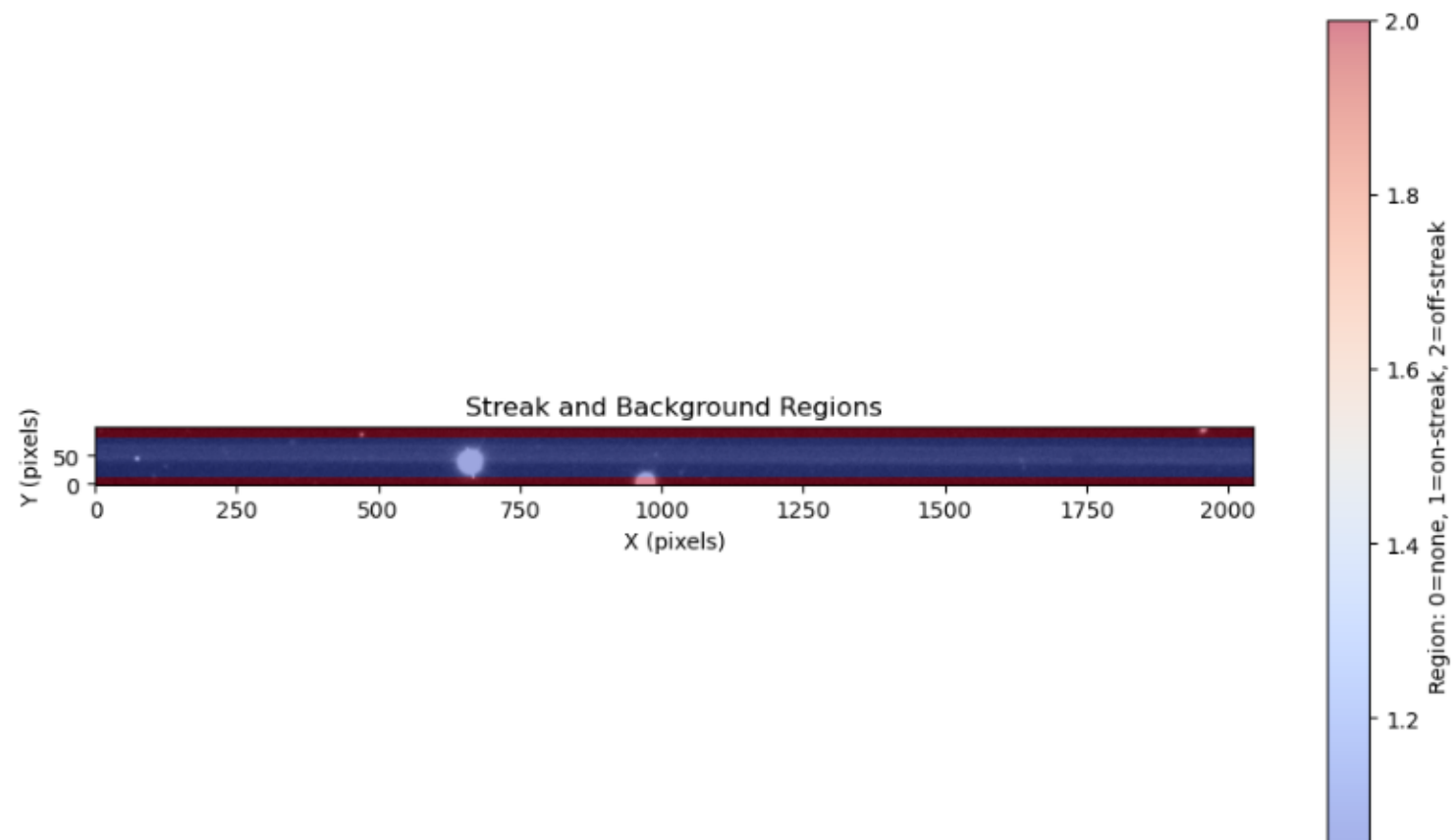
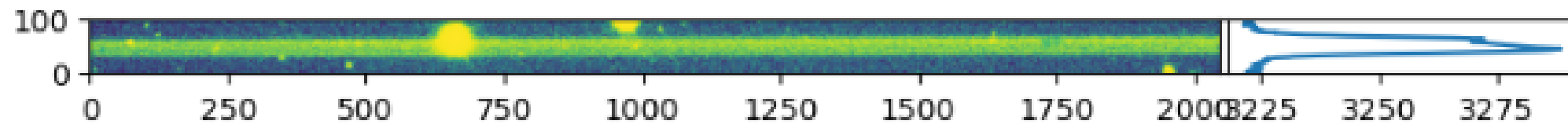
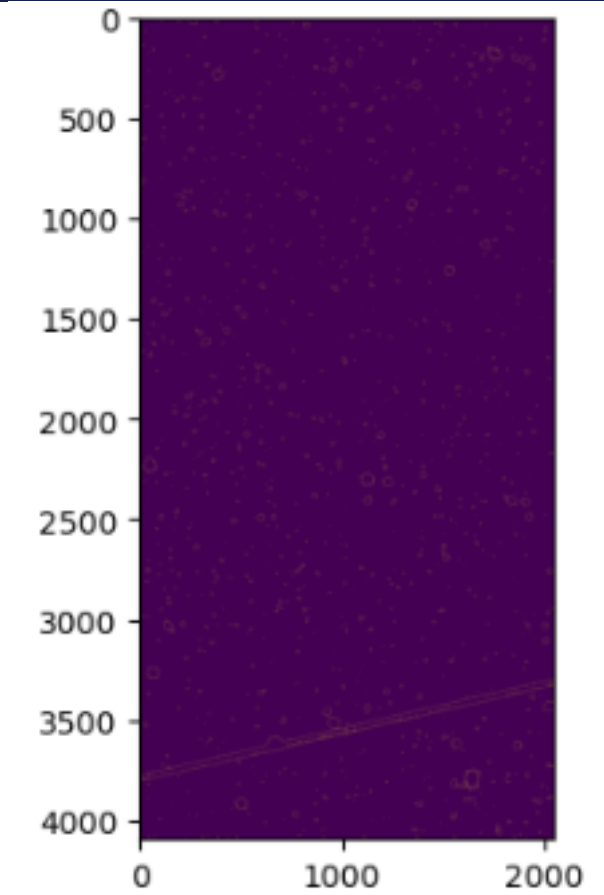
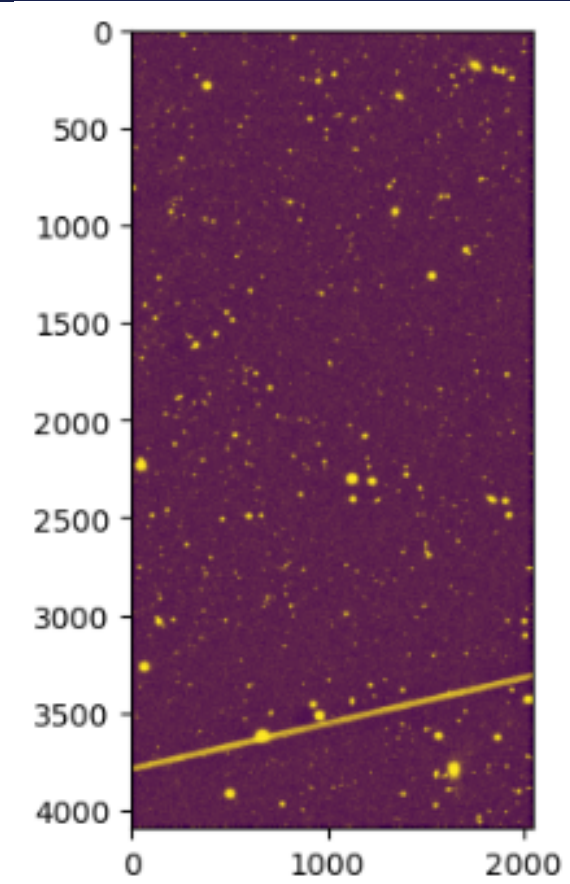
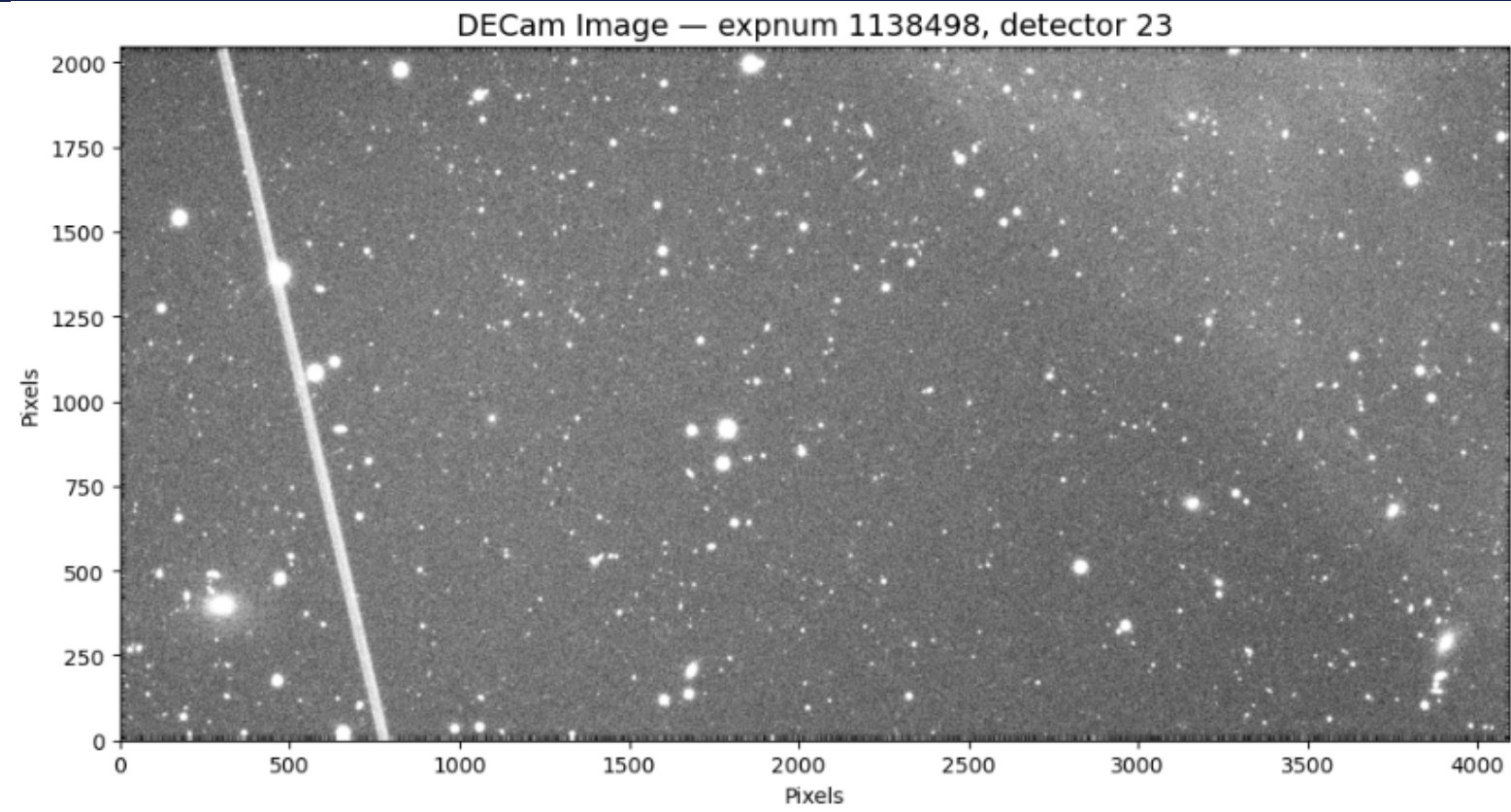
DATOS: IDENTIFICACIÓN DE ESTELAS

Sin embargo, los satélites Starlinks han cambiado su diseño con la intención de “atenuar” el brillo y reflejar menos luz. Por lo que es necesario ajustar los parámetros para esos satélites no tan brillantes.





FOTOMETRÍA



RESULTADOS

- Aquí va el ajuste de las curvas de brillo (ese es el trabajo de esta semana :p)
- Variabilidad del brillo de esos satélites
- Limitaciones

CONCLUSIONES

Los satélites se pueden detectar e identificar fácilmente en imágenes de DECcam, y su brillo puede medirse con buena precisión.

La detección automática en imágenes (TH), el uso de herramientas de identificación (SatChecker), y el análisis fotométrico permite realizar un estudio detallado del impacto de estos satélites, replicable en diferentes observatorios.

Starlink tiene un impacto real en telescopios grandes, y este proyecto contribuye al esfuerzo global por proteger el cielo nocturno, tanto para la astronomía investigativa como para la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

- Mis supervisores, Meredith Rawls y Andrés Plazas, por su guía constante, las sugerencias técnicas y el acompañamiento durante el desarrollo del proyecto.
- Alex Drlica-Wagner y Siegfried Eggel por la asesoría respecto al análisis de los datos
- El comité organizador del Internship de RECA, por permitirme participar en este espacio de formación y colaboración científica.
- CPS-IAU y NOIRLab, por el acceso a los datos del archivo DECam, fundamentales para este trabajo.
- El Grupo Halley de Astronomía y Ciencias Aeroespaciales de la UIS, por su respaldo académico y motivación en mi proceso de formación.