

JORNADAS SOBRE INFORMACIÓN DE **BIODIVERSIDAD** Y ADMINISTRACIONES AMBIENTALES



20 y 21 noviembre 2024
(22 nov. jornada de campo)



Sala Capitular
Exconvento Santo Domingo
La Laguna, Tenerife

Sistema de Monitorización Marina de Canarias

Encargo CONSEJERÍA DE **TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y ENERGÍA**: “**MEJORA DE SISTEMAS DE RECOPIACIÓN, INFORMACIÓN Y DIVULGACIÓN DE LOS DATOS ESPACIALES MARINOS**”, COFINANCIADO POR EL PROGRAMA CANARIAS FEDER 2021 - 2027”. Orden 236 / 2023:

Objetivo 2: Prestación de un **servicio** permanente de **monitorización** marina y apoyo al seguimiento de **fenómenos anómalos**.

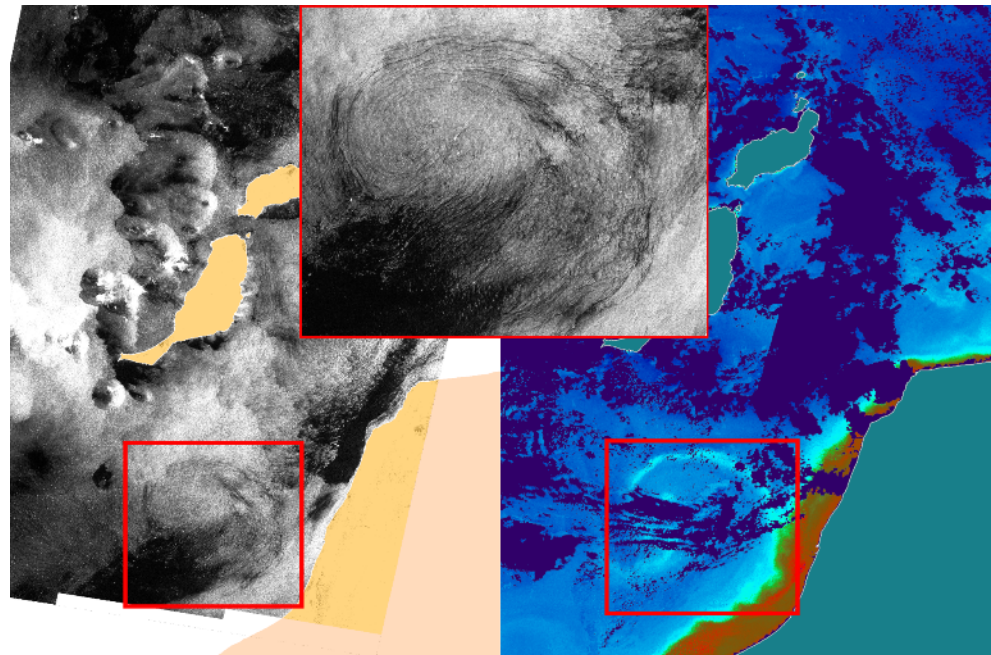
Josep Coca Sáez de Albéniz

GRAFCAN, Cartográfica de Canarias S.A.

Sistema de Monitorización Marina de Canarias

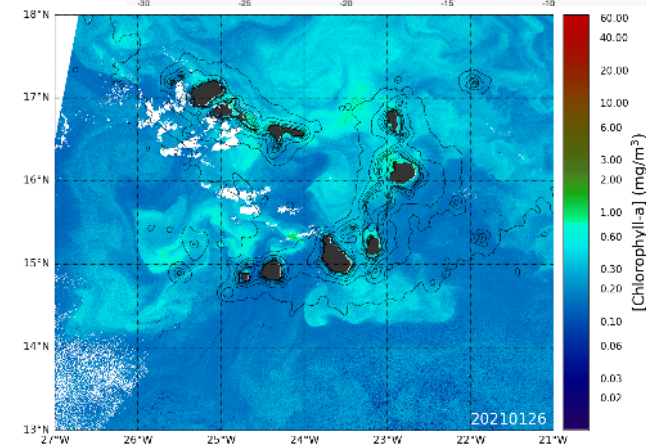
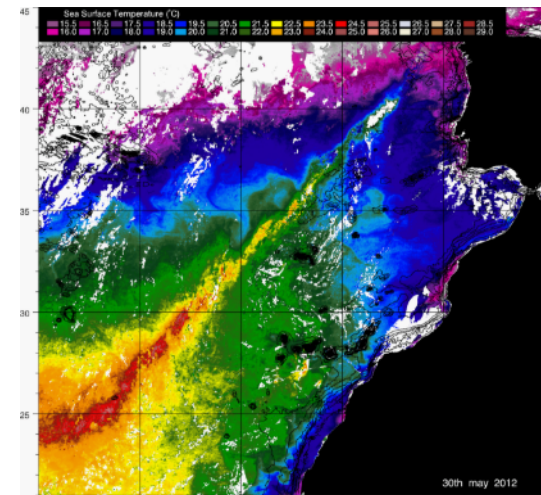
- **Sistemas:**
 - **Teledetección:**
 - Resolución **moderada**: MODIS, VIIRS, Sentinel 3
 - **Alta** resolución: Landsat , Sentinel 1, Sentinel 2
 - **Datos** oceanográficos y meteorológicos:

- **Casos ejemplo:**
 - **Datos:** herramienta **refugios climáticos**
 - **Datos y teledetección:** monitorización y análisis eventos de *Trichodesmium*



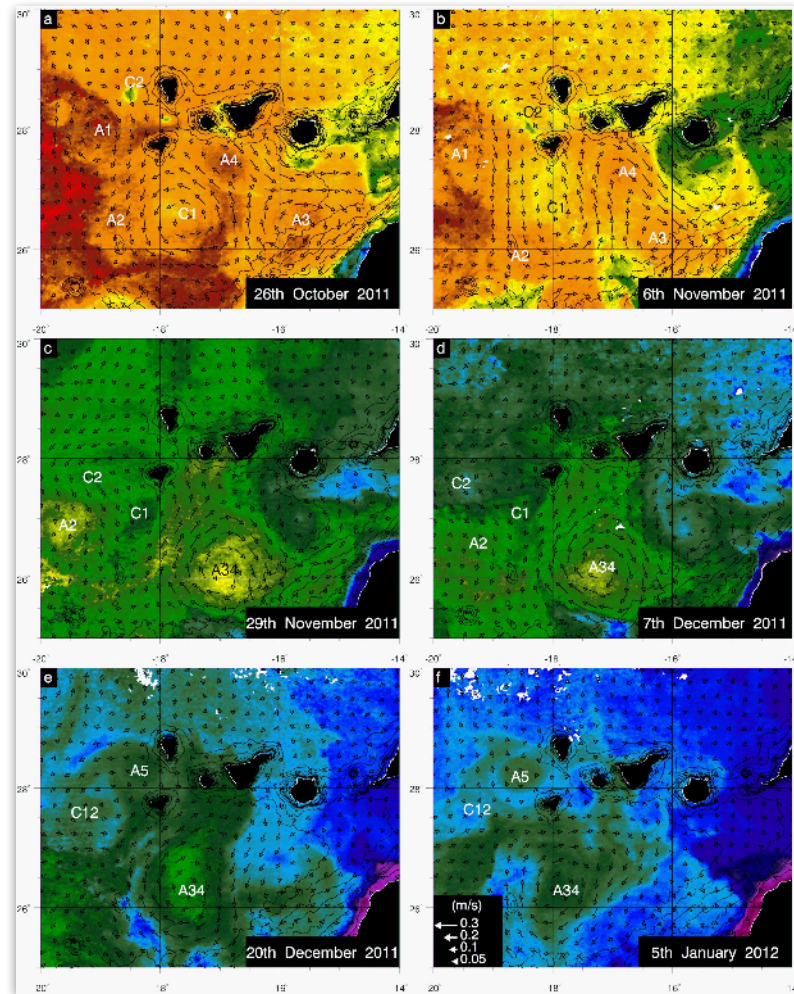
Teledetección

- Satélites **resolución moderada** (7 satélites, 4 sensores):
 - **MODIS (Terra y Aqua)**: resolución 1 km. SST., [clorofila-a], variables de color de océano (**operativo**).
 - **VIIRS (SNPP, JPSS1 y JPSS2)**: resolución 800 m, SST, [clorofila-a], variables de color de océano (**operativo**).
 - **OLCI/SLSTR (Sentinel 3A y 3B)**: resolución 500 m, SST, [clorofila-a], 300 m variables de color de océano (**operativo**).
 - **Desarrollos** específicos para **oceanografía** por satélite.
- Satélites **alta resolución** (5 (6) satélites, 3 sensores):
 - **Sentinel 1A y 1B**: resolución 10 m, SAR (radar de apertura sintética) (**operativo**). Espera **1C**.
 - **Sentinel 2A y 2B**: resolución 10, 20 m, Ópticos (**operativo**).
 - **Landsat 8 y 9** 30 m. Óptico (**operativo**).
 - **No desarrollados** específicamente para **oceanografía** por satélite.
- **Automatización** de todos los pasos del **procesamiento**, desarrollos **ad-hoc**.



Teledetección

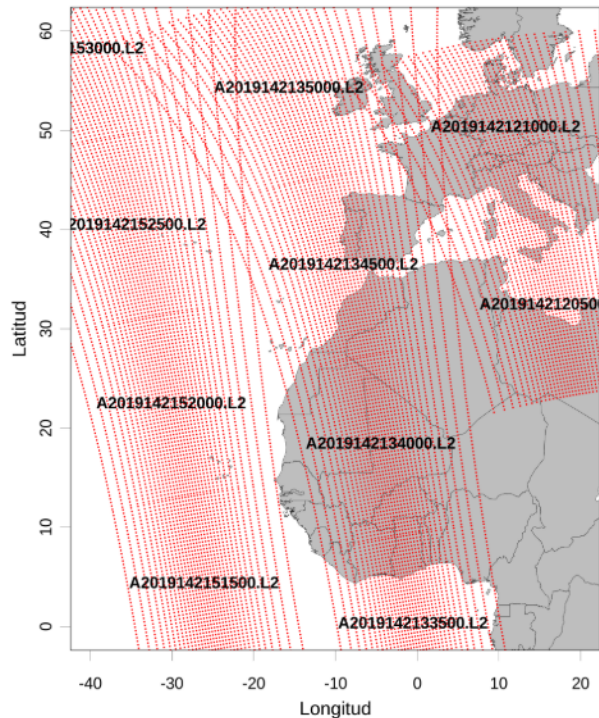
- Frecuencia de los datos en Canarias:
 - Satélites de **resolución moderada**: diaria (S3-OLCI*)
 - **Sentinel 1**: cada 2,4,2,4,2,4 ... días (combinando A y B).
Espera **1C**
 - **Sentinel 2**: cada 5 días (combinando A y B)
 - **Landsat** : 8 días (combinando 8 y 9)
 - Modelos oceanográficos: diaria



Teledetección resolución moderada

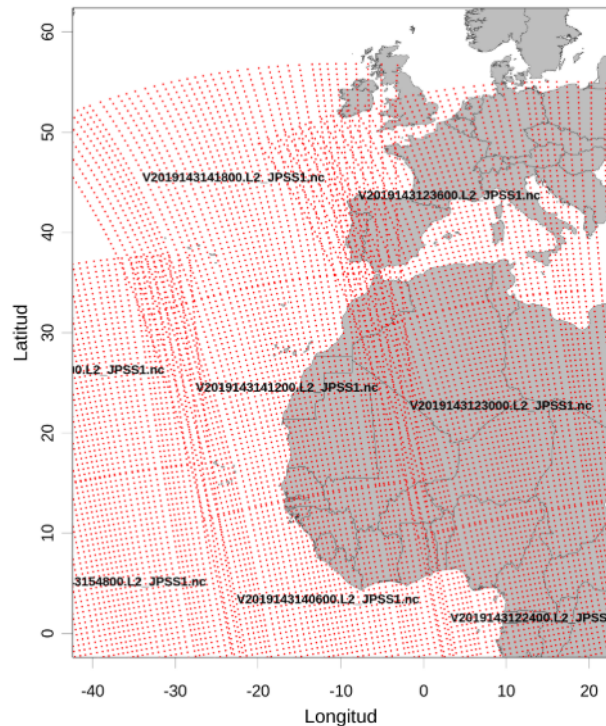
MODIS

20190522 dia (2019142)



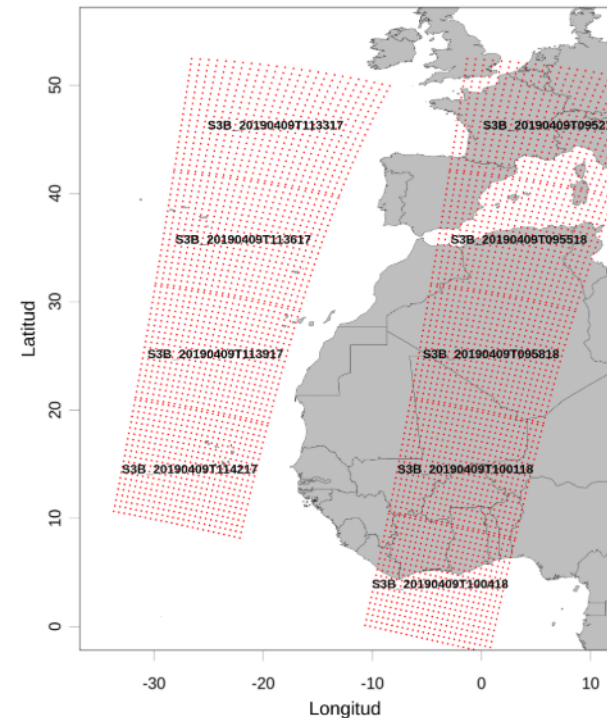
VIIRS

20190523 dia (2019143)



OLCI

20190409 dia (S3B seadas_OC)

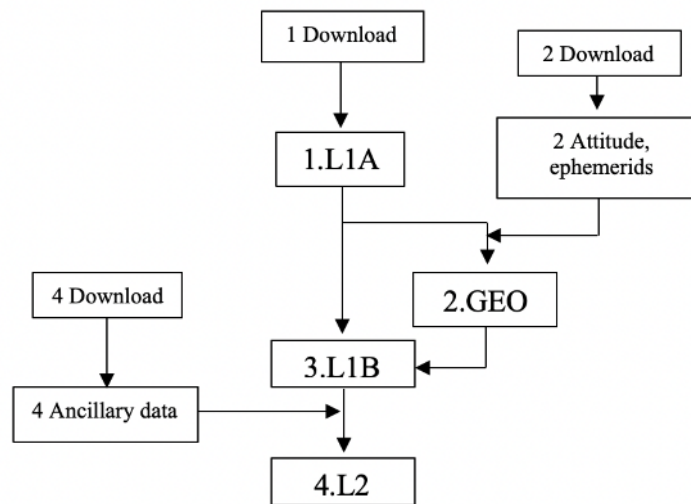


Teledetección resolución moderada

- **NASA Ocean Color Web: MODIS, VIIRS.**
(<https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>)
- **Copernicus dataspace: Sentinel 3A y Sentinel 3B** (<https://dataspace.copernicus.eu/>)
- **Procesamiento *ad-hoc***
- **Procesamiento de L1A a L2**
- **SeaDAS, SeaDAS/gpt, SNAP/gpt, tcl, Python**

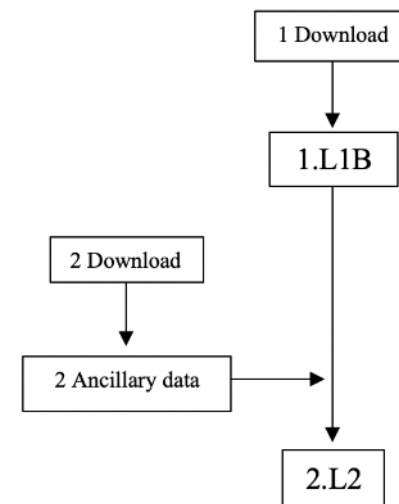
MODIS/VIIRS

A)



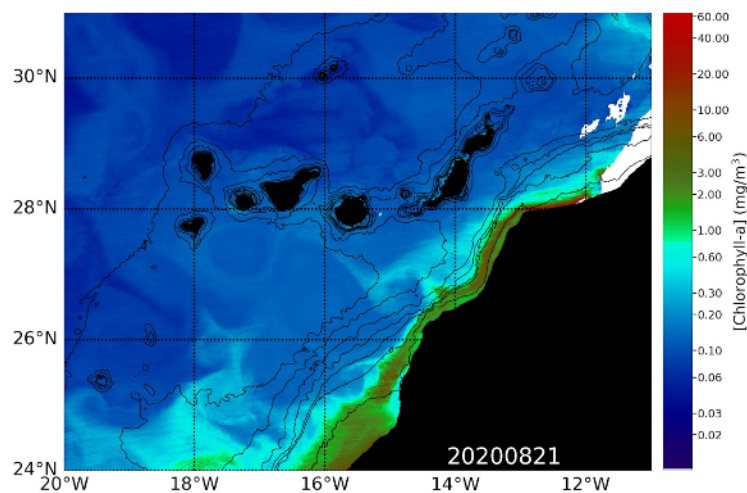
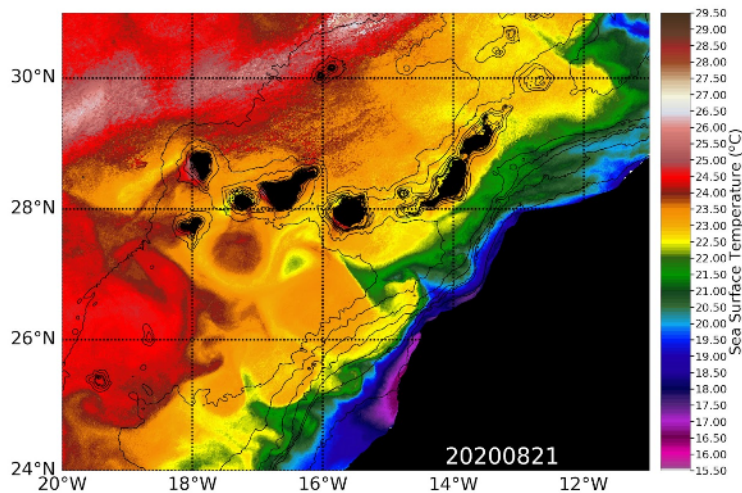
OLCI

B)



- Productos:
 - SST.
 - [Clorofila-a].
 - Suite productos color de océano
 - **FAI** (Hu, 2009)

- Síntesis a partir de los L2:
 - Tiempo real: campañas oceanográficas, monitorización medioambiental, previsión pesquera, ...
 - Síntesis diaria.
 - Síntesis 5 días.

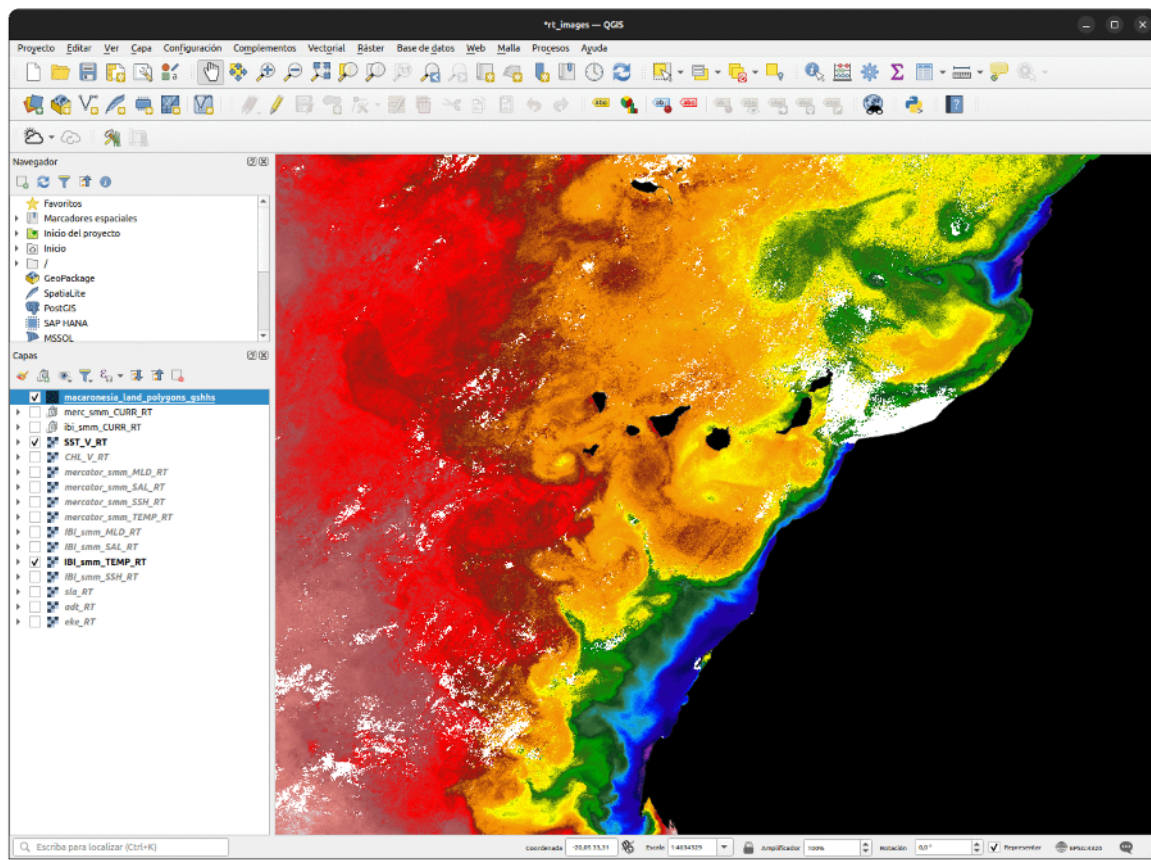


- **Generación** y archivo **operacional** de los **productos**
- Resolución moderada dan una **visión** de las **estructuras** oceanográficas que afectan a Canarias

Sistema Monitorización Marina: resolución moderada en tiempo real

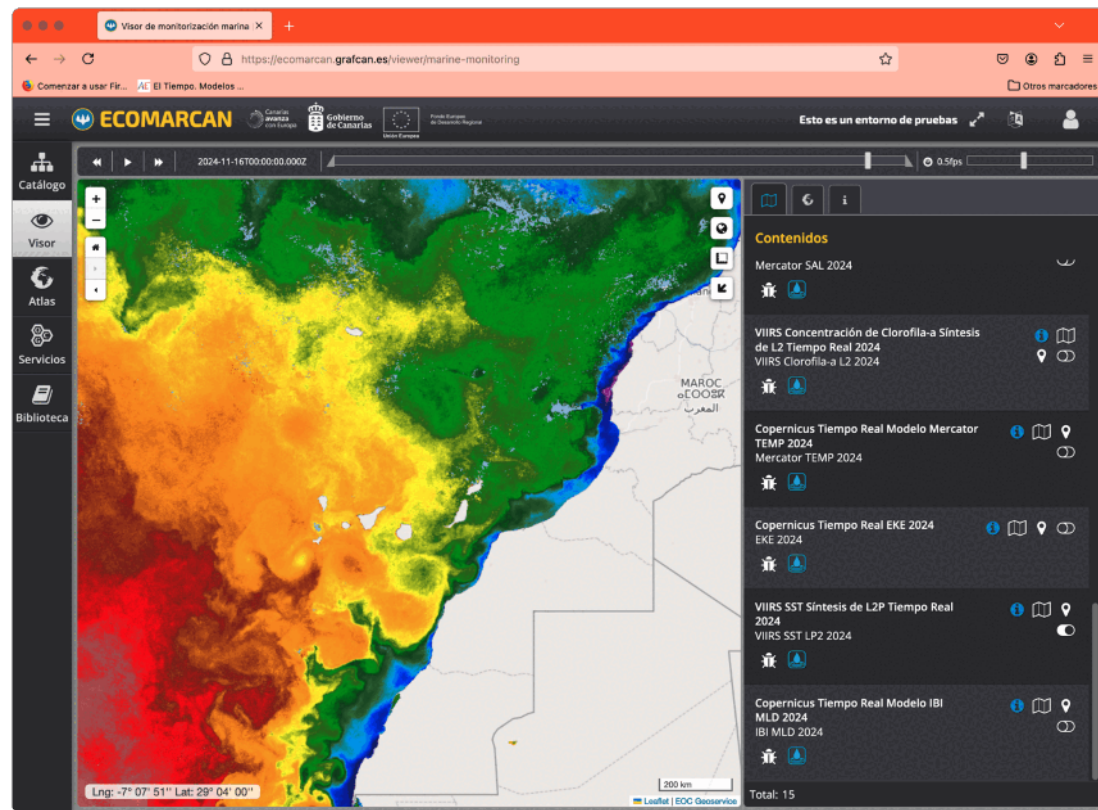
- Teledetección resolución moderada
- Modelos oceanográficos*

- SST VIIRS (síntesis 3 días)
- [Chl-a] VIIRS (síntesis 3 días)
- Mercator global:
 - TEMPERATURA
 - SALINIDAD
 - SSH
 - MLD
 - CURR
- IBI:
 - TEMPERATURA
 - SALINIDAD
 - SSH
 - MLD
 - CURR
- Altimetría: SLA, ADT, EKE
- ...



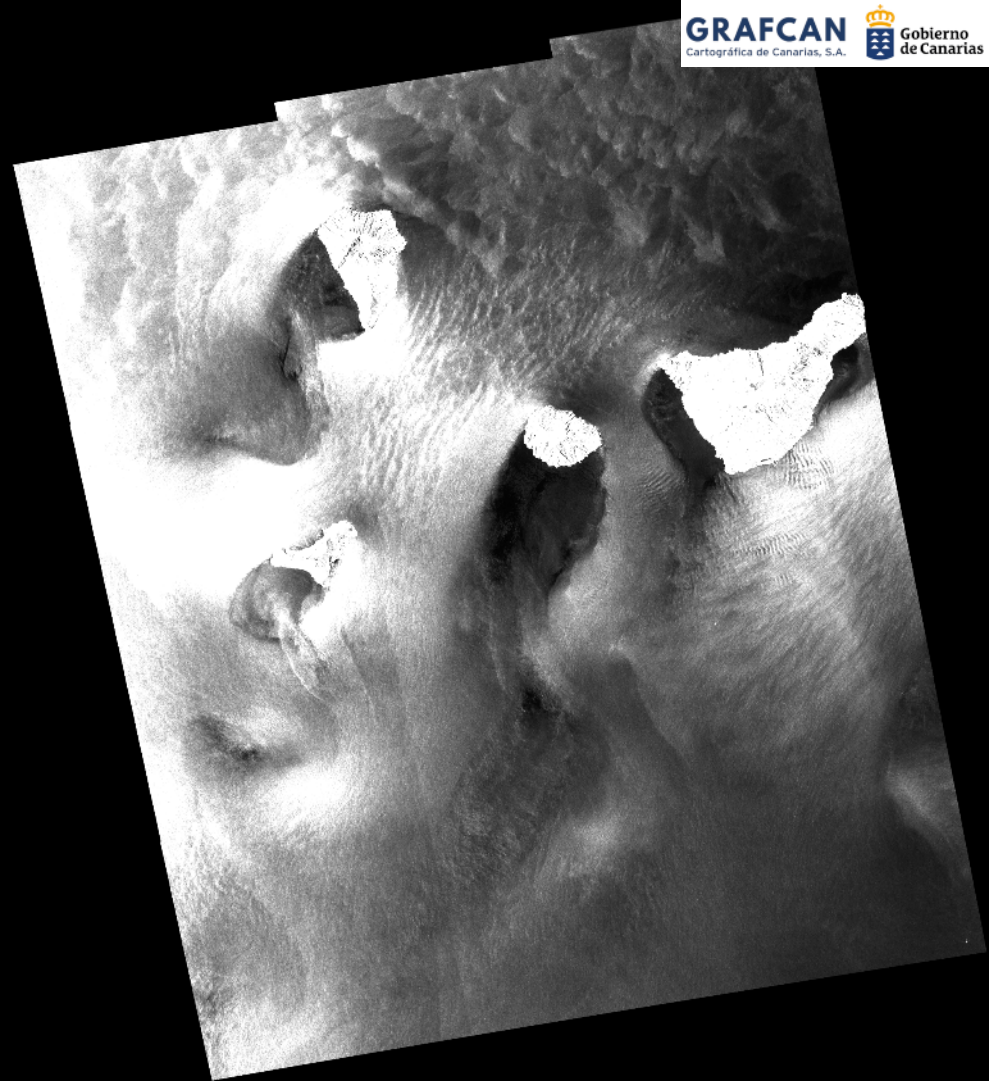
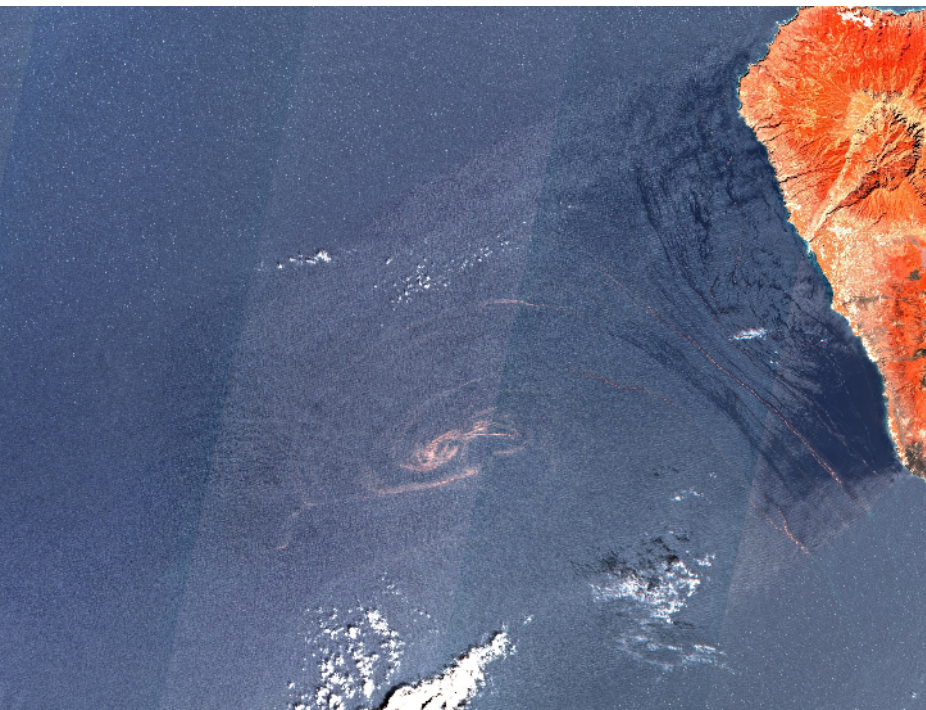
Sistema Monitorización Marina: resolución moderada en tiempo real

- **Visor:**
<https://ecomarcan.es/viewer/marine-monitoring>
- **Despliegue en STAC (**
<https://stacspect.org/>)
- **Web Map Service**
- Acceso a través del plugin
QGIS para STAC
- **Tiempo diferido contemplado**



Teledetección alta resolución

- **Mayor** resolución espacial.
- **Menor** resolución temporal.
- Aguas de **Canarias**.
- **Ópticos** menor resolución radiométrica
- **Ópticos** peor ratio señal/ruido sobre agua



Teledetección alta resolución

- Procesamiento **sentinel 1**: operadores **SNAP/gpt, Python**
- Procesamiento **sentinel 2 y landsat (8 y 9)**: operadores **SNAP/gpt, Python, correcciones atmosféricas**
- **Correcciones atmosféricas sentinel 2 y landsat 8/9**:
 - Sen2cor (sentinel 2)
 - iCOR
 - **Acolite**
 - SeaDAS (getanc.py, l2gen)
 - c2rcc
 - Productos de valor añadido
- **Auxiliares**: xml, cpd, geojason
- **Salidas**
 - GeoTIFF, jpeg2000
 - Mapas en jpg
 - Extracción de valores, espectros
 - ...
- **Flexibilidad** en los formatos
- **Selección** de las **bandas** para generar las **rgb**
- ...

Teledetección alta resolución: Sentinel 1 (SAR)

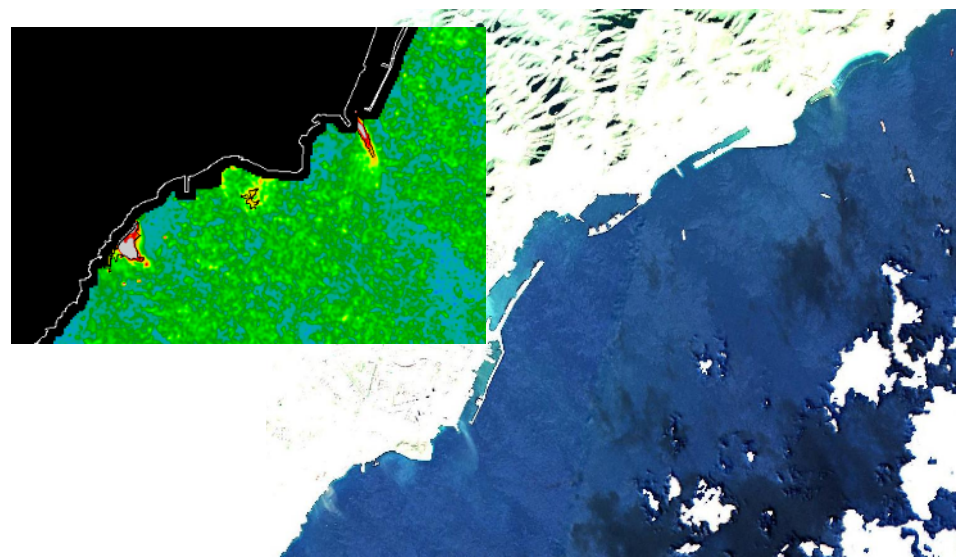
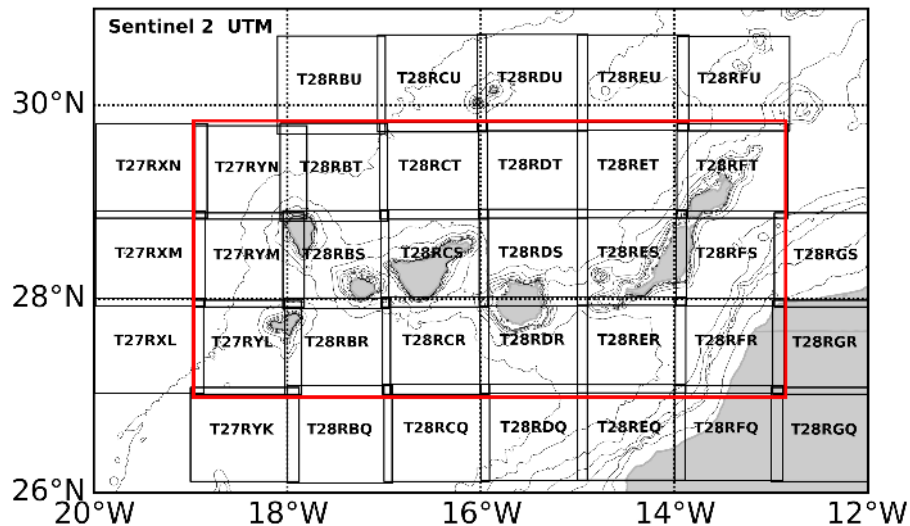
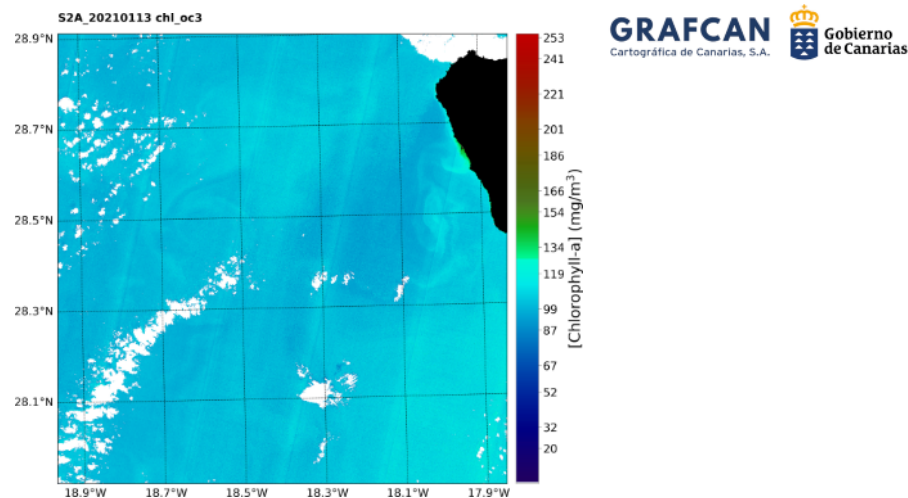
- Copernicus dataspace: <https://dataspace.copernicus.eu/>
- Radar de apertura sintética.
- **Transparente** a las nubes.
- **Fenómenos** que dejan **señal** en **superficie**:
 - superficiales.
 - subsuperficiales.
 - atmosféricos.
- **Dependencia** de la intensidad del viento.
- **Geometría de visión**
- ...
- **Interpretación** compleja (información complementaria, longitud de onda).



S1A 2023/05/02

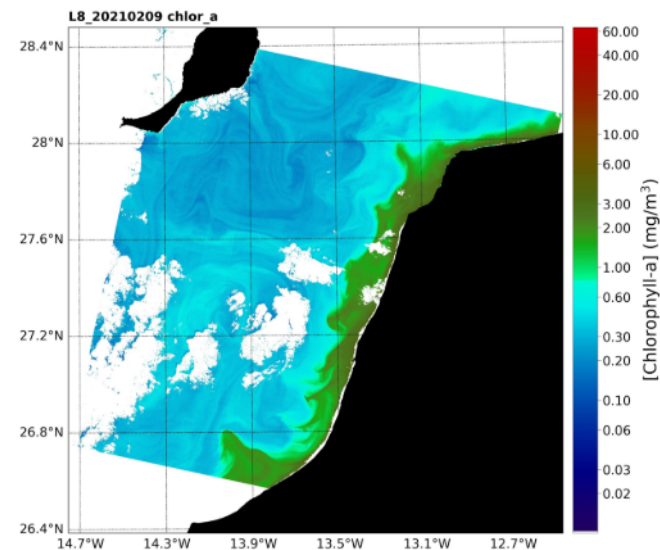
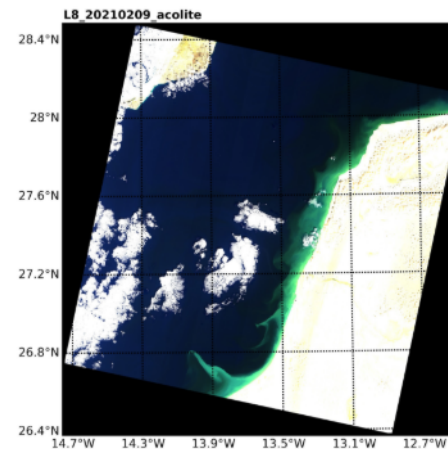
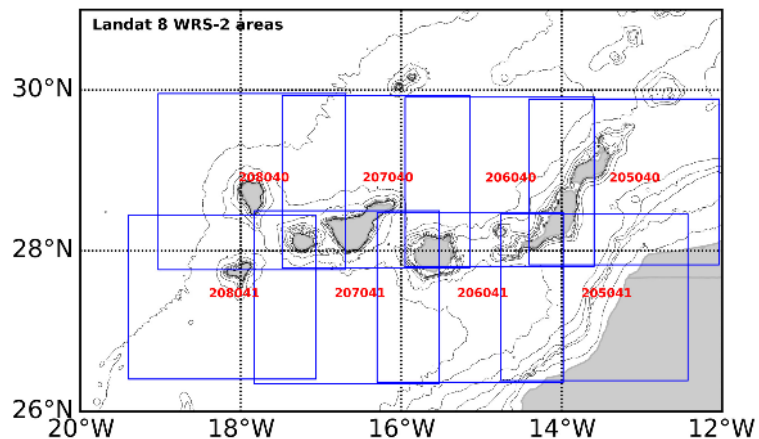
Teledetección alta resolución: Sentinel 2

- Copernicus dataspace: <https://dataspace.copernicus.eu/>
- Estudio de color de océano:
 - Espectros de Rrs, Rrc.
 - Productos valor añadido: kd490, FAI, TSM, turbidez, ...



Teledetección alta resolución: Landsat 8 y 9

- USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).
- Estudio de color de océano:
 - Espectros de Rrs, Rrc.
 - Productos valor añadido: kd490, FAI, TSM, turbidez, ...



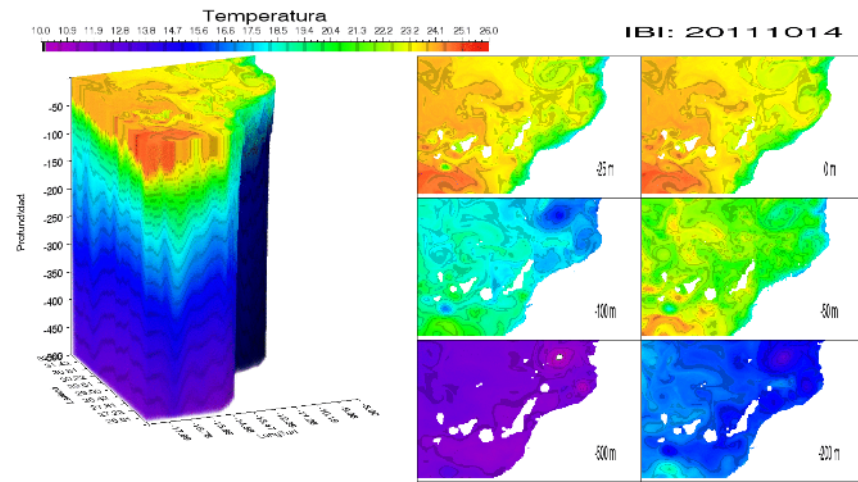
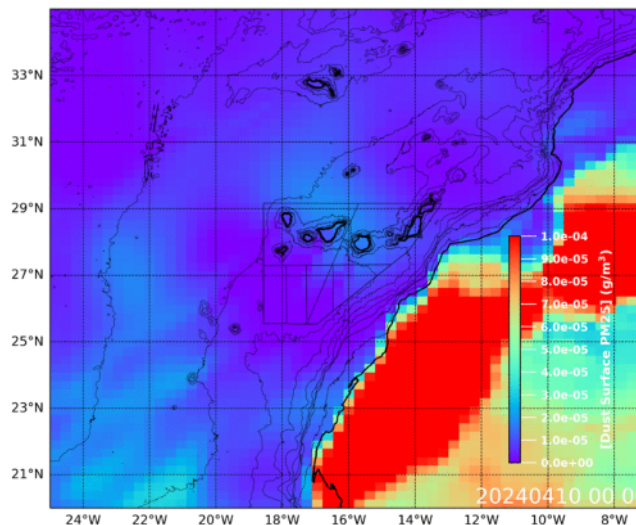
Teledetección alta resolución

- **Previsión de pases sobre Canarias.**

```
Canarias_im20190501_20190531.txt — Kate
Archivo Editar Ver Proyectos Marcadores Sesiones Herramientas Preferencias Ayuda
Canarias_im20190501_20190531.txt
===== Ejecucion 20190524 13:09 =====
2019-05-01: S1B GC TF 07:00 S2A T28RBR S2A T28RBS S2A T28RBT* S2A T28RCR S2A T28RCS S2A T28RCT S2A T28RDR S2A T28RDS S2A T28RDT
2019-05-02: LC8 206040 LC8 206041 S1A FV LZ 07:00
2019-05-03: S1B UP MO 07:00 S2B T28RDR* S2B T28RDS* S2B T28RER S2B T28RES S2B T28RET S2B T28RFR S2B T28RFS S2B T28RFT
2019-05-04: S1A OC TF 19:00 S2A T27RYL S2A T27RYM S2A T27RYN S2A T28RBR S2A T28RBS S2A T28RBT*
2019-05-05: S1B GC XX 19:00
2019-05-06: S1A FV LZ 19:00 S1B IS OC 07:00 S2B T28RBR S2B T28RBS S2B T28RBT* S2B T28RCR S2B T28RCS S2B T28RCT S2B T28RDR S2B T28RDS S2B T28RDT
2019-05-07: S1A GC TF 07:00
2019-05-08: S1B FV LZ 07:00 S2A T28RDR* S2A T28RDS* S2A T28RER S2A T28RES S2A T28RET S2A T28RFR S2A T28RFS S2A T28RFT
2019-05-09: LC8 207040 LC8 207041 S1A UP MO 07:00 S2B T27RYL S2B T27RYM S2B T27RYN S2B T28RBR S2B T28RBS S2B T28RBT*
2019-05-10: S1B OC TF 19:00
2019-05-11: LC8 205040 LC8 205041 S1A GC XX 19:00 S2A T28RBR S2A T28RBS S2A T28RBT* S2A T28RCR S2A T28RCS S2A T28RCT S2A T28RDR S2A T28RDS S2A T28RDT
2019-05-12: S1A IS OC 07:00 S1B FV LZ 19:00
2019-05-13: S1B GC TF 07:00 S2B T28RDR* S2B T28RDS* S2B T28RER S2B T28RES S2B T28RET S2B T28RFR S2B T28RFS S2B T28RFT
2019-05-14: S1A FV LZ 07:00 S2A T27RYL S2A T27RYM S2A T27RYN S2A T28RBR S2A T28RBS S2A T28RBT*
2019-05-15: S1B UP MO 07:00
2019-05-16: LC8 208040 LC8 208041 S1A OC TF 19:00 S2B T28RBR S2B T28RBS S2B T28RBT* S2B T28RCR S2B T28RCS S2B T28RCT S2B T28RDR S2B T28RDS S2B T28RDT
2019-05-17: S1B GC XX 19:00
2019-05-18: LC8 206040 LC8 206041 S1A FV LZ 19:00 S1B IS OC 07:00 S2A T28RDR* S2A T28RDS* S2A T28RER S2A T28RES S2A T28RET S2A T28RFR S2A T28RFS S2A T28RFT
2019-05-19: S1A GC TF 07:00 S2B T27RYL S2B T27RYM S2B T27RYN S2B T28RBR S2B T28RBS S2B T28RBT*
2019-05-20: S1B FV LZ 07:00
2019-05-21: S1A UP MO 07:00 S2A T28RBR S2A T28RBS S2A T28RBT* S2A T28RCR S2A T28RCS S2A T28RCT S2A T28RDR S2A T28RDS S2A T28RDT
2019-05-22: S1B OC TF 19:00
2019-05-23: S1A GC XX 19:00 S2B T28RDR* S2B T28RDS* S2B T28RER S2B T28RES S2B T28RET S2B T28RFR S2B T28RFS S2B T28RFT
2019-05-24: S1A IS OC 07:00 S1B FV LZ 19:00 S2A T27RYL S2A T27RYM S2A T27RYN S2A T28RBR S2A T28RBS S2A T28RBT*
2019-05-25: LC8 207040 LC8 207041 S1B GC TF 07:00
2019-05-26: S1A FV LZ 07:00 S2B T28RBR S2B T28RBS S2B T28RBT* S2B T28RCR S2B T28RCS S2B T28RCT S2B T28RDR S2B T28RDS S2B T28RDT
2019-05-27: LC8 205040 LC8 205041 S1B UP MO 07:00
2019-05-28: S1A OC TF 19:00 S2A T28RDR* S2A T28RDS* S2A T28RER S2A T28RES S2A T28RET S2A T28RFR S2A T28RFS S2A T28RFT
2019-05-29: S1B GC XX 19:00 S2B T27RYL S2B T27RYM S2B T27RYN S2B T28RBR S2B T28RBS S2B T28RBT*
2019-05-30: S1A FV LZ 19:00 S1B IS OC 07:00
2019-05-31: S1A GC TF 07:00 S2A T28RBR S2A T28RBS S2A T28RBT* S2A T28RCR S2A T28RCS S2A T28RCT S2A T28RDR S2A T28RDS S2A T28RDT
Linea 1, Columna 1
Buscar y sustituir
INSERTAR Tabuladores débiles: 4 UTF-8 Normal
```

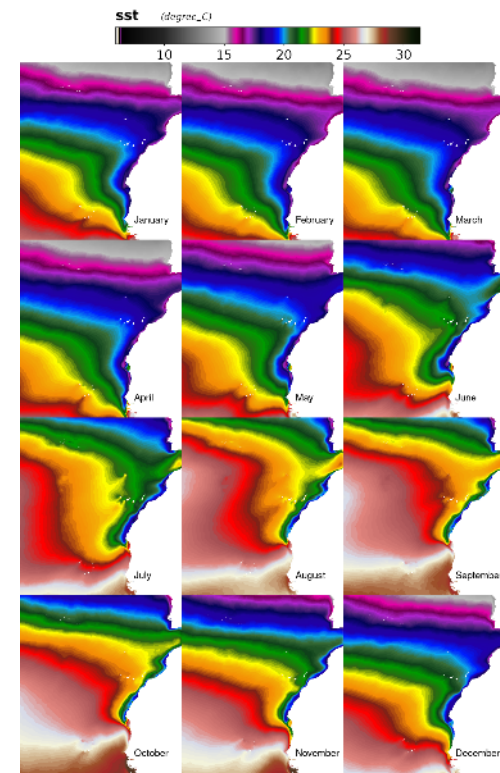
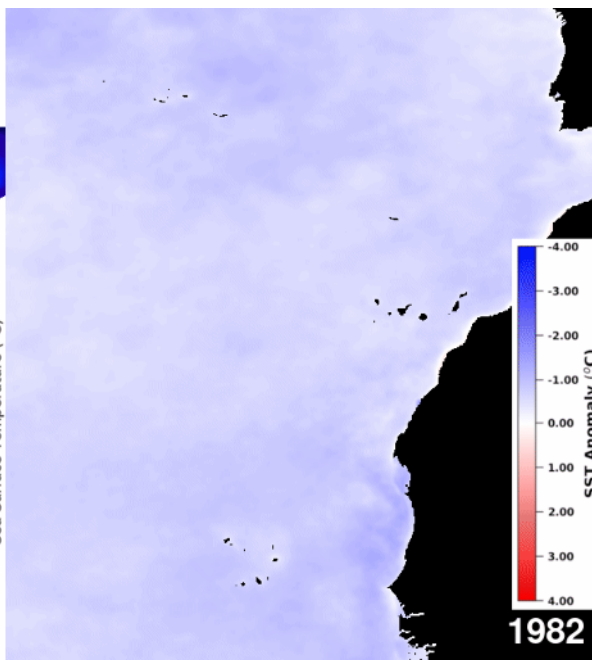
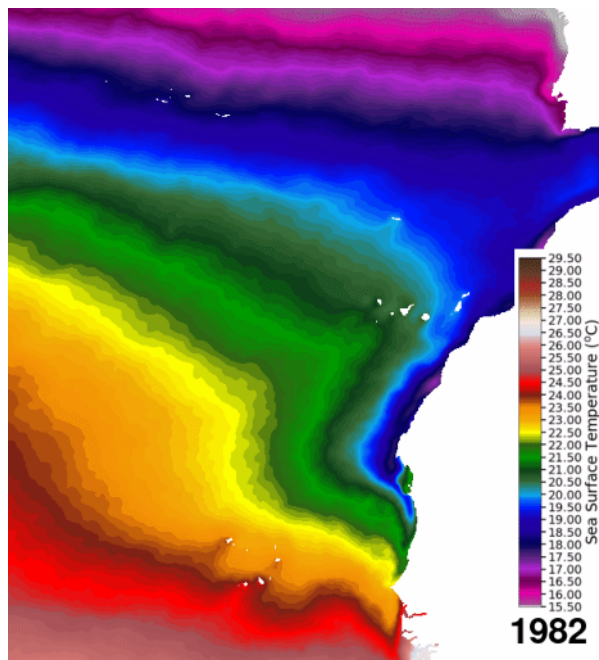
Datos Oceanográficos y Atmosféricos

- **Datos oceanográficos y meteorológicos:**
 - Copernicus marine segment
 - Copernicus atmosphere (ECMWF)
 - NASA (PODAAC, OCW, GMAO, ..)
 -
- Sistemas de **visualización y descarga interactivos**
- Pero también uso **masivo automatizado y/o operacional**, de las **diversas fuentes de datos**.
- **Servicios: *a posteriori* y tiempo real**
- Desarrollo de **rutinas de descarga** y de control de las mismas.
- **Extracción** de las series de **datos** e información (sobre **puntos y áreas a demanda**, + de 200.000 ficheros).
- **Generación de imágenes** en formatos deseados



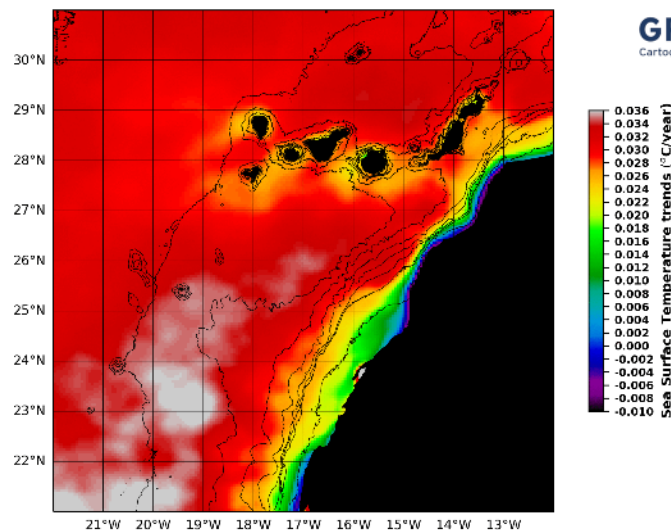
Datos Oceanográficos *a posteriori*: Refugios Climáticos

- Herramienta para buscar posibles refugios climáticos, datos **CMEMS** (<https://marine.copernicus.eu/>)
- A partir de datos SST diarios **1982 - 2023**, **42 años**, series temporales de **15341** datos
- **SST promedios: Anuales**, mensuales, semanales
- **Anomalías SST: Anuales**, mensuales, semanales

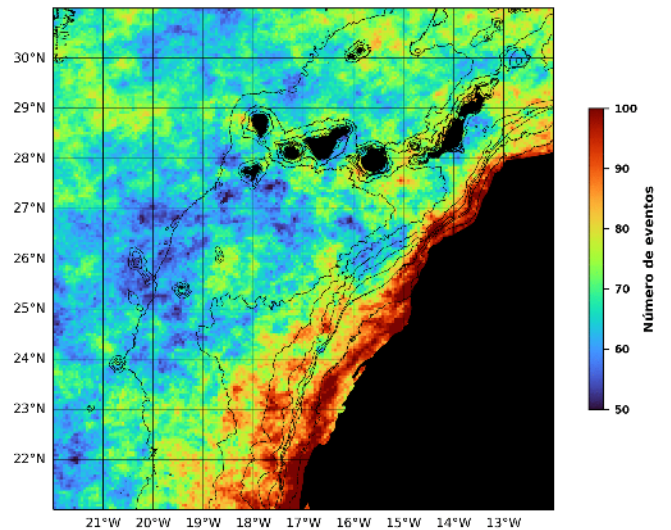


Datos Oceanográficos *a posteriori*: Refugios Climáticos

- Canarias (22° W- 12° W, 21° N - 31°N), 200 x 200 píxeles, 30959 (**268** costa), **475** millones de datos
- **Análisis de tendencias y estadísticos descriptivos:**
 - Tendencias
 - Mínimos
 - Máximos
 - Desv. std.
 - Percentiles
- **Olas de calor** (Hobday *et al.*, 2016, 2018), **métricas:**
 - Eventos individuales
 - Agrupación por años
- **Generación:**
 - Imágenes
 - Vectoriales (métricas metodología)
 - xlsx
 - para cada pixel



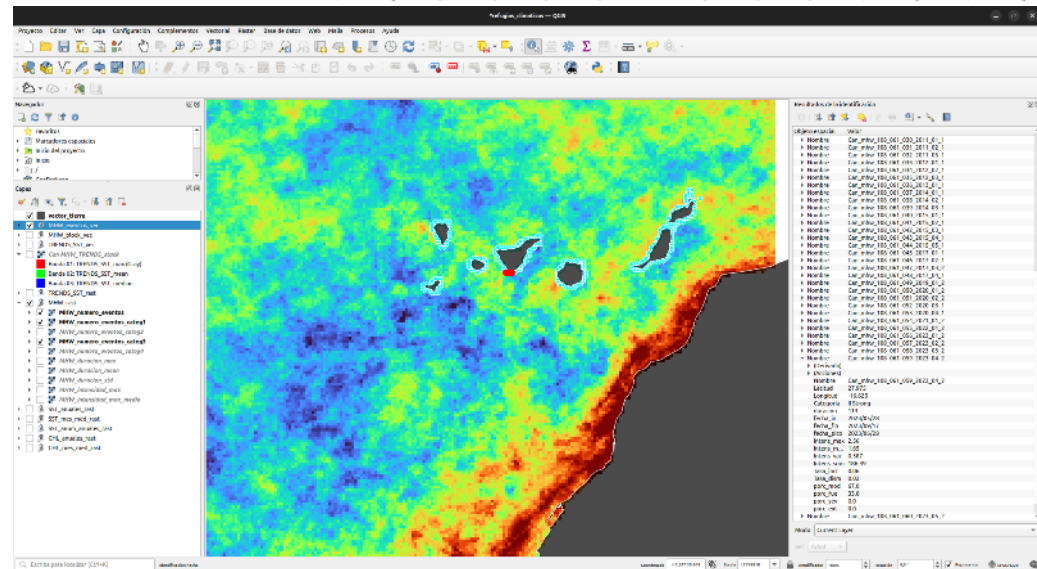
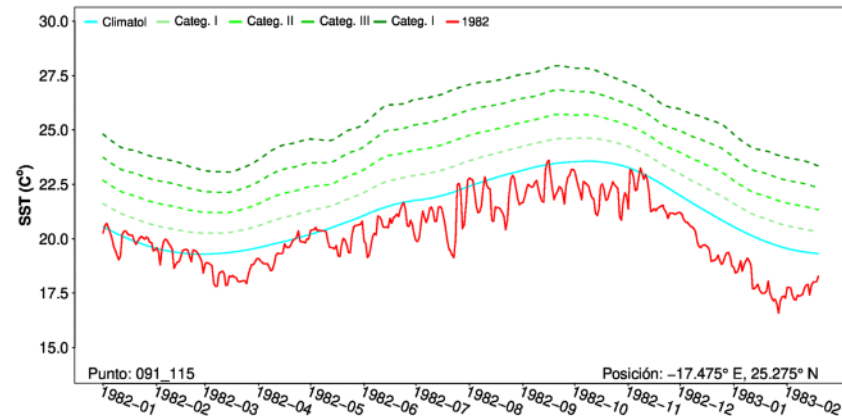
Tendencias /
descriptivos

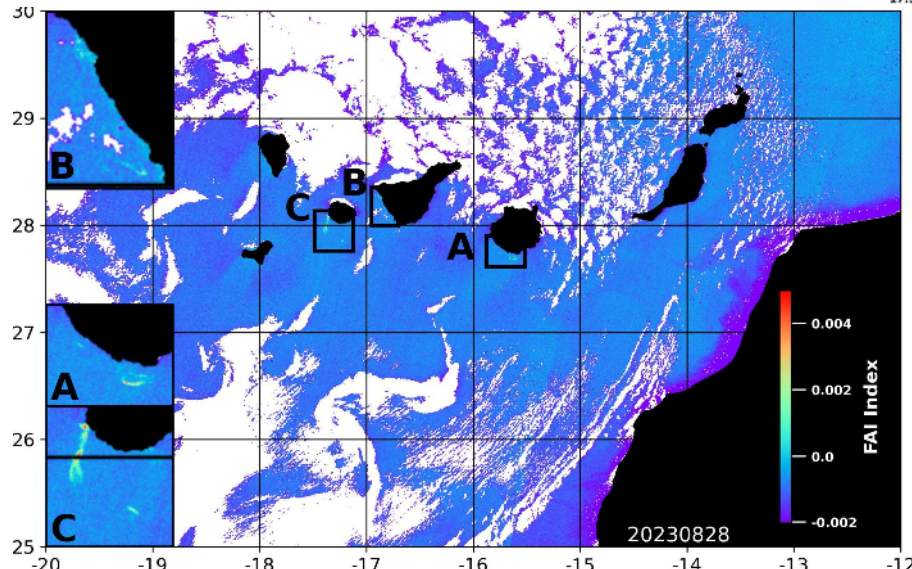
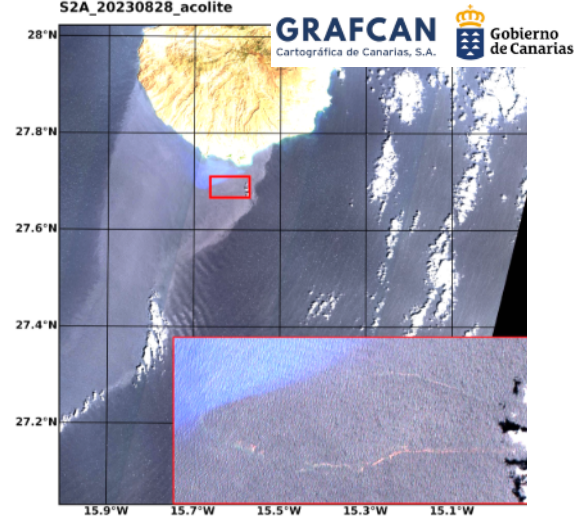
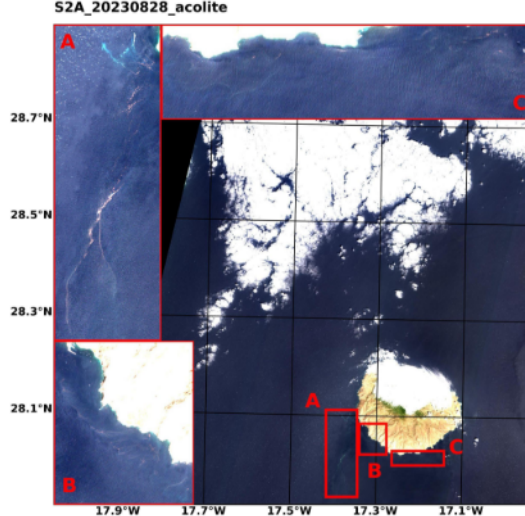
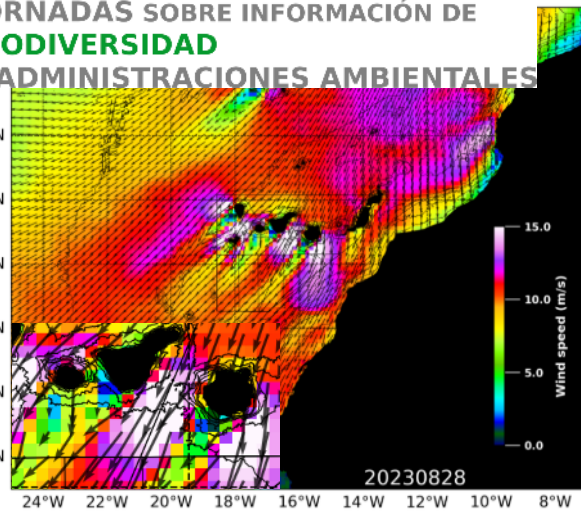


Olas de calor

Datos Oceanográficos *a posteriori*: Refugios Climáticos

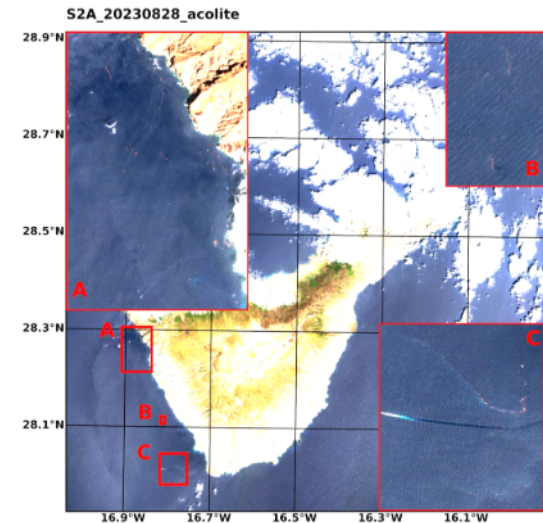
- **Proyecto QGIS**
 - Imágenes
 - Shapefiles
 - xlsx
 - gráficos
- **Capas adicionales a añadir**
 - Usos
 - Presión antrópica
 - Sustrato
 - Presencia
 -
- **Uso por parte de expertos**
- **Explotación: geoprosesamiento**
- **Visor web planificado**
- **Datos de modelos (a profundidad)**
- **Actualización anual**





Trichodesmium

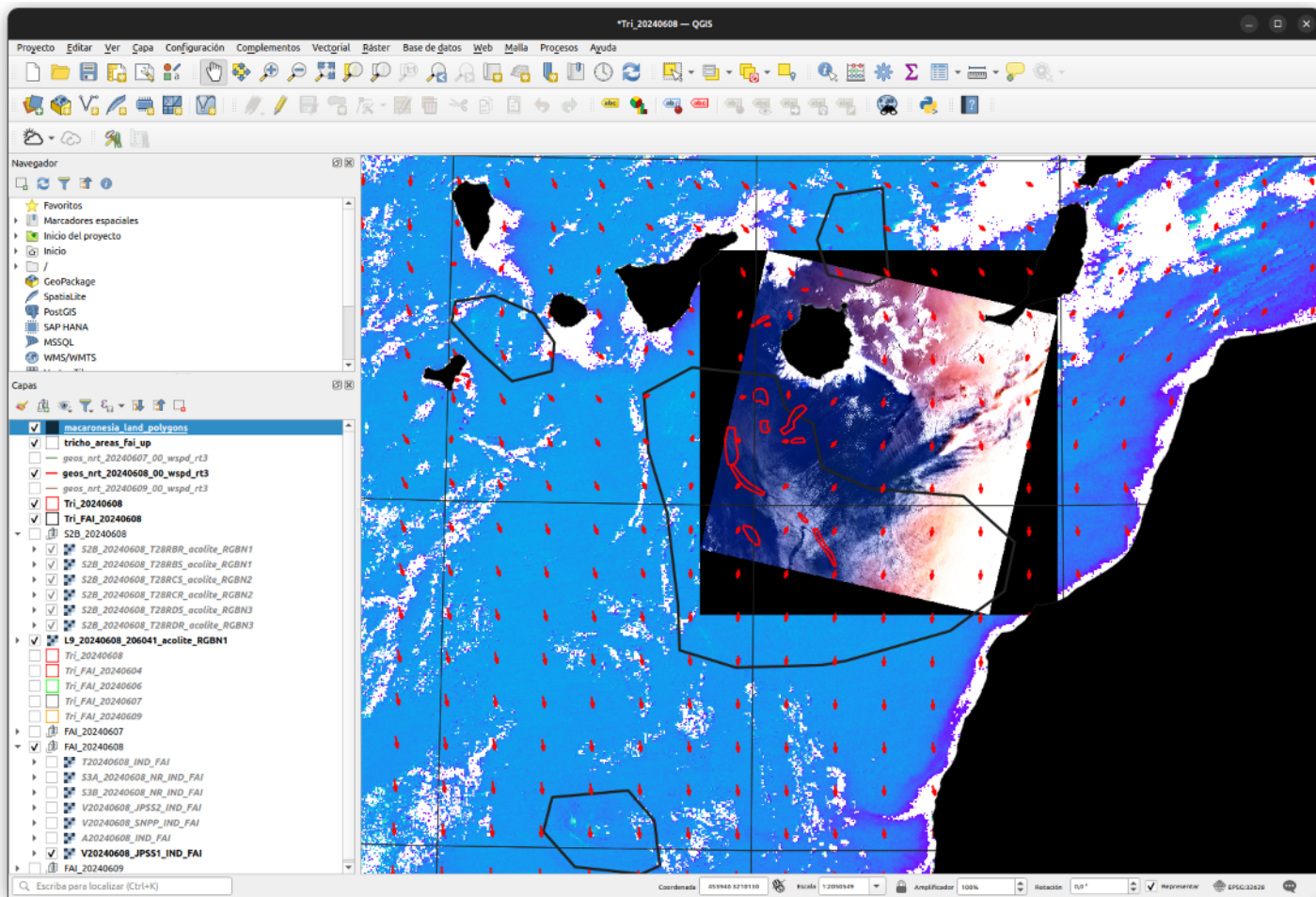
- Teledetección:
 - Alta resolución
 - Resolución moderada
- Datos
- Tiempo real y a posteriori



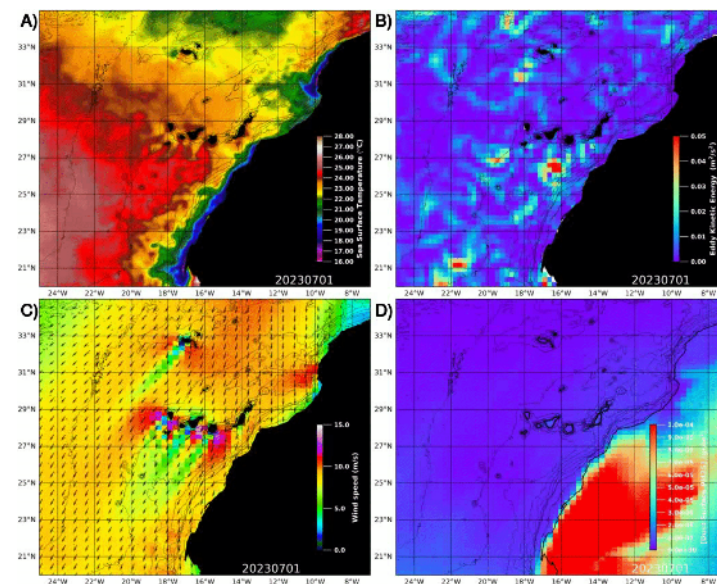
Monitorización *Trichodesmium*:

Datos/Teledetección

- Alta resolución
- Resolución moderada
- Datos



Monitorización *Trichodesmium*: Datos Oceanográficos tiempo real

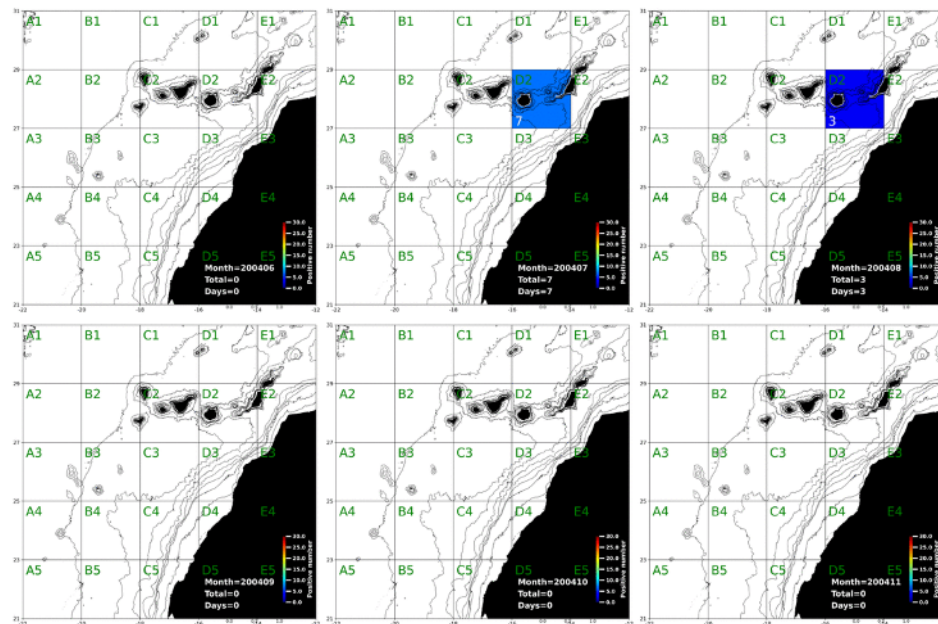
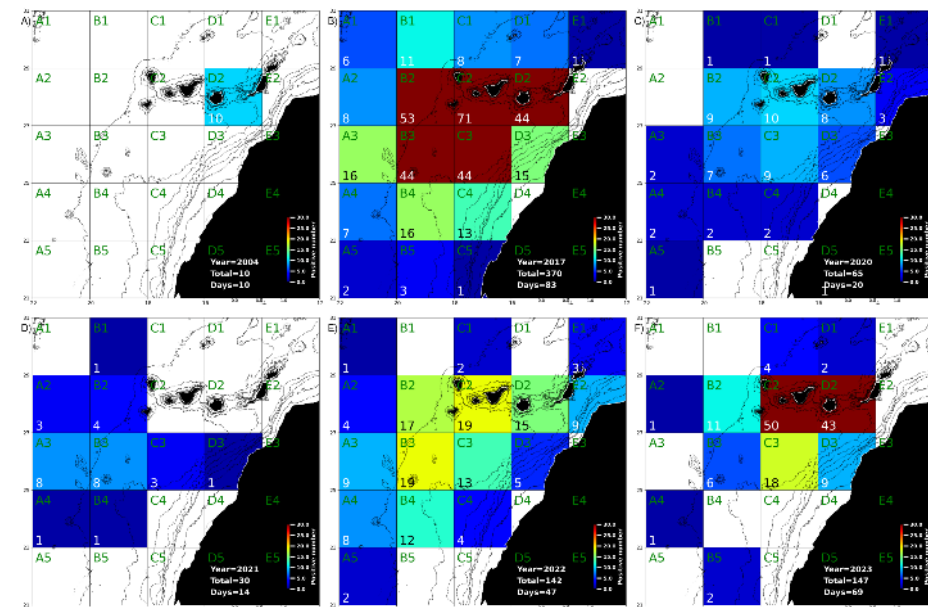


Análisis *Trichodesmium*: Teledetección moderada positivos FAI

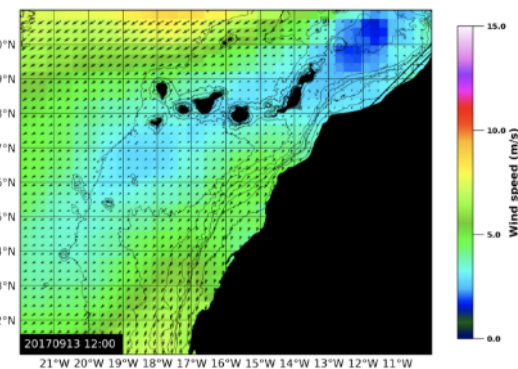
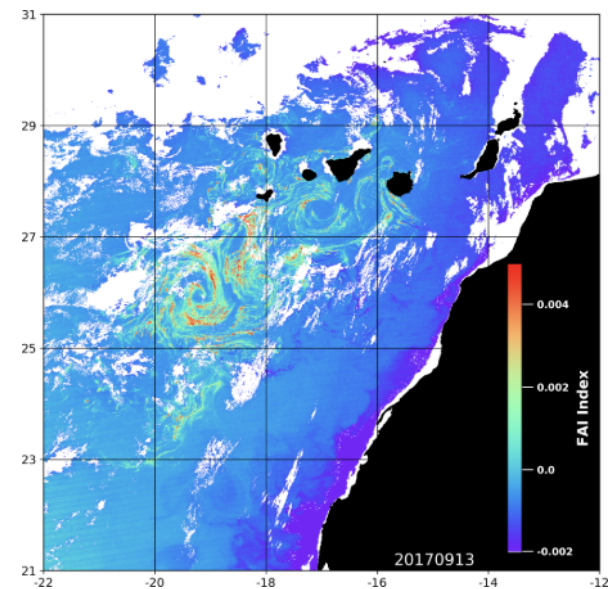
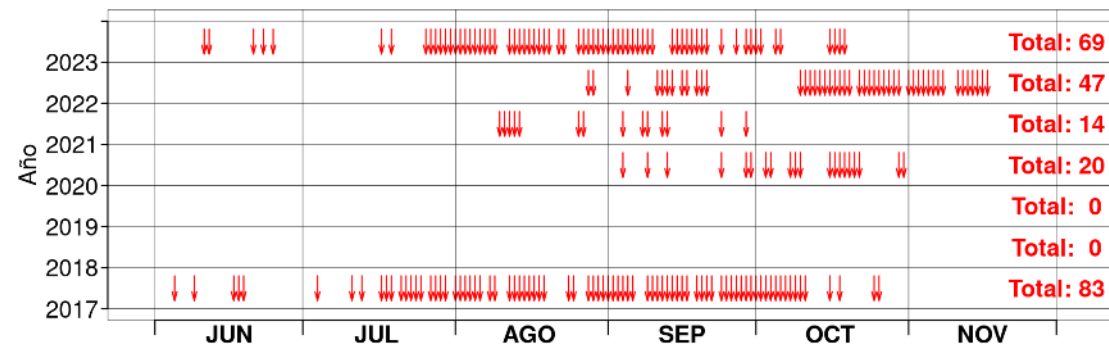
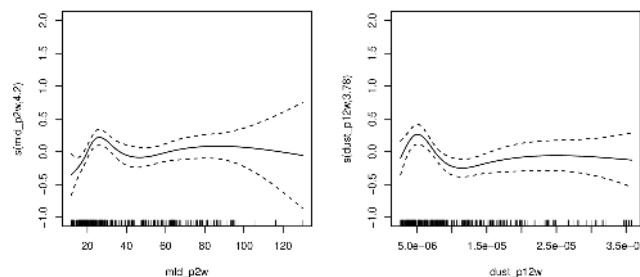
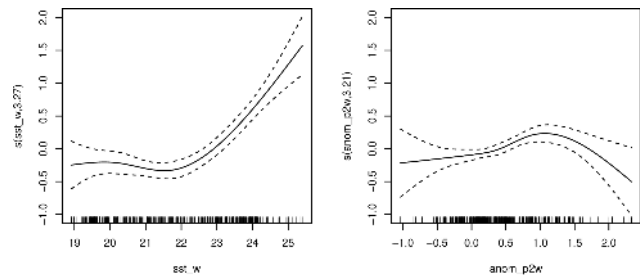
2004, 2017, 2021,
 2022 y 2023

Positivos por año

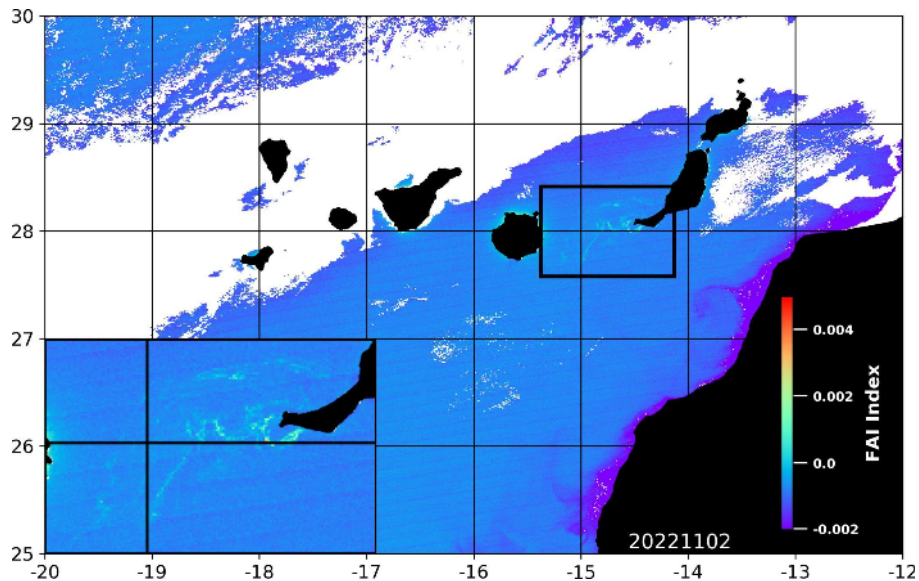
Positivos por año y mes



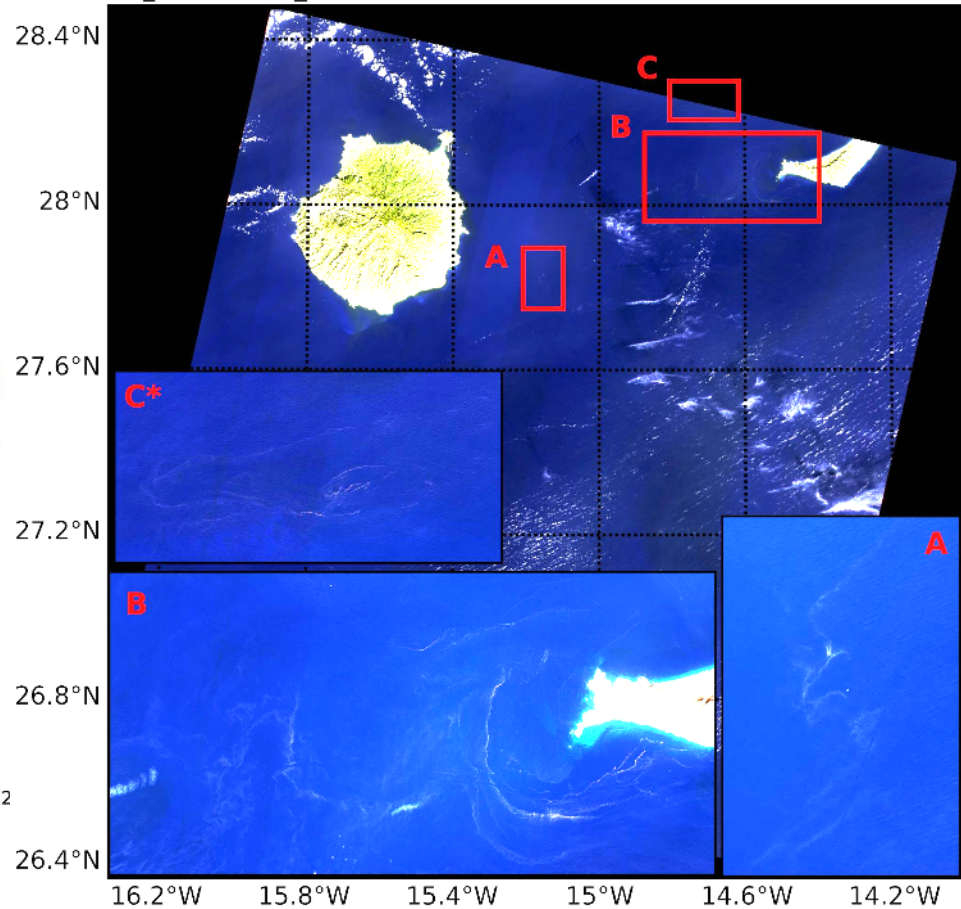
Análisis *Trichodesmium*: Datos y teledetección



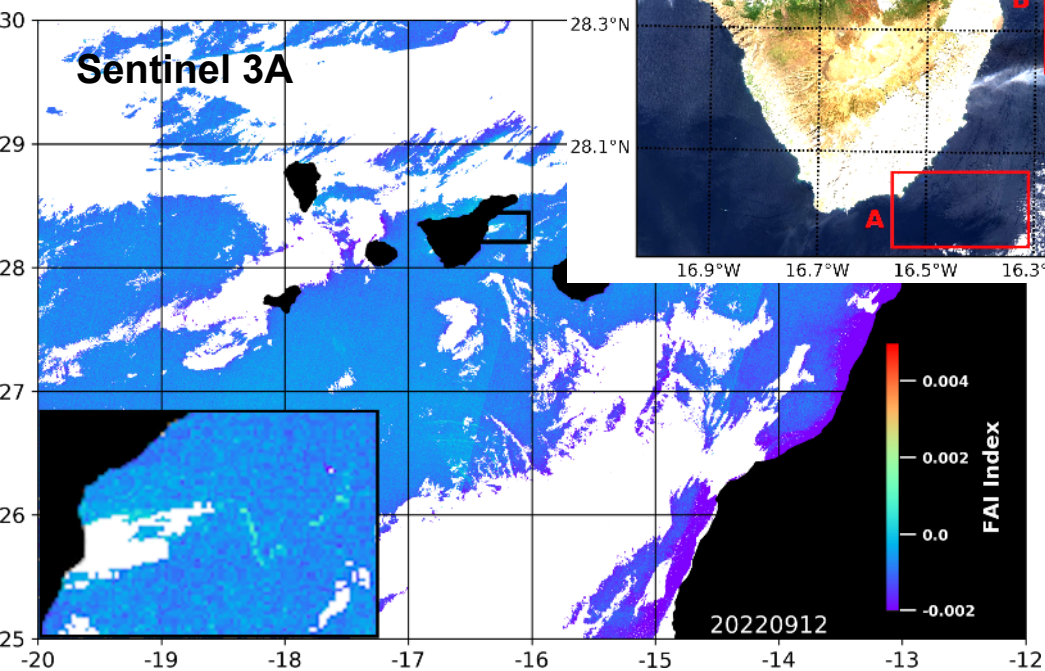
Trichodesmium: teledetección multisensor



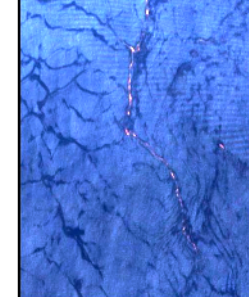
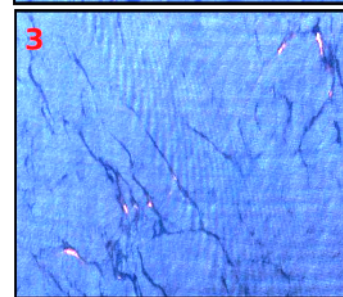
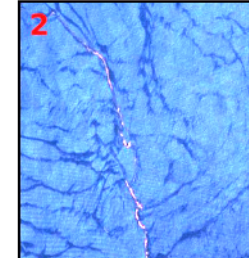
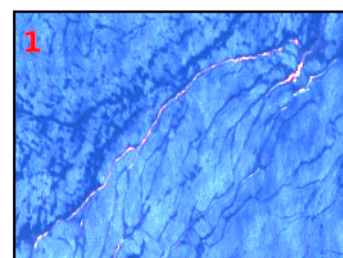
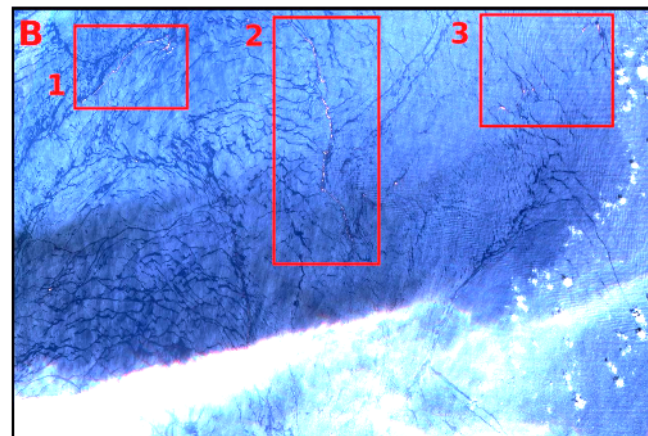
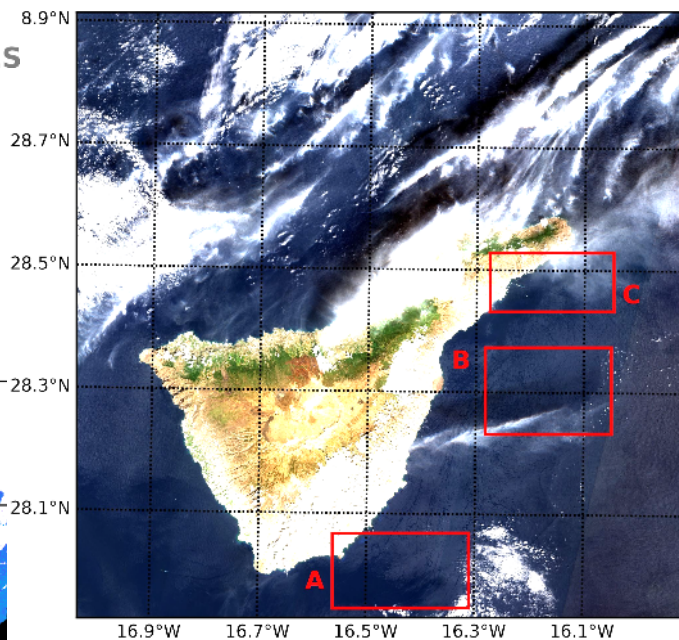
L8_20221102_acolite



Trichodesmium:
teledetección multisensor

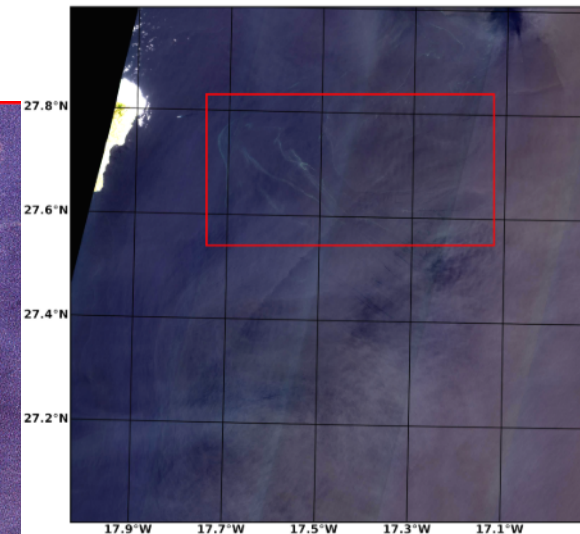
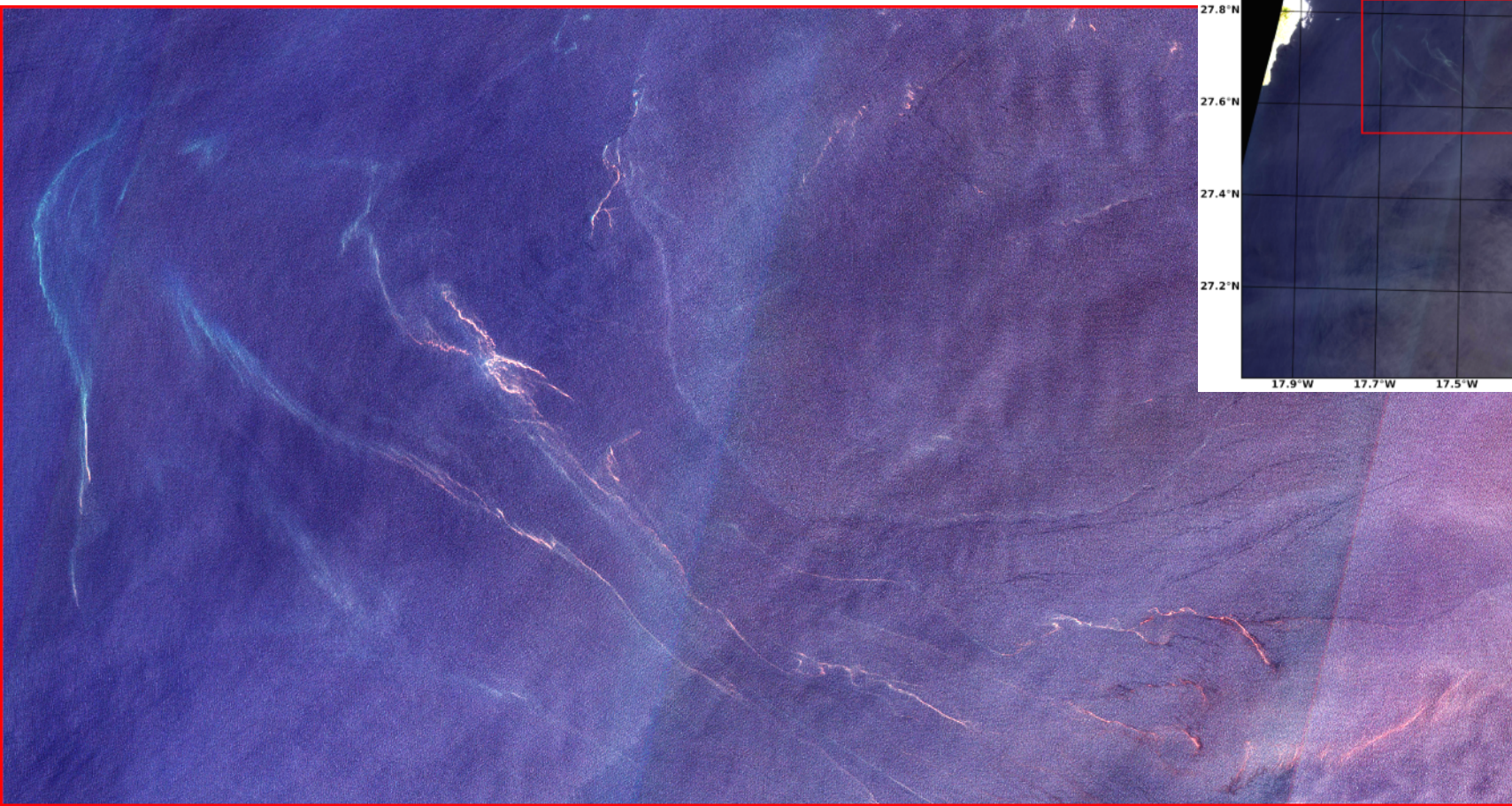


S2A_20220912_acolite



SZA_20230818_acolite

Trichodesmium: teledetección multisensor



Sistema de Monitorización Marina de Canarias: Sistemas

- **Fuentes** de datos públicas: **acceso gratuito**
- **Servidores** de distribución: **sistemas** de **descarga automatizados**
- **Cadenas procesamiento automatizado**
- Generación de **registros** y de **rutinas** para:
 - **revisión** del funcionamiento
 - **gestión** de fallos
- **Desarrollos** en lenguajes y herramientas **libres**:
 - Linux
 - SNAP/gpt
 - SeaDAS/gpt
 - Python
 - R Cran
 - ...
- **Evolución constante**
 - **Cambios frecuentes** requeridos (gran número de: herramientas, sensores, lenguajes, servicios, datos, ...)
 - Según **necesidades** emergentes, soluciones **ad-hoc**
- **Sistemas operacionales** completos para toda **Canarias**

Sistema de Monitorización Marina de Canarias: Explotación

- Servicios **tiempo real**
- **Respuestas** a problemas medioambientales:
 - **Tiempo real** y
 - Análisis **a posteriori**
- **Sinergias** entre los tipos de datos.
 - Evaluación de las **capacidades** y **limitaciones** de cada uno de ellos
 - **Elección** según **objetivo**.
- **Análisis e Interpretación:** oceanografía (física, química y biológica), oceanografía por satélite, ecología, ...
- A pesar de las **limitaciones** de la **alta resolución** sobre océano, su aportación es **importante**
- **Flexibilidad** para **adecuar** las salidas a los **requerimientos** de los **usuarios** y de los **eventos**
- Conveniencia buscar **sinergias** entre **entidad responsable de la generación** y resto de **actores/usuarios implicados** -> **DAR RESPUESTAS**

gobiernodecanarias.org