

Recibido: 20.02.2023 • Aceptado: 11.08.2023

Palabras clave: Cartografía digital, Google Earth Engine, IA, séquia.

# Google Earth Engine, una aplicación inteligente en el análisis geoespacial

CRISTINA NOYOLA MEDRANO

*cristina.noyola@uaslp.mx*

FACULTAD DE INGENIERÍA, UASLP

SAEID HOMAYOUNI

*saeid.homayouni@inrs.ca*

KAREM CHOKMANI

*karem.chokmani@inrs.ca*

CENTRE EAU TERRE ENVIRONNEMENT, INRS. CANADÁ



Cien años atrás, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí obtenía su autonomía, y la inteligencia artificial no formaba parte del lenguaje común, como lo es hoy en día. Solo un grupo reducido de visionarios proyectaba una cotidianidad donde gran parte de los procesos estuvieran a cargo de una máquina. En el caso específico del análisis geoespacial, es necesario recurrir a procesos inteligentes para facilitar el almacenaje y tratamiento de una inmensa cantidad de datos, los cuales permiten el acceso al conocimiento del territorio en forma instantánea y eficiente, lo que ayuda a la toma de decisiones para gestionar los recursos naturales, sociales y económicos de una región. En ese sentido, Google Earth Engine (GEE), en los últimos diez años se ha convertido en una herramienta digital de fácil acceso y con una cantidad casi ilimitada de recursos y aplicaciones para explotar enormes cantidades de datos utilizados para detectar cambios, cartografiar tendencias y cuantificar los recursos de la superficie terrestre (Mutanga y Kumar, 2019).

### ¿Cómo entender el término de inteligencia artificial?

La inteligencia artificial (IA) tiene por objeto que las máquinas realicen los mismos procesos que se generan en la mente humana como la percepción, la asociación, la predicción, la planificación

y el control motor (Boden, 2017). Sin embargo, a diferencia de las personas, los dispositivos basados en IA no necesitan descansar y pueden analizar grandes volúmenes de información a la vez. La IA también tiene la capacidad de ofrecer sugerencias y predicciones relacionadas

con diversos asuntos de la vida cotidiana como la salud, la educación, el trabajo y la gestión del territorio (Teigens et al., 2020). Hoy en día, algunos ejemplos de aplicaciones de la IA son Facebook, Google, Siri, Alexa y Amazon, entre otras (figura 1).



Figura 1. Concepto visual sobre inteligencia artificial. Imagen de Gerd Altmann en Pixabay (2023).

# Google Earth Engine



Google Earth Engine (GEE) es una plataforma informática que permite al usuario ejecutar análisis geoespaciales y desarrollo de cartografía a partir de la infraestructura de Google.



En los últimos diez años, GEE se ha convertido en una herramienta digital de fácil acceso y con una cantidad casi ilimitada de recursos y aplicaciones para explotar enormes cantidades de datos utilizados para detectar cambios, cartografiar tendencias y cuantificar los recursos de la superficie terrestre.



La inteligencia de GEE permite realizar cálculos y el procesamiento de datos en la propia nube de computadoras de Google, esto facilita la extracción de información de una gran cantidad de imágenes en tiempos muy cortos. Por ejemplo, en proyectos que podrían tardar 15 años de trabajo para una sola computadora, con GEE se finalizó en cuestión de unos cuantos días.



Gracias a la plataforma de GEE se han logrado cartografiar cultivos, dispersión de vectores de enfermedades como la malaria, análisis sobre aguas superficiales a partir de clasificadores de aprendizaje profundo y efectos causados sobre humedales por el cambio climático.



GEE aún puede perfeccionarse con la ayuda de más recursos informáticos, más conjuntos de datos de código abierto, más algoritmos de procesamiento de imágenes y una mayor contribución de geocientíficos, seguro iremos viendo las mejoras y diversidad de aplicaciones futuras.

Noyola, Homayouni y Chokmany, (2023). *Universitarios Potosinos* 273, pp. 23-28.





## La inteligencia de Google

### Earth Engine

GEE es una plataforma informática que permite al usuario ejecutar análisis geoespaciales y desarrollo de cartografía a partir de la infraestructura de Google. La idea de la creación de GEE surgió en 2008 en Brasil y fue sustentado por científicos brasileños encabezados por Carlos Souza Junior del Instituto del Hombre y Medio Ambiente de la Amazonia (Imazon) y por Gilberto Cámara del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE), quienes consideraron que, aunque Earth y Maps eran unas aplicaciones geniales, había carencia de nuevas tecnologías de cartografía que soportaran un monitoreo ambiental a gran escala. Por tal razón, aunque se contara con la capacidad técnica y científica para hacerlo,

había limitaciones de recursos computacionales para la gestión y procesamiento de una enorme cantidad de imágenes satelitales que requerían semanas para completar dicho análisis. Esta idea fue comunicada a la doctora Rebecca Moore directora de Google Earth Solidario y a partir de ese momento se intensificó la colaboración entre el grupo de investigadores brasileños y el equipo de Google. Así fue como, en 2009, Google e Imazon dan a conocer el primer prototipo de GEE durante la Convención del Clima de Copenhague, la COP 15 (Vasconcelos, 2015).

Actualmente, esta plataforma está compuesta por cuatro elementos principales: 1) la infraestructura de Google, la cual pone a disposición del usuario sus servidores para realizar análisis en paralelo,

lo que agiliza la velocidad de procesamiento, en comparación con una computadora individual; 2) el acervo de datos (datasets), que contiene series completas de imágenes satelitales como Landsat, Sentinel y MODIS, entre otras. Estas bases de datos se actualizan conforme se adquieren nuevas imágenes (más de cuatro mil nuevas escenas diarias); 3) su interfaz de programación (API, por sus siglas en inglés), que consiste en una serie de comandos y funciones preestablecidas, desarrollados en lenguaje JAVA o Python, lo que permite desarrollar nuevos algoritmos; 4) editor de código (Code Editor), el cual es un entorno de desarrollo integrado en línea. Aquí es donde el usuario puede escribir y ejecutar scripts desde la red mundial de información o WEB (Perilla y Mass, 2020) (figura 2).

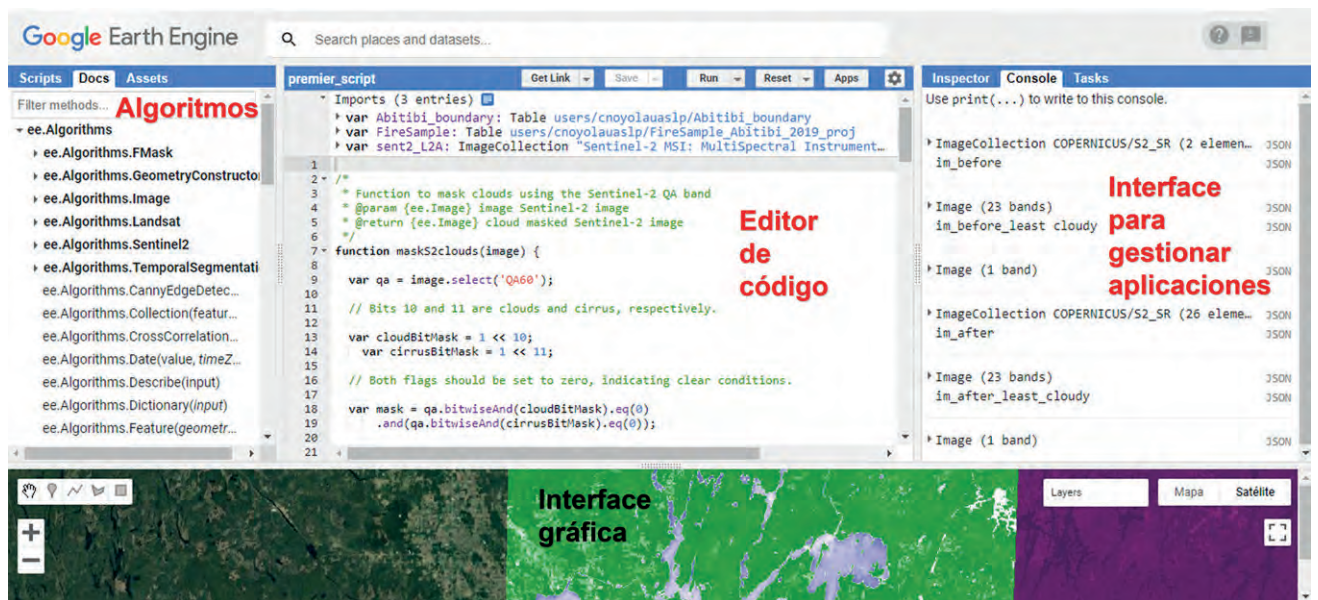


Figura 2. Arquitectura de Google Earth Engine

La inteligencia de GEE se puede constatar en el hecho de que permite realizar cálculos y el procesamiento de datos en la propia nube de computadoras de Google, lo que facilita la extracción de información de una

gran cantidad de imágenes en tiempos muy cortos. Esta tendencia se acelera aún más a medida que el mundo se vuelve más móvil y que los sistemas aéreos no tripulados y las imágenes satelitales se adquieran

con mayor frecuencia y resolución. Junto con el aumento exponencial de los macrodatos geoespaciales, también crece rápidamente la necesidad de almacenaje, gestión y procesamiento de cómputo a partir

de una nube que permite alto rendimiento para modelar, analizar y simular contenidos geoespaciales (Yang *et al.*, 2022).

Un ejemplo del funcionamiento de la IA aplicada en GEE es la generación del mapa global de bosques del mundo con

una resolución de 30 metros (figura 3), llevada a cabo por el equipo de trabajo del profesor Matthew Hansen, de la Universidad de Maryland, quien dispuso para esta tarea 10000 computadoras de Google trabajando en paralelo, en total un millón de horas de procesamiento.

Este trabajo computacional se tradujo en el análisis de 700 mil imágenes Landsat, lo equivalente a 20 billones de píxeles. Este proyecto habría tomado 15 años de trabajo para una sola computadora y con GEE se finalizó en cuestión de unos cuantos días (Vasconcelos, 2015).

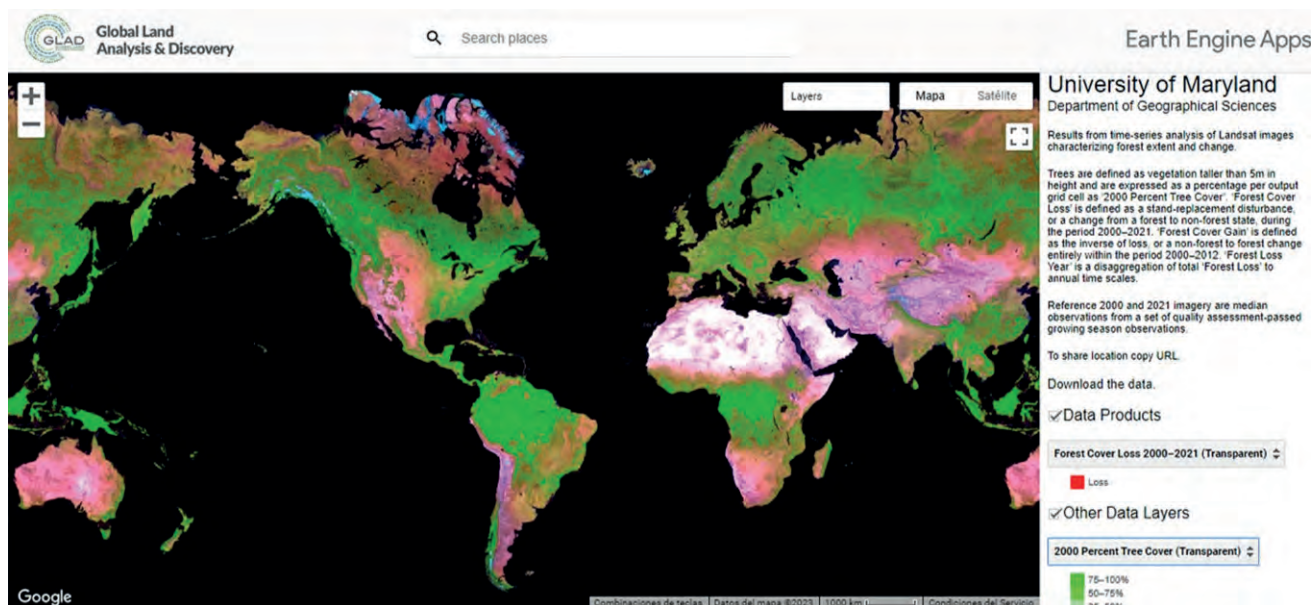


Figura 3. Mapa de los Bosques del Mundo, un ejemplo de la capacidad e IA aplicada en GEE. Tomada de Hansen *et al.*, 2013; <https://glad.earthengine.app/view/global-forest-change#dl=5;old=1;bl=1;lon=-61.386718749999986;lat=22.622923965290227;zoom=2;>

Hoy en día existen diversos temas que han logrado ser cartografiados a través de la plataforma de GEE como los trabajos de: cartografía de cultivos, dispersión de vectores de enfermedades como la malaria, análisis sobre aguas superficiales a partir de clasificadores de aprendizaje profundo y efectos causados sobre humedales por el cambio climático (Shelestov *et al.*, 2017; Amani *et al.*, 2019; Frake *et al.*, 2020; Mayer *et al.*, 2021)

### GEE aplicado al análisis de sequía en la parte central de México

A partir de diciembre del 2021, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) y el Centre Eau Terre Environnement del Institut National de la Recherche Scientifique (INRS) con sede en Quebec, Canadá,

comenzaron una colaboración para el análisis de la evolución de la sequía en la parte central de México a partir del uso de inteligencia artificial. Este proyecto tuvo sus inicios en el año 2017, el cual fue trabajado como el análisis de la expansión del desierto de Chihuahua hacia su borde sur a partir del procesamiento de imágenes de satélite Landsat (Noyola-Medrano y Martínez-Sías, 2017). Parte del planteamiento de este proyecto generado en la UASLP fue retomado bajo el enfoque del uso de la IA para utilizar más variables y datos que permitieran definir con mayor exactitud la problemática de la sequía observada en el borde sur del desierto de Chihuahua, pero ahora sobre toda la parte central de México, de este modo no solo el periodo de tiempo

analizado sino también la extensión. Así es como, en diciembre del 2021, bajo la XVIII Convocatoria del Grupo de Trabajo México-Quebec, fue aprobado el proyecto "Teledetección e inteligencia artificial para la desertificación en México" y actualmente está en desarrollo para finalizarse en diciembre del 2023.

Para el desarrollo de este proyecto se comenzaron a utilizar las bases de datos y las herramientas generadas en GEE. Las experiencias con la plataforma GEE han sido satisfactorias porque ha facilitado la observación y seguimiento del avance de la sequía en la parte central de México durante los últimos 20 años; además de que se ha generado cartografía del nivel de sequía en periodos mensual y anual,



lo que permite establecer un análisis de cambio en el tiempo. Los resultados arrojados hasta el momento indican que, en los últimos cinco años, los niveles más severos de sequía afectan al tres por ciento de la superficie total analizada (277,560 km<sup>2</sup>) y que el aumento en sequía afectó al

17 por ciento del área estudiada. También con GEE se ha podido dar un seguimiento global de la sequía mediante series de tiempo a los diferentes factores que han sido considerados para el análisis de sequía, como la precipitación (figura 4). Dicho análisis pudo ser generado a par-

tir de los datos de precipitación infrarroja del grupo de peligros climáticos (CHIRPS, por sus siglas en inglés), generados por la NASA, NOAA y el Servicio Geológico Nacional de los Estados Unidos de América (USGS) y disponibles libremente en la plataforma GEE.

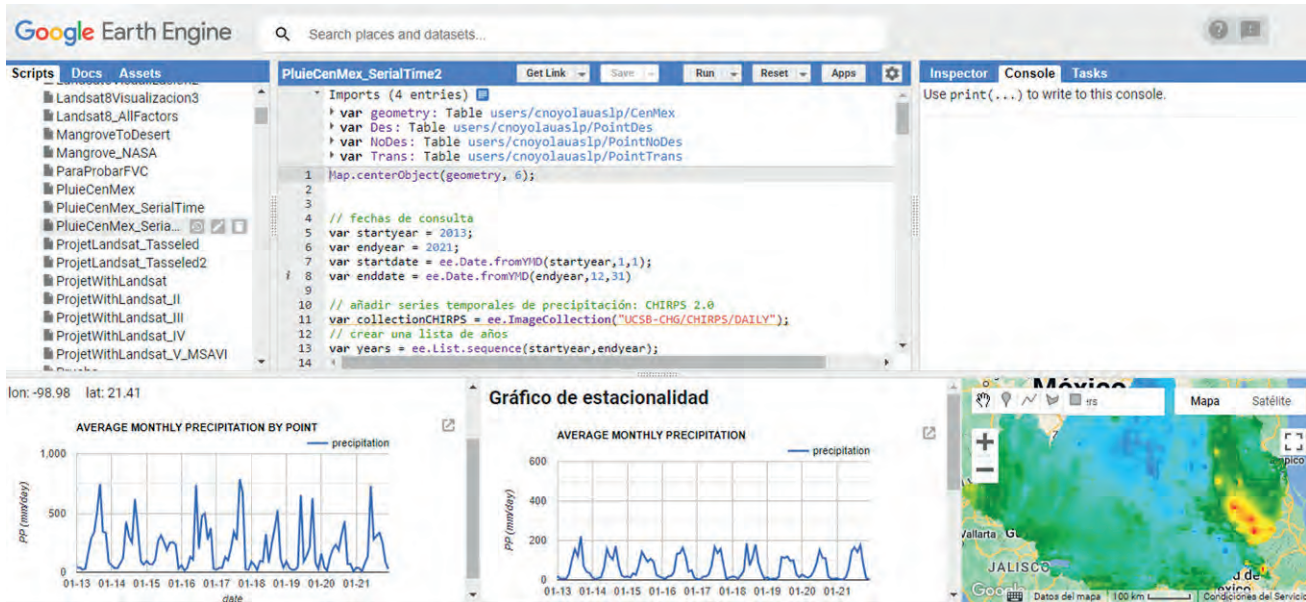


Figura 4. Serie de tiempo analizada para la precipitación en la parte central de México abarcando del año 2013 al 2021. En este periodo se observa una ligera disminución en la cantidad de precipitación a nivel general y puntual. Datos tomados de CHIRPS.

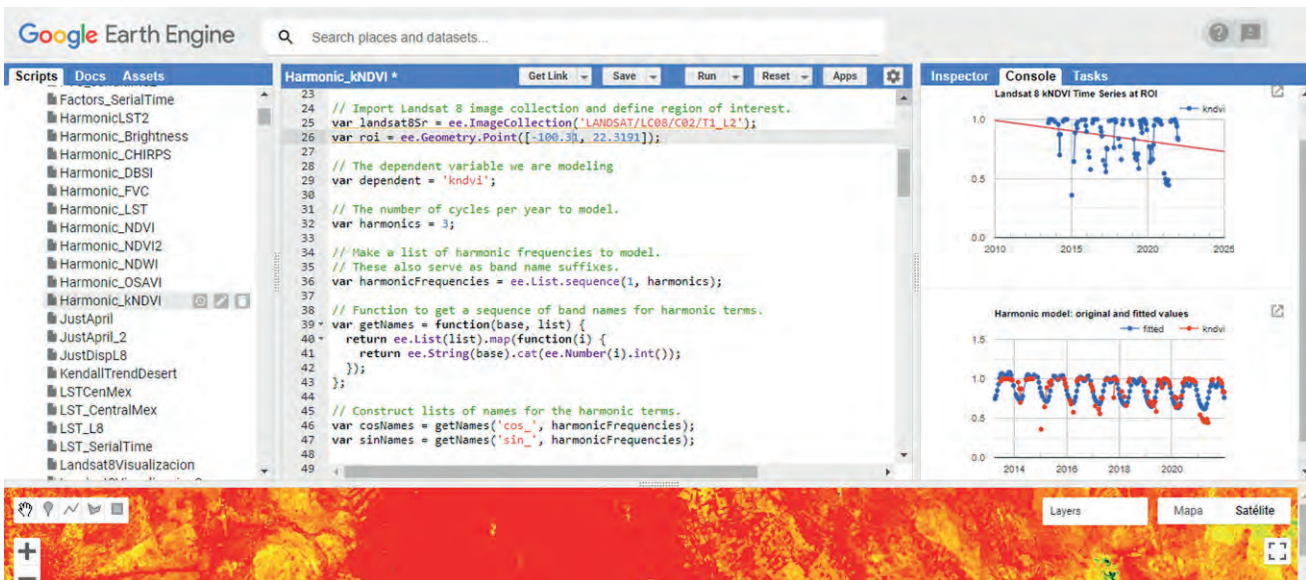


Figura 5. Análisis de la tendencia del índice kNDVI (sobre el estado de la vegetación) en el tiempo; observándose disminución en los valores de kNDVI, lo que indica degradación en la vegetación.



## CRISTINA NOYOLA MEDRANO


Estudió el doctorado en Geomorfología y Gestión de Litorales en la Universidad de París Diderot, en Francia. Es profesora de tiempo completo en el Área de Ciencias de la Tierra de la Facultad de Ingeniería de la UASLP y actualmente trabaja en el proyecto "Teledetección e inteligencia artificial para la desertificación en México", financiado por el gobierno de Québec dentro de la convocatoria Grupo de Trabajo México.

De igual manera, podemos apreciar el comportamiento de la lozanía de la vegetación en el tiempo a partir del análisis de los valores arrojados por el Kernel del Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación (kNDVI, por sus siglas en inglés), en donde se observa que hay una tendencia general y puntual a disminuir los valores de kNDVI, indicando que la vegetación muestra características de pérdida de verdor y humedad en el tiempo (figura 5). Cabe mencionar que los índices como kNDVI, suponen una estructura en programación un poco más compleja que los índices de vegetación más tradicionales. Sin embargo, con GEE el desarrollo y la puesta en marcha de un análisis tipo kernel fue relativamente sencillo y el resultado arrojado fue satisfactorio con respecto a lo que se había observado directamente en el terreno. Por tal motivo, la visión obtenida a partir del proyecto de análisis de sequía, permite establecer que es importante la inclusión del uso del GEE en cursos ofrecidos por la UASLP para cubrir las temáticas de cartografía de algunos de sus programas educativos como geoinformática, geografía, geología y ciencias ambientales.

### ¿Qué se espera en el futuro de la cartografía? Un antes y un después de GEE

El uso y utilidad de GEE queda ampliamente expresada a través de la frase del doctor Andrew Steer (GEE, 2022) presidente y director ejecutivo del Global Forest Watch, quien afirmó que:

Google Earth Engine ha hecho posible por primera vez en la historia procesar con rapidez y precisión grandes cantidades de imágenes satelitales, identificando dónde y cuándo se ha producido un cambio en la cubierta de árboles en alta resolución. Global Forest Watch no existiría sin él. Para aquellos que se preocupan por el futuro del planeta, ¡Google Earth Engine es una gran bendición!

Este pensamiento engloba la gran capacidad de cartografía y análisis cualitativo y cuantitativo que puede ser generado a partir de GEE. Sin embargo, se necesitan mejoras significativas en la tecnología de apoyo. La adición de más recursos informáticos, más conjuntos de datos de código abierto, más algoritmos de procesamiento de imágenes y una mayor contribución de geocientíficos para permitir que GEE se convierta en una herramienta eficaz que combine la vigilancia, la modelización, el análisis, la evaluación, la toma de decisión y la gestión para resolver problemas en temáticas medioambientales, económicas y climáticas a escala globales. 

#### Referencias bibliográficas:

- Amani, M., Mahdavi, S., Afshar, M., Brisco, B., Huang, W., Mohammad Javad Mirzadeh, S., White, L., Banks, S., Montgomery, J., & Hopkinson, C. (2019). Canadian wetland inventory using Google Earth Engine: The first map and preliminary results. *Remote Sensing*, 11(7), 842, <https://doi.org/10.3390/rs11070842>
- Boden, M. A. (2017). Inteligencia artificial. Turner.
- Frake, A. N., Peter, B. G., Walker, E. D. y Messina, J. P. (2020). Leveraging big data for public health: Mapping malaria vector suitability in Malawi with Google Earth Engine. *PLoS One*, 15(8), e0235697, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235697>
- GEE. (2022). Case Studies: Global Forest Watch. Revisado [10/12/2022] desde el sitio web: [https://earthengine.google.com/case\\_studies/](https://earthengine.google.com/case_studies/)
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., Thau, D., Goetz, S. J., Loveland, T. R., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Justice, C. O. y Townshend, J. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342(6160), 850-853, <http://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Mayer, T., Poortinga, A., Bhandari, B., Nicolau, A. P., Markert, K., Thwal, N. S., Market A., Haag, A., Kilbride, J., Farrukh, C., Wadwa A., Clinton, N. y Saah, D. (2021). Deep learning approach for Sentinel-1 surface water mapping leveraging Google Earth Engine. *ISPRS Open Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2, 100005, <https://doi.org/10.1016/j.ojphoto.2021.100005>
- Mutanga, O. y Kumar, L. (2019). Google earth engine applications. *Remote Sensing*, 11(5), 591, <https://doi.org/10.3390/rs11050591>
- Noyola-Medrano, C. y Martínez-Sías, V. A. (2017). Assessing the progress of desertification of the southern edge of Chihuahuan Desert: A case study of San Luis Potosí Plateau. *Journal of Geographical Sciences*, 27(4), 420-438, <https://doi.org/10.1007/s11442-017-1385-5>
- Shelestov, A., Lavreniuk, M., Kussul, N., Novikov, A., & Skakun, S. (2017). Exploring Google Earth Engine platform for big data processing: Classification of multi-temporal satellite imagery for crop mapping. *Frontiers in Earth Science*, 17, <https://doi.org/10.3389/feart.2017.00017>
- Yang, L., Driscoll, J., Sarigai, S., Wu, Q., Chen, H. y Lippitt, C. D. (2022). Google earth engine and artificial intelligence (ai): a comprehensive review. *Remote Sensing*, 14(14), 3253, <https://doi.org/10.3390/rs14143253>