



# **XVI Simposio y XI Asamblea**

## **Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamérica**

---

**Lima, del 6 al 8 de Octubre de 2025**



# Teledetección satelital y monitoreo en tiempo real de cambios de uso del suelo

- Jose Antonio López Medina
- Universidad Politécnica de Madrid.



- Colegio Oficial de Ingeniería Geomática y Topografía
- Asociación Panamericana de Profesionales de la arquitectura y la Topografía.



# INDICE

1. Introducción y principios básicos.
2. Tipos de sensores y datos.
3. Programas actuales gubernamentales .
4. Software mas común. SNAP.
5. Casos de uso.

# Principios Básicos.

- Siglo XIX. Primeros inicios en la observación aérea.
- 1957. Sputnik. 1960. TIROS-1.
- 1969. Apolo 9. Fotografía orbital Tierra. Se crea el programa ERTS ( Earth Resources Technology Satellite ) , que lo conocemos como LANSAT.
- muchos países decidieron disponer de sus propios satélites para observación de la Tierra. SPOT franceses, RADARSAT canadiense, el ALOS de Japón, IRS de la India, la constelación de METEOSAT Europea, MODIS, y gran cantidad de satélites de muy alta resolución (tamaño de píxel menor de 1 metro) que orbitan hoy en día la Tierra (como Geoeye, World-View, Pleiades, Deimos 2, etc.). Hoy hay miles de imágenes.

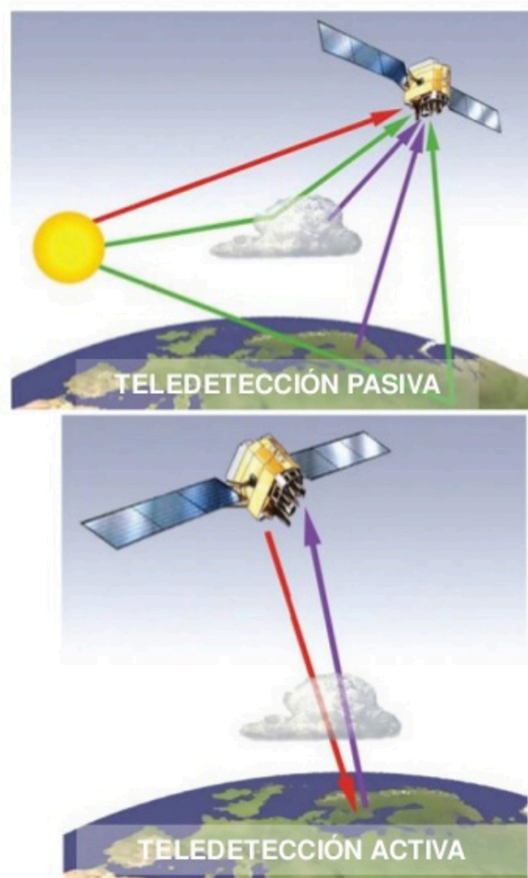
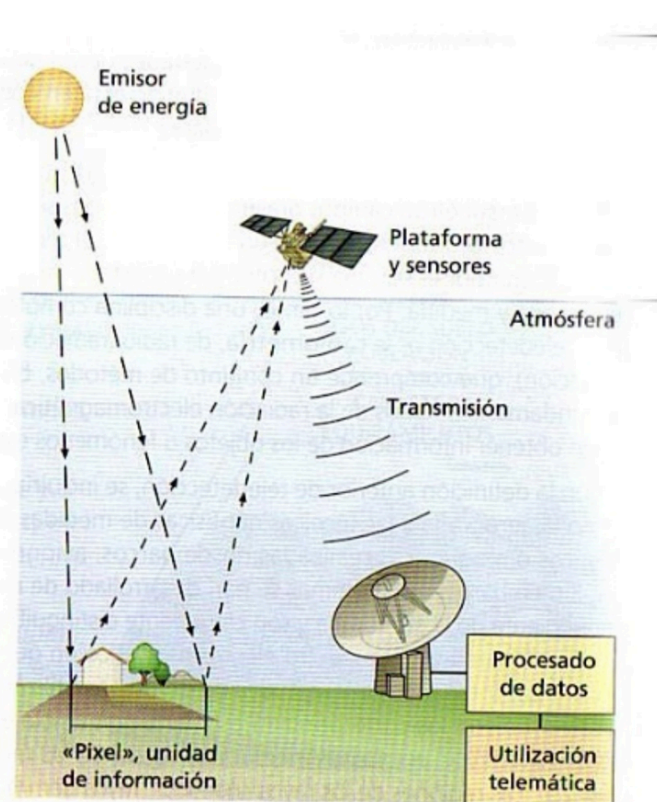
Latam Satelital (2016), “El sector satelital latinoamericano” [en línea]. Disponible en <https://latamsatelital.com/sector-satelital-latinoamericano/>

CHUVIECO, E. (1996), *Fundamentos de Teledetección espacial*, segunda edición, Rialp, Madrid, pp. 24-32.

- **Aplicaciones más destacadas de la teledetección**
- Usos del suelo.
- Medición de aguas superficiales y humedales para evaluar la situación del hábitat de una especie determinada.
- Estudio de la erosión.
- Estudios de impacto ambiental.
- Cartografía geológica para la explotación de recursos minerales y petroleros.
- Cartografía de la cobertura vegetal del suelo.
- Seguimiento del movimiento de icebergs en zonas polares.
- Cartografía e inventario de la cobertura y uso del suelo.
- Selección de rutas óptimas para nuevas vías de comunicación.
- Aplicaciones en la gestión de emergencias.
- Inventario del agua superficial.
- Verificación de contenidos de salinidad en las principales corrientes de agua.
- Control de las corrientes marinas.
- Evaluación de condiciones de estrés en la vegetación, por efectos de la sequía o la deforestación.
- Cartografía de áreas quemadas y seguimiento de los procesos de repoblación natural.
- Agricultura de precisión: predicción del rendimiento de cultivos y del momento óptimo para las cosechas.

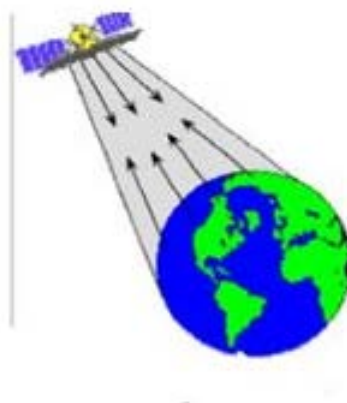
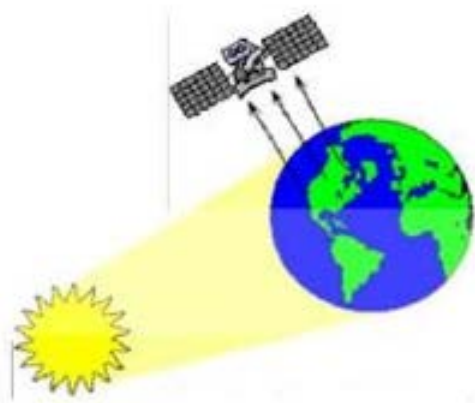
- Realiza una toma de datos no invasiva.
- Posibilita el estudio de grandes áreas.
- Provee acceso a zonas inaccesibles o sin cartografía.
- Tiene gran capacidad de almacenamiento digital, manipulación y procesado.
- Posibilita estudios estadísticos de grandes volúmenes de datos.
- Recoge una multiplicidad de información en una sola imagen.
- Posibilita la realización de seguimientos lineales de las variables seleccionadas.

## COMPONENTES DE UN SISTEMA DE TELEDETECCIÓN



- **Pasiva** : Problema . El sol. Solo mide radiación reflejada. Horas de luz solar. Sensores pasivos.
- **Activa** : La fuente emisora de energía , envía hacia el objetivo (radar) y mide el eco producido, se denomina **teledetección activa. Sensores Activos.**





## SENSORES ACTIVOS.

**Depende de la longitud de onda en que trabajan.**

**Sensores RADAR** (Radio Detection And Ranging)  
en el rango de las microondas.

**Sensores LiDAR** (Light Detection and Ranging)

emite pulsos de luz láser entre el ultravioleta y el infrarrojo cercano.

## SENSORES PASIVOS

**Depende del número de bandas o canales espectrales.**

**Sensores pancromáticos:** capturan información en una sola banda, normalmente en el rango entre la radiación visible y el infrarrojo próximo. Las imágenes obtenidas se visualizan en escala de grises.

**Sensores multiespectrales:** capturan información en varias bandas, asignando una banda para cada rango del espectro electromagnético del que pueden capturar información.

**Sensores hiperespectrales:** cuando el número de bandas en el que capturan información es muy elevado, llegando a varias centenas, se habla de sensores hiperespectrales.



## 3. PROGRAMAS ACTUALES

[Acceso a los datos | Copernicus](https://www.copernicus.eu/es)

<https://www.copernicus.eu/es>

### LANSAT EEUU.

Poseen órbita circular helio sincrónica, a 705 km de altura, y con una inclinación de 98.2º respecto del Ecuador. La órbita de los satélites está diseñada de tal modo que cada vez que éstos cruzan el Ecuador lo hacen de Norte a Sur sobre las diez de la mañana hora local. Los Landsat están equipados con sensores específicos para la teledetección multispectral en el rango óptico del espectro electromagnético.



### COPERNICUS. UE

Sentinel 1. 2 satélites. Sistema Radar. 5x5 metros de captura. 6 días.

Sentinel 2. 2 satélites. Sensor multispectral 13 bandas. Imágenes cada 2-3 días.

Sentinel 3. Dos sensores ópticos que capturan imágenes con 21 bandas espectrales y 300 m de tamaño de píxel imágenes cada 2 días.

Futuro Sentinel 4,5,6. Sentinel 4 lanzado 1 de Julio. Meteorológico. Espectrómetro ultravioleta.

### **3. PROGRAMAS ACTUALES COPERNICUS : VIGILANCIA TERRESTRE**

Da soporte a aplicaciones en múltiples ámbitos: ordenación territorial y urbana, gestión forestal y del agua, agricultura y seguridad alimentaria, conservación y restauración de la naturaleza, desarrollo rural, contabilidad ecosistémica, mitigación/adaptación al cambio climático, etc.

La cartografía de la ocupación y el uso del suelo produce clasificaciones de ocupación del suelo con distintos niveles de detalle, local , nacional o mundial.

A nivel paneuropeo, esta información se complementa con capas detalladas sobre las características de la cobertura del suelo (como impermeabilidad, bosques, prados, agua y humedad o pequeños elementos leñosos). A nivel mundial, la cartografía de la ocupación del suelo se ajusta al sistema modular y jerárquico de clasificación de la cubierta terrestre de la FAO.

## **4. USO EN DETECCION DE USOS DEL SUELO.**

Se ha pasado de fotografía aérea a imágenes de alta resolución. En vez de una imagen cada año, tenemos 5 días de cobertura temporal.

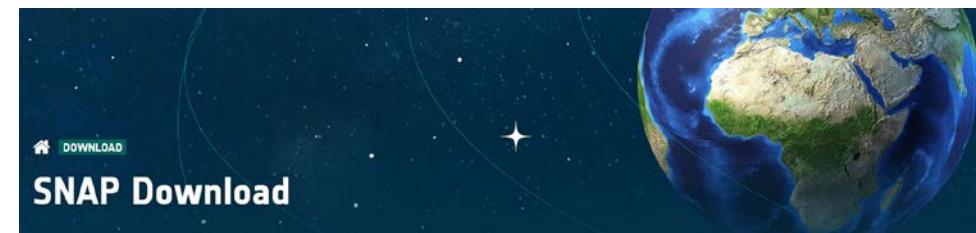
Usos :

1. Deforestación y degradación forestal.
2. Expansión agrícola.
3. Urbanización y crecimiento urbano.
4. Desertificación
5. Transformaciones en zonas húmedas y costeras.
6. Impacto de infraestructuras.
7. Análisis de cambios.

## 5. PROGRAMA SOFTWARE SNAP.

<https://step.esa.int/main/download/snap-download/>

Versión actual es la 12.0.0 de 05 de agosto.



*Note:* SNAP 12 is not compatible with Ubuntu versions earlier than 22.04. Please upgrade to Ubuntu 22.04 or later to use SNAP 12.

*Note:* Due to a technical restriction in the installation procedure of the latest SNAP version 12, the SMOS Toolbox is not automatically installed. Instead, in SNAP 12 it must be installed like an external plugin via the Plugin Manager in SNAP Desktop.

	Windows 64-Bit	Mac OS X	Linux 64-bit
All Toolboxes	These installers contain the <b>Microwave</b> and <b>Optical</b> Toolboxes, download size is close to 1GB.		
	<a href="#">Main Download</a>	<a href="#">Main Download</a>	<a href="#">Main Download</a>
	<a href="#">Mirror Download</a>	<a href="#">Mirror Download</a>	<a href="#">Mirror Download</a>

El **programa SNAP** (Sentinel Aplicación Platform) es un **software libre desarrollado por la Agencia Espacial Europea (ESA)** para el **procesamiento, visualización y análisis de imágenes de teledetección**, especialmente las obtenidas por los satélites **Sentinel** del programa **Copernicus**.

## **5. PROGRAMA SOFTWARE SNAP.**

### **1. Compatibilidad con múltiples misiones:**

Aunque fue creado para Sentinel (1, 2, 3 y 5P), también soporta datos de otras misiones como Landsat, MODIS o Envisat.

### **2. Arquitectura modular:**

Snap incluye varios toolboxes especializados

Sentinel-1 Toolbox: para radar de apertura sintética (SAR)

Sentinel-2 Toolbox: para imágenes ópticas multiespectrales

Sentinel-3 Toolbox: para sensores oceánicos y atmosféricos

### **3. Procesamiento avanzado:**

- Corrección radiométrica y atmosférica
- Georreferenciación y Re proyección
- Filtrado de ruido, mosaico, recorte y resampling
- Cálculo de índices espectrales (NDVI, NDWI, etc.)
- Clasificación supervisada y no supervisada
- Análisis temporal y generación de productos derivados

### **4. Interfaz gráfica y scripting:**

- Interfaz visual interactiva (GUI).
- Soporte para procesamiento por lotes mediante scripts en **Python, Java**, o el lenguaje **Graph Processing Framework (GPF)**.

### **5. Integración con SIG:**

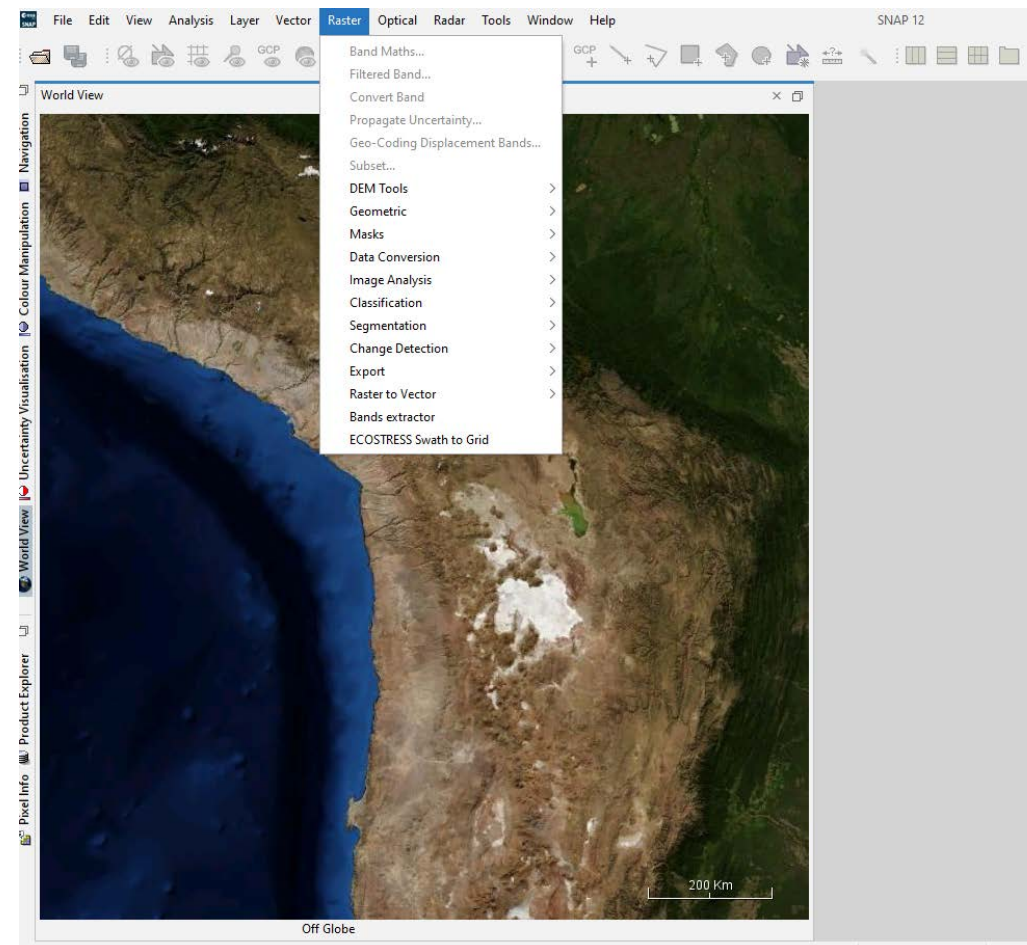
Permite exportar resultados en formatos compatibles con **QGIS, ArcGIS, GeoTIFF**, etc.



## 5. CASOS DE USO. PROGRAMA SOFTWARE SNAP.



Lo primero que deberemos hacer es entrar en el Copernicus Open Access Hub, buscar el producto que nos interese y descargarlo. Todos los ficheros se descargan en formato comprimido, así que el siguiente paso será descomprimirlos. Luego ya podemos tratarlos y hacer las operaciones que se quieran.





## Ejemplo Crecimiento urbano en el área metropolitana de Madrid

Madrid ha experimentado un crecimiento urbano muy intenso desde la década de 1980, con expansión hacia municipios del corredor del Henares y del noroeste (Las Rozas, Majadahonda, Tres Cantos, etc.).

Para analizar esta evolución, se han utilizado imágenes **Landsat** (30 m de resolución) y **Sentinel-2** (10 m) en series temporales.

### Metodología

**1. Adquisición de imágenes** de los años 1990, 2000, 2010 y 2020 (Landsat TM, ETM+, OLI y Sentinel-2 MSI).

**2. Corrección atmosférica y recorte** al área de estudio.

**3. Cálculo de índices espectrales**, como el **NDVI** (vegetación) y el **NDBI** (índice de desarrollo urbano).

**4. Clasificación supervisada** en tres clases principales:

1. Urbano/construido
2. Vegetación (agrícola o natural)
3. Suelo desnudo

Fuentes : Imágenes satelitales Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI y Sentinel-2 MSI (USGS & Copernicus Open Access Hub). Cartografía base: Instituto Geográfico Nacional (IGN, España). Procesamiento y clasificación: metodología inspirada en CORINE Land Cover y SIOSE (IGN–Junta de Andalucía).

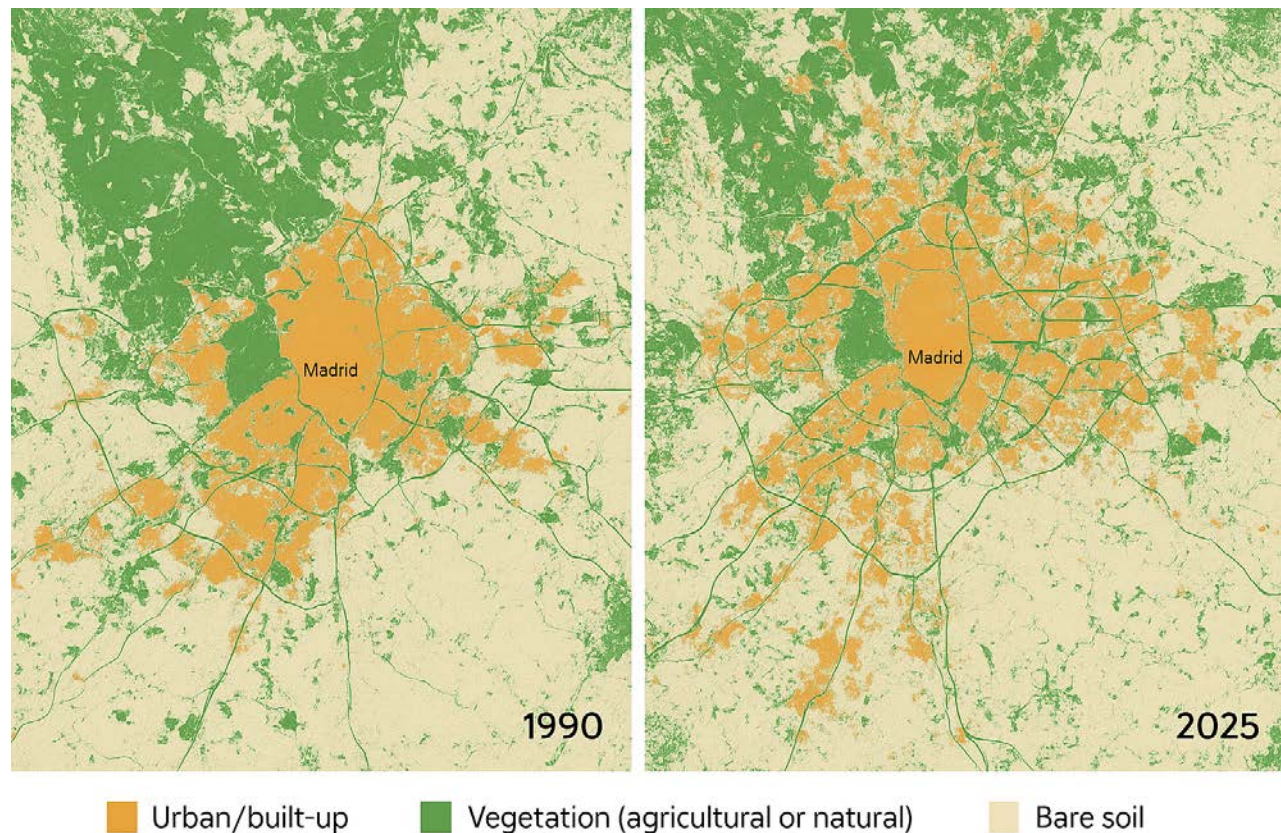
**Análisis de cambios** mediante comparación post-clasificación.

## Resultados

- En 1990, las superficies urbanas ocupaban un **9%** del área metropolitana.
- En 2020, se incrementaron al **22%**, con pérdida significativa de suelos agrícolas.
- Los mayores crecimientos se localizaron en:
  - **Corredor del Henares** (Torrejón, Alcalá, Meco)
  - **Zona noroeste** (Majadahonda, Las Rozas, Pozuelo)

## Aplicaciones

- Planificación del crecimiento urbano y transporte público.
- Evaluación de la pérdida de suelo agrícola periurbano.
- Análisis de la huella de urbanización y fragmentación del paisaje.



## **Ejemplo . Análisis multitemporal automatizado en Andalucía (2000–2020)**

La Junta de Andalucía, a través del proyecto SIOSE (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España), realiza comparaciones automáticas de uso del suelo.

Para ello, se han aplicado técnicas de teledetección y aprendizaje automático sobre series de imágenes Landsat.

### **Metodología**

Imágenes utilizadas: Landsat 5 TM (2000), Landsat 7 ETM+ (2010), y Landsat 8 OLI (2020).

Pre procesado: Corrección radiométrica y mosaico de las provincias.

Variables derivadas: NDVI (vegetación) NDWI (agua) NDBI (urbano) Textura y pendiente del terreno (DEM).

Clasificación automatizada: Algoritmo Random Forest con muestras de entrenamiento procedentes del SIOSE.

Clases: agrícola, forestal, urbano, agua y suelo desnudo.

Análisis de cambios (matriz de transición): Se cuantifican los flujos de cambio entre clases. Resultados

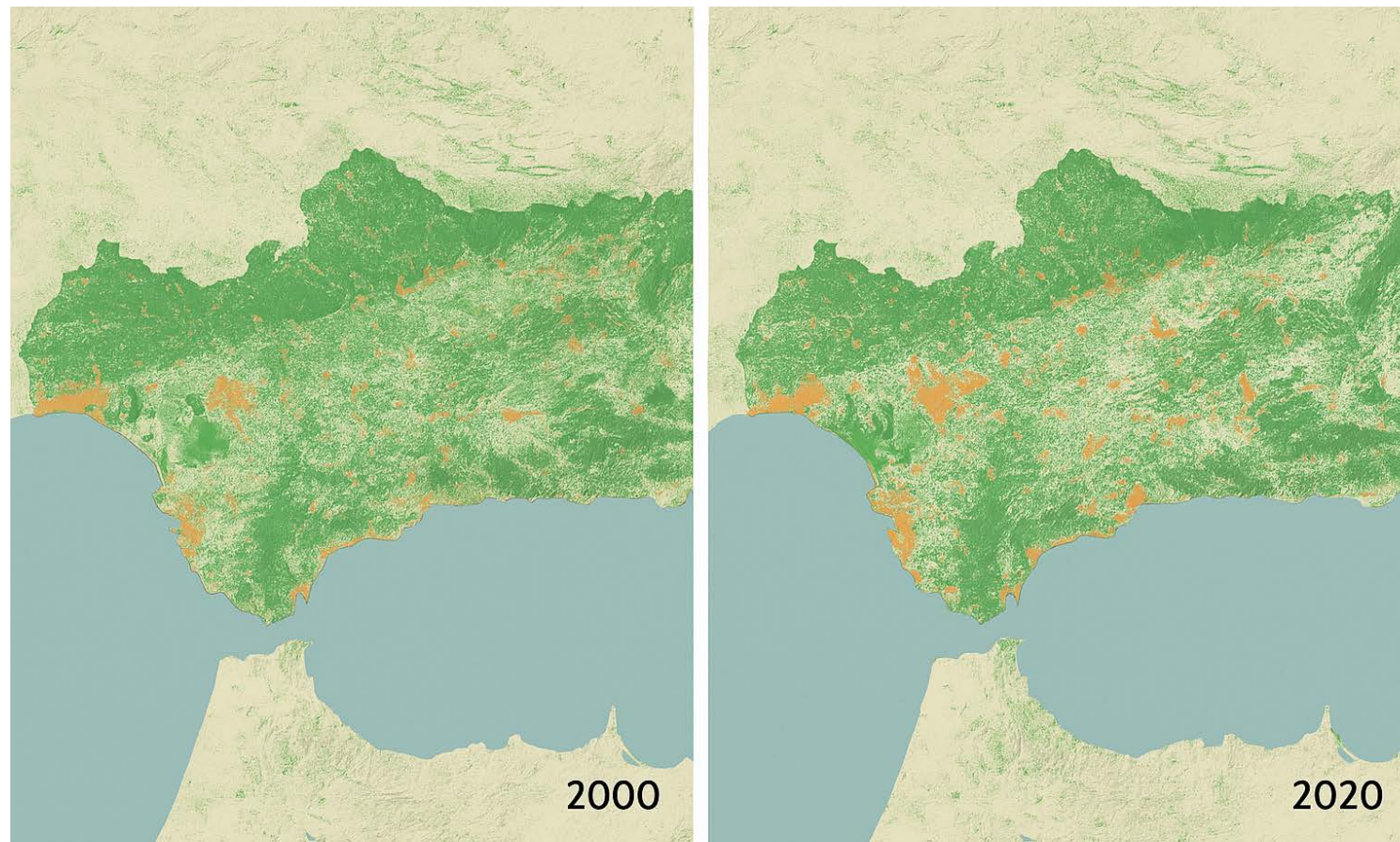
Transición principal:	Superficie (ha)	% del total	Agrícola → Urbano	32.500 ha
2,1% Forestal → Agrícola	18.200 ha	1,2%	Agrícola → Forestal	8.900 ha 0,6%.



Los mayores cambios se detectaron en las comarcas del litoral mediterráneo (Málaga, Almería, Granada), donde la presión urbanística fue más intensa.

## Aplicaciones

Seguimiento del cumplimiento de políticas de ordenación del territorio. Identificación de zonas en riesgo de artificialización. Generación de mapas automáticos de cambio a escala regional.



Artificial surfaces

Vegetation

Other land cover

copernicus

## 4. CONCLUSIONES. EJEMPLO PREPARACION

### Área de interés

¿Dónde quieres que se centre la aplicación?

### Tipo de información a visualizar

NDVI → información y salud, vigor de vegetación

NDBI → zonas urbanas / construidas

NDWI → cuerpos de agua

Clasificación de uso del suelo (urbano, agrícola, forestal, etc.)

Alertas de cambio (por ejemplo, detección automática de conversión agrícola→urbano)

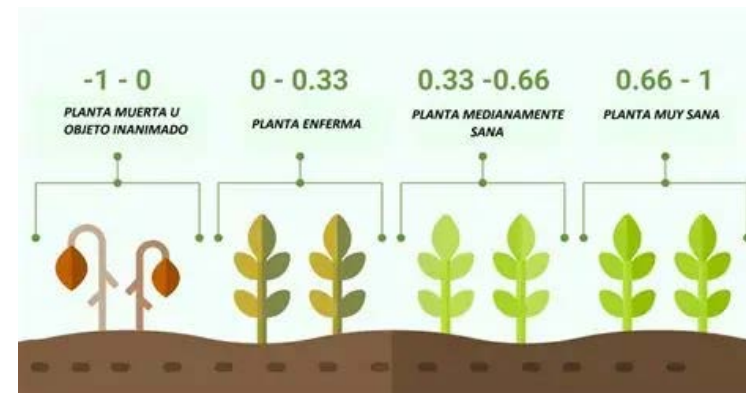
Uso de PYTHON.

### Fuente de datos satelitales

Sentinel-2 (Copernicus) → resolución 10 m, cada 5 días.

Landsat 8/9 (USGS) → resolución 30 m, cada 16 días.

MODIS (NASA) → resolución 250–500 m, cada 1–2 días (ideal para monitoreo casi diario).



### **ALERTAS DE CAMBIO**

(POR EJEMPLO, DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE CONVERSIÓN AGRÍCOLA→URBANO) TELEDETECCIÓN





## CONCLUSIONES : COMO TOMAR DATOS EN TIEMPO REAL.



### Objetivo:

Detectar automáticamente la conversión de suelo agrícola a urbano usando imágenes satelitales multitemporales

## Detección automática de cambios agrícola → urbano

Alertas de cambio mediante Teledetección

**Objetivo:** Detectar automáticamente la conversión de suelo agrícola a urbano usando imágenes satelitales multitemporales.

### Flujo general del proceso:

- ① **Definir área y tipo de cambio**
  - AOI, fechas, clases: agrícola/ urbano
- ② **Adquirir imágenes satelitales**
  - Sentinel-2 (óptico, 10 m, 5 días)
  - Sentinel-1 (radar, todo clima)
- ③ **Preprocesamiento**
  - Corrección atmosférica
  - Máscara de nubes y sombras
  - Cálculo de índices (NDVI, NDBI)

### ④ Detección de cambio automática

- $\Delta NDVI$  /  $\Delta NDBI$  → umbrales
- Clasificación (Random Forest, CNN)
- Comparación temporal

### ⑤ Filtrado y generación de alertas

- Eliminar ruido, definir tamaño mínimo
- Cruzar con capas agrícolas
- Exportar polígonos y notificar

### ⑥ Validación y calibración

- Verificación con imágenes de alta resolución

### Herramientas recomendadas:



Sistema automatizado que genera alertas tempranas de conversión agrícola → urbana, útil para planificación territorial y control del



## **CONCLUSIONES : COMO TOMAR DATOS EN TIEMPO REAL.**

### **1. Adquisición de datos satelitales con baja latencia**

1. Usar plataformas que ofrecen datos procesados en tiempo real o casi real (por ejemplo, **NASA LANCE**, que distribuye productos satelitales disponibles en ~3-5 horas desde la adquisición) [NASA Earthdata](#)

### **2. Procesamiento automático / pipeline en la nube**

1. Procesamiento automático del preprocesamiento (correcciones atmosféricas, nubes, sombras).
2. Clasificación con modelos entrenados (por ejemplo, redes neuronal profundas, Random Forest, etc.).
3. Actualización incremental: cuando llega una nueva fecha de imagen, relevar cambios frente al mapa anterior.

### **3. Detección de cambios y generación de alertas**

1. Comparar mapa actual vs mapa anterior para detectar transiciones de clases (por ejemplo, agrícola → urbano).
2. Establecer umbrales para emitir alertas o notificaciones (por ejemplo, cambio sustancial en área o en zonas sensibles).

### **4. Visualización y acceso vía interfaz web / móvil**

1. Mapas interactivos que muestren el estado actual, los cambios detectados y la evolución temporal.
2. Control de capas de índice (NDVI, NDBI, etc.) u otras representaciones.
3. Herramientas para filtrar por zona, clase de uso del suelo o tiempo.

### **5. Escalabilidad y almacenamiento temporal**

1. Almacenamiento de series temporales para permitir revisiones históricas.
2. Infraestructura escalable (cloud, contenedores, microservicios) para manejar volúmenes grandes de datos.
3. Mecanismos de caché, tile servers, servicios raster/vectoriales eficientes.

### **6. Validación y ajustes continuos**

1. Incorporar datos de terreno o crowdsourcing para validar cambios detectados.
2. Reentrenar los modelos si detectas sesgos o errores sistemáticos.

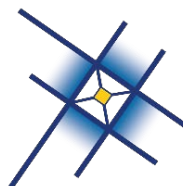
# XVI Simposio y XI Asamblea

## Comité Permanente sobre el Catastro en Iberoamericano

---



Gracias y preguntas



INSTITUTO  
CATASTRAL  
DE LIMA

