

Ensayo

PERCEPCIÓN REMOTA SATELITAL AL SERVICIO DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

*SATELLITE REMOTE SENSING AT THE SERVICE OF THE
SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS*

Autor

ADRIÁN MORGADO FLORES

Cómo citar este artículo:
Morgado Flores, A. (2022).
Percepción remota satelital al
servicio de los Objetivos de
Desarrollo Sostenible. *Thélos*,
1(15), 158-175. Santiago de
Chile, Ediciones UTEM.



ADRIÁN MORGADO FLORES

*Cartógrafo. Licenciado en Ciencias de la Cartografía,
Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago
de Chile. Filiación institucional: Universidad
Tecnológica Metropolitana, Santiago de Chile.
Correo electrónico: amorgado@utem.cl.*

*Recibido: 22 de octubre de 2022
Aprobado: 12 de noviembre de 2022
Versión final: 22 de diciembre 2022*

PALABRAS CLAVE

Tecnologías de
la Información
Geográfica, Objetivos
de Desarrollo
Sostenible,
teledetección

KEYS WORDS

Tecnologías de
la Información
Geográfica, Objetivos
de Desarrollo
Sostenible,
teledetección

INTRODUCCIÓN

Una mirada a los Objetivos de Desarrollo Sostenible asumidos el 2015 por los estados miembros de la ONU, en conjunto con diversas ONG, nos muestran, en primer lugar, que cualquier ODS, para ser alcanzado, requiere de un trabajo multidisciplinar y la participación no solo de organismos estatales, sino también de ONG, privados y participación ciudadana; por otra parte, es clara el componente geográfico que encierran, así sean objetivos relacionados con la salud y bienestar, sostenibilidad de ciudades y comunidades, energía, agua y saneamiento o cualquier otro: demandan herramientas de análisis espacial para conocer el comportamiento de las variables en el espacio geográfico.

A este claro componente espacial, se suma un componente temporal; es decir, no solo se trata de responder a preguntas sobre cómo se distribuye una variable en el espacio geográfico, sino también cómo esta variable regionalizada varía en el tiempo.

Por otra parte, estos objetivos abordan problemáticas complejas y, por ende, están involucradas múltiples variables dentro de cada uno de ellos. En síntesis, podemos decir que sea para: evaluar, modelar, planificar, analizar y diseñar, se requieren herramientas tecnológicas especializadas en:

- Variables regionalizadas.
- Análisis espaciales y temporales.
- Análisis multivariable.

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), definidas como: “el conjunto de tecnologías que permiten el acceso, producción, tratamiento y comunicación de información presentada en diferentes códigos” (Belloch, 2011, p. 1), y las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), son herramientas tecnológicas que brindan el soporte y las herramientas de análisis espacial requerido.

Las TIG consideran las técnicas y métodos, sean clásicos o modernos, relativos a cartografía, fotointerpretación y teledetección, como los Sistemas de Información Geográfica (Quirós y Cabero, 2011). Ahora bien, estas técnicas y tecnologías no constituyen una lista cerrada, otros autores consideran el GPS y por ende los GNSS como parte de las TIG (Nieto, 2016).

Tal es la inserción de las TIG que podemos decir que forman parte integral y, más aún, indispensable de nuestra cotidianeidad (Pivesso; Fonseca y Gómez, 2014, p. 131). El GNSS para labores de navegación en automóviles, el uso de cartografía web en dispositivos móviles o herramientas de consulta geográfica como Google Maps, Google Earth y MapCity son parte de las TIG que nos ejemplifican esta afirmación.

Evidentemente, este rápido desarrollo de las TIG ha sido en gran medida resultante de los desarrollos tecnológicos de las TIC, *hardware*, lenguajes de programación, Internet, banda ancha, entre otros, indispensables para su funcionamiento.

El impacto del uso de las TIG es efectivo tanto en el estudio del uso real del espacio geográfico, entendido como “la práctica socioespacial real que ocurre dada la relación de la producción del espacio urbano y sus agentes productores” (Pivesso; Fonseca y Gómez, 2014, p. 133), como en el estudio del uso formal del espacio geográfico, entendido como “la producción del espacio a través de su racionalidad técnica y sistema regulador, el cual se concretiza en el espacio en forma de normas” (Pivesso; Fonseca y Gómez, 2014, p. 134).

Como se mencionó anteriormente, dentro de las TIG encontramos la *teledetección*, cuya definición más sencilla es: medio de observación a distancia o remoto (Chuvienco, 1995, p. 25). Esta disciplina considera distintas plataformas de observación a distancia, tales como: drones, aviones, transbordadores espaciales y también satélites. A este ámbito, el de la teledetección o percepción remota espacial, este artículo se refiere particularmente.

Si damos una mirada general a las TIG relativas a percepción remota satelital que están disponibles actualmente, podemos observar:

- Disponibilidad de imágenes satelitales y de radar.
- *Softwares* específicos para procesamiento, costos y en qué nivel de usuario se enfocan.
- Documentación.

Evidentemente, este artículo es una aproximación y no un estudio riguroso. Se mencionan algunas aplicaciones, sensores, satélites, reservorios de imágenes, pero esta selección surge con el criterio de quien suscribe, considerando que puede representar una guía de acercamiento a esta disciplina, orientada a profesionales de las geociencias que buscan dar sus primeros pasos, o bien a quienes ya están familiarizados con las bases de la disciplina continuar sus procesos de aprendizaje.

1. FAMILIARIZACIÓN DE USUARIOS CON LA DISCIPLINA

Como primer paso se hace necesario clasificar a los usuarios con base en su familiarización con la disciplina y/o los objetivos que esperan alcanzar con sus trabajos y estudios.

1.1 Nivel 1

Considera a los usuarios que buscan utilizar imágenes satelitales para integrarlas a sus Sistemas de Información Geográfica, realizar correcciones básicas de mejoramiento, georreferencias, aplicación de algunos filtros, cálculo de algunos índices y combinaciones de bandas para interpretación de las imágenes.

1.2 Nivel 2

Considera un nivel de profundidad mayor en cuanto a conocimiento. El usuario busca realizar operaciones de cálculo entre bandas, aplicar técnicas de clasificación a partir de procesos realizados sobre la imagen, obtener de ella mapas temáticos, etc.

Existen diversas técnicas de clasificación, incluso algunas de ellas se sustentan en algoritmos de inteligencia artificial. Presentamos dos grupos principales de clasificaciones: supervisadas y no supervisadas, siendo las primeras las que se utilizan en áreas de entrenamiento; es decir, el analista indica, a partir de información de terreno, las características de cada área para que el sistema identifique esas características en el resto de la imagen. En la clasificación no supervisada, el proceso no usa áreas de entrenamiento y la clasificación la realiza el sistema sin información auxiliar.

Si bien la diferencia entre las clasificaciones no supervisada y supervisada son significativas en lo que se refiere al nivel de conocimiento del usuario, en este nivel se han considerado en conjunto.

1.3 Nivel 3

Este nivel considera usuarios con experiencia y conocimientos en los niveles 1 y 2, pero que requieren realizar estudios avanzados para desarrollar y programar algoritmos, realizar trabajo combinado con espectrómetros terrestres, creación y/o ajuste de librerías espectrales, así como aplicar técnicas de clasificación combinando técnicas. Se trata de un nivel orientado a la investigación y desarrollo.

2. SIG Y PERCEPCIÓN REMOTA

Actualmente los Sistemas de Información Geográfica incluyen múltiples herramientas básicas relacionadas con percepción remota, tales como:

2.1 ArcGis y ArcGis Pro

Los sistemas ArcGis y ArcGis Pro cuentan con múltiples herramientas para procesamiento, cubriendo ampliamente lo considerado en el nivel 1, gran parte de lo considerado en el nivel 2 e incluso herramientas de clasificación por *deep learning* que corresponden al nivel 3. Si bien estos sistemas requieren del pago de licencias, son una excelente alternativa para organizaciones y empresas que, por políticas internas, no estén abiertas al uso de sistemas de código abierto (*open source*) ni a *software* gratuito.

Una descripción más completa sobre las potencialidades de ArcGis puede ser consultada en el sitio de ESRI, dedicado a imágenes y percepción remota integrados a SIG (ESRI, 2022).

2.2. QGIS

El sistema de Información Geográfica QGIS es un sistema libre y de código abierto. En su versión estándar (sin considerar complementos), permite realizar múltiples tareas relacionadas con percepción remota básica. Despliegue, georreferenciación, mosaicos, filtros, combinaciones de bandas pueden ser realizadas en este sistema sin recurrir a complementos.

Un punto para considerar es que correcciones atmosféricas básicas, como DOS-1 o de substracción de objetos oscuros (Chavez, 1988), son utilizadas hasta hoy. Si bien no son aplicables a todo tipo de estudio de percepción remota, son necesarias para procesos simples y los algoritmos para aplicarla no se encuentran

en el sistema en su versión estándar, pero están incluidos en complementos para QGIS como SCP.

2.2 Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)

No es un sistema en sí, sino un complemento para QGIS que considera múltiples herramientas de procesamiento de imágenes:

Preprocesamiento, entre otras herramientas, cuenta con:

- Corrección DOS-1.
- *Pansharpening*, aplicable a imágenes que cuentan con una banda pancromática de mayor resolución espacial, permite crear bandas de resolución espacial igual a la pancromática con las bandas en la porción visible del espectro).
- Convertir la temperatura a grados Celsius.
- *Stack* de bandas (agrupado en bandas de una misma imagen).
- Procesamiento cuenta con:
 - Clasificaciones semisupervisadas (uso de áreas de entrenamiento).
 - Clasificación por Random Forest.
 - Combinaciones de bandas y radio *compósitos*.
 - Análisis de componentes principales.

Herramientas de posprocesamiento:

Herramientas de reclasificación, filtrado, conversión a vectorial, reporte y clasificación cruzada entre otras.

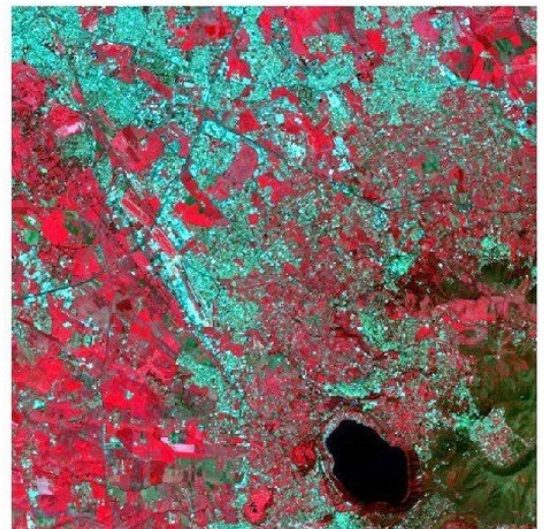
Un documento que presenta las herramientas que posee SCP en forma didáctica lo encontramos en el sitio del manual de SCP (Semiautomatic Classification Manual-v5, 2017).

QGIS, en conjunto con el complemento SCP, brinda un sistema de percepción remota que cubre los niveles 1 y 2 en casi su totalidad y, por ser software libre, se transforma en una excelente alternativa de investigación y educación que no representa más inversión que lo relativo a hardware.

Figura 1. Combinación de bandas con Landsat 8 (OLI)



RGB = 432



RGB = 543

Fuente: Semiautomatic Classification Manual-v5, 2017.

3. SOFTWARE ESPECIALIZADO EN PERCEPCIÓN REMOTA

A continuación, mencionaremos un sistema específico para percepción remota, con modalidad de licenciamiento pago. Este sistema cubre todos los niveles de usuario descritos anteriormente y su uso es recomendado para usuarios avanzados.

3.1 ENVI

Sistema completo que trabaja con imágenes de los sensores más utilizados. Posee módulos para labores específicas, como por ejemplo uso de LiDAR.

En su versión *server*, permite trabajar directamente con los servidores de ENVI. Si consideramos que este servicio se brinda con equipos especializados para estas tareas, los requerimientos de hardware del usuario son mínimos, dado que todos los procesos se realizan en el servidor.

Una descripción de las características de este sistema las encontraremos en el sitio de Geospace-solution (Geospace Solutions, s. f.).

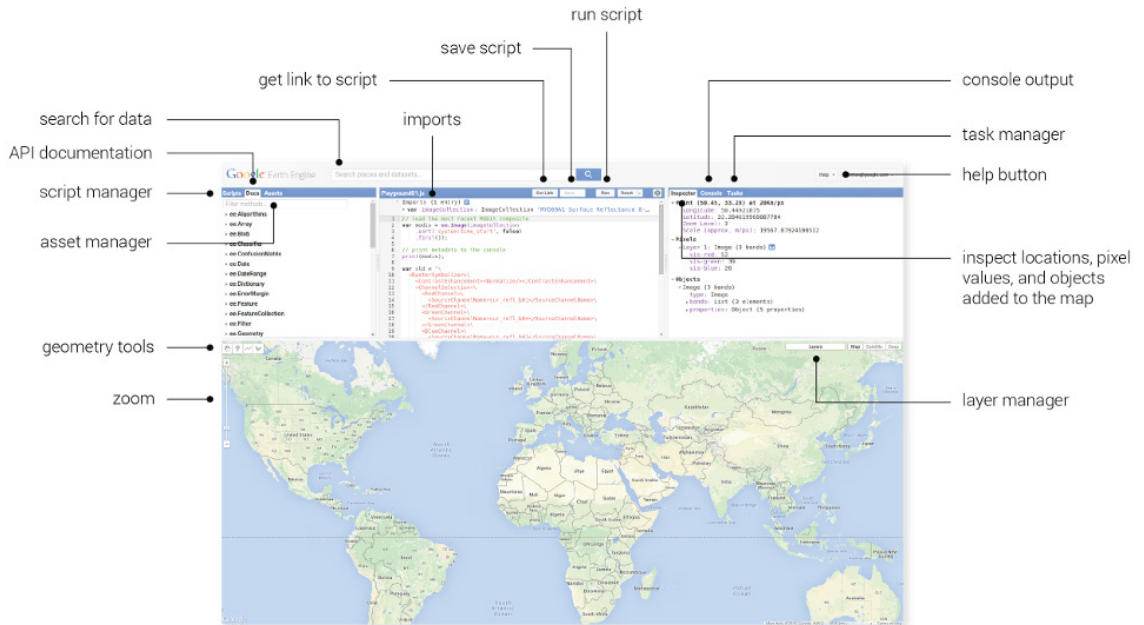
4. PLATAFORMA DE TRABAJO ONLINE

4.1 Google Earth Engine

Existen plataformas de trabajo online, como Google Earth Engine. El uso de esta plataforma permite el trabajo *online* haciendo uso de una extensa librería de imágenes disponibles en el mismo sitio. Google Earth Engine aplica para casi todos los niveles de usuario descritos anteriormente. Cuenta con una versión gratuita y una versión paga que considera capacidades de almacenamiento y otras funcionalidades.

En el sitio de Google Earth Engine se puede ver una descripción de la plataforma (Google Earth Engine, 2022).

Figura 2. Vista del entorno de edición de código de Google Earth Engine



Fuente: Sitio web Google Earth Engine (Google Earth Engine, 2022).

5. TRABAJO DIRECTO CON LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Esta modalidad de trabajo requiere un entrenamiento básico en programación y se basa en que la utilización de un lenguaje de computación y librerías específicas en las que el usuario puede organizar su propio laboratorio de trabajo.

5.1 Lenguaje R

Un buen ejemplo de esta modalidad es el uso del lenguaje R, del cual una característica para destacar es la capacidad de ejecución en casi cualquier sistema operativo, no estando limitado a SO específicos, como algunas de las aplicaciones mencionadas.

Un buen ejemplo del uso de R y una guía completa sobre el uso de R para procesamiento lo encontramos en el libro *Ráster con R* (Verdugo, 2021). Es importante destacar que esta obra está construida pensando en el autoaprendizaje y considera tanto teoría como ejercicios acompañados de código a modo de ejemplo.

5.2 Python

Es importante mencionar a Python como un lenguaje de enorme utilidad en lo referente a geomática en general, no solo percepción remota.

Existen diversas librerías que permiten realizar análisis espacial, sea directamente utilizando un IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) como Spyder, o bien utilizando una interfaz web que permite incluir no solo código, sino también imágenes, texto y otros, como Jupyter Notebook.

En resumen, con Python no solo es factible desarrollar labores de percepción remota, como nos muestra Verdugo (2021) con R, sino también construir herramientas propias e integrarlas a QGIS. Asimismo, ArcGis nos permite el uso de Python en automatización de procesos y creación de herramientas.

6. DISPONIBILIDAD Y DESCARGA DE IMÁGENES

En lo que respecta a imágenes de satélite, existe una gran variedad de plataformas y sensores, siendo las más requeridas para estudios ambientales: Landsat (sensores MSS, TM, ETM, OLI), Modis, Sentinel, Aster; también imágenes de radar como Alos-Palsar para la elaboración de modelos digitales de elevación, creación de curvas de nivel, modelos de sombreado (*hillshade*), modelos de pendientes, etc. Estos sensores poseen bandas no solo en la porción visible del espectro, sino también

en el infrarrojo y termal, característica fundamental para el análisis de variables ambientales.

Gran parte de estas imágenes pueden ser descargadas sin costo en plataformas especializadas como:

6.1 Earth Explorer

Plataforma del Servicio Geológico de los Estados Unidos de América (USGS) del cual se pueden descargar imágenes de todos los sensores mencionados y otros, incluidos algunos sensores de alta resolución espacial (USGS, 2022).

6.2 Alaska Satellite Facility

Esta plataforma educativa permite la descarga de imágenes de diversos sensores y gran variedad de datos e imágenes de radar (Earth Data, NASA, 2022).

7. INFORMACIÓN TÉCNICA EN LA WEB Y UN ESTUDIO EJEMPLO

Una búsqueda en Google Académico sobre *remote sensing for environment* arroja alrededor de 2.300.000 resultados. Si acotamos la búsqueda a resultados en español, se restringe a 15.300, lo que entrega un acercamiento a la cantidad de estudios realizados en este ámbito.

Es importante tener en consideración que el proyecto Landsat ya cuenta con 50 años (NASA, 2022). En otras palabras, se cuenta con imágenes desde hace 50 años, lo que no solo ejemplifica los años de trayectoria de la disciplina, sino también entrega información valiosa si se considera que imágenes desde principios de la década de 1970 están disponibles para análisis temporales.

Un ejemplo de la utilización combinada de algunas herramientas TIG mencionadas en este artículo lo encontramos en el estudio sobre turberas, de Henríquez (2021). En él, imágenes Sentinel se aplican al estudio de ArcGis (Arc Map), Google Earth Engine, R, entre otros en procesos que consideran:

- Correcciones.
- Mosaicos.
- Múltiples índices NDVI, NDWI, MSAVI2, NDMI y MSI.
- Clasificación supervisada basada en Random Forest.

8. CONCLUSIÓN

El cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS, suscritos por nuestro país en la ONU, demandan un trabajo coordinado y multidisciplinar no solo de los organismos gubernamentales, sino transversal de nuestra comunidad.

Las Tecnologías de la Información Geográfica TIG son una herramienta fundamental para el conocimiento de nuestro ambiente. Dentro de las TIG, la percepción remota satelital cumple un rol preponderante.

En este breve artículo se ha realizado una revisión general de herramientas tecnológicas que pueden ser utilizadas en este ámbito en diferentes niveles. Una conclusión evidente es que el escenario actual permite, casi sin costo, la utilización de TIG no solo por profesionales que requieren realizar estudios medioambientales, sino también como una poderosa herramienta de apoyo al aprendizaje y divulgación de temáticas ambientales, relativa a los ODS que nos comprometen a todos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Belloch, C. (2011). *Las Tecnologías de la Información Geográfica*. Pp. 1-4. Recuperado de: <https://www.uv.es/~bellohc/pdf/pwtic1.pdf>.

Chávez, P. (1988). An Improved Dark-Object Subtraction Technique for Atmospheric Scattering Correction of Multispectral Data. *Remote Sensing of Environment*, (24), 459-479.

Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Madrid, España: Rialp.

Congedo, Luca. (2012.2017) *Semiautomatic Classification Manual-v5* [2012- 2017]. Recuperado de: https://semiautomaticclassificationmanual-v5.readthedocs.io/es/latest/remote_sensing.html#remote-sensing

Earth Data (NASA). (2022). *Alaska Satellite Facility*. Recuperado de: <https://asf.alaska.edu/>.

ESRI (2022). *Imagery and Remote Sensing. Integrated with GIS*. Recuperado de: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/imagery-remote-sensing/overview>.

Geospace Solutions (s. f.). Recuperado de: <https://www.geospace-solutions.com/envi>.

Google Earth Engine (2022). *Google Earth Engine Platform*. Recuperado de: <https://earthengine.google.com/platform/>

Henríquez, P. (2021). *Mapeo de turberas naturales y antropogénicas en la comuna de Chonchi de la Región de Los Lagos, mediante técnica de percepción remota Y a Y*. Recuperado de: <http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/9348/1/TESIS%20MAPEO%20DE%20TURBERAS%20NATURALES%20Y%20ANTROPOGENICAS.Image.Marked.pdf>.

NASA (2022). *Landsat cumple medio siglo observando la Tierra desde el espacio*. Recuperado de: <https://ciencia.nasa.gov/landsat-cumple-medio-siglo-observando-la-tierra-desde-el-espacio>.

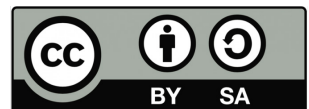
Nieto Masot, A. (2016). *Tecnologías de la Información Geográfica en el análisis espacial. Aplicaciones en los Sectores Público, Empresarial y Universitario*. Universidad de Extremadura: España. Pp. 9-10.

Pivesso, N.; Fonseca, L. y Gómez, M. (2014). Las Tecnologías de la Información Geográfica como posibilitadora del análisis y el estudio del uso real y del uso formal del espacio urbano. XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, Pp. 130-134.

Quirós, M. y Cabero, V. (2011). *Tecnologías de la Información Geográfica (TIG). cartografía, fotointerpretación, teledetección y SIG*. Ediciones Universidad de Salamanca: España.

USGS (19,9 ,2022). Earth explorer. Recuperado de: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Verdugo, D. (2021). *Ráster con R. Esto va de filas y columnas, cotas y pixeles*. [s.d.]:Chile. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/358279977_rasterR



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-Compartir Igual 4.0 Internacional. Atribución: debe otorgar el crédito apropiado a la Universidad Tecnológica Metropolitana como editora y citar al autor original. Compartir igual: si reorganiza, transforma o desarrolla el material, debe distribuir bajo la misma licencia que el original.