

Composición de Imágenes con Sentinel 2 en GEE

A. Martín Ramírez Rabelo

10 de febrero de 2021

Resumen

Se usará la plataforma de *Google Earth Engine* (GEE) para crear una combinación de bandas en imágenes de satélite Sentinel con filtros del espectro de luz que hacen resaltar características particulares de terreno como zonas de cierto tipo de vegetación o cuerpos de agua. Todo esto a través de un script escrito en GEE que accede a la base de datos del satélite Sentinel-2 para descargar imágenes tomadas en un intervalo de tiempo seleccionado.

1. Introducción

Desde hace décadas se están produciendo imágenes satelitales para el mundo entero. Sin embargo, ha habido un rezago tecnológico que ha impedido poder analizar la extensa cantidad de información satelital disponible. Hasta fechas recientes la mayoría de los estudios se enfocaban en regiones relativamente reducidas y períodos cortos. No obstante, el potencial de estas imágenes permite afrontar problemas a escalas globales y abarcar períodos largos. Google Earth Engine es una herramienta innovadora, que permite realizar análisis geoespaciales usando procesamiento y acervos de datos en la nube. De este modo, se convierte en una opción interesante para solucionar el rezago tecnológico, y así poder examinar las grandes bases de imágenes satelitales.

1.1. GEE

Actualmente existe una enorme cantidad de información satelital obtenida a escala global, recopilada por diferentes sensores que pertenecen a diferentes proyectos o agencias. Sus datos son de diferente naturaleza como, por ejemplo, observaciones atmosféricas de elevación, así como respuestas de la cubierta de la Tierra en varias porciones del espectro electromagnético, registradas con varias resoluciones espaciales y temporales. Recolectados durante varios años, o incluso dé-

cadas, conforman un vasto repositorio. Hoy, los datos recolectados por diferentes sensores, como Landsat (U.S Geological Survey, 2018), MODIS (MODIS Characterization Support Team, 2017) o Sentinel (European Space Agency, 2015), se distribuyen de forma gratuita.

Es así que los estudios basados en percepción remota se han visto limitados no por la falta de información, sino, al contrario, por la ausencia de capacidad para analizar todos los datos disponibles. Esto ha dado como resultado investigaciones a escalas locales o regionales o de baja resolución espacial o temporal. En ocasiones, los análisis para el monitoreo de los cambios de cubierta del suelo pueden demorar mucho, de modo que los resultados no son útiles para el apoyo a acciones de fiscalización y de respuesta rápida.

Google Earth Engine (GEE, <https://earthengine.google.com>) nació a finales del 2010 como una forma para eliminar esa limitante computacional y permitir a los usuarios realizar análisis complejos, involucrando grandes cantidades de datos y expandiendo la frontera de la ciencia en percepción remota. Esta plataforma de análisis permite procesar información geoespacial en la nube sin necesidad de ocupar la memoria de la computadora del usuario. Al mismo tiempo, GEE está ligado directamente a varios programas satelitales que permiten integrar en las bases de datos las imágenes que acaban de ser tomadas. GEE es, por lo tanto, una solución

innovadora para el manejo de los datos masivos (“Big Data”), que permite afrontar problemas globales, dando resultados velozmente. De esta manera, permite proponer y actuar en soluciones para dichos problemas de forma ágil.

1.1.1. La plataforma

GEE está compuesto por cuatro elementos principales. El primero es la infraestructura de Google, la cual pone a disposición del usuario sus servidores, permitiendo así hacer análisis en paralelo con cerca de 10 000 CPUs. Esto agiliza la velocidad de procesamiento, en comparación con una computadora individual. Por ejemplo, el desarrollo del mapa global sin nubes a 15 m de resolución de Google Earth y Google Maps, usando estos servidores tardó un par de días, mientras que si se hubiera usado una computadora personal la demora habría sido de 14 años.

El segundo elemento es el acervo de datos (datasets). Google tiene almacenado todas las imágenes de varios sensores (Landsat, Sentinel, MODIS, entre otros). Estas bases de datos se actualizan a medida que se toman nuevas imágenes (cerca de 6000 nuevas escenas diarias), creando así un enorme catálogo de datos geoespaciales. Estas bases se pueden consultar a través de diferentes criterios (calidad, localización, fechas) sin necesidad de descargar ni solicitar acceso a las imágenes. Igualmente, GEE permite usar información vectorial, pero a diferencia de las imágenes, los vectores no se encuentran organizados en un catálogo y su búsqueda puede resultar tediosa.

El tercer elemento es la API (Application Program Interface); consiste en una serie de comandos y funciones preestablecidas, escritos en lenguaje JAVA, que permite una programación sencilla al desarrollar algoritmos para las investigaciones. Sin embargo, dichas funciones no pueden modificarse y tampoco se puede acceder a su código. Esto impide al usuario realizar modificaciones para lograr análisis alternativos a los preestablecidos. De esta manera, se limita la flexibilidad de programación del usuario, siendo algo restrictivo ya que solo se permite usar las funciones del API. Cabe mencionar que existe

también un API para el lenguaje Python, pero debe ser descargado. Esto limita el procesamiento ya que consume memoria de la computadora del usuario.

Finalmente, el cuarto elemento es el Code Editor; es un entorno de desarrollo e integrado en línea, donde se juntan todos los elementos. Aquí es donde el usuario puede, a través de código de trabajo (“scripts”), llamar a los datos, procesar y visualizarlos de manera virtual con los servidores de Google, teniendo así sus resultados e información en la nube.

Cabe destacar que, si bien GEE usa sus propios acervos, también permite que el usuario cargue a la plataforma sus propios datos en formato ráster o vectorial. De la misma forma, a pesar de que el procesamiento se haga en la nube de GEE, existe una función para poder descargar la información generada al almacenamiento Google Drive del usuario.

1.2. Sentinel-2

Los Sentinel son una nueva flota de satélites diseñada específicamente para proporcionar los abundantes datos e imágenes de que se nutre el programa Copernicus, de la Comisión Europea.

Este programa único de vigilancia medioambiental, está cambiando drásticamente la forma en que es gestionado nuestro entorno, cómo se entiende y se abordan los efectos del cambio climático.

Sentinel 2 llevan una innovadora cámara multispectral de alta resolución, con 13 bandas espectrales que aportan una nueva perspectiva de la superficie terrestre y la vegetación.

La combinación de la alta resolución y las nuevas capacidades espectrales, así como un campo de visión que abarca 290 kilómetros de anchura y sobrevuelos frecuentes, proporciona vistas de la Tierra sin precedentes.

La misión se basa en una constelación de dos satélites idénticos en la misma órbita, separados por 180 grados, para lograr una cobertura y una descarga de datos óptimos. Cada cinco días los satélites cubrirán todas las superficies terrestres, grandes islas y aguas costeras.

Características.

La misión Sentinel-2 tiene las siguientes características:

- Imágenes multiespectrales de datos con 13 bandas en el Espectro visible, en el infrarrojo cercano e infrarrojos de onda corta.
- Revisa cada 5 días las zonas manteniendo los mismos ángulos de visión. En latitudes altas, Sentinel-2 realiza las labores cada 5 días, pero con diferentes ángulos de visión.
- La resolución espacial es de 10 m, 20 m y 60 m.
- Tiene una amplio campo de visión de 290 km.
- Sigue una política de datos libre y en abierto.

Ambos satélites que componen al sentinel-2, trabajan en órbitas opuestas. El primer satélite, el Sentinel 2A, se lanzó el 23 de junio de 2015 en el cohete Vega 2. el Sentinel 2B se lanzó en marzo de 2017 a bordo del mismo cohete.

Aplicaciones

El Sentinel-2 sirve para una amplia gama de aplicaciones relacionadas con la superficie de la Tierra y las zonas costeras.

La misión es, principalmente, proporcionar información para las prácticas agrícolas y forestales, además de ayudar a gestionar la seguridad alimentaria. Las imágenes de satélite se pueden usar para determinar diversos índices de plantas tales como el área de clorofila de las hojas y los índices de contenido de agua. Esto es especialmente importante para la predicción del rendimiento efectivo y las aplicaciones relacionadas con la vegetación de la Tierra.

Así como la vigilancia del crecimiento de la planta, Sentinel-2 se puede utilizar para trazar los cambios en la cubierta vegetal y para vigilar los bosques del mundo. También proporciona información sobre la contaminación de lagos y aguas costeras. Imágenes de las inundaciones,

erupciones volcánicas y deslizamientos de tierra contribuyendo a la cartografía de desastres y ayudar a los esfuerzos de ayuda humanitaria.

Otros ejemplos incluyen: Combinación de bandas en imágenes de satélite Landsat y Sentinel

- Cobertura terrestre en la vigilancia ambiental.
- Aplicaciones agrícolas, como la vigilancia de los cultivos y de gestión para ayudar a la seguridad alimentaria.
- Conocimiento al detalle de la vegetación, el seguimiento de los bosques y la generación de parámetros (por ejemplo, índice de área foliar, la concentración de clorofila, las estimaciones de masa de carbono).
- Observación de las zonas costeras (vigilancia del medio ambiente marino y la cartografía de las zonas costeras).
- Vigilancia de las aguas continentales.
- Vigilancia de Glaciares, mapeo de la extensión del hielo, el seguimiento de la capa de nieve.
- Mapeo y gestión de las inundaciones (análisis de riesgos, evaluación de pérdidas, gestión de desastres durante las inundaciones).

La aplicación de vigilancia de Internet Sentinel ofrece una manera fácil de observar y analizar los cambios de la tierra sobre la base de los datos archivados Sentinel-2.

1.3. Combinación de bandas en imágenes de satélite Sentinel.

Una de las potencialidades de la Teledetección aplicadas al estudio del medio que nos rodea, es la capacidad de discriminar diferentes cubiertas vegetales, usos de suelo, masas de agua, o la detección de fenómenos naturales o provocados por la actividad humana. Esto puede analizarse gracias a la existencia de las diferentes bandas multiespectrales con las que cuentan los satélites de hoy día.

Los datos captados por los satélites de Tele-detección se registran en diferentes bandas del espectro electromagnético. Lo que genera una imagen monocroma que podemos visualizar en escala de grises con una paleta de 256 tonos. Por lo que cada pixel de la imagen puede contener un valor que oscila entre el negro (valor 0) y el blanco (valor 256).

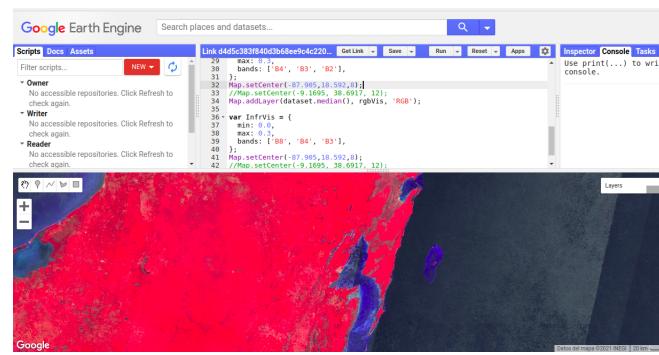


Figura 1: Se muestra el editor de GEE donde está escrito el código para generar dos tipos de imágenes, una RGB y otra Infrarrojo adaptado a las fechas de 01/01/2020 a 01/01/2021.

2. Objetivos

- Comprender principios de visualización de imágenes.
- Desarrollar habilidades prácticas para manejar combinaciones de bandas.
- Explorar propiedades de reflectancia de elementos de la superficie terrestres.

Para saber las longitudes de onda representadas por las bandas, usar la barra de búsqueda para encontrar más información; teclear “Sentinel-2” y en el resultado seleccionar “Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level 1-C”. Salvar el script mediante la opción “save as”. Las bandas 2, 3 y 4 son azul, verde y roja respectivamente.

3. Metodología

Entramos al link de GEE con el código que necesitamos para obtener imágenes sin nubosidad. <https://code.earthengine.google.com/d4d5c383f840d3b68ee9c4c2203162ce>.

Se usarán imágenes¹ multi-espectral colectada por Sentinel 2 de la ESA.² Primero navegamos al área de interés, en este caso a la subcuenca RH33Aa con coordenadas que metemos dentro de la función del editor como sigue: *Map.setCenter (-87.905, 18.592, 8)*, donde las entradas son respectivamente latitud, longitud y nivel de zoom.

Si el código no reporta error, las imágenes se encontraron correctamente en el archivo.

Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-1C				
DESCRIPTION	BANDS	IMAGE PROPERTIES	TERMS OF USE	
Name	Description	Resolution	Wavelength	Scale
B1	Aerosols	60 meters	443.9nm (S2A) / 442.3nm (S2B)	0.0001
B2	Blue	10 meters	496.6nm (S2A) / 492.1nm (S2B)	0.0001
B3	Green	10 meters	560nm (S2A) / 559nm (S2B)	0.0001
B4	Red	10 meters	664.5nm (S2A) / 665nm (S2B)	0.0001
B5	Red Edge 1	20 meters	703.9nm (S2A) / 703.8nm (S2B)	0.0001
B6	Red Edge 2	20 meters	740.2nm (S2A) / 739.1nm (S2B)	0.0001
B7	Red Edge 3	20 meters	782.5nm (S2A) / 779.7nm (S2B)	0.0001

Figura 2: Se puede ver el nombre de cada banda y su respectiva longitud de onda así como su resolución y una descripción de lo que puede alcanzar cada una de ellas.

¹Cada imagen de Sentinel tiene un identificador que incluye: Copernicus se refiere a la misión, S2 es abreviación de Sentinel-2, y el número largo por ejemplo 20180422T012719 __ 20180422T012714 __ T52LHM refiere a una imagen particular definida por fecha, hora, path y row de la órbita del satélite.

²Sentinel es un misión de buena resolución espacial (10 m), del estudios de monitoreo de la tierra Copernicus que incluye vegetación, cobertura de agua, así como cuerpos de agua internos y áreas costeras.

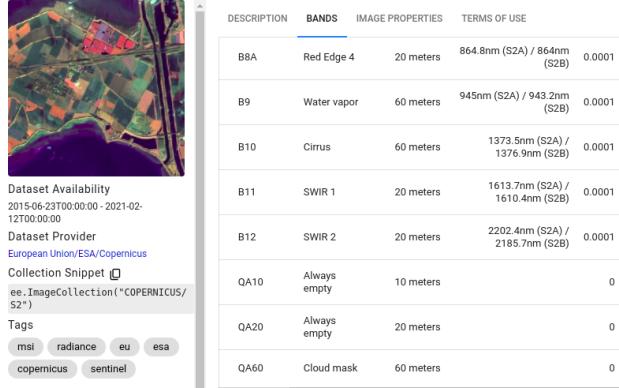


Figura 3: En continuación con la imagen anterior se muestran las bandas restantes que vienen contenidas dentro de las capturas multiespectrales de Sentinel-2.

Para generar un compuesto en color verdadero, ponemos cada banda en su canal correspondiente, por ejemplo banda roja en canal rojo y así sucesivamente. Notar en el script como se especifica el arreglo de bandas y ajustarlo para hacer los compuestos que se deseen obtener.

Infrarrojo

Esta combinación tiene buena sensibilidad a la vegetación verde (aparece roja), debido a la alta reflectividad en el infrarrojo y la baja en el visible, y representa de forma clara caminos y masas de agua. Bosques coníferos aparecen en rojo más oscuro mientras que los bosques caducifolios en rojo más claro. Las tonalidades más habituales en una composición en falso color son:

- Rojo, indica una vegetación sana y bien desarrollada.
- Rosa, áreas vegetales menos densa o con vegetación menos desarrollada.
- Blanco, áreas con escasa o nula vegetación.
- Azul oscuro o negro indica la presencia de agua.
- Marrón, vegetación arbustiva muy variable. item Beige-dorado, zonas de transición, prados secos asociados a matorral ralo.

La combinación de bandas en Landsat 8 sería 5, 4, 3 mientras que, en Sentinel 2 la combinación sería 8, 4, 3.

4. Resultados y Discusiones

Se uso el siguiente script en el code editor de GEE para seleccionar las bandas de interés según el caso de estudio.

```

27 var AgroVis = {
28   min: 0.0,
29   max: 0.3,
30   bands: ['B11', 'B8A', 'B2'],
31 };
32 Map.setCenter(-87.905, 18.592, 8);
33 //Map.setCenter(-9.1695, 38.6917, 12);
34 Map.addLayer(dataset.median(), AgroVis, 'Agricola');
35
36 var IncenVis = {
37   min: 0.0,
38   max: 0.3,
39   bands: ['B12', 'B8A', 'B4'],
40 };
41 Map.setCenter(-87.905, 18.592, 8);
42 //Map.setCenter(-9.1695, 38.6917, 12);
43 Map.addLayer(dataset.median(), IncenVis, 'Incendios');
44 // modificar script para hacer otras combinaciones de color
45
46
47 var VegeVis = {
48   min: 0.0,
49   max: 0.3,
50   bands: ['B8A', 'B11', 'B2'],
51 };
52 Map.setCenter(-87.905, 18.592, 8);
53 //Map.setCenter(-9.1695, 38.6917, 12);
54 Map.addLayer(dataset.median(), VegeVis, 'Vegetacion');
55 // modificar script para hacer otras combinaciones de color
56
57 var UrbanVis = {
58   min: 0.0,
59   max: 0.3,
60   bands: ['B12', 'B11', 'B4'],
61 };
62 Map.setCenter(-87.905, 18.592, 8);

```

Figura 4: Seleccionamos las bandas a en la convención de orden RGB;; escojemos la zona de estudio y agregamos una nueva capa al visualizador con el nombre representativo.

Usos agrícolas

Con la combinación de bandas 6, 5, 2 en Landsat y 11, 8A, 2 en Sentinel realizar análisis para la detección de zonas de uso agrícola. Campos agrícolas aparecerán en verde brillante.

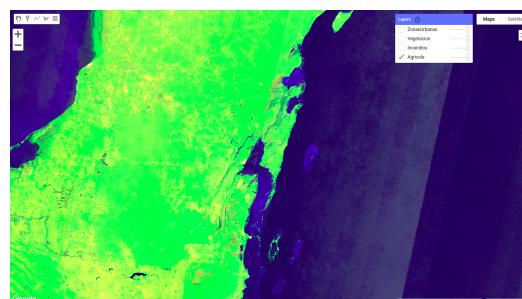


Figura 5: Es muy útil la detección de zonas de uso específicamente agrícola. Usando las bandas 11, 8A, 2 en Sentinel; las zonas agrícolas aparecen en un verde brillante.

Vegetación Vigorosa

Para la detección de vegetación en un estado saludable utilizar combinación de bandas 5,6,2 en Landsat 8 y 8A,11,2 en Sentinel 2.

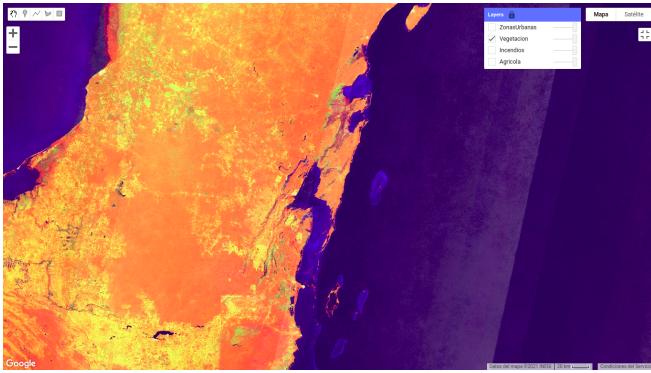


Figura 6: Las zonas de vegetación en estado óptimo quedan representado por tonalides de verde más oscuras.

Falso color para detección de zonas urbanas

Con combinación 7, 6, 4 en Landsat-8 y 12,11,4 en Sentinel-2, las áreas urbanas aparecen en magentas mientras que las praderas o pastos en tonos verdes claros. De verde oliva a verde brillante indica áreas forestales (en general los bosques de coníferas son más oscuros que los de caducifolias)

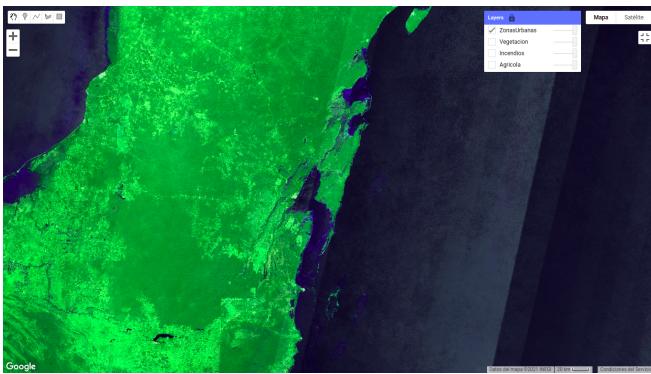


Figura 7: En este caso las zonas urbanas quedan representadas por tonalidades magentas en contraste con zonas vegetales vistas en tonalidades de verdes claro.

Incedios Forestales*

Para el análisis de incendios forestales ya finalizados, el territorio dejará constancia de ello

pudiendo ser advertido a través del empleo de bandas del infrarrojo de onda corta (SWIR), el infrarrojo cercano (NIR) o el rojo visible (RED). Bandas como el NIR generarán una gran absorción mientras la banda SWIR mostrará mayores valores de reflectividad en la zona afectada. Empleando imágenes satélite provenientes de Sentinel visualizaremos las zonas afectadas por el fuego a través de la combinación RGB como la 12, 8A, 4. Una combinación que caracterizará a la vegetación sana por presentar colores verdes mientras las zonas afectadas por el fuego quedarán representadas por contrastes cromáticos magentas virando a colores pardos y rojizos. Los límites serán perfectamente visibles a los ojos del análisis multiespectral y podremos cuantificar la superficie afectada mediante análisis de geometría o realizando análisis de afección mediante indicadores como el NBR.

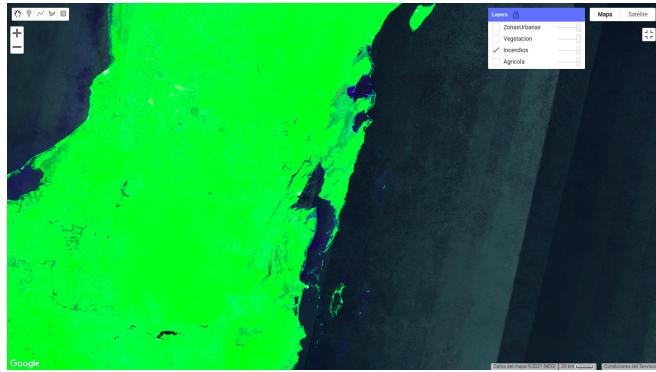


Figura 8: Usando las bandas B12, B8A y B4 podemos crear un contraste entre la vegetación sana y la vegetación afectada teniendo, la primera colores verdes y la segunda colores magenta.

5. Conclusiones

Si bien GEE ofrece una serie de soluciones innovadoras para el análisis de datos masivos, vale destacar que es un proyecto en constante desarrollo. Por ejemplo, el repositorio de imágenes si bien es muy amplio, no incluye todas las imágenes disponibles. Además, GEE funciona exclusivamente con datos en la proyección geográfica, de modo que no es recomendado hacer, por ejemplo, cálculos de área en GEE. Para calcular medidas espaciales es más fiable usar un sistema de coordenadas métrico. Las funciones existentes son numerosas, pero pueden resultar li-

mitadas para ciertos usuarios. Por ejemplo, no existen funciones para realizar segmentaciones de imágenes o algoritmos de clasificación muy avanzados como los de deep learning. En estos casos se tendrán que hacer algunas operaciones fuera de la plataforma. GEE no consume la memoria de la computadora del usuario, pero es necesario tener una buena conexión a internet para poder cargar el Code Editor, las visualizaciones y cualquier información que sea solicitada de los servidores. Adicionalmente, para descargar los resultados de la nube a la computadora del usuario se requerirá espacio disponible suficiente en su Google Drive (la versión gratuita de Google Drive permite hasta 15 gigabytes). En el caso que se pretenda usar GEE con fines lucrativos, o que no estén enfocados en la educación y la investigación, se deberá pagar una licencia. A pesar de estas limitaciones, servicios de procesamiento en la red como GEE se utilizan cada vez más. Si bien GEE no es el primer intento de generar una herramienta que permita abordar el Big-Data o intentar procesamiento en la nube si es la primera de este tipo que logra articular efectivamente varios elementos: los acervos de datos, en particular las imágenes de satélite, una infraestructura computacional de gran procesamiento, un libre acceso de los usuarios y una interfaz de uso sencillo. Gracias a esta herramienta se ha incentivado la investigación mundial en percepción remota a escalas globales, que responde a los problemas medioambientales que se enfrenta hoy el mundo. En cierto sentido permitió rebasar una limitación de los datos cartográficos tradicionales que era la disyuntiva entre datos detallados para pequeñas áreas versus grandes extensiones con una escala pequeña de poco detalle. Es ahora posible generar datos a escala global con una alta resolución (30 m para Landsat). Sin embargo, la calidad de los mapas obtenidos varía sin duda mucho dependiendo de la región, lo cual no se ve reflejado por los ejercicios de evaluación para el conjunto de la base de datos. En conclusión, por sus novedosas características de procesamiento

en la nube, capacidad computacional en paralelo, su amplio catálogo de datos y su interfaz amigable con el usuario, GEE se muestra como una herramienta muy poderosa para afrontar los problemas de Big Data y ampliar los horizontes de la ciencia de datos y la percepción remota. Al mismo tiempo permite que cualquier usuario con conocimientos básicos de programación y acceso a internet pueda realizar investigaciones utilizando grandes cantidades de datos, lo que permite fomentar una comunidad científica y una investigación científica más equitativa y democrática en el mundo (Kumar y Mutanga, 2018). Así mismo, está revolucionando la elaboración de información geográfica que permite producir datos de alta resolución espacial a escalas globales, algo que hasta hace poco era casi imposible, siendo muy pocos los datos de libre acceso a escala global con una resolución menor a cientos de metros. Estos avances han permitido expandir la frontera hacia una investigación novedosa donde se puede producir información mundial de altísima resolución (<1km), de una forma significativamente más barata, rápida y actualizada que los métodos y prácticas convencionales.

Referencias

- [1] G. A. Perilla and J.-F. Mas, “Google earth engine (gee): una poderosa herramienta que vincula el potencial de los datos masivos y la eficacia del procesamiento en la nube,” *Investigaciones geográficas*, no. 101, 2020.
- [2] D. Alonso, “Combinación de bandas en imágenes de satélite landsat y sentinel..” url`https://mappinggis.com/2019/05/combinaciones-de-bandas-en-imagenes-de-satelite-landsat-y-sentinel/`, 1999.
- [3] ESA, “Combinación de bandas en imágenes de satélite landsat y sentinel..” url`https://www.esa.int/SpaceInMemberStates/Spain/SENTINEL_2`, 2015.