

## EL PROGRAMA EUROPEO COPERNICUS

El Plan Estratégico de SITNA del periodo 2016-2019, se articuló sobre diez retos de futuro, dos de ellos sobre las ventajas que ofrecen programas europeos de satélites:

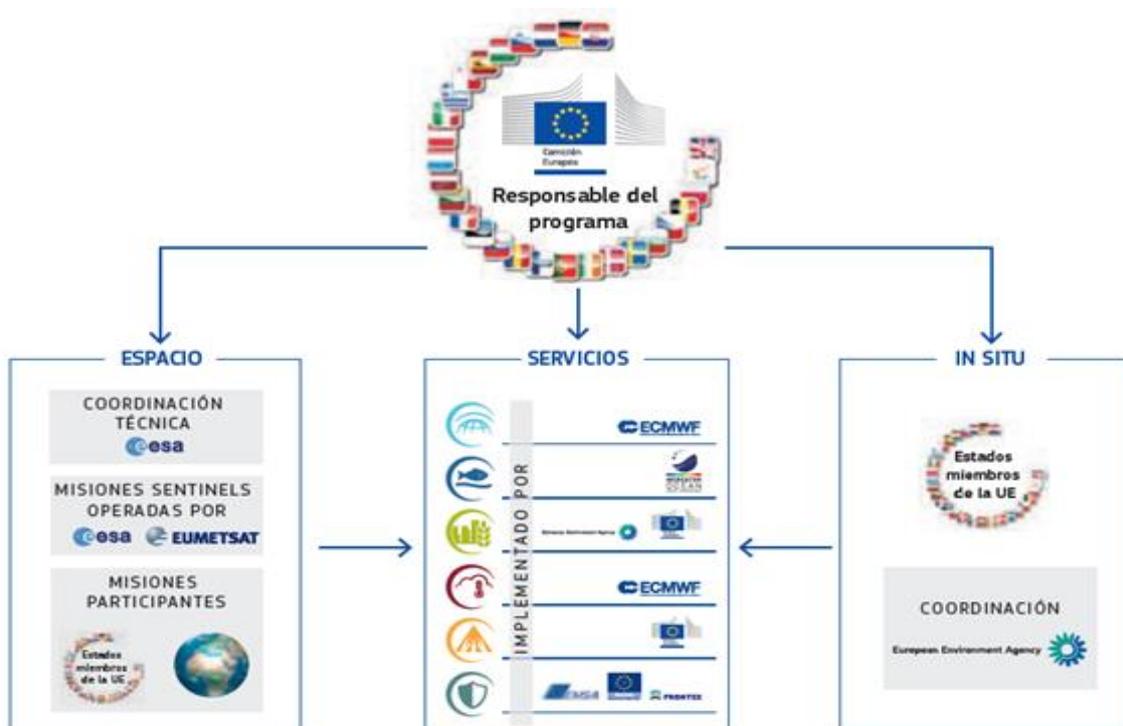
### 1. Galileo: Posicionamiento

La mejora del posicionamiento, incluyendo los servicios de Galileo, se materializa en la Red de Geodesia Activa de Navarra – [RGAN](#).

### 2. Copernicus: Imágenes

Desde 1998 a 2013, a través del programa GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*), la UE puso a punto técnicas aeroespaciales para obtener información precisa y actualizada para la gestión del medio ambiente, la mitigación del cambio climático y la protección civil.

El Reglamento 377/2014 dio paso al programa Copernicus, dirigido por la Comisión Europea, en colaboración con la Agencia Espacial Europea (ESA) y la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), que pretende desarrollar capacidades operativas de observación basadas en infraestructuras de la UE y de los países miembros, con un presupuesto muy potente, que ha llevado a crear el programa de observación de la Tierra más ambicioso de la historia.



- Vigilancia atmosférica;
- Vigilancia medioambiental marina;
- Vigilancia terrestre;
- Cambio climático;
- Gestión de emergencias;
- Seguridad.

## **Componente espacial de Copernicus**

Consta de una serie de satélites dotados de colecciones de distintos sensores con misiones diferentes:

### **Sentinel 1: la visión radar**

Funcionamiento día y noche y en cualquier situación meteorológica. Útil para la observación de incidentes ambientales como deslizamientos de tierras, incendios forestales e inundaciones.

Tiene una resolución de 5 x 20 m y 12 días de tiempo de revisita y está formado por dos Sentinel-1.

### **Sentinel 2: la visión a “color”**

Imágenes ópticas en un total de 13 bandas espectrales con resoluciones de 10, 20 o 60 metros. Los datos sirven para análisis de cambios de uso, cobertura forestal, agricultura, ordenación territorial, masas de agua, etc.

Tiene un tiempo de revisita de 5 días y está formado por dos Sentinel-2.

### **Sentinel 3: un panorama más amplio**

Destinado a la vigilancia de la vegetación y a las aplicaciones oceanográficas. Sus instrumentos registran parámetros sobre la topografía de mares y océanos, así como sobre la temperatura superficial y el color de los océanos, mares y masas continentales. También está formado por una pareja de satélites.

### **Sentinel 4: el vigilante de la atmósfera**

Se concentra en servicios como el análisis de la composición química de la atmósfera y el seguimiento de la calidad del aire. Su función principal consistirá en medir las concentraciones de aerosoles, los gases traza y la cubierta nubosa en la troposfera inferior.

En órbita geoestacionaria, los dos espectrómetros hacen posible por primera vez hacer un seguimiento continuo de la composición de la atmósfera y la calidad del aire en toda Europa con datos actualizados cada hora sobre la calidad del aire.

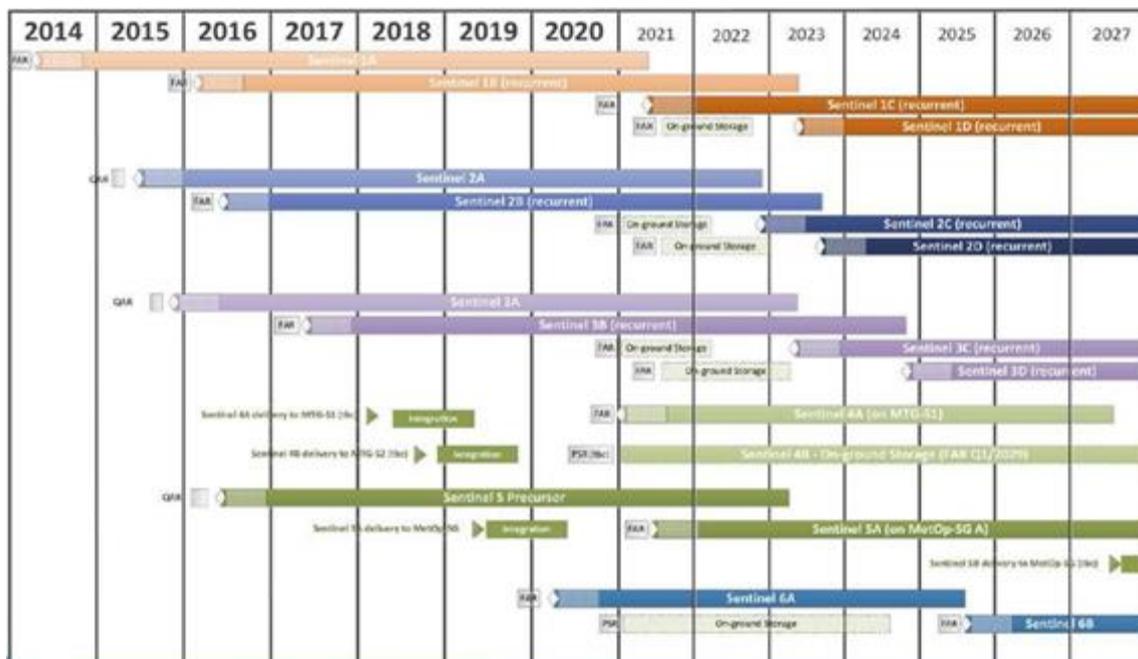
### **Sentinel 5: seguimiento global de la atmósfera**

Mide el ozono, el dióxido de nitrógeno, el dióxido de azufre y otros contaminantes atmosféricos con una precisión superior a la de los instrumentos actuales. 5P se lanzó en 2016 y se denomina “Precursor” porque sustituye a Envisat (fin misión en abril-2012) mientras se preparan los futuros Sentinel-5 que serán enviados en 2021.

## Sentinel 6: el satélite de los mares

Incorporará un altímetro de radar para proporcionar alta precisión sobre la topografía de los océanos. Información esencial para el seguimiento continuo de los cambios en el nivel del mar, un indicador clave del cambio climático. Realizará un mapeo de hasta el 95% del océano sin hielo de la Tierra cada 10 días y complementará a Sentinel-3 desde el año 2020.

El **programa inicial** previsto no concluye, sino que continúa más allá de 2020 ([PDF en inglés](#)):



## Remote sensing (Teledetección)

Las técnicas de trabajo con imágenes de satélite son una disciplina denominada “teledetección”, que se utilizó como fuente de imágenes (años 1990 - 2000) cuando no existían ortofotos y debido a que su frecuencia permitía hacer estudios temporales, así como la información recogida en sus píxeles que permitía obtener resultados de clasificaciones, detección de cambios, identificación de especies, etc. En Navarra, por ejemplo, hasta 2012 apoyó la realización de la estadística agraria.

Desde el lanzamiento del programa Copernicus, aparecen nuevas oportunidades para la aplicación e inclusión en proyectos de técnicas de teledetección, debido principalmente a que **las imágenes de Copernicus son gratuitas y los productos con “valor añadido”, directamente publicables.**

## SENTINEL-2

Estos satélites presentan dos ventajas:

### Resolución temporal

La resolución temporal de un satélite en órbita es la frecuencia de revisita del satélite a una ubicación particular. La frecuencia de revisita de cada satélite, bajo las mismas condiciones de observación, solo es de 10 días y la revisita de la constelación combinada es de 5 días. Bajo distintas condiciones de observación el periodo de revisita puede ser incluso menor debido al solape entre pasadas adyacentes.

### Resolución espacial y radiométrica

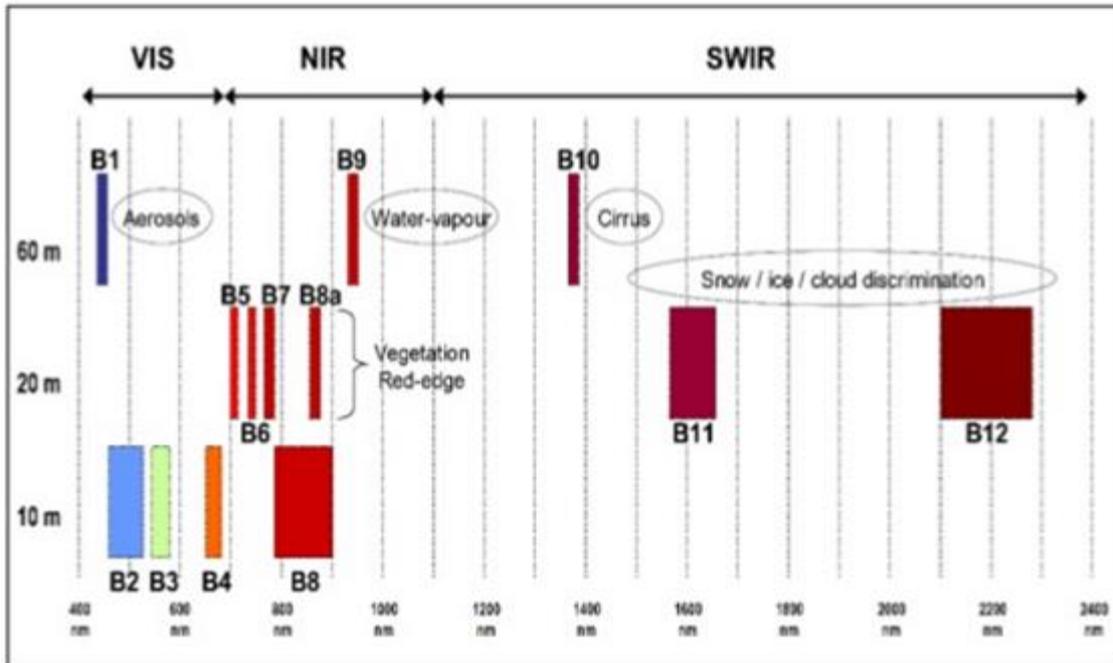
La resolución espacial de Sentinel-2 depende de cada una de las 13 bandas espectrales:

| Bandas                                     | Resolución Espacial<br>(m) | Resolución Espectral<br>(nm) |
|--|----------------------------|------------------------------|
| <b>Banda 1 (Aerosol)</b>                   | 60                         | 443                          |
| <b>Banda 2 (Azul)</b>                      | 10                         | 490                          |
| <b>Banda 3 (Verde)</b>                     | 10                         | 560                          |
| <b>Banda 4 (Rojo)</b>                      | 10                         | 665                          |
| <b>Banda 5 (Infrarrojo cercano - NIR)</b>  | 20                         | 705                          |
| <b>Banda 6 (Infrarrojo cercano - NIR)</b>  | 20                         | 740                          |
| <b>Banda 7 (Infrarrojo cercano - NIR)</b>  | 20                         | 783                          |
| <b>Banda 8 (Infrarrojo cercano - NIR)</b>  | 10                         | 842                          |
| <b>Banda 8a (Infrarrojo cercano - NIR)</b> | 20                         | 865                          |
| <b>Banda 9 (Vapor de Agua)</b>             | 60                         | 9945                         |
| <b>Banda 10 (Cirrus)</b>                   | 60                         | 1375                         |
| <b>Banda 11 (Infrarrojo Lejano - SWIR)</b> | 20                         | 1610                         |
| <b>Banda 12 (Infrarrojo Lejano - SWIR)</b> | 20                         | 2190                         |

Las bandas visibles y el infrarrojo cercano (B2, B3, B4 y B8) poseen una resolución de 10 m, permitiendo formar imágenes en color natural y falso color infrarrojo con ese tamaño de pixel sin necesidad de procesos de fusión (pan-sharpening). Estas combinaciones de bandas son útiles para análisis visual, generación de cartografía, estudios de vegetación y la gestión de emergencias, entre otros.

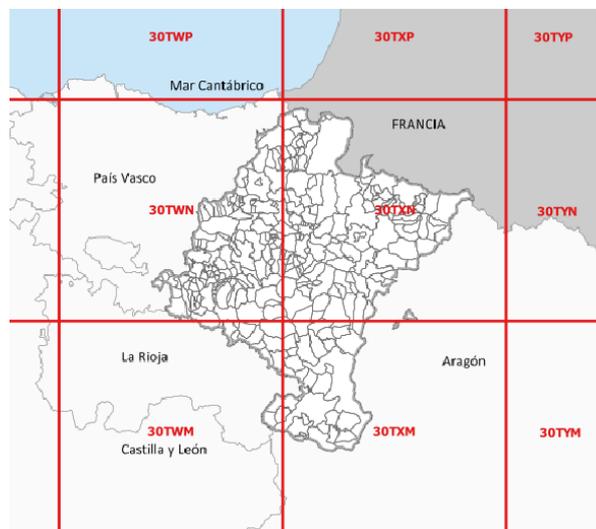
Sentinel-2 posee seis bandas con 20 m de resolución espacial distribuidas en las regiones del infrarrojo cercano (NIR) y el infrarrojo de onda corta (SWIR) que permiten abordar estudios sobre el estado de la vegetación, el monitoreo de cultivos, análisis de suelos o de áreas quemadas, entre otros.

Por último, existen tres bandas con 60 m de resolución espacial destinadas a estudios relacionados con la presencia de aerosoles, el vapor de agua y la detección de nubes de gran altitud.



## Generación de datos Sentinel-2

Navarra está repartida en 4 cuadrículas, como se aprecia en la figura:



Los productos Sentinel-2 se distribuyen en un formato que es una variedad específica del formato SAFE (Standard Archive Format for Europe), el cual presenta toda la información contenida en único paquete, y organizada en una estructura específica de carpetas. Esta estructura está preparada para ser leída directamente con el software creado por la ESA para su gestión y procesamiento: [Sentinel-2 Toolbox](#), aunque también pueden procesarlos otros.

Sin embargo, el proceso de descarga y post-procesamiento es laborioso, además de tener que “unir” las cuatro escenas y recortar el marco de Navarra, por lo que ponemos a disposición imágenes en dos combinaciones de bandas, que resaltan diferentes fenómenos del territorio y el índice NDVI. Posteriormente se implementó un proceso de descarga y repixelado para la generación de productos en falso color natural y por último se ha aplicado la novedosa técnica de Súper Resolución que permite aumentar el tamaño de pixel hasta los 2.5 m. de resolución espacial. A continuación, se describen en profundidad las características de estos productos mencionados.

### **Técnica de Súper Resolución (factor 4x)**

La empresa pública Tracasa, mediante técnicas de Deep Learning (Inteligencia Artificial), ha conseguido desarrollar una tecnología llamada [SENX4](#) en el terreno de la súper resolución. Mediante esta técnica se consigue multiplicar por cuatro la resolución de las imágenes obtenidas por los satélites Sentinel 2, pasando de los 10 m. a los 2.5 m. de pixel. Estas imágenes ofrecen una mejora sustancial respecto a otras técnicas utilizadas hasta ahora como el repixelado, realces y aplicación de filtros, consiguiendo un resultado más definido y ajustado a la realidad. Ya que además es importante destacar que esta tecnología permite mantener la radiometría de la imagen para las bandas B2, B3, B4 y B8, por lo que se puede seguir utilizando para la obtención de otros productos derivados como por ejemplo el Color natural, los Índices de vegetación normalizados y el Falso color.

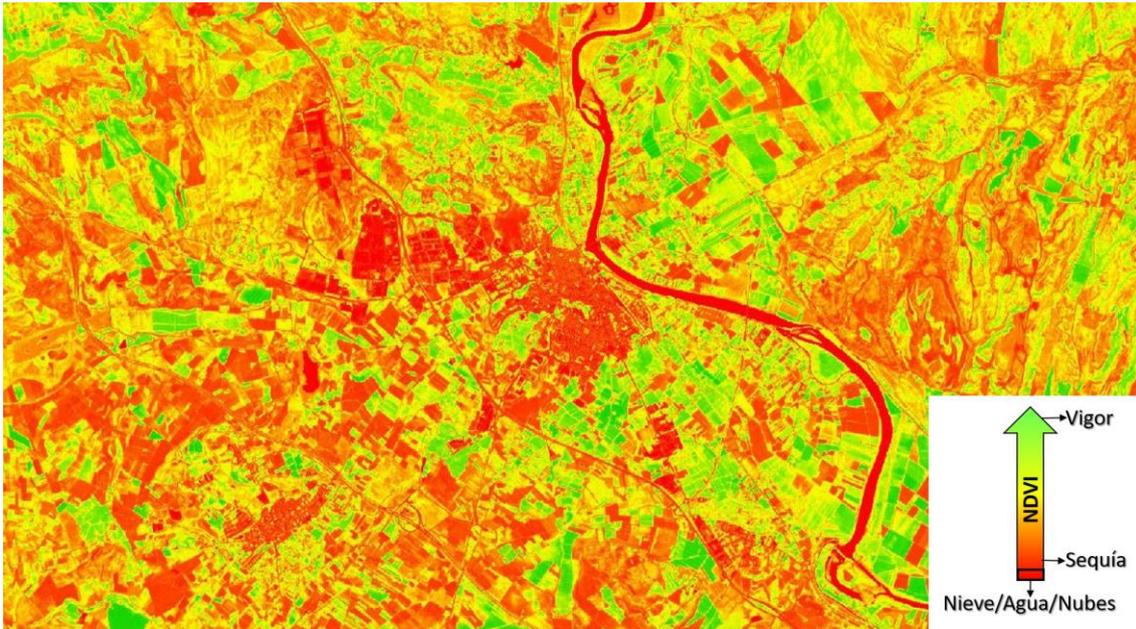
**Productos y ejemplos de visualización (centrados en Tudela):**

**Color natural:** Composición en color natural. Es una combinación de bandas del espectro visible como son **Rojo, Verde y Azul (B4, B3, B2)**. La composición de color natural corresponde a la forma en que vemos el mundo, donde la vegetación aparece verde, el agua de azul a negro, y la tierra desnuda y las superficies impermeables gris claro y marrón. En el caso de los productos de SITNA es similar a lo que estamos acostumbrados a identificar cuando observamos una ortofoto.



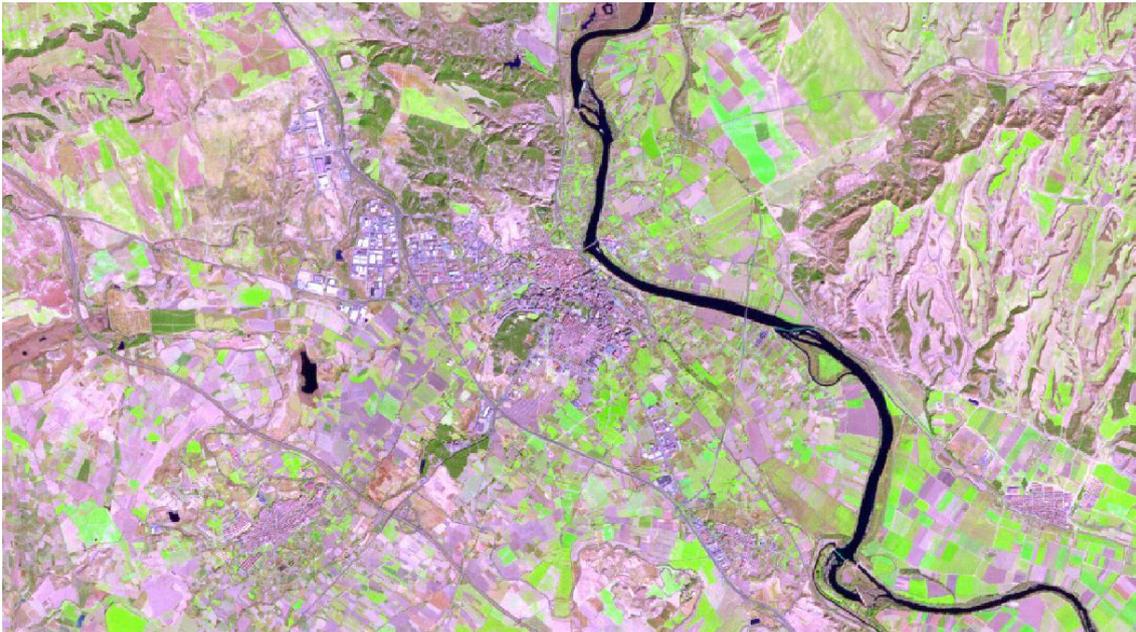
**NDVI** (*Normalized Difference Vegetation Index*) es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación. Se trata de imágenes calculadas a partir de operaciones algebraicas entre las bandas espectrales roja e infrarroja del espectro electromagnético  $NDVI = (B8 - B4) / (B8 + B4)$

Las imágenes que se ofrecen desde SITNA presentan una leyenda donde los tonos rojos indican baja o nula actividad de la vegetación y en el otro extremo los tonos verdes indican una alta actividad.



**Falso color natural:** la representación de combinaciones de bandas en órdenes arbitrarios se denomina "falso color" y es útil para ver cambios en la superficie, intensidad de vegetación o cuerpos de agua. En este caso se utiliza una combinación de las bandas **B4, B8, B11 (VIS rojo, NIR, SWIR)**.

Esta imagen permite identificar los cauces y cuerpos de agua, así como la presencia de agua en terrenos húmedos o encharcados (por ejemplo, los arrozales). También permite dentro de las zonas forestales diferenciar caducifolias de perennifolias aun en épocas donde ambas tienen la hoja desarrollada.



**Falso color:** en la misma línea del tipo de producto descrito anteriormente, se utiliza también una combinación de las bandas **B3, B4, B8 (VIS verde, VIS rojo, NIR)**. Este tipo de imágenes se vienen generando para identificar con claridad la vegetación.



### **Acceso a los productos Copernicus ofrecidos por SITNA**

Para facilitar a la sociedad en su conjunto este acceso, emprenderemos una serie de acciones, en una primera fase, de identificación de las imágenes recogidas en “productos” del punto anterior y su descarga si así se desea. Empleados públicos que analizan o custodian el territorio, investigadores, cooperativas agrícolas y otros colectivos, pueden ser directos beneficiarios de la calidad de las imágenes y de su efecto de «multi-temporalidad».

El acceso puede hacerse a través de la [Cartoteca y Fototeca de Navarra](#), apartado de Fototeca – Ortofotografía – Satélites, que permite una previsualización de baja calidad, pero suficiente para valorar el interés de determinada imagen y la descarga de la imagen para toda Navarra en formato comprimido ECW, de gran rendimiento en Sistemas de Información Geográfica.

Otra opción, es acudir directamente al [Repositorio de Cartografía](#), con descarga directa de las imágenes bajo el directorio:

[3 ORTOFOTOGRAFIA/3\\_00 SATELITES/3\\_00\\_1 SENTINEL2/\\*](#)

con la nomenclatura:

CN\_AAAAMMDD para color natural.

CN\_AAAAMMDD\_SR para color natural y técnicas de súper resolución

NDVI\_ AAAAMMDD para dicho índice.

NDVI\_ AAAAMMDD\_SR para dicho índice y técnicas de súper resolución

FCN\_ AAAAMMDD para falso color natural

FC\_ AAAAMMDD\_SR para falso color natural y técnicas de súper resolución

\* la agrupación posterior se realiza por años, comenzando por mayo de 2016 hasta la actualidad.

AAAAMMDD, se corresponde con la fecha en formato año, mes y día.