

# Teledetección – Atmósfera: Precipitaciones

GLOBE		ODS Asociado/s	Tipo de Actividad/es
Esfera	Protocolos		
Atmósfera	Temperatura del aire. Temperatura de superficie. Dirección y velocidad del viento. Precipitaciones. Humedad relativa	11 (Ciudades y comunidades sostenibles)  13 (Acción por el clima)  15 (Vida de ecosistemas terrestres)	Exploratoria
Biósfera	Cobertura terrestre. Biometría. Fenología		
Pedosfera	Caracterización del suelo. Fertilidad. Humedad. pH. Temperatura		
Paquete	Agricultura Calidad del aire Suelos Ciudades Meteorología		

## **Visión General**

Se explican los conceptos básicos de teledetección para analizar imágenes satelitales de un mega incendio forestal en Chile y de la floración del desierto de Atacama después de lluvias extraordinarias. Se utilizan imágenes satelitales procesadas con combinación de bandas e índices. Además, los estudiantes pueden probar diferentes combinaciones de bandas y aplicar otros índices específicos para destacar algunas características.

## **Tiempo**

4 o 5 clases

## **Requisitos previos**

Conocimiento básico de ecosistemas, fotosíntesis, meteorología, ondas, espectro electromagnético y de TIC. Análisis de gráficos de barra, línea e histogramas. Habilidad para interpretar imágenes satelitales y mapas. Habilidad para localizar puntos usando latitud y longitud.

## **Nivel escolar**

Estudiantes de secundaria y universitarios

## Objetivo general

Comprender la aplicación de las propiedades de las ondas, del uso de sensores en satélites y de imágenes satelitales para obtener información de la Tierra, procesarla para observar cambios, tendencias e interrelaciones entre biósfera, atmósfera, hidrósfera y pedosfera.

## Objetivos didácticos

- Conocer los tipos de ondas electromagnéticas utilizadas por los sensores de los satélites para obtener información del sistema Tierra.
- Identificar cambios y tendencias en las imágenes satelitales.
- Aplicar combinaciones de las bandas asignando los colores Rojo (R), Verde (G) y Azul (B) para identificar características específicas sobre el terreno.
- Aplicar índices específicos para analizar información de imágenes satelitales.
- Analizar los impactos en la cobertura terrestre provocados por incendios forestales
- Analizar la relación entre la temperatura, las lluvias y la floración en el desierto de Atacama.

## Introducción

### Sensores remotos

Se denomina teledetección al proceso de adquirir información a distancia utilizando sensores remotos. Por ejemplo, una cámara fotográfica es un sensor que permite obtener información de algún objeto a distancia (cuando tomamos una fotografía), también nuestros ojos son sensores que nos permiten obtener información de nuestro entorno cuando miramos algo. Para estudiar la Tierra se utilizan sensores colocados en [satélites](#), en la estación espacial internacional, en aviones, en drones, en globos y otros para detectar y registrar la energía reflejada o emitida. Fig. 1.



Fig. 1. Diferentes tipos de sensores remotos que obtienen información de la Tierra. Fuente: <https://svs.gsfc.nasa.gov/30892>

Los sensores remotos brindan una perspectiva global y gran cantidad de datos de atmósfera, hidrósfera, pedosfera y biósfera que, permiten conocer el estado actual, estudiar tendencias con la información histórica (ej. [Registro de 20 años de lluvia y nieve](#)) y utilizarlas para la toma de decisiones basadas en datos. La NASA tiene una



flota propia de satélites que orbitan la Tierra y también algunos satélites operados en consorcio con otros países (varios de ellos pertenecen a la región de América Latina y el Caribe). Un ejemplo de esto es la Constelación Internacional de la Tarde (International Afternoon Constellation), formada por un grupo coordinado de satélites de diferentes países que recorren una órbita sincronizada con el sol, pasando aproximadamente a la 13:30 hora solar local, con diferencia de segundos a minutos entre sí (por este motivo se denomina Constelación de la Tarde). Esta constelación de satélites realiza observaciones casi simultáneas con una amplia variedad de sensores que son de gran utilidad para realizar investigaciones, emitir alertas, tomar decisiones, etc. Fig. 2.

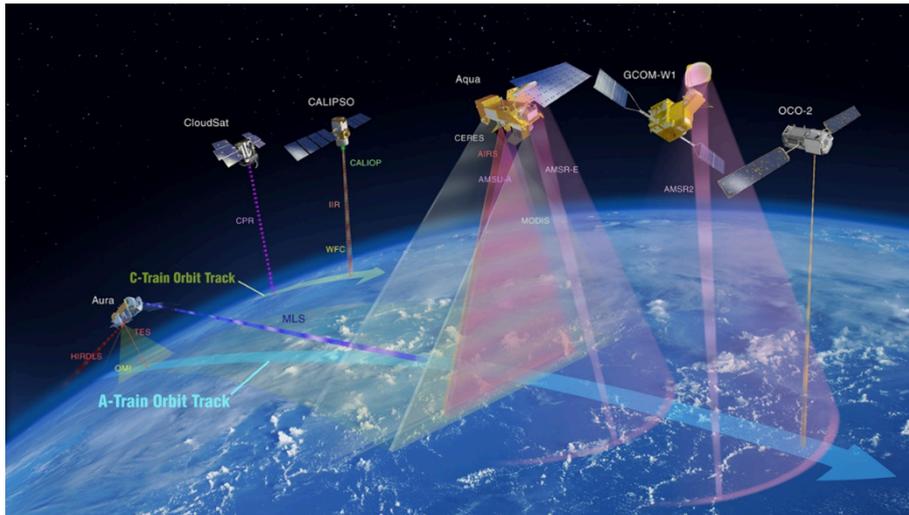


Fig. 2. Constelación Internacional de la Tarde (International Afternoon Constellation). Fuente: <https://atrain.nasa.gov/>

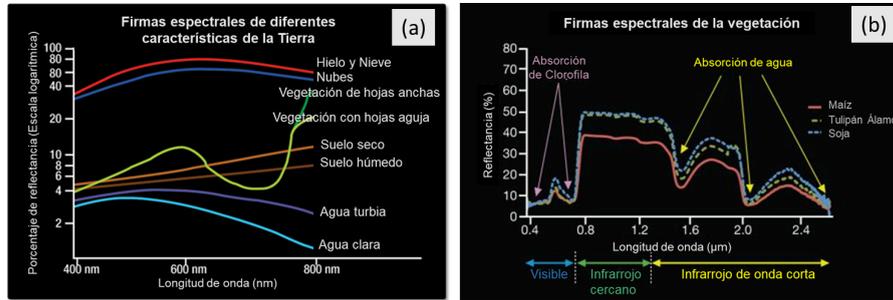
Algunos sensores son pasivos, es decir que detectan las ondas electromagnéticas que refleja la superficie terrestre cuando es iluminada por el sol, o cuando emite luz (ej. las luces nocturnas de las ciudades). La mayoría de los sensores pasivos operan en las porciones visible, infrarroja y de microondas del espectro electromagnético. Los sensores pasivos miden la temperatura de la superficie terrestre y marina, las propiedades de la vegetación, de las nubes, los aerosoles, la humedad del suelo y otros. Pero tienen limitaciones, porque no pueden penetrar la densa capa de nubes que cubre regularmente los trópicos. Los sensores activos, emiten ondas que rebotan en la superficie terrestre y vuelven. La mayoría operan en la banda de microondas del espectro electromagnético, que les da la capacidad de penetrar la atmósfera (ej. radar). Estos sensores se utilizan para medir los perfiles verticales de aerosoles, la estructura forestal, la precipitación y los vientos, la topografía de la superficie del mar y el hielo, entre otros.

El Sol es la principal fuente de energía observada por los satélites. Los distintos tipos de superficies reflejan diferente cantidad de energía solar. Se denomina albedo a la propiedad que tiene cualquier cuerpo de reflejar la radiación incidente. Por ejemplo, la nieve es una superficie clara y tiene un albedo alto (refleja hasta el 90% de la radiación solar entrante). El océano, es oscuro, con albedo bajo (refleja solo alrededor del 6% de la radiación solar entrante y absorbe el resto). Cuando se absorbe energía, se vuelve a emitir, generalmente en longitudes de onda más largas. En el caso del océano, la energía absorbida la vuelve a emitir como radiación infrarroja. La cantidad de energía que las superficies reflejan, absorben o transmiten varía según la longitud de onda.

#### *Bandas y firmas espectrales*



Como la energía reflejada varía según el tipo de superficies se la puede utilizar para identificar diferentes características de la Tierra, funciona igual que nuestras huellas digitales y se denomina **firma espectral**. Gracias a la firma espectral es posible identificar distintos tipos de rocas y minerales, agua clara y turbia, humedad del suelo, diferente tipo de vegetación, estado de la vegetación, etc). Fig. 3.



Fuente: NASA - Jeannie Allen <https://go.nasa.gov/3Dnmbk2> Fuente: NASA - Eric Brown de Colstoun <https://go.nasa.gov/2Pk20k8>



Firmas espectrales obtenidas con el Software MultiSpec <https://bit.ly/3HinHhz>

Fig. 3. Firmas espectrales: (a) de diferentes características de la Tierra. (b) de vegetación. (c) Ejemplos de firmas espectrales en distintos píxeles de la imagen satelital de Rondonia, tomada por el satélite Landsat 8 el 27/07/17.

Una imagen digital está formada por píxeles (o cuadros) cuyo color representa un número cada uno. Por lo tanto, una imagen es una matriz de números en escala de grises que varían entre 0 (blanco) y 255 (negro). Cualquier otro valor dentro de ese rango, es una variación de gris. (Fig. 4)

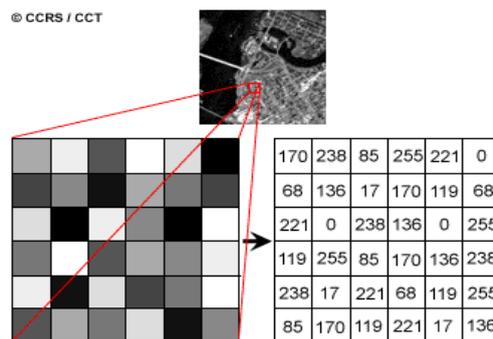


Fig. 4. Imagen satelital y matriz numérica de una banda de imagen satelital Landsat 7. Cada pixel (o cuadro) representa una superficie de terreno de 30m x 30m y un determinado color de brillo. Fuente: <https://www.nrca.gc.ca/>

Cada imagen satelital tiene múltiples bandas que representan distintas longitudes de onda del **espectro electromagnético** [Fig. 5 (a)]. Los sensores de la mayoría de los satélites utilizan desde el **infrarrojo** hasta el **ultravioleta**, incluyendo la **luz visible**. Las bandas representan datos de las regiones visibles, y del infrarrojo (infrarrojo de onda



corta, infrarrojo cercano e infrarrojo medio). [Fig. 5 (b)] Cuando [combinamos las bandas](#) en una imagen RGB para obtener un color similar al natural estamos trabajando con tres matrices, una por canal de color: Rojo (Red), Verde (Green) y Azul (Azul). [Fig. 5 (d)] Como en el caso de las imágenes en escala de grises, 0 representa la ausencia absoluta de color y 255 la presencia total de la tonalidad correspondiente a un canal en particular. Para observar otros aspectos que se reflejan en bandas infrarrojas u otras en longitudes de onda que nuestros ojos no las perciben, se le asignan uno de los colores RGB y se obtiene el falso color. [Fig. 5 (c)]

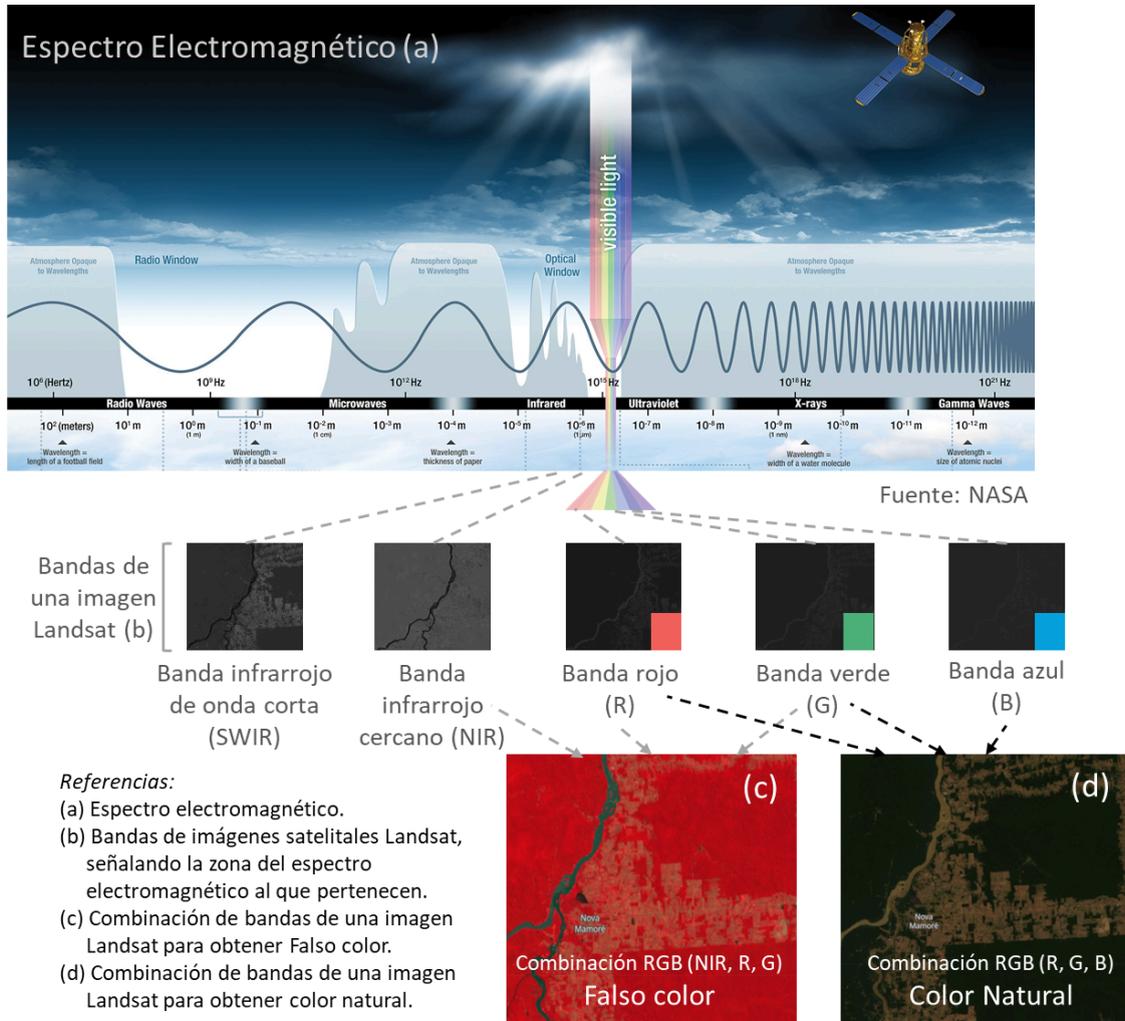


Fig. 5. Combinación de bandas de imágenes satelitales Landsat para visualizar diferentes aspectos. Fuentes: NASA y Landsat.

### Índices

Como las imágenes satelitales son matrices, es posible realizar cálculos con ellas para detectar otros aspectos no visibles con la combinación de colores. Los índices se obtienen a partir de cálculos con las matrices que forman cada banda de las imágenes satelitales. Este cálculo se realiza utilizando algún [software](#) específico y como resultado se obtiene una nueva imagen donde se destacan gráficamente los píxeles relacionados con el parámetro que estamos midiendo. Ej. Los índices de vegetación destacan parámetros de las coberturas vegetales: densidad, índice de área foliar, actividad clorofílica y otros. Por ejemplo, los detalles de los cambios en la cobertura vegetal se analizan fácilmente al aplicar índices. El Índice de Vegetación de Diferencia



Normalizada (conocido por sus siglas en inglés como [NDVI](#) - Normalized Difference Vegetation Index) es el más utilizado, pero existen varios [índices similares](#). El NDVI permite estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación basándose en la medición de la intensidad de la radiación de algunas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja. Las bandas varían según el tipo de satélite. Algunos visualizadores generan automáticamente los índices más comunes. Los valores altos del NDVI indican una vegetación saludable, los valores bajos indican que la vegetación se está secando (puede ser por estrés hídrico, enfermedades, incendios, etc). Fig. 6.

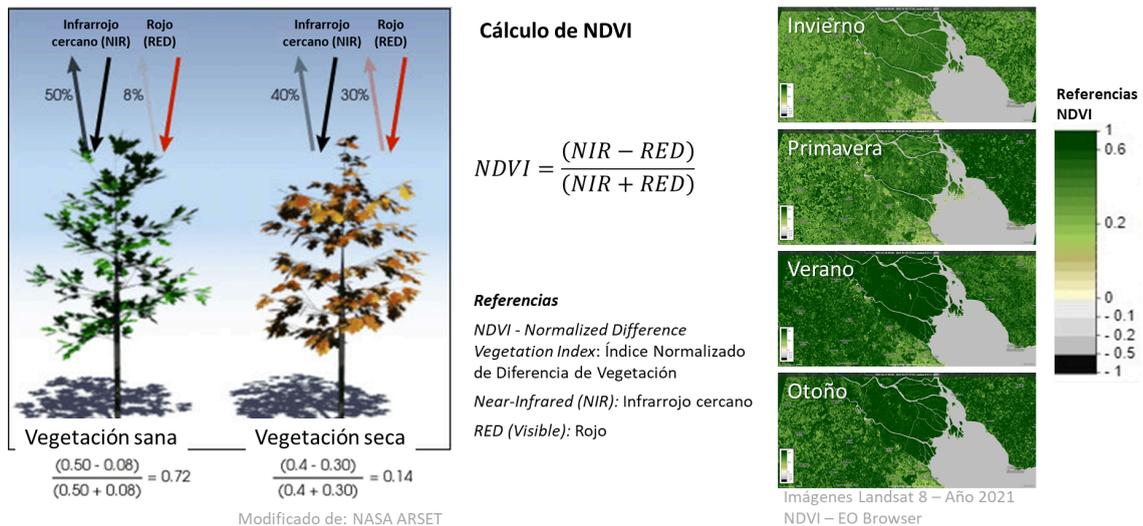


Fig. 6. Cálculo e imágenes satelitales del Delta del Río Paraná procesadas con el índice NDVI. Los cambios estacionales en la vegetación se detectan con distintas intensidades de color.

Se han desarrollado [índices espectrales](#) para analizar diferentes aspectos en imágenes satelitales que tiene aplicación en ecología, agricultura, desastres (inundaciones, incendios, etc.), recursos acuáticos, geología, etc. Todos utilizan cálculos utilizando diferentes bandas de las imágenes satelitales.

### Preguntas de investigación orientadoras

- ¿Por qué algunas zonas se incendian con más frecuencia que otras?
- ¿Qué relación hay entre las precipitaciones y el tipo de vegetación? ¿Qué tipo de vegetación hay en mi entorno local y cómo se distribuyen las precipitaciones a lo largo del año?
- ¿Qué ocurre cuando cambian los patrones de precipitación en mi entorno? ¿Se conoce alguna consecuencia local/regional que tenga relación con el fenómeno ENSO?
- ¿Cuáles son las condiciones que permiten un florecimiento masivo de las plantas en el desierto? ¿En qué sitios ocurren floraciones en el desierto, además de Atacama?

### Conceptos científicos

- Ecosistemas. Bosques. Praderas. Desiertos.
- Cobertura terrestre
- Ondas y espectro electromagnético.

- Gráficos. Histogramas
- Imágenes satelitales

## Materiales y herramientas

1. ArcGIS StoryMaps <https://storymaps.arcgis.com/>
2. Worldview <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>
3. EO Browser App <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>

**Seleccionar idioma**

**Herramientas para seleccionar combinación de bandas e índices**

**Herramientas de mediciones**

**Clic en personalizar para abrir Composite**

**Arrastrar las bandas para hacer el índice.**  
En este ejemplo R(B11) G(B12) B (B07) que permite ver características del desierto

**Arrastrar las bandas para hacer el índice.**  
En este ejemplo Índice de Suelo Desnudo (BSI - Bare Soil Index)

**Cálculo Índice BSI**

$$BSI = ((Red+SWIR) - (NIR+Blue)) / ((Red+SWIR) + (NIR+Blue))$$

$$BSI (Sentinel 2) = (B11 + B4) - (B8 + B2) / (B11 + B4) + (B8 + B2)$$

**Paleta para asignar colores al índice**

Fig. 7. Infografía de herramientas de EO Browser App. Fuente: Elaboración propia a partir de capturas de pantalla de la app.

## Análisis de casos:

**Caso 1:** Análisis de áreas quemadas (bosque y la ciudad [Villa Santa Olga](#)) Chile. Enero de 2017.

- Google Map - [Localización](#)



- [Climograma](#) del promedio de temperaturas y precipitaciones.
- [Cobertura arbórea. Ganancia y pérdida.](#)

## Worldview

- Focos de [calor](#), [humo](#) y [luces del fuego en la noche](#) (consideren que también aparecen las luces de las ciudades, cambie de fechas para diferenciar con las luces del fuego). Incendio en la ciudad 26/01/17, chequear días anteriores y posteriores al incendio. Observar los incendios cercanos a la ciudad y utilizar la regla (derecha, debajo de la pantalla) para medir distancias a los focos de calor.
- Condiciones ambientales: a) [Precipitaciones](#), b) [Temperatura](#)
- Genera un [video](#) en Worldview con cada grupo de datos consultados.

## EO Browser (consultar herramientas en la Fig. 7):

1. Imagen Sentinel Falso color [antes del incendio](#) 19/01/2017
2. Imagen Sentinel Falso color [posterior al incendio](#) 20/03/2017
  - Utilice la regla (a la derecha de la pantalla) para medir el área quemada y las distancias desde las ciudades cercanas al límite de la zona incendiada.
3. Imagen Sentinel Falso color [después de 6 años](#) 28/01/2023

## En las imágenes de EO Browser realice lo siguiente:

1. Consulte las imágenes en falso color y analice los cambios.
2. Seleccione el índice NDVI (a la izquierda de la pantalla) y luego el histograma (a la derecha de la pantalla). Compare los resultados de las imágenes. Si desea medir un área específica puede dibujar el área y luego seleccionar el histograma.
  - a. Realice lo mismo para los índices NDMI (Moisture Index – humedad del suelo) y SWIR (para conocer el agua presente en la vegetación y el suelo).
  - b. Consulte el **histograma** (a la derecha de la pantalla), abra el menú del índice que está observando (a la izquierda de la pantalla) para ver la referencia de los colores. Analice el histograma comparando los valores con los de la referencia.
  - c. Puede dibujar un área y hacer el mismo análisis para ese sector en particular.
3. Para hacer una nueva **combinación de bandas** vaya a personalizar (izquierda abajo) y seleccione **composite**.
  - a. Arrastre las bandas a los círculos para hacer la combinación RGB: (R) 11, (G) 8 y (B) 3.
  - b. Compare la nitidez con la que observa el área incendiada con respecto a las visualizaciones anteriores.
4. **Genere un índice.** Para mejorar el análisis utilice Índice de Calcinación Normalizado (NBRI - Normalized Burned Ratio Index) que es sensible a los cambios en la vegetación y se utiliza para detectar áreas quemadas y posteriormente monitorear la recuperación del ecosistema.
  - a. Vaya a personalizar (izquierda abajo) y seleccione **Index**. Aparecerá la fórmula para colocar las bandas. En el sitio A (ubique la banda B8) y en el sitio B (ubique la banda B12) correspondiente al siguiente cálculo:

$$\text{NBRI} = (\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR})$$

$$\text{NBRI (Sentinel 2)} = (\text{B8} - \text{B12}) / (\text{B8} + \text{B12})$$



- b. Luego vaya a **umbral** y seleccione una paleta de colores para colorear la imagen.
5. Realice una presentación comparando los resultados obtenidos antes y después del incendio para analizar el impacto. También después de 6 años para evaluar si se ha recuperado.

Caso 2: Análisis del “[desierto florido](#)”. Floración rápida luego de las lluvias en el Desierto de Atacama.

- Google Map - [Localización](#)
- [Climograma](#) del promedio de temperaturas y precipitaciones.

1. Floración 2017

Worldview:

- NDVI - Floración de junio a noviembre (máximo en [agosto](#))
- Condiciones ambientales: a) [Precipitaciones](#), b) [Temperatura](#)
- Genera un [video](#) en Worldview con cada grupo de datos consultados.

EO Browser (consultar herramientas en la Fig. 7):

- [Falso color](#), [NDVI](#), [Moisture Index](#) (NDWI – Humedad del suelo), [SWIR](#) (Short Wave InfraRed - cantidad de agua presente en la vegetación y en el suelo)

2. Floración 2021

Worldview:

- NDVI - Floración de agosto a octubre (máximo en [agosto - septiembre](#))
- Condiciones ambientales: a) [Precipitaciones](#), b) [Temperatura](#)
- Genera un video en Worldview con cada grupo de datos consultados.

EO Browser (consultar herramientas en la Fig. 7):

- [Falso color](#), [NDVI](#), [Moisture Index](#) (NDWI – Humedad del suelo), [SWIR](#) (Short Wave InfraRed - cantidad de agua presente en la vegetación y en el suelo)

3. Desierto sin flores:

Worldview:

- [NDVI](#) - Desierto sin flores
- Condiciones ambientales: a) [Precipitaciones](#), b) [Temperatura](#)
- Genera un video en Worldview con cada grupo de datos consultados.

EO Browser (consultar herramientas en la Fig. 7):

- [Falso color](#), [NDVI](#), [Moisture Index](#) (NDWI – Humedad del suelo), [SWIR](#) (Short Wave InfraRed - cantidad de agua presente en la vegetación y en el suelo)

En las imágenes en EO Browser de las floraciones (2017 y 2021) y del desierto sin flores, realice lo siguiente:

1. Consulte las imágenes en falso color y analice los cambios.
2. Seleccione el índice NDVI (a la izquierda de la pantalla) y luego el histograma (a la derecha de la pantalla). Compare los resultados de las imágenes. Si desea medir un área específica puede dibujar el área y luego seleccionar el histograma.
  - a. Realice lo mismo para los índices NDMI (Moisture Index – humedad del suelo) y SWIR (para conocer el agua presente en la vegetación y el suelo).



- a. Consulte el **histograma** (a la derecha de la pantalla), abra el menú del índice que está observando (a la izquierda de la pantalla) para ver la referencia de los colores. Analice el histograma comparando los valores con los de la referencia.
  - b. Puede dibujar un área y hacer el mismo análisis para ese sector en particular.
3. Para hacer la **combinación de bandas** vaya a personalizar (izquierda abajo) y seleccione **composite**.
- a. Arrastre las bandas a los círculos para hacer la combinación para hacer la combinación RGB: (R) 8A, (G) 11 y (B) 12. También pruebe con la combinación de bandas RGB: (R) 8, (G) 4 y (B) 3.
  - b. Compare la nitidez con la que observa el área con vegetación con respecto a las visualizaciones anteriores.
4. **Genere un índice.** Se han desarrollado índices para visualizar flores (para aplicarlos en los cultivos de canola y en sus flores amarillas), pero no son aplicables a este tipo de flores. En cambio, el Índice Infrarrojo de Diferencia Normalizada (**NDII - Normalized difference infrared index**) mide el contenido de agua de las copas de la vegetación y es más claro para detectar el área con plantas en el desierto.
- a. Vaya a personalizar (izquierda abajo) y seleccione **Index**. Aparecerá la fórmula para colocar las bandas. En el sitio A (ubique la banda B8) y en el sitio B (ubique la banda B11) correspondiente al siguiente cálculo:
- $$\text{NDII} = (\text{NIR} - \text{SWIR } 1) / (\text{NIR} + \text{SWIR } 1)$$
- $$\text{NDII (Sentinel 2)} = (\text{B8} - \text{B11}) / (\text{B8} + \text{B11})$$
- c. Luego vaya a **umbral** y seleccione una paleta de colores para colorear la imagen.
5. Realicen una presentación comparando los resultados en ambas floraciones y del desierto sin flores.

## Qué hacer y cómo hacerlo

### - Inicio

Muestre a sus estudiantes los siguientes videos: a) [La NASA muestra dos décadas de nieve y lluvia](#), b) [El cambio climático podría afectar la agricultura mundial en 10 años](#) y c) [El espectro electromagnético](#). También los sitios web: a) [Eyes on the Earth](#), b) [Sentinel 2 Bands and Combinations](#)

Luego compartan ideas sobre la utilidad de la información satelital para tomar decisiones en la vida diaria. También sobre el uso de diferentes ondas del espectro electromagnético para obtener información sobre la Tierra.

### - Desarrollo

1. Pida a los estudiantes que lean la introducción a esta actividad y realicen un mapa conceptual con la información. *(En la introducción se brindan los fundamentos básicos de la teledetección con links para ampliar la información o aclarar aspectos si es necesario).*
2. Divida la clase en grupos y asigne un caso a cada grupo para analizarlo.
  - a. Miren en Google Map la imagen satelital actual. ¿Qué ven en esa imagen (bosque, desierto, ciudades, rutas, ríos, etc.)?



- b. Analicen el climograma de los promedios de precipitaciones y temperaturas de ese lugar.
  - c. Consulten las condiciones ambientales durante los eventos analizados y realicen un video en Worldview.
 

*Nota: En WorldView pueden cambiar de mes y de año, abajo a la izquierda*
  - d. Consulten las imágenes de EO Browser, analicen las combinaciones de bandas y los índices. Utilice las combinaciones e índices que se indican (si lo desean pueden probar con diferentes bandas y analizar la visualización).
3. Pida a sus estudiantes que elaboren una presentación sobre el caso analizado. Pueden hacer una historia con mapas (utilizando ArcGIS StoryMaps), una presentación con diapositivas o un video.
  4. Reúna a todos los grupos y pídale que expliquen los casos analizados.
  5. Completen el mapa conceptual con las características principales de cada caso analizado.

## - Cierre

Debido a la relevancia de ambos eventos es importante elaborar materiales de difusión. Los estudiantes pueden elaborar una historia con mapas ([Story Map](#)), un video, o flyers para postear en redes sociales resumiendo los casos analizados.

## Preguntas frecuentes

¿Dónde encuentro imágenes satelitales? – Worldview – Google Earth – Google Map

¿Dónde encuentro información de cobertura boscosa? Global Forest Watch (GFW) posee abundante información sobre los bosques.

¿Dónde encuentro información sobre condiciones ambientales globales y población? [ResourceWatch](#) reúne información de diferentes fuentes.

## Recursos sugeridos

Como extensión de esta actividad los estudiantes pueden consultar las imágenes satelitales de diferentes fechas y lugares para explorar otros sitios de interés e incluso diferentes eventos. Puede utilizar los protocolos del Programa GLOBE para realizar mediciones manuales en su entorno o descargar datos de mediciones realizadas por otras personas. También puede realizar mediciones ambientales para complementar la investigación en base a imágenes satelitales.

## Sitios web

- Esri. (2023) *Galería de índices.* ArcGIS Pro 3.0 <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/data/imagery/indices-gallery.htm>
- GISGeography (2022) *Sentinel 2 Bands and Combinations.* <https://gisgeography.com/sentinel-2-bands-combinations/>
- NASA. (2023) Eyes on the Earth. <https://eyes.nasa.gov/apps/earth/#/>
- USGS (2021) *Common Landsat Band Combinations.* <https://on.doi.gov/3wAKJvd>
- USGS (2022) *What are the best Landsat spectral bands for use in my research?* <https://on.doi.gov/3HEMdLf>



## Videos:

- NASA Climate Change (2021) *How NASA Satellites Help Model the Future of Climate*. Youtube: <https://youtu.be/iAUFVUzZlhl>
- NASA Climate Change. (2021) *NASA: La humedad de la Tierra*. Youtube: <https://youtu.be/YPgmdRYrvjU>
- NASA Climate Change. (2021) *NASA: La Tierra tiene fiebre*. Youtube: <https://youtu.be/R5RcCc3qWMY>
- NASA Climate Change. (2021) *NASA: Las nubes*. Youtube: <https://youtu.be/R5YYdEATivg>
- NASA Climate Change. (2021) *NASA: Los vientos oceánicos*. Youtube: <https://youtu.be/MJSaIFy0CsE>
- NASA Climate Change. (2021) *NASA: Me llamo Aerosol*. Youtube: <https://youtu.be/Dr4Dkm1Ud1E>
- NASA Climate Change. (2021) *NASA: Misión a la Tierra*. Youtube: <https://youtu.be/M0HHZ9vRlPk>
- NASA Climate Change. (2021) *NASA: Problema de gas*. Youtube: <https://youtu.be/4ZvAEQLWDTs>
- NASA en Español (2020) *La NASA muestra dos décadas de nieve y lluvia*. Youtube: <https://youtu.be/HVxosovHlnw>
- NASA en Español (2021) *El cambio climático podría afectar la agricultura mundial en 10 años*. Youtube: <https://youtu.be/hSOMnPJom50>
- ScienceAtNASA (2011) *Tour of the Electromagnetic Spectrum 3. Microwaves*. Youtube: <https://youtu.be/UZeBzTI5Omk> [Español. Traducido por: Antenas y Salud (2015) *El espectro electromagnético 3. Microondas*. Youtube: [https://youtu.be/OCxFv\\_KDdZE](https://youtu.be/OCxFv_KDdZE) ]
- ScienceAtNASA (2011) *Tour of the Electromagnetic Spectrum 4. Infrared Waves*. Youtube: <https://youtu.be/i8caGm9Fmh0> [Español. Traducido por: Dpto. Electricidad Electrónica (2017) *El espectro electromagnético 4. Infrarrojo*. Youtube: <https://youtu.be/DgZKWfRRxKw> ]
- ScienceAtNASA (2011) *Tour of the Electromagnetic Spectrum 5. Visible Light Waves*. Youtube: <https://youtu.be/PMtC34pzKGc> [Español. Traducido por: Dpto Electricidad Electrónica (2017) *El espectro electromagnético 5. Luz visible*. Youtube: <https://youtu.be/BVbbkzygf94> ]
- ScienceAtNASA (2011) *Tour of the Electromagnetic Spectrum 6. Ultraviolet Waves*. Youtube: <https://youtu.be/QW5zeVy8aE0> [Español. Traducido por: Eldador (2011) *El espectro electromagnético 6. Luz ultravioleta*. Youtube: <https://youtu.be/IOKEbZgB2II> ]
- ScienceAtNASA (2011) *Tour of the Electromagnetic Spectrum. Introduction 1*. Youtube: <https://youtu.be/lwfJPc-rSXw> [Español. Traducido por: Antenas y Salud (2015) *El espectro electromagnético. Introducción 1*. Youtube: <https://youtu.be/K-up0o96Vhw> ]

## Otros recursos:

Tutoriales de: Worldview ([video corto](#), [video completo](#), [sitio web](#), [ideas para el aula](#)) EO Browser ([sitio web](#) o [video](#), [infografía](#)) , [Story Map](#)

Traducción automática: [Videos](#), [Sitios web](#)

## **Bibliografía**

- Alonso, D. (2021) *Los 6 Índices de Vegetación para completar el NDVI*. <https://bit.ly/3wx0aEC>
- Auravant (2021) *Índices de vegetación y su interpretación*. <https://bit.ly/3Hfuf0s>
- Brown, C. & Harder, C. (Ed.). (2016). *The ArcGIS® Imagery Book: New View, New Vision*. Esri Press. <https://bit.ly/3YocWRP>
- Esri. (2023) *Galería de índices*. ArcGIS Pro 3.0 <https://bit.ly/3DCLg3W>
- Galilea Ocon, S. (2019) *La tormenta de fuego y la nueva Santa Olga*. Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile. <https://bit.ly/3XLf329>
- Gibbens, S. (2017) *One of Earth's driest places experiences rare flower boom*. National Geographic. <https://on.natgeo.com/40hF0rO>
- GISGeography (2022) *100 Earth Shattering Remote Sensing Applications & Uses*. <https://gisgeography.com/remote-sensing-applications/>
- GISGeography (2022) *Spectral Signature Cheatsheet – Spectral Bands in Remote Sensing*. <https://gisgeography.com/spectral-signature/>
- GISGeography (2023) *What is Remote Sensing? The Definitive Guide*. <https://gisgeography.com/remote-sensing-earth-observation-guide/>
- Harder, C., & Brown, C. (2017). *The ArcGIS book: 10 big ideas about applying the science of where*. Esri Press. <https://bit.ly/3HWGrF7>
- Mehta, A., Schmidt, C. Kuss, A. and Palacios, S. L. (2022) *Fundamentals of Remote Sensing*. NASA Applied Remote Sensing Training Program (ARSET). <https://go.nasa.gov/3WLT12K>
- Morales, A. (2017) *16 programas gratuitos para trabajar con imágenes de satélite*. MappingGIS <https://bit.ly/3XLGJUL>
- NASA Earth Observatory (2014) *Why is that Forest Red and that Cloud Blue? How to Interpret a False-Color Satellite Image*. <https://go.nasa.gov/3Hfov75>
- NASA EarthData (2023) *Data Pathfinders*. <https://go.nasa.gov/3HFmnGW>
- NASA, Science Mission Directorate. (2016). *Tour of the Electromagnetic Spectrum*. NASA Science website: [https://science.nasa.gov/ems/01\\_intro](https://science.nasa.gov/ems/01_intro)
- NASA. Earth Data. (2023) *What is Remote Sensing?* <https://www.earthdata.nasa.gov/learn/backgrounders/remote-sensing>
- Odenwald, S. (2012) *Remote Sensing Math*. NASA Goddard Spaceflight Center. [https://www.nasa.gov/pdf/637834main\\_Remote\\_Sensing\\_Math.pdf](https://www.nasa.gov/pdf/637834main_Remote_Sensing_Math.pdf)
- Odenwald, S. (2015) *Earth Math*. Space Math. NASA Goddard Spaceflight Center. [https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/Earth\\_Math\\_2015.pdf](https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/Earth_Math_2015.pdf)
- The GLOBE Program (2022) *GLOBE Protocol Bundles*. <https://www.globe.gov/es/web/earth-systems/>
- The IDB Project (2023) *List of available Indices*. Index DataBase. A database for remote sensing indices. <https://www.indexdatabase.de/db/i.php?&order=-rcount>



Vicencio Veloso, J. (2022) ¿Más o menos flores en el Desierto florido? Factores que lo influncian. Meteored. <https://bit.ly/3x08sp7>