

Universidad Siglo 21



Trabajo Final de Grado. Trabajo de Investigación en Tecnologías Informáticas.

**Carrera:** Ingeniería en Software

Estudio descriptivo del uso de la plataforma GEE en el campo del análisis geoespacial  
en el sector Ambiental

Descriptive Study on the Use of the GEE Platform in the Field of Geospatial Analysis in  
the Environmental Sector

**Autor:** Jazmín Ornella Roca

**Legajo:** SOF01844

**Tutor:** Jorge Humberto Cassi

Córdoba, noviembre de 2024

## Índice

|                         |    |
|-------------------------|----|
| Resumen .....           | 2  |
| Abstract .....          | 3  |
| Introducción.....       | 4  |
| Métodos.....            | 12 |
| Diseño .....            | 12 |
| Participantes .....     | 13 |
| Instrumentos.....       | 14 |
| Análisis de datos ..... | 16 |
| Resultados .....        | 18 |
| Discusión .....         | 22 |
| Referencias .....       | 26 |
| Anexos.....             | 33 |

## **Resumen**

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el uso de Google Earth Engine (GEE) en empresas del sector ambiental, enfocándose en la usabilidad, navegabilidad, eficacia funcional y accesibilidad de la plataforma. A través de entrevistas con empleados de una empresa de reforestación, se analizaron los beneficios y desafíos de GEE en tareas de análisis geoespacial. Los resultados indicaron que GEE fue una herramienta efectiva para procesar grandes volúmenes de datos y realizar análisis en la nube, resultando especialmente útil en proyectos ambientales de gran escala. Sin embargo, se identificaron dificultades en la curva de aprendizaje y en la localización de ciertos datos, particularmente para usuarios sin formación técnica. Estos retos sugirieron la necesidad de mejorar la interfaz y facilitar el acceso a las herramientas para una experiencia de usuario más intuitiva. A pesar de estas barreras, GEE se destacó como un recurso clave en la gestión de proyectos ambientales, brindando un soporte valioso en el análisis de datos geoespaciales y en la toma de decisiones ambientales.

**Palabras clave:** Análisis geoespacial, Datos Geoespaciales, Google Earth Engine.

### **Abstract**

This study aimed to evaluate the use of Google Earth Engine (GEE) in environmental sector companies, focusing on the platform's usability, navigability, functional efficiency, and accessibility. Through interviews with employees of a reforestation company, the benefits and challenges of GEE in geospatial analysis tasks were analyzed. The results indicated that GEE was an effective tool for processing large volumes of data and performing cloud-based analysis, proving especially useful in large-scale environmental projects. However, difficulties were identified in the learning curve and in locating certain data, particularly for users without technical training. These challenges suggested a need to improve the interface and facilitate access to tools for a more intuitive user experience. Despite these barriers, GEE stood out as a key resource in environmental project management, providing valuable support in geospatial data analysis and environmental decision-making.

**Keywords:** Geospatial Analysis, Geospatial Data, Google Earth Engine.

## Introducción

El análisis y gestión de datos geoespaciales han avanzado notablemente gracias a la creciente disponibilidad y resolución de datos provenientes de satélites y sensores remotos. Estos datos incluyen observaciones atmosféricas y de elevación, registrados en diferentes resoluciones espaciales y temporales (Yang et al., 2016, pp. 13-14).

Las imágenes recopiladas a lo largo de varios años, y a veces incluso décadas, constituyen un extenso repositorio de información. Plataformas como Landsat (U.S. Geological Survey, 2018), MODIS (MODIS Characterization Support Team, 2017) y Sentinel (European Space Agency, 2015) ofrecen estos datos gratuitamente para investigadores y el público en general.

Es así que los estudios basados en percepción remota se han visto limitados no por la falta de información, sino por la falta de capacidad para procesar y analizar toda la información disponible (Ma et al., 2015, pp.1-2; Yang et al., 2017, p.14). Como resultado, muchos estudios se limitan a escalas locales o regionales o enfrentan restricciones debido a la baja resolución espacial y temporal de los datos (Gamba et al., 2011, pp. 5-7; Ma et al., 2015, pp.1-2). El tiempo necesario para llevar a cabo un análisis detallado puede ser tan extenso que los resultados se vuelven poco útiles para la toma de decisiones rápidas o la implementación de medidas de respuesta inmediata (Gorelick et al., 2017, p.19; Shimabukuro et al., 2011, p.123).

Google Earth Engine (GEE) fue lanzado a finales de 2010 con el objetivo de superar las limitaciones computacionales, brindando a los usuarios la posibilidad de realizar análisis complejos con grandes volúmenes de datos, lo que ha impulsado el avance de la ciencia en el campo de la percepción remota. GEE es una Sistema de Información Geográfica (GIS) que permite

procesar y analizar información geoespacial directamente en la nube, lo que elimina la necesidad de utilizar los recursos de la computadora del usuario. Además, se integra de manera directa con varios programas satelitales, incorporando imágenes nuevas a sus bases de datos en tiempo real. Esta plataforma se presenta como una solución innovadora para gestionar grandes volúmenes de datos (Big Data), facilitando la obtención de resultados rápidos y permitiendo la formulación de respuestas ágiles a problemas globales. Google Earth Engine está diseñado para permitir no solo a científicos de teledetección, sino también a una audiencia más amplia con limitaciones técnicas, realizar análisis geoespaciales a gran escala (Gorelick et al., 2017, p.18).

La plataforma incluye herramientas fáciles de usar, como el editor de código en línea y una versión más simplificada llamada Explorer, pensada para usuarios sin experiencia en programación (Carrión-Mero et al., 2023, p.2).

Perilla y Mass (2020) describen que Google Earth Engine se compone de 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. GEE tiene dos API: una en JavaScript y otra en 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 (pp.2-3).

Vidal Solórzano Villegas y Perilla Suárez (2022) destacan varias ventajas de la API de JavaScript en comparación con la de Python:

- Acceso Directo a Datos en la Nube: La API de JavaScript permite consultar datos directamente en la nube sin necesidad de descargarlos, lo que ahorra tiempo y espacio de almacenamiento. En cambio, si se utiliza una biblioteca de Python, es necesario descargar la información.
- Procesamiento en la Nube: El procesamiento se realiza en la nube utilizando la infraestructura de Google, lo que reduce el consumo de memoria RAM en el dispositivo del usuario. Solo se necesita una conexión estable a Internet, y el uso de RAM depende del navegador. La API de Python, en contraste, puede consumir más memoria RAM debido a la ejecución en la consola de Python y sus bibliotecas.
- Interfaz Amigable y Educativa: La API de JavaScript ofrece una interfaz más interactiva y accesible, lo que facilita la programación y la enseñanza, haciéndola más adecuada para usuarios novatos y entornos educativos.

- **Consulta y Visualización de Metadatos:** La API de JavaScript permite realizar consultas y visualizar fácilmente las colecciones de imágenes y sus metadatos antes de importarlas. La API de Python, por otro lado, no proporciona una funcionalidad tan intuitiva para estas tareas, requiriendo un conocimiento detallado de las propiedades de los datos.
- **Control y Gestión de Código:** En la API de JavaScript, los códigos se guardan en la sesión del usuario, generando un registro histórico similar al control de versiones de Git. Esto facilita el seguimiento y la comparación de cambios entre versiones y permite regresar a versiones anteriores. Además, se pueden crear repositorios compartidos para proyectos colaborativos (pp. 7-8).

Kumar y Mutanga (2018) afirman que:

GEE tiene muchos datos en todo el mundo, lo que les permite a los investigadores empezar sus investigaciones con un equipo pequeño. La computación en la nube de GEE facilita procesar y analizar grandes volúmenes de imágenes satelitales en un computador de oficina. Para su uso no es necesario tener un computador con alto poder de procesamiento y de almacenamiento, ni software de procesamiento digital de imágenes como ERDAS<sup>1</sup> o ENVI<sup>2</sup>, no obstante, algunas funciones especiales no se encuentran disponibles en GEE. La facilidad de uso y la capacidad de

---

<sup>1</sup> ERDAS: ERDAS Imagine es un software que se utiliza para trabajar con imagen de satélite y fotografías aéreas (GeoInnova, 2021).

<sup>2</sup> ENVI: es un software especializado en análisis de imágenes utilizado por profesionales GIS, científicos de percepción remota y analistas de imágenes. Permite extraer información significativa de las imágenes para tomar decisiones más informadas (GeoInnova, 2021).

procesar grandes volúmenes de datos sin necesidad de infraestructura avanzada ha hecho que GEE sea una plataforma atractiva para investigadores de diferentes disciplinas. Los autores también destacan que una de las principales ventajas es que las imágenes no necesitan ser descargadas, lo que resulta beneficioso para áreas con bajas velocidades de internet, aunque sigue siendo necesaria una conexión a internet para acceder a la plataforma (p.2).

Tamiminia et al. (2020) señalaron que, aunque GEE ha revolucionado la manera en que se manejan datos geoespaciales, la curva de aprendizaje puede ser empinada para quienes no están familiarizados con la programación y los modelos de procesamiento de datos a gran escala (p.162).

Revista Gestión (2022) señala que:

Google Earth Engine ha transformado la disponibilidad de herramientas de análisis geoespacial al ofrecer acceso continuo a una extensa colección de imágenes satelitales. Esta capacidad reduce la dependencia de las empresas en la gestión y actualización de sus propios repositorios de datos, generando así una notable disminución en los costos operativos. Como una solución de Software as a Service (SaaS), GEE permite a las empresas pagar únicamente por el licenciamiento, en lugar de por la infraestructura, y facilita la integración con repositorios de datos geográficos y otras fuentes de información. La plataforma también ofrece acceso a múltiples algoritmos, tanto propios como de la comunidad científica global, lo que permite a las empresas realizar estudios, análisis y predicciones con datos de imágenes actualizados.

En una entrevista publicada en Revista Gestión, Luis Manuel Faviani (s.f.), vicepresidente Comercial de Servinformación, señala que:

Google Earth Engine (GEE) tiene el potencial de revolucionar los análisis en sectores clave como la agricultura, minería, petróleo y gobierno, facilitando desde la agricultura de precisión hasta la reforestación y la reducción de la huella de carbono. Su lanzamiento contribuye a mejorar procesos de desarrollo industrial, energético, infraestructura y gubernamentales, permitiendo a las empresas obtener información precisa y reducir la necesidad de desplazamientos para la recolección de datos in situ. Sin embargo, la plataforma enfrenta dificultades en cuanto a facilidad de uso, integración con otros sistemas y capacitación del personal, lo cual afecta su efectividad en el sector empresarial (párrs. 2-5).

Un ejemplo clave del uso de GEE es el trabajo realizado por los científicos del Grupo de Salud Global de la Universidad de California, San Francisco, quienes utilizan la plataforma para predecir brotes de malaria. Su herramienta permite a los trabajadores de salud locales cargar datos sobre los casos de malaria y combinarlos con imágenes satelitales y datos climáticos en tiempo real para identificar las áreas más vulnerables a futuros brotes (Kurtzman, 2015).

Sturrock (s.f.) afirma que:

Aquí en el Grupo de Salud Global de la UCSF, hemos estado utilizando Earth Engine como caballo de batalla para una plataforma en línea de

Vigilancia de Enfermedades y Mapeo de Riesgos (DiSARM) para la malaria. Earth Engine hace que el acceso, el procesamiento y el análisis de datos de teledetección sean mucho más fáciles que otros métodos más manuales y, como se actualiza con frecuencia, nos permite automatizar el mapeo del riesgo de malaria casi en tiempo real. (Google Earth Engine, s.f.).

De acuerdo con Bennet et al. (2020):

La integración de datos recolectados por drones con Google Earth Engine (GEE) podría transformar el estudio de los ecosistemas marinos. Los investigadores crearon mapas detallados de los sustratos de los arrecifes de coral mediante el uso de drones para capturar imágenes aéreas de alta resolución. En comparación con los métodos tradicionales de muestreo y procesamiento manual, esta combinación permitió una automatización eficiente del procesamiento de imágenes, mejorando la precisión y reduciendo el tiempo necesario para el análisis. Además, los autores señalaron que la capacidad de GEE para gestionar datos a gran escala y llevar a cabo análisis complejos en la nube representa una ventaja significativa en el monitoreo de ecosistemas sensibles y en la investigación ambiental (p. 1).

Durante la revisión sistemática y metaanálisis sobre Google Earth Engine (GEE) llevada a cabo por diversos autores, se detectaron limitaciones y áreas de mejora en la herramienta. Aunque GEE proporciona un alto nivel

de automatización en la asignación de recursos, el paralelismo, la distribución de datos y los reintentos, esto conlleva una menor capacidad del usuario para ajustar la parametrización de los cálculos (Gorelick et al., 2017, p.8; Tamiminia et al., 2020, p.165).

Además, la implementación de datos de entrada combinados para análisis a gran escala resulta ser compleja y demanda un esfuerzo considerable por parte del usuario en los procesos de programación (Shelestov et al., 2017, p.7).

En cuanto a los cálculos, GEE presenta algunas limitaciones significativas relacionadas con el límite de tiempo (Pipia et al., 2021; Han et al., 2022), así como con la memoria y el almacenamiento disponibles (Tamiminia et al., 2020, p.165). Otros aspectos críticos incluyen la falta de métodos de procesamiento específicos (Ghaffarian et al., 2020, p.2; Greifeneder et al., 2021; Shetty et al., 2021), la inflexibilidad en la aplicación de diversos modelos (Shelestov et al., p.9, 2017; Samasse et al., 2020), y la necesidad de mejoras en el conjunto de datos proporcionado (Phalke et al., 2020; Sulova y Jokar Arsanjani, 2020, p.10; Yang et al., 2022).

En base a lo expuesto, surgen varios interrogantes que guiarán este estudio: ¿Es intuitiva la interfaz de GEE para los usuarios que la utilizan en su trabajo en el sector ambiental? ¿Es fácil navegar por las herramientas y datasets en GEE? ¿Son eficaces las funcionalidades de GEE para los proyectos ambientales? ¿Es Google Earth Engine accesible en cuanto al software y hardware necesarios para su uso?

A partir de lo mencionado, se establece como objetivo general:

Evaluar la usabilidad de Google Earth Engine en relación con la intuitividad de su interfaz, navegabilidad, eficacia funcional y accesibilidad técnica, considerando los

requerimientos de software y hardware necesarios para su implementación en proyectos ambientales.

Como objetivos específicos se establecieron:

- Analizar la intuitividad de la interfaz de Google Earth Engine
- Evaluar la navegabilidad por las herramientas y conjuntos de datos de Google Earth Engine
- Determinar la eficacia funcional de Google Earth Engine
- Analizar la accesibilidad de Google Earth Engine en cuanto al software y hardware necesarios.

## **Métodos**

A continuación, se presentan los enfoques y las estrategias empleadas en esta investigación. Se abordan aspectos fundamentales como el diseño de la investigación, los participantes, y los medios para la recolección y análisis de datos.

### *Diseño*

De acuerdo con Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2014), los estudios de alcance descriptivo buscan especificar las características y propiedades de un fenómeno sin analizar sus relaciones causales (p.92). En esta investigación, se ha adoptado un alcance descriptivo para caracterizar la experiencia de los usuarios que trabajan con Google Earth Engine (GEE) en el sector ambiental, evaluando aspectos como la intuitividad de la interfaz, la navegabilidad, la eficacia funcional, y la accesibilidad.

Por otra parte, se definió un enfoque cualitativo para la recopilación y análisis de los datos, con el objetivo de comprender las experiencias y perspectivas de los usuarios sobre Google Earth Engine (GEE). Este enfoque permitirá explorar cómo los usuarios

interactúan con la plataforma. Se realizaron preguntas abiertas para que los participantes pudieran hablar sobre el uso de GEE en su trabajo diario.

A su vez, el diseño de esta investigación es no experimental y transversal, siguiendo el criterio descrito por Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2010), en el cual se recolectan datos en un solo momento para describir variables y analizar su incidencia en un tiempo único (p.151). En este enfoque, se recolectaron datos sobre el uso de Google Earth Engine (GEE) en una empresa del sector ambiental sin intervenir ni modificar las prácticas actuales de los participantes. La recolección de datos se realizó durante dos semanas, en las que se entrevistaron a los empleados de la empresa elegida. Cada entrevista se efectuó una sola vez para obtener la experiencia y percepción de los participantes sobre la plataforma, sin alterar su percepción respecto al uso de GEE.

#### *Participantes*

Para la investigación, la población analizada estuvo constituida por la empresa Reforest Latam, ubicada en Tucumán, Argentina. Esta empresa, dedicada a la restauración de ecosistemas y la creación de bosques para mitigar el impacto del cambio climático, fue seleccionada por conveniencia, dado que facilitó el acceso a los datos necesarios para el estudio.

La muestra estuvo compuesta por seis personas que utilizan Google Earth Engine (GEE) en su trabajo diario. Se entrevistó a un científico de la empresa Reforest, quien proporcionó información técnica sobre las aplicaciones científicas de GEE, específicamente en los procesos de restauración y monitoreo ambiental. Además, cinco empleados de la misma empresa participaron en las entrevistas, quienes utilizan GEE en sus tareas cotidianas.

Para garantizar una participación ética, se utilizó un formulario de consentimiento informado. Este documento detallaba los objetivos del estudio, aseguraba la confidencialidad de la información recopilada y destacaba que la participación era completamente voluntaria. Los participantes tuvieron la opción de decidir si deseaban formar parte de la investigación sin que esto afectara su relación con la empresa.

Debido a las limitaciones de tiempo y recursos, se optó por realizar un muestreo no probabilístico accidental. Esta decisión se tomó porque no se disponía de datos precisos sobre la cantidad total de personas en la población objetivo, lo que impedía una selección aleatoria representativa. Asimismo, las entrevistas se llevaron a cabo de forma remota, utilizando llamadas telefónicas para facilitar la participación de los empleados dentro de las restricciones logísticas del estudio.

### *Instrumentos*

Para la recolección de datos en esta investigación sobre el uso de Google Earth Engine (GEE), se llevaron a cabo entrevistas telefónicas en las que se realizaron 8 preguntas. Este método se eligió para permitir a los participantes responder con flexibilidad y en detalle. Las entrevistas comenzaron con una explicación del consentimiento informado, garantizando a los participantes que la información se trataría de manera confidencial y se usaría únicamente para fines de investigación.

El modelo de la entrevista y el consentimiento informado fue adjuntado en el apartado Anexos. A continuación, se detallan las preguntas realizadas en las entrevistas:

- Intuitividad
  1. ¿Cómo describiría la facilidad de uso de la interfaz de Google Earth Engine (GEE) para realizar sus tareas diarias?

2. ¿Hay alguna parte de la interfaz de GEE que encuentre especialmente fácil o difícil de entender? Por favor, describa.

- Navegabilidad

3. ¿Ha tenido alguna dificultad para localizar datos o herramientas específicas en GEE? Si es así, ¿qué dificultades ha experimentado?

4. ¿Cómo describiría la facilidad con la que puede encontrar y utilizar herramientas y datos en Google Earth Engine (GEE)?

- Eficacia funcional

5. ¿Cómo describiría la capacidad de Google Earth Engine (GEE) para satisfacer las necesidades específicas de sus proyectos ambientales?

6. ¿Cómo ha sido útil GEE para cumplir con los objetivos de sus proyectos y en qué situaciones ha tenido dificultades para satisfacer las necesidades de estos proyectos?

- Accesibilidad

7. ¿Ha tenido problemas relacionados con el hardware o software necesario para usar Google Earth Engine (GEE)? Si es así, ¿qué dificultades específicas ha enfrentado?

8. ¿Ha sido necesario realizar ajustes en su hardware o software para utilizar GEE? Si es así, ¿qué cambios ha tenido que realizar o qué recursos adicionales ha tenido que adquirir para utilizar Google Earth Engine (GEE) de manera efectiva en su entorno de trabajo?

### *Análisis de datos*

Para la investigación sobre Google Earth Engine (GEE) en la empresa Reforest, se adoptó un enfoque cualitativo centrado en el análisis de las entrevistas realizadas a los usuarios del software.

En primer lugar, se procedió con la transcripción de las entrevistas. Las entrevistas fueron grabadas con el consentimiento de los participantes y se transcribieron textualmente. El proceso de transcripción incluyó tanto las respuestas de los participantes como las preguntas del entrevistador.

Posteriormente, se llevó a cabo la interpretación de los datos. Este análisis se enfocó en identificar y codificar temas emergentes relacionados con las variables clave de la investigación.

Las variables examinadas fueron:

- Intuitividad de la Interfaz
- Navegabilidad de las herramientas y datasets.
- Eficacia Funcional
- Accesibilidad en términos de hardware y software

La intuitividad de la interfaz se refiere a la facilidad con la que los usuarios pueden entender y utilizar la plataforma sin necesidad de instrucciones complejas. Según la Real Academia Española (RAE), el término intuitivo describe algo que es fácil de entender por su propia naturaleza (RAE, 2023). Esta variable se examinó en las preguntas 1 y 2.

La navegabilidad se centra en cómo los usuarios pueden moverse eficientemente a través de las diferentes secciones y herramientas de GEE. En el contexto de la informática, navegación se define como el proceso de moverse de una parte de un

documento o página web a otra (RAE, 2023). Esta variable está relacionada con las preguntas 3 y 4.

La eficacia funcional se refiere a la capacidad de GEE para cumplir con los objetivos y necesidades de los usuarios de manera efectiva. La eficacia se define como la capacidad de lograr el efecto deseado (RAE, 2023). Esta variable se relaciona con las preguntas 5 y 6.

La accesibilidad hace referencia a la facilidad con la que los usuarios pueden usar Google Earth Engine (GEE) con el software y hardware que emplean habitualmente. El término accesible indica que algo puede ser usado o consultado fácilmente (RAE, 2023). Esta variable se relaciona con las preguntas 7 y 8.

Para realizar el análisis, se aplicaron códigos iniciales a las transcripciones para segmentar y clasificar la información en temas relevantes (Braun & Clarke, 2006). Estos códigos se agruparon en categorías temáticas que reflejaron los patrones recurrentes y las áreas de interés destacadas durante las entrevistas (Fereday & Muir-Cochrane, 2006).

El análisis se llevó a cabo utilizando el software ATLAS.ti, que facilitó la organización y categorización de los datos cualitativos (Frieze, 2019). Se utilizó la versión de prueba gratuita del software para este propósito.

Finalmente, los resultados del análisis cualitativo se presentaron en forma de descripciones detalladas, proporcionando una visión de sus experiencias y percepciones sobre GEE (Marshall & Rossman, 2016).

## Resultados

A partir del análisis cualitativo de las seis entrevistas, se obtuvieron distintos puntos de vista de los entrevistados sobre la usabilidad de Google Earth Engine (GEE), organizados en torno a las variables predefinidas: intuitividad de la interfaz, navegabilidad, eficacia funcional y accesibilidad en términos de hardware y software. Los resultados se presentan respetando el anonimato de los participantes, quienes fueron numerados del 1 al 6 de acuerdo con el consentimiento informado, y se reflejan a través de las respuestas proporcionadas por cada uno.

Las respuestas fueron codificadas en las categorías de interfaz intuitiva y no intuitiva, navegabilidad y dificultades en la navegabilidad, eficacia funcional y limitaciones funcionales, así como accesibilidad.

En cuanto a la variable intuitividad de la interfaz relacionada con los códigos interfaz intuitiva y no intuitiva, los entrevistados proporcionaron diversas opiniones:

- El participante 1 describió la interfaz de GEE como relativamente fácil de usar para tareas diarias, especialmente para aquellos con experiencia en análisis geoespacial y programación. Mencionó la facilidad en la visualización de mapas y el uso de herramientas de capas, aunque señaló que las funciones avanzadas, como la exportación personalizada, fueron menos intuitivas.
- El participante 2 indicó que la interfaz es sencilla para tareas básicas, pero se complica en análisis avanzados y el manejo de grandes volúmenes de datos. Comentó que la programación en JavaScript representaba un desafío importante para quienes no tienen experiencia en este campo.

- El entrevistado 3 consideró a GEE intuitivo para la carga y visualización de datos, pero mencionó una curva de aprendizaje empinada al programar o ajustar parámetros específicos.
- El participante 4 afirmó que la interfaz es fácil de usar para tareas básicas, pero se vuelve más compleja al realizar análisis avanzados o manejar grandes volúmenes de datos.
- El participante 5 consideró útil la interfaz para tareas básicas, pero señaló que se vuelve más complicada al realizar análisis detallados, especialmente para quienes no tienen experiencia en programación.
- El participante 6 describió la interfaz como fácil de usar para tareas básicas de análisis geoespacial, pero más difícil al escribir scripts complejos o realizar análisis más específicos.

En relación con la variable navegabilidad relacionada con los códigos navegabilidad y dificultades en la navegabilidad. Los entrevistados respondieron lo siguiente:

- El participante 1 comentó que la función de búsqueda de datasets fue útil, pero no siempre precisa, especialmente al buscar herramientas o conjuntos de datos más específicos.
- El participante 2 indicó que la búsqueda y selección de datasets fue eficiente, pero sugirió mejoras para encontrar datos más específicos.
- El participante 3 mencionó que tuvo dificultades para encontrar datasets específicos debido a la gran cantidad de opciones disponibles, lo que complicó la selección de los más relevantes.

-El participante 4 comentó que encontrar datasets específicos fue complicado debido a la gran cantidad de opciones, lo que no siempre resultó útil para su trabajo.

-El participante 5 observó que, aunque la búsqueda de datasets específicos puede ser un reto, la función de búsqueda mostró resultados que no fueron útiles para su proyecto.

-El participante 6 destacó que la función de búsqueda de datasets podría mejorarse, haciendo que los filtros ofrecidos sean más precisos.

En cuanto a la variable eficacia funcional relacionada con los códigos eficacia funcional y limitaciones funcionales, los entrevistados mencionaron lo siguiente:

- El participante 1 consideró a GEE una herramienta poderosa para manejar grandes cantidades de datos en proyectos ambientales. Sin embargo, algunas tareas avanzadas necesitaron la complementación con otras herramientas.

-El participante 2 mencionó que GEE es útil para analizar grandes áreas de vegetación, aunque encontró dificultades al procesar grandes conjuntos de datos y al utilizar funciones avanzadas.

-El participante 3 expresó que GEE fue útil para el seguimiento de cambios en la vegetación, pero identificó limitaciones al manejar grandes volúmenes de datos.

-El participante 4 observó que GEE presentó límites al realizar análisis detallados de clasificación de vegetación en áreas específicas. Explicó que la falta de precisión en algunos datos afectó la identificación y diferenciación de especies en sus proyectos.

-El participante 5 indicó que, aunque GEE fue útil, no siempre ofreció las herramientas necesarias para análisis específicos, como estudios de biodiversidad, lo que le obligó a utilizar software complementario.

-El participante 6 señaló que GEE fue eficaz para procesar grandes cantidades de datos, aunque algunos proyectos que involucraron la integración de múltiples datasets de alta resolución presentaron desafíos.

En cuanto a la variable accesibilidad en términos de hardware y software relacionada con el código accesibilidad, los participantes respondieron lo siguiente:

- El participante 1 no reportó inconvenientes relacionados con hardware o software, ya que GEE se ejecuta en servidores remotos.

-El participante 2 destacó que la ejecución en la nube facilitó el uso de GEE, ya que no necesitaba equipos de alto rendimiento para procesar grandes volúmenes de datos.

-El participante 3 indicó que no encontró problemas técnicos debido a la ejecución de GEE en servidores externos.

-El participante 4 afirmó que no tuvo inconvenientes en cuanto a hardware o software, destacando que la plataforma se ejecuta en servidores externos.

-El participante 5 mencionó que no tuvo problemas con hardware, resaltando que la ejecución remota de GEE fue eficiente.

-El participante 6 describió a GEE como accesible desde cualquier dispositivo con conexión a internet estable, lo que le permitió trabajar sin preocupaciones técnicas.

## Discusión

La presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar la usabilidad de Google Earth Engine (GEE) en empresas del sector ambiental, centrándose en cuatro dimensiones: intuitividad de la interfaz, navegabilidad por las herramientas y datasets, eficacia funcional y accesibilidad en términos de hardware y software. Los hallazgos obtenidos permitieron responder a los interrogantes formulados en cada una de estas áreas.

Cuando se estudió la variable **intuitividad de la interfaz**, los resultados mostraron que GEE es accesible para tareas básicas como la visualización de mapas y la carga de datasets. Sin embargo, la curva de aprendizaje se vuelve empinada para usuarios sin experiencia en programación, especialmente al utilizar funciones avanzadas como la creación de scripts o la personalización de algoritmos. Este hallazgo coincide con lo descrito por Tamiminia et al., quienes destacan que los desafíos técnicos de GEE son significativos para quienes no tienen formación en el procesamiento de datos a gran escala.

Asimismo, Vidal Solórzano Villegas y Perilla Suárez mencionan que, aunque la API de JavaScript de GEE facilita el acceso inicial, la personalización avanzada puede resultar compleja para usuarios sin experiencia previa. Se sugiere mejorar la documentación, desarrollar tutoriales más interactivos y proporcionar ejemplos prácticos de scripts avanzados, lo cual facilitaría la adopción de GEE en proyectos complejos y reduciría la curva de aprendizaje para usuarios novatos.

En cuanto a la variable **navegabilidad por las herramientas y datasets**, los resultados indicaron que GEE ofrece una amplia colección de datasets que permite un análisis exhaustivo de información geoespacial. Sin embargo, los usuarios

experimentaron dificultades para encontrar datasets específicos debido a la falta de precisión en los filtros de búsqueda y a la cantidad de resultados irrelevantes que aparecen durante el proceso de búsqueda. Este problema puede hacer lento el flujo de trabajo, especialmente en proyectos que requieren datos muy específicos o actualizados rápidamente. Shelestov et al. también subrayan que la estructura de búsqueda de GEE es uno de los aspectos menos eficientes de la plataforma, ya que los filtros disponibles no son lo suficientemente precisos para facilitar la localización rápida de datasets relevantes.

Esto sugiere una necesidad clara de mejorar la interfaz de búsqueda para hacerla más accesible y eficiente, lo que permitiría a los usuarios gestionar grandes volúmenes de información de manera más efectiva y rápida. Mejorar estas funciones facilitaría el acceso rápido a la información y optimizaría los flujos de trabajo, reduciendo el tiempo y la frustración para los usuarios.

En relación con la variable **eficacia funcional**, los resultados arrojaron que GEE es altamente eficaz para manejar grandes volúmenes de datos geoespaciales, lo cual es especialmente ventajoso en proyectos de gran escala que requieren procesamiento intensivo de imágenes satelitales y otros tipos de datos geográficos. La capacidad de GEE para integrar múltiples fuentes de datos y realizar análisis complejos simultáneamente ha sido destacada como una de sus principales fortalezas, permitiendo a los usuarios ejecutar tareas de manera automatizada y obtener resultados precisos en tiempo real.

Bennet et al. respaldan estos hallazgos, indicando que GEE mejora la automatización y precisión en el análisis de ecosistemas marinos cuando se integra con otras tecnologías, como drones. Sin embargo, los resultados también arrojaron que la falta de flexibilidad y la parametrización limitada de algunas funciones de GEE pueden

restringir su uso en estudios más específicos o locales. Esto representa una barrera cuando los proyectos requieren configuraciones más detalladas y ajustadas a necesidades particulares, como lo mencionan Gorelick et al., quienes indican que la capacidad de ajustar parámetros específicos en los cálculos y modelos dentro de GEE es limitada. Además, los usuarios mencionaron la necesidad de complementar GEE con otras herramientas para lograr un análisis más integral, lo que puede aumentar la complejidad y el tiempo requerido para completar ciertos proyectos.

En cuanto a la **accesibilidad en términos de hardware y software**, GEE recibió una valoración positiva debido a su capacidad para operar desde cualquier dispositivo con conexión a internet, sin requerir equipos avanzados. Esto reduce las barreras de entrada, permitiendo a usuarios con hardware limitado acceder a análisis geoespaciales avanzados. Como destacan Perilla y Mas, la infraestructura en la nube de GEE hace más accesibles las herramientas de teledetección para los usuarios. Sin embargo, algunos usuarios señalaron que una conexión a internet estable es esencial para un uso fluido de la plataforma, lo que puede limitar su aplicabilidad en áreas con conectividad limitada.

La investigación muestra una alineación clara con estudios previos, ya que se observan similitudes en las características de uso de Google Earth Engine (GEE). Entre estas, destacan su accesibilidad para realizar tareas básicas, las dificultades para encontrar datasets específicos y la necesidad de una personalización más flexible en cálculos y modelos. Además, los resultados confirman que GEE es eficaz para manejar grandes volúmenes de datos en proyectos de gran envergadura, algo que ya había sido mencionado en estudios anteriores como el de Bennet et al. Sin embargo, también se identificaron limitaciones técnicas relacionadas con la parametrización y la dependencia de

infraestructura tecnológica, lo cual coincide con lo señalado por Gorelick et al. y Tamiminia et al.

Por otro lado, en cuanto a las limitaciones del estudio, cabe destacar que la selección de los participantes se realizó mediante un muestreo no probabilístico en un sector empresarial específico, lo que podría generar cierto sesgo en los resultados y limitar su generalización. A pesar de esto, las opiniones de los entrevistados ofrecieron aportaciones valiosas sobre el uso de GEE en entornos reales del sector ambiental, permitiendo evaluar de manera más completa su funcionalidad en la práctica. Durante el proceso de recolección de datos, se priorizó la calidad de las respuestas, lo cual contribuyó a obtener una evaluación más detallada de la plataforma.

Por lo expuesto, se puede concluir que los objetivos de la investigación fueron alcanzados con éxito. GEE se posiciona como una herramienta robusta y eficaz para el análisis de datos geoespaciales, especialmente en proyectos de gran escala, gracias a su capacidad de procesamiento en la nube y la amplia disponibilidad de datasets. No obstante, se identifican áreas de mejora, como la intuitividad de la interfaz y la navegabilidad, particularmente para usuarios sin experiencia técnica. Asimismo, se recomienda trabajar en la mejora de la precisión de la visualización y la personalización de las herramientas para proyectos específicos.

A partir de los resultados obtenidos, se sugiere seguir investigando cómo simplificar GEE para usuarios sin conocimientos en programación, mediante el desarrollo de interfaces más amigables y recursos educativos que faciliten el uso de funciones avanzadas, como los scripts.

Otra posible línea de investigación podría enfocarse en mejorar la navegabilidad de la plataforma, con especial atención en la búsqueda y filtrado de conjuntos de datos, lo cual agilizaría el flujo de trabajo y reduciría el tiempo necesario para localizar información específica. Además, sería ventajoso adaptar GEE para que funcione de manera más eficiente en entornos con recursos tecnológicos limitados, como aquellos con baja conectividad a internet o hardware de menor capacidad, promoviendo así un acceso más inclusivo.

A nivel profesional, esta investigación fue una oportunidad para adentrarme en un área completamente nueva para mí: el análisis geoespacial y el uso de herramientas en la nube como GEE. Aunque no llegué a usar la plataforma de manera directa, entender cómo funciona y su impacto en proyectos ambientales me ayudó a apreciar su valor para manejar grandes volúmenes de datos. Más allá de los resultados, el proceso de investigación en sí me permitió desarrollar habilidades importantes que seguro serán útiles en mi carrera como Ingeniera en Software. Me enseñó a enfrentar nuevos desafíos y a aplicar lo que voy aprendiendo para crear soluciones tecnológicas más efectivas.

### Referencias

Bennett, M. K., Younes, N., & Joyce, K. (2020). *Automatización del procesamiento de imágenes con drones para mapear sustratos de arrecifes de coral con Google Earth Engine*. Drones, 4(3), 50. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2504-446X/4/3/50> el 03/09/24.

- Braun, V., & Clarke, V. (2006). *Using thematic analysis in psychology*. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- European Space Agency. (2015). *Sentinel-2 User Handbook*. Recuperado de <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi> el 26/08/24.
- Fereday, J., & Muir-Cochrane, E. (2006). *Demonstrating rigor using thematic analysis: A hybrid approach of inductive and deductive coding and theme development*. International Journal of Qualitative Methods, 5(1), 80-92. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/251804369\\_Demonstrating\\_Rigor\\_Using\\_Thematic\\_Analysis\\_A\\_Hybrid\\_Approach\\_of\\_Inductive\\_and\\_Deductive\\_Coding\\_and\\_Theme\\_Development](https://www.researchgate.net/publication/251804369_Demonstrating_Rigor_Using_Thematic_Analysis_A_Hybrid_Approach_of_Inductive_and_Deductive_Coding_and_Theme_Development) el 26/08/24.
- Friese, S. (2019). *Qualitative data analysis with ATLAS.ti*. Sage Publications.
- Gamba, P., Du, P., Juergens, C., & Maktav, D. (2011). *Foreword to the Special Issue on "Human Settlements: A Global Remote Sensing Challenge"*. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 4(1), 5-7. Recuperado de <https://ieeexplore.ieee.org/document/5711679> el 26/08/24.
- Geoinfoexpert. (2018, 6 de julio). *¿Qué es la teledetección?* Ingeoexpert. Recuperado de <https://ingeoexpert.com/2018/07/06/que-es-la-teledeteccion/> el 07/09/24.
- GeoInnova. (2021). *ERDAS Imagine: Software para trabajar con imagen de satélite*. Recuperado de <https://geoinnova.org/blog-territorio/erdas-imagine-software-para-trabajar-con-imagen-de-satelite/> el 07/09/24.
- GeoSpace Solutions. (n.d.). *ENVI: Software avanzado de análisis de imágenes geoespaciales*. Recuperado de <https://www.geospace-solutions.com/envi#:~:text=ENVI%20es%20una%20herramienta%20de%20soft>

ware%20avanzada%20que,transforma%20im%C3%A1genes%20y%20datos%20geoespaciales%20en%20informaci%C3%B3n%20valiosa el 07/09/24.

Ghaffarian, S., Rezaie Farhadabad, A., & Kerle, N. (2020). *Post-disaster recovery monitoring with Google Earth Engine*. *Applied Sciences*, 10(13), 4574. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/13/4574> el 31/08/24.

Google Earth Engine. (n.d.). *Mapeo del riesgo de malaria*. Recuperado de [https://earthengine.google.com/case\\_studies/](https://earthengine.google.com/case_studies/) el 31/08/24.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). *Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone*. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18-27. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425717302900?via%3Dihub> el 26/08/24.

Greifeneder, F., Notarnicola, C., & Wagner, W. (2021). *A machine learning-based approach for surface soil moisture estimations with Google Earth Engine*. *Remote Sensing*, 13(11), 2099. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/11/2099> el 05/09/24.

Han, L., Ding, J., Wang, J., Zhang, J., Xie, B., & Hao, J. (2022). *Monitoring oasis cotton fields expansion in arid zones using the Google Earth Engine: A case study in the Ogan-Kucha River Oasis, Xinjiang, China*. *Remote Sensing*, 14(1), 225. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/1/225> el 31/08/24.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2010). *Metodología de la investigación* (5ta ed.). México D.F., MX: McGraw-Hill. pp.80,176.

- Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio (2014). *Metodología de la Investigación*. Recuperado de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf> el 12/09/24
- Kumar, L., & Mutanga, O. (2018). *Google Earth Engine applications since inception: Usage, trends, and potential*. *Remote Sensing*, 10(10), 1509. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2072-4292/10/10/1509> el 26/08/24.
- Kurtzman, L. (2014, September 10). *UCSF, Google Earth Engine making maps to predict malaria: Global health group partnering to fight infectious disease with cloud computing*. *Patient Care*. Recuperado de <https://www.ucsf.edu/news/2014/09/116906/ucsf-google-earth-engine-making-maps-predict-malaria> el 30/08/24
- Ma, Y., Wu, H., Wang, L., Huang, B., Ranjan, R., Zomaya, A., & Jie, W. (2015). *Remote Sensing Big Data Computing: Challenges and Opportunities*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 103, 1-15. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167739X14002234> el 26/08/24.
- Marshall, C., & Rossman, G. B. (2016). *Designing qualitative research*. Sage Publications.
- MODIS Characterization Support Team. (2017). *MODIS Level 1B Product User's Guide Operation*. Recuperado de <https://mcst.gsfc.nasa.gov/11b-documents> el 26/08/24.
- Perilla, G. A., & Mas, J.-F. (2020). *Google Earth Engine (GEE): Una poderosa herramienta que vincula el potencial de los datos masivos y la eficacia del procesamiento en la nube*. *SciELO*. Recuperado de

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-)

46112020000100111 el 26/08/24.

Phalke, A. R., Özdoğan, M., Thenkabail, P. S., Erickson, T., Gorelick, N., Yadav, K., & Congalton, R. G. (2020). *Mapping croplands of Europe, Middle East, Russia, and Central Asia using Landsat, Random Forest, and Google Earth Engine*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 167, 104-122. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924271620301805?via%3Dihub> el 31/08/24.

Pipia, L., Amin, E., Belda, S., Salinero-Delgado, M., & Verrelst, J. (2021). *Green LAI mapping and cloud gap-filling using Gaussian process regression in Google Earth Engine*. Remote Sensing, 13(3), 403. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/3/403> el 31/08/24.

Real Academia Española. (2023). *Intuitivo*. En Diccionario de la lengua española (23.<sup>a</sup> ed.). Recuperado de <https://dle.rae.es/intuitivo> el 12/09/24.

Real Academia Española. (2023). *Navegación*. En Diccionario de la lengua española (23.<sup>a</sup> ed.). Recuperado de <https://dle.rae.es/navegación> el 12/09/24.

Real Academia Española. (2023). *Eficacia*. En Diccionario de la lengua española (23.<sup>a</sup> ed.). Recuperado de <https://dle.rae.es/eficacia> el 12/09/24.

Real Academia Española. (2023). *Accesible*. En Diccionario de la lengua española (23.<sup>a</sup> ed.). Recuperado de <https://dle.rae.es/accesible> el 12/09/24.

Revista Gestión. (2022, diciembre 7). *Google Earth Engine, desde el espacio llegó la solución a las empresas*. Revista Gestión. Recuperado de <https://revistagestion.ec/empresas/google-earth-engine-desde-el-espacio-llego-la-solucion-las-empresas/> el 27/08/24.

Samasse, K., Hanan, N. P., Anchang, J. Y., & Diallo, Y. (2020). *A high-resolution cropland map for the West African Sahel based on high-density training data, Google Earth Engine, and locally optimized machine learning*. Remote Sensing, 12(9), 1436. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/9/1436> el 31/08/24.

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, 5, 17. Recuperado de

<https://www.frontiersin.org/journals/earth-science/articles/10.3389/feart.2017.00017/full> el 31/08/24.

Shetty, S., Gupta, P. K., Belgiu, M., & Srivastav, S. K. (2021). *Assessing the effect of training sampling design on the performance of machine learning classifiers for land cover mapping using multi-temporal remote sensing data and Google Earth Engine*. Remote Sensing, 13(8), 1433. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/8/1433> el 31/08/24.

Shimabukuro, Y. E., Santos, J., Rudorff, B. F. T., Arai, E., Duarte, V., & Lima, A. (2011). *Detección operacional de deforestación y de áreas quemadas en tiempo casi real por medio de imágenes del sensor MODIS*. En J. F. Mas (Ed.), Aplicaciones de sensor MODIS para el monitoreo del territorio (pp. 123-143). México: CIGA-INECC. Recuperado de

[http://www.ciga.unam.mx/publicaciones/images/abook\\_file/aplicacionesMODIS.pdf](http://www.ciga.unam.mx/publicaciones/images/abook_file/aplicacionesMODIS.pdf) el 03/09/24.

Sulova, A., & Jokar Arsanjani, J. (2021). *Exploratory analysis of driving force of wildfires in Australia: An application of machine learning within Google Earth Engine*.

- Remote Sensing, 13(1), 10. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/1/10> el 31/08/24.
- Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L., Adeli, S., & Brisco, B. (2020). *Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 164, 152-170. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924271620300927?via%3Dihub> el 30/08/24.
- Tubloginformativo. (2019). *¿Qué es el índice Kappa?* .Tubloginformativo. Recuperado de <https://tubloginformativo.com/que-es-el-indicekappa/> el 07/09/24.
- U.S Geological Survey. (2018). *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook*. Recuperado de <https://www.usgs.gov/media/files/landsat-8-data-users-handbook> el 26/08/24.
- Velastegui-Montoya, A., Montalván-Burbano, N., Carrión-Mero, P., Rivera-Torres, H., Sadeck, L., & Adami, M. (2023). *Google Earth Engine: A global analysis and future trends*. Remote Sensing, 15(14), 3675. Recuperado de <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2023RemS...15.3675V/abstract> el 26/08/24.
- Vidal Solórzano Villegas, J., & Perilla Suárez, G. A. (2022). *Cómo usar Google Earth Engine y no fallar en el intento*. Editorial del Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA).
- Yang, C., Huang, Q., Li, Z., Liu, K., & Hu, F. (2017). *Big Data y computación en la nube: Oportunidades y desafíos de la innovación*. International Journal of Digital Earth, 10(1),13-53. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17538947.2016.1239771#abstract>

el 26/08/24.

Yang, W., John, V. O., Zhao, X., Lu, H., & Knapp, K. R. (2016). *Registros de datos climáticos satelitales: Desarrollo, aplicaciones y beneficios sociales*. *Teledetección*, 8(4), 1-24. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2072-4292/8/4/331> el 26/08/24.

Yang, L., Driscoll, J., Sarigai, S., Wu, Q., Chen, H., & Lippitt, C. D. (2022). *Google Earth Engine and artificial intelligence (AI): A comprehensive review*. *Remote Sensing*, 14(14), 3253. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/14/3253> el 31/08/24.

## Anexos

Consentimiento Informado para Participantes en la Investigación sobre el Uso de Google Earth Engine (GEE) en Reforest

Investigador: Jazmín Roca, estudiante de Ingeniería en Software.

Propósito:

Este estudio busca entender cómo los empleados de Reforest perciben la usabilidad de Google Earth Engine (GEE) en términos de intuitividad de la interfaz, navegabilidad, eficacia funcional y accesibilidad, y su impacto en la realización de sus tareas diarias.

Procedimiento:

Se le pedirá participar en una entrevista sobre su experiencia usando GEE. La información será confidencial y utilizada solo con fines académicos.

Confidencialidad:

La información proporcionada será tratada de manera confidencial y no se revelarán datos personales en los resultados.

Voluntariedad:

Su participación es voluntaria. Puede retirarse en cualquier momento sin repercusiones.

Consentimiento:

Seleccione una opción:

- Sí, acepto participar.
- No, no deseo participar.

Firma                      del                      participante                      \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

### **Preguntas de la entrevista**

#### **-Intuitividad**

1.        ¿Cómo describiría la facilidad de uso de la interfaz de Google Earth Engine (GEE) para realizar tus tareas diarias?
2.        ¿Hay alguna parte de la interfaz de GEE que encuentre especialmente fácil de usar o, por el contrario, difícil de entender? Por favor, describa.

#### **-Navegabilidad**

3.        ¿Ha tenido alguna dificultad para localizar datos o herramientas específicas en GEE? Si es así, ¿qué dificultades ha experimentado?
4.        ¿Cómo describiría la facilidad con la que puede encontrar y utilizar herramientas y datos en Google Earth Engine (GEE)?

#### **-Eficacia funcional**

5.        ¿Cómo describiría la capacidad de Google Earth Engine (GEE) para satisfacer las necesidades específicas de sus proyectos ambientales?

6. ¿Cómo describiría cómo GEE ha sido útil para cumplir con los objetivos de sus proyectos y en qué situaciones ha tenido dificultades para satisfacer las necesidades de estos proyectos?

**-Accesibilidad**

7. ¿Ha tenido problemas relacionados con el hardware o software necesario para usar Google Earth Engine (GEE)? Si es así, ¿qué dificultades específicas ha enfrentado?

8. ¿Ha sido necesario realizar ajustes en su hardware o software para utilizar GEE? Si es así, ¿Qué cambios ha tenido que realizar o qué recursos adicionales ha tenido que adquirir para utilizar Google Earth Engine (GEE) de manera efectiva en su entorno de trabajo?