



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**IMPLEMENTACIÓN DE UN OBSERVATORIO AMBIENTAL WEB GIS
PARA EL ECUADOR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE SENSORES REMOTOS**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Ambiental

AUTOR: LUIS VLADIMIR BRAVO TANDAZO

TUTOR: CÉSAR IVÁN ÁLVAREZ MENDOZA

Quito - Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Luis Vladimir Bravo Tandazo con documento de identificación N.º 2200156574
manifiesto que:

Soy el autor responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o
parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 26 de febrero del año 2024

Atentamente,



Luis Vladimir Bravo Tandazo
2200156574

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Luis Vladimir Bravo Tandazo con documento de identificación No. 2200156574, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Trabajo Experimental: “Implementación de un observatorio ambiental web gis para el Ecuador mediante la aplicación de sensores remotos”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega final del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 26 de febrero del año 2024

Atentamente,



Luis Vladimir Bravo Tandazo

2200156574

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, César Iván Álvarez Mendoza con documento de identificación N.º 1720100922, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: IMPLEMENTACIÓN DE UN OBSERVATORIO AMBIENTAL WEB GIS PARA EL ECUADOR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE SENSORES REMOTOS, realizado por Luis Vladimir Bravo Tandazo con documento de identificación N.º 2200156574, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 26 de febrero del año 2024

Atentamente,



Ing. César Iván Álvarez Mendoza, PhD
1720100922

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres Fulton Bravo y Sonia Tandazo junto con mis hermanos Danny Bravo y Jessica Bravo los cuales siempre me han apoyado en toda mi carrera universitaria con sus consejos para seguir adelante y ser un hombre de bien, y a mis amigos que han sido como mi segunda familia durante la vida universitaria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi docente tutor el Ing. César Iván Álvarez Mendoza por su apoyo con el tema y guía en este trabajo de investigación.

.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVOS	3
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1. Google Engine	4
2.2. Sensores remotos.....	4
2.4. Colecciones Landsat.....	6
2.7. Landsat.....	8
2.8. Landsat 4.....	8
2.9. Landsat 5.....	9
2.10. Landsat 7.....	10
2.11. Landsat 8.....	11
2.12. Landsat 9.....	12
2.13. Sentinel 2.....	13
2.14. Centinela	14

2.15.	LSIB 2017: Large Scale International Boundary Polygons, Simplified	14
2.17.	Modelos Digitales de Elevación.....	18
2.18.	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).....	19
2.19.	Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)	20
2.20.	Índice de nieve de diferencia normalizada (NDSI).....	21
2.21.	JAVASCRIPT	22
2.33.	Comandos de Google Engine	28
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1.	Materiales.....	33
3.2.	Metodología.....	33
	Para empezar a hacer una App en Google Earth Engine:	33
3.2.1.	Inicio del código de la aplicación Web Observatorio Ambiental	34
3.2.2.	Código para el uso del Cambio forestal desde el 2000 al 2022	39
3.2.3.	Código para el uso de Modelos Digitales de Elevación.....	43
3.2.4.	Código para el uso de las Cuencas Hidrográficas	46
3.2.5.	Código para el Uso del Suelo 2015-2019	48
3.2.6.	Índice de Vegetación de diferencia normalizada (NDVI).....	50
3.2.7.	Código del Índice Diferencial de Agua normalizado (NDWI) usando Landsat 7	53
3.2.8.	Sentinel 2 Índice Diferencial de Agua normalizado 2018-2023	55
3.2.9.	Índice de nieve diferencia normalizada 2013-2023.....	56

3.2.10.	Código para el uso de paneles de texto.....	58
3.2.11.	Comando final para visualizar el panel en la App	60
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
5.1	Conclusiones	85
5.2	Recomendaciones	87
Anexos.....		86

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.....	19
FIGURA 2.....	23
FIGURA 3.....	23
FIGURA 4.....	23
FIGURA 5.....	24
FIGURA 6.....	25
FIGURA 7.....	25
FIGURA 8.....	26
FIGURA 9.....	26
FIGURA 10.....	27
FIGURA 11.....	28
FIGURA 12.....	28

FIGURA 13.....	34
FIGURA 14.....	35
FIGURA 15.....	36
FIGURA 16.....	37
FIGURA 17.....	37
FIGURA 18.....	39
FIGURA 19.....	39
FIGURA 20.....	42
FIGURA 21.....	44
FIGURA 22.....	46
FIGURA 23.....	48
FIGURA 24.....	50
FIGURA 25.....	51
FIGURA 26.....	53
FIGURA 27.....	54
FIGURA 28.....	56
FIGURA 29.....	57
FIGURA 30.....	59
FIGURA 31.....	60
FIGURA 32.....	63
FIGURA 33.....	64
FIGURA 34.....	65
FIGURA 35.....	67
FIGURA 36.....	68
FIGURA 37.....	69
FIGURA 38.....	71
FIGURA 39.....	72

FIGURA 40	74
FIGURA 41	75
FIGURA 42	76
FIGURA 43	76
FIGURA 44	77
FIGURA 45	77
FIGURA 46	78
FIGURA 47	80
FIGURA 48	80
FIGURA 49	82
FIGURA 50	84

ÍNDICE TABLAS

TABLA 1 RESULTADO DE LAS PRUEBAS FUNCIONALES AL CARGAR LA APLICACIÓN WEB	62
TABLA 2 RESULTADO DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL CAMBIO FORESTAL.....	63
TABLA 3 RESULTADO DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DEL MODELO DE ELEVACIÓN.....	65
TABLA 4 RESULTADO DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LA SELECCIÓN CUENCAS HIDROGRÁFICAS	66
TABLA 5 RESULTADO DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LA SELECCIÓN CUENCAS HIDROGRÁFICAS “ACC”	67
TABLA 6 RESULTADO DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LA SELECCIÓN CUENCAS HIDROGRÁFICAS “FLOW DIR”	69
TABLA 7 RESULTADO DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LA SELECCIÓN CUENCAS HIDROGRÁFICAS “DEM”.....	70
TABLA 8 RESULTADO DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LA SELECCIÓN CUENCAS HIDROGRÁFICAS “RIOS”	72
TABLA 9 RESULTADO DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LA SELECCIÓN USO DEL SUELO	73
TABLA 10 RESULTADO DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LA SELECCIÓN NDVI.....	75
TABLA 11 RESULTADO DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LA SELECCIÓN NDWI	79
TABLA 12 RESULTADO DEL ÍNDICE DE NIEVE DE DIFERENCIA NORMALIZADA (NDSI 2013-ACTUALIDAD)	82

RESUMEN

El trabajo actual se basó en usar sensores remotos y diferentes conjuntos de datos para crear una aplicación Web de Google Earth Engine los cuales son recopilados durante aproximadamente 40 años, los cuales se utilizaron para permitir que esta aplicación web se centre en facilitar la evaluación del impacto ambiental en diferentes regiones del Ecuador. El primer capítulo recoge toda la información de varios sensores remotos (ya sea Landsat, Sentinel, etc.). También se estudió el lenguaje de programación JavaScript para la programación del desarrollo y ejecución de procesos geoespaciales en función de bases de datos globales que utiliza Google Earth Engine. El segundo punto fue buscar los datos espaciales más útiles para realizar la aplicación utilizando datos Landsat (4, 5, 7, 8 y 9), Sentinel, Copernicus, HydroSHEDS y Nasadem_Hg. También se emplearon las bandas de los sensores remotos para obtener el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI) y el Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI), los cuales se lo utilizaron en el mapa del Ecuador y sus diferentes provincias y a la par con varios puntos como uso del suelo, cambios forestales, modelos digitales de elevación, cuencas hidrológicas, etc.

El resultado fue la aplicación Web titulado Observatorio Ambiental la cual nos permite ver imágenes de distintos catálogos la cual ayuda a visualizar y descargar de imágenes de todo el Ecuador, Si bien la aplicación no permite la descarga de manera directa se empleó otro método en el cual permite exportar a Google drive y así poder descargar las imágenes satelitales y poder empelarlas en otros programas.

Palabras Clave: Aplicación web, Ambiental, Google Engine, Sensores remotos

ABSTRACT

The current work was based on using remote sensors and different data sets to create a Google Earth Engine web application which are collected over approximately 40 years, which were used to allow this web application to focus on facilitating environmental impact assessment in different regions of Ecuador. The first chapter collects all the information from various remote sensors (either Landsat, Sentinel, etc.). We also studied the JavaScript programming language for programming the development and execution of geospatial processes based on global databases used by Google Earth Engine. The second point was to search for the most useful spatial data to perform the application using Landsat (4, 5, 7, 8 and 9), Sentinel, Copernicus, HydroSHEDS and Nasadem_Hg data. The remote sensing bands were also used to obtain the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Water Index (NDWI) and Normalized Difference Snow Index (NDSI), which were used in the map of Ecuador and its different provinces and in conjunction with several points such as land use, forest changes, digital elevation models, hydrological basins, etc.

The result was the Web application entitled Environmental Observatory which allows us to view images from different catalogs which helps to visualize and download images from all over Ecuador. Although the application does not allow direct downloading, another method was used which allows exporting to Google drive and thus to download the satellite images and be able to use them in other programs.

Keywords: Web application, Environmental, Google Engine, Remote sensors.

1. INTRODUCCIÓN

En la mayoría del Ecuador no cuenta con una sistema confiable que nos permita monitorear diferentes parámetros ambientales debido a falta de datos y monitoreos constantes en diferentes ciudades, por ende gracias a los sensores remotos que monitorean desde 1982 se puede tener una fuente de datos confiables de cómo ha cambiado gradualmente el Ecuador a lo largo de los años hasta la actualidad, con esto se puede generar diversos tipos de ayuda para investigaciones de temas ambientales y ayuda en el ámbito de las aplicaciones de los sistemas de información geográfica.

Las aplicaciones GIS se pueden usar para una variedad de propósitos, desde trazar puntos de interés en un mapa hasta crear visualizaciones de datos. Para crear estas aplicaciones, los desarrolladores utilizan una variedad de lenguajes de programación, bases de datos y tecnologías como JavaScript, HTML/CSS, Python y bibliotecas geoespaciales de código abierto. El proceso de desarrollo generalmente implica la creación de una estructura básica de la aplicación y luego la construcción de los componentes individuales con más detalle. Una vez que la aplicación web geoespacial está diseñada y construida, se prueba y se implementa en un servidor web. (LAWRENCE , 2023)

OBJETIVOS

GENERAL

- Aplicar sensores remotos para la generación de un observatorio ambiental WEB GIS para el Ecuador

ESPECIFICOS

- Crear diccionarios y variables en la herramienta Google Earth Engine, que permitan el análisis de sensores remotos para cualquier sitio en el Ecuador.
- Analizar un comparativo entre los diferentes índices multiespectrales para el Ecuador.
- Realizar un aplicativo WEB GIS en base a Google Earth Engine para definir el observatorio ambiental utilizando sensores remotos en el Ecuador.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Google Engine

Google Earth Engine integra petabytes de datos con catálogos de imágenes satelitales y conjuntos de datos geospaciales con capacidades de análisis global. Los científicos, investigadores y desarrolladores utilizan Google Earth Engine para mostrar cambios en la superficie de la Tierra, identificar tendencias y calcular variaciones. Earth Engine es un software gratuito para uso comercial, así como para uso académico y de investigación. (Google Engine, 2023).

Google Earth Engine combina las herramientas y la potencia informática necesarias para analizar y utilizar grandes conjuntos de datos, incluidas imágenes satelitales disponibles desde hace más de 40 años. Una plataforma para analizar datos ambientales globales es una herramienta útil para los estudiantes que buscan profundizar su comprensión de las aplicaciones en cambio climático, suelo, análisis de riesgos y más.. El proyecto Time-lapse manifiesta el poder de Google Earth Engine mediante un visor interactivo que muestra, los cambios que se produjeron en la superficie terrestre del mundo durante 32 años (Google, 2023).

2.2. Sensores remotos

Son instrumentos satelitales que reciben información sobre la Tierra desde el espacio. Google Earth Engine utiliza datos de varios sensores remotos como MODIS (espectro radiómetro de imágenes de resolución moderada), Landsat, Sentinel y otros para proporcionar información detallada y actualizada sobre la superficie de la Tierra. A continuación, se muestran algunas funciones importantes de Google Earth Engine relacionadas con la detección remota:

Acceso a los datos: Google Earth Engine brinda paso a una enorme cantidad de datos geoespaciales, incluidas imágenes de una variedad de sensores y resoluciones espaciales.

Análisis de series de tiempo: utilice datos de teledetección que cambian con el tiempo para realizar análisis de series de tiempo, lo cual es muy valioso al estudiar cambios en la cobertura del suelo, fenómenos climáticos, etc. Herramientas de análisis: Google Earth Engine proporciona herramientas de análisis geoespacial que permiten a los usuarios procesar y analizar datos de sensores remotos sin descargar grandes conjuntos de datos.

Desarrollo de aplicaciones: los usuarios pueden utilizar la API de Google Earth Engine para desarrollar aplicaciones personalizadas para realizar análisis específicos utilizando datos de detección remota.

2.3. Hansen Cambio Forestal Global v1. 10 (2000-2022)

Estos resultados son los análisis de series temporales de imágenes Landsat que se diferencian por la extensión y el cambio de los bosques a nivel mundial desde 2000 hasta 2022.

Este conjunto de datos global está dividido en también “fichas de 10x10, con 7 pilas por ficha. Todos los datos contienen valores de 8 bits sin signo, con una resolución espacial de 1 segundo por píxel, o aproximadamente 30 metros por píxel en el ecuador” (Universidad de Maryland, 2013). Únicamente lossyear y lastse actualizan anualmente.

Cobertura de copas de árboles para el año 2000 (treecover2000)

Cobertura arbórea en el año 2000, definida como el cierre del dosel para abarcar la vegetación de más de 5 m de altura. Compilado por un porcentaje en la celda con la cuadrícula de salida, en el rango 0 a 100.

Año del evento de pérdida bruta de cobertura forestal (lossyear)

Es la pérdida de capa boscosa a lo largo de un período comprendido entre 2000-2022, definida como una alteración de un cambio de estado de bosque a un estado no forestal. Codificado como 0 (sin pérdida) o como un valor en el rango de 1 a 20, que representa la pérdida detectada principalmente en el año 2001-2022. Las imágenes compuestas de referencia son observaciones medianas de un conjunto de observaciones de la temporada de crecimiento con calidad evaluada en cuatro bandas espectrales, específicamente las bandas Landsat 3, 4, 5 y 7. (Universidad de Maryland, 2013)

2.4. Colecciones Landsat

El programa Landsat de USGS/NASA ha estado observando la tierra continuamente desde 1972. Los datos espectrales y térmicos proporcionados por los sensores Landsat son un componente esencial de muchos proyectos de investigación y monitoreo de la tierra (GOOGLE EARTH ENGINE, 2023).

2.5. HydroSHEDS

El proyecto HydroSHEDS fue iniciado en 2006 por World Wildlife Fund US con el objetivo de crear capas de datos digitales gratuitas para apoyar la investigación y las aplicaciones hidro ecológicas a gran escala en todo el mundo. HydroSHEDS proporciona productos de datos hidrográficos continuos que incluyen límites de cuencas, redes fluviales y lagos. Los diversos

subconjuntos de datos existentes son consistentes a través de múltiples escalas y resoluciones para apoyar el modelado hidro ambiental regional y global y los esfuerzos de conservación de agua dulce. Desde su introducción, el conjunto de datos se ha ampliado para incluir una gama de capas temáticas y complementarias que se derivan de las capas de datos centrales de HydroSHEDS o se registran conjuntamente con ellas. (Carmona, 2022)

2.6. Copernicus

El Copernicus Global Land Service (CGLS) está designado como componente del servicio Land para operar un componente de servicio multipropósito que proporciona una serie de productos biogeofísicos sobre el estado y la evolución de la superficie terrestre a escala global.

El mapa dinámico de cobertura terrestre con una resolución de 100 m (CGLS-LC100) es un nuevo producto en la cartera de CGLS y ofrece un mapa global de cobertura terrestre con una resolución espacial de 100 m. El producto CGLS Land Cover proporciona un esquema primario de cobertura del suelo. Además de estas clases individuales, el producto calcula capas de parcelas de monitoreo para todas las clases principales de cobertura terrestre, proporcionando estimaciones de cobertura vegetal/terrestre para cada tipo de cobertura terrestre. Este esquema de clasificación puede representar diferentes características del paisaje mejor que los estándares y, por lo tanto, puede usarse en aplicaciones (por ejemplo, monitoreo forestal, monitoreo de cultivos, biodiversidad y conservación, monitoreo y seguridad ambiental). África, modelización climática, etc.). Estos mapas consistentes de cobertura terrestre (v3.0.1) que cubren el período global 2015-2019 se derivan de la serie temporal PROBA-V de 100 m, una base de datos de tierras fósiles terminada de alta calidad. Calidad y tipos de grupos de datos secundarios, que alcanzan una precisión del 80%

en el Nivel 1 durante todos los años. Está previsto proporcionar actualizaciones anuales a partir de 2020 mediante el uso de una serie temporal Sentinel. (Buchhorn, y otros, 2023)

2.7. Landsat

Landsat, un programa conjunto del USGS y la NASA, ha estado registrando la tierra ininterrumpidamente desde 1972 hasta la actualidad. Actualmente, los satélites Landsat toman imágenes de toda la superficie de la tierra con una resolución de 30 metros una vez cada dos semanas, incluidos datos multispectrales y térmicos (Nivel 1, Nivel 2 y RT) (Google, 2023).

2.8. Landsat 4

Este conjunto de datos contiene reflectancia de la superficie corregida por el clima y temperatura de la superficie terrestre derivada de los datos generados por el sensor Landsat TM. Estas imágenes contienen cuatro bandas en el infrarrojo visible y cercano (VNIR), dos bandas en el infrarrojo de onda corta (SWIR), procesadas con reflectancia superficial corregida, y una banda en el infrarrojo térmico (TIR). Y temperatura superficial corregida ortogonalmente. (OSINFOR, 2023) También contienen bandas intermedias utilizadas en el cálculo de los productos ST, así como bandas QA (GOOGLE EARTH ENGINE, 2023).

Los productos Landsat 4 y 5 SR se generan con el algoritmo Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System (LEDAPS) (versión 3.4.0). Todos los productos de la Colección 2 ST surgen a partir de un algoritmo de un solo canal creado conjuntamente por el Instituto de Tecnología de Rochester (RIT) y el Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL) de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) (GOOGLE EARTH ENGINE, 2023).

Las secciones de datos recopilados se ensamblan en una imagen superpuesta que cubre 170 km x 183 km utilizando una cuadrícula de referencia estándar. Algunas propiedades solo tienen datos SR, porque el grupo ST está ahí pero no. Para recursos con grupos ST y SR, "PROCESSING_LEVEL" está configurado en L2SP. Si solo hay un grupo SR, 'PROCESSING_LEVEL' se establece en L2SR (Google Earth Engine, 2023).

Disponibilidad del conjunto de datos (Fechas).

- 1982-08-22T14:19:55Z–1993-06-24T14:26:23

Proveedor de conjunto de datos

- USGS
- Fragmento de Earth Engine
- ee.ImageCollection("LANDSAT/LT04/C02/T1_L2")

2.9. Landsat 5

“Este conjunto de datos contiene la reflectancia de la superficie corregida atmosféricamente y la temperatura de la superficie terrestre derivada de los datos producidos por el sensor Landsat TM. Estas imágenes contienen 4 bandas visibles e infrarrojas cercanas (VNIR) y 2 bandas infrarrojas de onda corta (SWIR) procesadas a reflectancia superficial ortorrectificada, y una banda infrarroja térmica (TIR) procesada a temperatura superficial” (OSINFOR, 2023). También contienen bandas intermedias utilizadas en el cálculo de los productos ST, así como bandas QA (GOOGLE EARTH ENGINE, 2023).

Las secciones de datos recopilados se ensamblan en una imagen superpuesta que cubre 170 km x 183 km utilizando una cuadrícula de referencia estándar. (GOOGLE EARTH ENGINE, 2023).

Dataset Habilitados

- 1984-03-16T16:18:01Z–2012-05-05T17:54:06
- Dataset Provider
- USGS
- Earth Engine Snippet
- ee.ImageCollection("LANDSAT/LT05/C02/T1_L2")

2.10. Landsat 7

Este conjunto de datos contiene reflectancia de la superficie corregida por el clima y temperatura de la superficie terrestre derivada de los datos generados por el sensor Landsat 7 ETM+. Estas imágenes contienen cuatro bandas en el infrarrojo visible y cercano (VNIR), dos bandas en el infrarrojo de onda corta (SWIR), procesadas con reflectancia superficial corregida, y una banda en el infrarrojo térmico (TIR). Y temperatura superficial corregida ortogonalmente (OSINFOR, 2023). También contienen bandas intermedias utilizadas en el cálculo de los productos ST, así como bandas QA (GOOGLE EARTH ENGINE, 2023).

Los productos Landsat 7 SR se generan utilizando el algoritmo Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System (LEDAPS) (versión 3.4.0). Todos los productos ST Collection 2 se basan en un algoritmo de un solo canal desarrollado conjuntamente por el Instituto de Tecnología de Rochester (RIT) , (JPL) y (NASA). Los puntos de datos recopilados se convierten a una cuadrícula de referencia estándar. se recogen en "imágenes" superpuestas de aproximadamente 170 km x 183 km. Algunas propiedades solo tienen datos SR, por lo que el grupo ST está ahí pero no. Para recursos con grupos ST y SR, "PROCESSING_LEVEL" se establece en "L2SP". Solo para

recursos SR penalizados 'PROCESSING_LEVEL' está configurado en 'L2SR'. (GOOGLE EARTH ENGINE, 2023).

Disponibilidad del conjunto de datos

- 1999-05-28T01:02:17Z–2023-06-05T02:12:51
- Proveedor de conjunto de datos
- USGS
- Fragmento de Earth Engine
- ee.ImageCollection("LANDSAT/LE07/C02/T1_L2")

2.11. Landsat 8

Este conjunto de datos contiene reflectancia de superficie corregida por el clima y temperatura de la superficie terrestre derivada de datos generados por el sensor Landsat 8

OLI/TIRS. Estas imágenes incluyen cinco bandas en el visible y el infrarrojo cercano (VNIR), dos bandas en el infrarrojo de onda corta (SWIR), corregidas por la reflectancia de la superficie, y una banda en el infrarrojo térmico (TIR). o . También incluye el grupo intermedio y el grupo QA utilizados en los cálculos del producto ST.

Los 8 productos terrestres SR se generan utilizando el Código de reflexión de la superficie terrestre (LaSRC). Todos los productos ST Collection 2 se basan en un algoritmo de un solo canal desarrollado por el Instituto de Tecnología de Rochester (RIT) y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (JPL) (NASA). una cuadrícula de referencia estándar.

Las "imágenes" se superponen en 183 km.

Algunos recursos solo tienen datos SR, por lo que la banda ST está presente pero vacía. Para recursos con grupos ST y SR, "PROCESSING_LEVEL" se establece en "L2SP". Sólo para recursos con clase SR.

'PROCESSING_LEVEL' está configurado en L2SR.. (GOOGLE EARTH ENGINE, 2023)

Disponibilidad del conjunto de datos

- 2013-03-18T15:58:14Z–2023-06-26T13:52:44
- Proveedor de conjunto de datos
- USGS
- Fragmento de Earth Engine
- ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_L2")

2.12. Landsat 9

Este conjunto de datos contiene reflectancia de superficie corregida por el clima y temperatura de la superficie terrestre derivada de datos generados por el sensor Landsat 9 OLI/TIRS. Estas imágenes incluyen cinco bandas visibles e infrarrojas cercanas (VNIR), dos bandas infrarrojas de onda corta (SWIR), procesadas con reflectancia superficial bien corregida, y una banda infrarroja térmica (TIR). se han procesado con una temperatura superficial completamente ajustada. OSINFOR, 2023). Esto incluye la banda intermedia y la banda de control de calidad utilizadas en los cálculos del producto ST. Los datos Landsat 9 SR se generan utilizando el Código de resolución de superficie terrestre (LaSRC). Todos los productos de imágenes Collection 2 ST utilizan un algoritmo de un solo canal desarrollado conjuntamente por el Instituto de Tecnología de Rochester (RIT) , (JPL) y NASA). Las secciones de datos recopilados se ensamblan en una imagen superpuesta que cubre 170 km x 183 km utilizando una cuadrícula de referencia estándar. Algunos

recursos solo tienen datos SR, mientras que la banda ST está presente pero no. Para recursos con grupos ST y SR, "PROCESSING_LEVEL " está configurado en "L2SP". . Solo para recursos con grupos SR, "PROCESSING_LEVEL" está configurado en L2SR. (GOOGLE EARTH ENGINE, 2023)

Disponibilidad del conjunto de datos

- 2021-10-31T00:00:00Z–2023-06-29T23:21:26
- Proveedor de conjunto de datos
- USGS
- Fragmento de Earth Engine
- ee.ImageCollection("LANDSAT/LC09/C02/T1_L2")

2.13. Sentinel 2

Sentinel-2 (S2) es una misión de alta resolución y gran espectro, con una serie de evaluaciones de cinco días. El Instrumento Multiespectral S2 (MSI) es un muestreador de 13 bandas espectrales. Recoge el Visible y el NIR a 10 m de resolución espacial, el rojo y SWIR a 20 m, y las bandas de viento a 60 m.” (GOOGLE EARTH ENGINE, 2023). Proporciona datos adecuados para evaluar el estado y el cambio de la vegetación, el suelo y la cubierta de agua (GOOGLE EARTH ENGINE, 2023).

Después del 25 de enero de 2022, las escenas de Sentinel-2 con PROCESSING_BASELINE '04.00' o superior tienen su rango de DN (valor) cambiado en 1000. La colección HARMONIZED cambia los datos en las escenas más nuevas para que estén en el mismo rango que en las escenas más antiguas. Sentinel-2 es una misión de amplio espectro y alta resolución que respalda estudios de

observación de la Tierra copernicana, incluidas observaciones de vegetación, suelos y masas de agua, así como observaciones de ríos en zonas interiores y costeras. (OSINFOR, 2023). La propiedad contiene 12 bandas de espectro UINT16 que representan el SR establecido en 10000 (no es equivalente a los datos L1 sin B10). También hay varios grupos L2 distintos. También hay tres grupos de control de calidad, uno de los cuales (QA60) es un grupo de ranuras con información de cara de nube. Para obtener más información Consulte la explicación completa del cálculo de la máscara de nube. El ID de activo EE para los recursos Sentinel-2 L2 tiene el formato COPERNICUS/S2_SR/20151128T002653_20151128T102149_T56MNN. el primer campo numérico indica la fecha y hora del descubrimiento, el segundo campo numérico indica la fecha y hora de fabricación del producto y la última cadena de seis dígitos es un identificador de bits especial para indicar la referencia de la cuadrícula UTM. (GOOGLE EARTH ENGINE, 2023).

2.14. Centinela

El programa Copernicus es una iniciativa ambiciosa encabezada por la Comisión Europea en asociación con la Agencia Espacial Europea (ESA). Los Sentinel incluyen imágenes de radar para todo clima de Sentinel-1A y -1B, imágenes ópticas de alta resolución de Sentinel 2A y 2B, así como datos oceánicos y terrestres adecuados para el monitoreo ambiental y climático de Sentinel 3. (Google datasets, 2023)

2.15. LSIB 2017: Large Scale International Boundary Polygons, Simplified

La Oficina del Geógrafo de los Estados Unidos proporciona el conjunto de datos de límites internacionales a gran escala (LSIB). La versión detallada (2013) se deriva de otros dos conjuntos de datos: un archivo de vector de línea LSIB y World Vector Shorelines (WVS) de la Agencia

Nacional de Inteligencia Geoespacial (NGA). Los límites interiores reflejan las políticas del gobierno de EE. UU. sobre límites, disputas de límites y soberanía. Los límites exteriores se derivan del WVS; sin embargo, los datos de la costa de WVS están desactualizados y, en general, varían entre varios cientos de metros y más de un kilómetro. Cada entidad es el área poligonal delimitada por límites interiores y costas exteriores cuando corresponde, y muchos países constan de varias entidades, una por región separada (Google datasets, 2023).

En comparación con el LSIB detallado, en este conjunto de datos simplificado, algunas regiones inconexas de cada país se han reducido a una sola característica. Además, excluye islas medianas y pequeñas. Las líneas de límite simplificadas resultantes rara vez se desplazan más de 100 metros de las líneas LSIB detalladas. Cada una de las 312 características es parte de la geometría de uno de los 284 países descritos en este conjunto de datos (GOOGLE EARTH ENGINE, 2023).

2.16. Cobertura terrestre

Los mapas de cobertura terrestre enfatizan el terreno físico en parámetros de clases de cobertura terrestre, como bosques, pastizales y agua. Earth Engine incluye una amplia variedad de conjuntos de datos de cobertura terrestre, desde Dynamic World casi en tiempo real hasta productos globales como ESA World Cover (Google datasets, 2023).

2.16.1. Atmosférico

Los datos del aire se pueden utilizar para modificar los datos de imagen de otros sensores o para el autoaprendizaje. El catálogo de Earth Engine incluye conjuntos de datos atmosféricos, como datos de ozono de los instrumentos TOMS y OMI de la NASA y el producto atmosférico cuadrado mensual MODIS (Google datasets, 2023).

2.16.2. Terreno

Un modelo de elevación digital (DEM) que muestra la estructura y elevación de los accidentes geográficos en la Tierra. El catálogo de datos de Earth Engine incluye muchos DEM globales, como datos de Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de resolución de 30 metros, DEM regionales e imágenes de mayor calidad, y productos básicos como HydroSHEDS de WWF (Google datasets, 2023).

2.16.3. Tierras de cultivo

Los datos de campo son clave para comprender el uso global del agua y la agricultura tanto como la ganadera entre otras aplicaciones. Earth Engine incluye una serie de productos de datos de tierras de cultivo, como las capas de datos de tierras de cultivo NASS del USDA, así como capas de los datos de análisis de apoyo a la seguridad alimentaria mundial (GFSAD), que incluyen la extensión de las tierras de cultivo, la dominancia de cultivos y las fuentes de riego (GOOGLE EARTH ENGINE, 2023).

2.16.4. Temperatura de la superficie

Los sensores de satélite térmico pueden proporcionar información sobre la temperatura de la superficie y la emisividad. El catálogo de datos de Earth Engine incluye una serie de productos de datos sobre tierras agrícolas, como la capa de datos de suelos NASS del USDA y las capas de datos del Marco Mundial de Apoyo a la Seguridad Alimentaria (GFSAD), incluida la extensión de la tierra, el control de cultivos y las fuentes de riego (Google datasets, 2023).

2.16.5. Clima

Los modelos climáticos informan predicciones atmosféricas a largo plazo, así como interpolaciones históricas de cambios de la superficie. El catálogo de Earth Engine incluye datos históricos de reanálisis de NCEP/NCAR, conjuntos de datos meteorológicos cuadrículados como

NLDAS-2 y GridMET, y resultados de modelos climáticos como el MACAv2-METDATA de la Universidad de Idaho y las Proyecciones climáticas reducidas de NASA Earth Exchange. (Google datasets, 2023)

2.16.6. Degradación forestal

Aunque se pueden crear mapas de vegetación accediendo a imágenes de satélite Landsat o Sentinel, existen colecciones que analizan series temporales de desarrollo forestal. Si trabaja en el sector forestal, recursos como Hansen Global Forest Change pueden proporcionar información sobre áreas del mundo que han ganado o perdido bosques desde el año 2000 debido a actividades humanas como la tala y los incendios (Gis & Beers, 2021)

Hansen Global Forest Change: [UMD/hansen/global_forest_change_2020_v1_8](https://umd.hansen.global_forest_change_2020_v1_8)

2.16.7. Hidrología

Los datos DEM también se pueden utilizar para obtener información relacionada con los límites de las cuencas y las redes de vías fluviales, además de otros modelos digitales basados en la dirección de la cuenca y el flujo (Gis & Beers, 2021). Con las colecciones mundiales de HydroSHEED, de las redes de drenaje para localizar rápidamente masas de agua vinculada a ríos y canales a lo largo de todo el mundo (Gis & Beers, 2021).

2.17. Modelos Digitales de Elevación

Los datos de elevación son la fuente principal de imágenes utilizadas por otros MDT, como la pendiente o la dirección de la pendiente. Y, por supuesto, variables relacionadas con la distribución de la biodiversidad en altitud. En todo estudio ambiental es muy importante un mapa, curva de nivel, mapa aproximado o de pendiente. El DEM inicial proporciona variables morfológicas secundarias que Google Earth Engine puede utilizar para visualizar las características de la superficie del sitio (Gis & Beers, 2021). Dispones de múltiples archivos DEM a diversas resoluciones y acotados a diversas zonas (Gis & Beers, 2021).

NASADEM: Elevación digital NASADEM de la NASA 30 m.

El Centro de Archivo Activo Distribuido de Procesos Terrestres (LP DAAC) es responsable de toda la distribución del grupo de datos del Modelo de Elevación Digital (DEM) versión 1 (NASADEM_HGT) del Modelo de Elevación Digital (DEM) de la NASA para su uso en entornos de investigación (MEaSUREs), que proporciona datos globales. datos de elevación con un espaciado de 1 segundo de arco. Datos NASADEM Los datos provienen de datos satelitales de la Misión Topográfica Radar Shuttle (SRTM), un esfuerzo conjunto entre la NASA y la Agencia Nacional de Inteligencia Geoespacial (NGA) y las agencias espaciales alemana e italiana. El principal objetivo de SRTM es utilizar un DEM cercano a la Tierra mediante interferometría de radar sísmico (JPL de la NASA, 2024). Fue un componente principal de la carga útil del transbordador espacial *Endeavor* durante su misión STS-99, que fue lanzada el 11 de febrero de 2000 y voló durante 11 días. (JPL de la NASA, 2024)

2.18. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

El NDVI es un índice muy útil en aplicaciones de evaluación de la vegetación porque es útil para analizar y monitorear la dinámica del estado de salud de la vegetación y la densidad de la tierra. (Olivares & López, 2019) El NDVI es un índice que es derivado a través de la respuesta de la vegetación en relación con el espectro electromagnético, siendo expresado como lo indica la ecuación 1 (Olivares & López, 2019).

Figura 1
Ecuación NDVI

$$NDVI = \frac{IRc - R}{IRc + R} \quad (1)$$

Nota. Esta ecuación es para determinar el índice de diferencia normalizada. Tomado de Olivares, B. O., & López, M. A. (06 de 2019). scielo. Obtenido de scielo WEB SITE:
(https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-42662019000200112)

Dónde: NDVI es el índice de vegetación cuyo resultado oscila entre -1 y 1, cuyos valores menores a 0,1 se interpreta como suelos desnudos o cuerpos de agua, mayores a estos va en relación equivalente a la cobertura vegetal, entre más alto los valores indican la actividad fotosintética de las diversas coberturas (matorrales, bosque templado, selva y actividad agrícola). IRc representa la banda del infrarrojo cercano y R a la banda del rojo (Olivares & López, 2019).

2.19. Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)

El cálculo del Índice de Diferencia de Agua Normalizado (NDWI) permite el análisis de imágenes satelitales para identificar cuerpos de agua y áreas de alta humedad. De esta manera, el índice se puede utilizar como unidad de medida para determinar el estrés hídrico en las plantas, el agua del suelo o para indicar los límites precisos de masas de agua como lagos y manantiales. Las características del análisis difieren según el conjunto de bandas de tipo espectral. Busque combinaciones de las bandas NIR-Green, NIR-SWIR y SWIR-Green para ver las opciones disponibles (Gisandbeers, 2017). Todas ellas pueden ser gestionadas a través de los Sistemas de Información Geográfica y empleando las correspondientes imágenes aéreas provenientes de satélites o drones dotados con sensores multiespectrales (Gisandbeers, 2017).

Al igual que el Índice de Vegetación NDVI, los posibles valores que se obtienen del NDWI van de -1 a 1, representando cuerpos de agua y vegetación con humedad y superficie terrestre sin humedad. En este caso, la correlación de múltiples bandas espectrales a analizar se basa en la banda del Infrarrojo Cercano (NIR) y la Banda de Ondas Infrarrojas (SWIR) (Gisandbeers, 2017). La ecuación estará relacionada entre sus diferencias y sumas:

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

Se propuso un método para aumentar la cobertura de agua reemplazando la banda SWIR con la banda verde visible. El enlace de análisis de bandas multiespectrales es el siguiente:

$$- \text{NDWI} = (\text{GREEN}-\text{NIR})/(\text{GREEN}+\text{NIR})$$

La conexión entre los grupos nos permite aumentar la reflectividad del agua cuando trabajamos con longitudes de onda verdes, y gracias al NIR podemos aumentar la reflectividad de la vegetación y reducir el reflejo de la masa de agua. En este caso, la cobertura grupal considera el control SWIR

en lugar del control grupal NIR. Esto se conoce mejor como Índice de Diferencia Normalizada Modificada del Agua (MNDWI) (Gisandbeers, 2017).

$$- \text{NDWI} = (\text{GREEN}-\text{SWIR})/(\text{GREEN}+\text{SWIR})$$

2.20. Índice de nieve de diferencia normalizada (NDSI)

La nieve es una parte importante de los procesos hidrológicos y uno de los peligros ecológicos más reconocidos del mundo. En algunas partes del mundo, la nieve rara vez se encuentra en altitudes más altas y se considera una de las peores amenazas ambientales. Por lo tanto, la identificación precisa del manto de nieve es importante para la reducción de riesgos y la gestión del agua. También es importante para las predicciones hidrológicas y climáticas. Al determinar la forma de la nieve, los instrumentos satelitales incluyen mediciones en longitudes de onda de 0,66 y 1,6 mm, mientras que la nieve no es reflectante a 1,6 mm y altamente reflectante a 0,66 mm. (EOS Data Analytics, 2023)

La capa de nieve es tan brillante como las nubes, por lo que es difícil de reconocer. Sin embargo, a una longitud de onda de 1,6 mm, la capa de nieve absorbe la luz solar y se vuelve más oscura que las nubes. Esto le permite distinguir entre nubes y capa de nieve. Las imágenes demuestran la capacidad de separar nubes y nieve mediante observaciones en estas longitudes de onda. Esto le permite distinguir entre nubes y capa de nieve. Las imágenes muestran la capacidad de separar nubes y nieve mediante mediciones de estas longitudes de onda. El índice NDSI es una medida de la cantidad de diferencia en reflectancia entre las porciones visibles (verde) y de longitud de onda corta (SWIR) del espectro. Esto monitorea los cambios en dos grupos (infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta y la parte visible del espectro) y es útil para mapear el ojo. Los ojos son altamente reflectantes en la parte visible del espectro de energía y altamente reflectantes en la parte del

espectro del infrarrojo cercano (NIR) o de longitud de onda corta. Por otro lado, la mayor parte del albedo de las nubes es alto en la misma parte del espectro energético. La mayoría de las nubes y la nieve están bien separadas (EOS Data Analytics, 2023).

2.21. JAVASCRIPT

JavaScript es un lenguaje de programación proactivo que soporta construcción de objetos basado en prototipos. Asimismo, es un lenguaje estándar ECMAScript. Se define como empleado a objetos, basado en diferentes usos, imperativo, débilmente tipado y dinámico. Fue inventado por Brendan Eich, cofundador del proyecto Mozilla, Mozilla Foundation y la Corporación Mozilla (MDN Web Docs, 2018). Java script nos ayuda a desarrollar y crear acciones en sus páginas web. Java script puede ser utilizado por personas capacitadas y para quienes empiezan en el desarrollo y diseño de plataformas web. No requiere de compilación, ya que el lenguaje funciona del lado del cliente, los navegadores son los encargados de interpretar estos códigos (Casco, 2018).

2.22. JAVA vs JAVASCRIPT

Mucha gente confunde el script Java con Java, pero ambos lenguajes son diferentes y tienen sus propias características únicas. El script Java tiene la ventaja de estar integrado en una página web, funcionando sin necesidad de instalar otros programas, y Java tiene la principal característica de ser un lenguaje de código abierto (Casco, 2018).

2.23. VARIABLES

Las variables son espacios en los que puedes almacenar datos. Declarar la variable con la palabra clave var, seguida del nombre que le quieras dar (Casco, 2018).

Figura 2

Ejemplo de llamamiento de una variable

```
Ejemplo:  
var nombreDeLaVariable = 'Bosque';
```

Nota. Ejemplo de cómo programar una variable. Tomado de Casco, F. (12 de 2018). Introducción a JavaScript para Google Earth Engine (GEE). Bonn y Eschborn, Alemania.

Las variables tienen distintos tipos de datos:

Figura 3

Ejemplo de llamamiento de variables String

Variable	Explicación	Ejemplo
String	Una cadena de texto. Para indicar que la variable es una cadena, debes escribirlo entre comillas.	<code>var miVariable = 'Bosque';</code>
Number	Un número. Los números no tienen comillas	<code>var miVariable = 15;</code>
Boolean	Tienen valor verdadero/falso. true/false son palabras especiales en JS, y no necesitan comillas.	<code>var miVariable = true;</code>

Nota. Ejemplo de variables String, Number Boolean. Tomado de Casco, F. (12 de 2018). Introducción a JavaScript para Google Earth Engine (GEE). Bonn y Eschborn, Alemania.

2.24. COMENTARIOS

En JavaScript, los comentarios inician con // o se escriben entre /* */; son muy útiles cuando deseamos describir o explicar lo que estamos haciendo en una línea de código, asimismo, sirven para colocar títulos a cada expresión que se desarrolla (Casco, 2018)

Figura 4

Ejemplo de comentarios

```
Ejemplo:  
1 // Este es un comentario en una sola línea  
2 /*Esto es un comentario  
3 de varias líneas.  
4 */
```

Nota. Ejemplo de cómo realizar comentarios en google engine Tomado de Casco, F. (12 de 2018). Introducción a JavaScript para Google Earth Engine (GEE). Bonn y Eschborn, Alemania.

2.25. OPERADORES

Los operadores son símbolos matemáticos que pueden operar con dos valores (o variables) para producir un resultado (Casco, 2018). En la tabla de abajo aparecen los operadores más simples, con algunos ejemplos.

Figura 5

Ejemplo de Operadores

Operador	Explicación	Símbolo	Ejemplo
Suma/Concatenación	Se usa para sumar dos números, o juntar dos cadenas en una.	+	6 + 9; "Bosque " + " Verde!";
Resta, Multiplicación, División	Éstos hacen lo que esperarías que hicieran en las matemáticas básicas.	-, *, /	9 - 3; 8 * 2; 6 / 2;
Asignación	Asigna un valor a una variable.	=	<code>var miVariable = 'Bosque';</code>
Identidad/Igualdad	Comprueba si dos valores son iguales entre sí, y devuelve un valor de true/false (booleano).	===	<code>var miVariable = 3;</code> <code>miVariable === 4;</code>
Negación/Distinto	La negación es en JS el equivalente al operador lógico NOT — cambia true por false y viceversa.	!, !==	<code>var miVariable = 3;</code> <code>!miVariable === 3;</code>

Nota. Ejemplo de operadores usados en programación Tomado de Casco, F. (12 de 2018). Introducción a JavaScript para Google Earth Engine (GEE). Bonn y Eschborn, Alemania

2.26. CONDICIONALES

Una declaración condicional es una estructura de código que le permite verificar si una expresión devuelve verdadero y ejecutar otro código según el resultado (Casco, 2018). La forma de condicional más común es la llamada if... else.

Figura 6

Ejemplo de Condicionales

```
Ejemplo:  
1 var TipoBosque = 'BosqueLatifoliado';  
2 if (TipoBosque === 'BosqueLatifoliado')  
3   { alert ('Es un tipo de bosque con mucha humedad');}  
4 else  
5   { alert ('Es un bosque con poca humedad...');}
```

Nota. Ejemplo de condiciones usadas en programación Tomado de Casco, F. (12 de 2018). Introducción a JavaScript para Google Earth Engine (GEE). Bonn y Eschborn, Alemania

2.27. FUNCIONES

Las funciones son otra forma de mejorar la legibilidad y reutilización del código agrupando conjuntos de operaciones. Las funciones se definen con la palabra clave: `function`. Los nombres de funciones comienzan con una letra y tienen un par de paréntesis al final. Las funciones a menudo toman parámetros que le dicen a la función qué hacer. Estos parámetros van dentro de los paréntesis (). El conjunto de sentencias que componen la función va entre paréntesis. La palabra `return` es clave e indica cuál es el resultado de la función (Casco, 2018).

Figura 7

Ejemplo de Funciones

```
Ejemplo:  
1 var myFunction = function (parameter1, parameter2,  
2 {  
3   statement;  
4   statement;  
5   statement;  
6   return statement;  
};
```

Nota
nom:
parén

Nota. Ejemplo de condiciones usadas en programación Tomado de Casco, F. (12 de 2018). Introducción a JavaScript para Google Earth Engine (GEE). Bonn y Eschborn, Alemania.

❖ `function` es la palabra clave que comienza a declarar una función.

- ❖ myFunction es el nombre de la función, que es personalizable, al igual que los nombres de variables.
- ❖ (parameter1, 2) son parámetros, nombres de variables para las entradas que una función aceptará.
- ❖ return es la palabra clave que sale de la función y comparte un valor opcional fuera

2.28. ARREGLOS O LISTAS

Son valores tipo contenedor que pueden contener otros valores. Los valores dentro de una lista se denominan elementos. Normalmente, los arreglos inician con: [] y encierran los valores o elementos entre ' '. (Casco, 2018)

Figura 8

Ejemplo de arreglos o listas

```
Ejemplo:
1 var nombres_bandas = ['B1', 'B2', 'B3', 'B4', 'B5', 'B6', 'B7'];
```

Nota. Ejemplo de arreglos o listas usadas en programación Tomado de Casco, F. (12 de 2018). Introducción a JavaScript para Google Earth Engine (GEE). Bonn y Eschborn, Alemania.

2.29. OBJETOS

Los objetos son valores que pueden contener otros valores. Usan claves para nombrar valores, que son como variables. Los objetos en JavaScript son diccionarios de key: value. Haga un objeto (o diccionario) usando llaves { }. (Casco, 2018)

Figura 9

Ejemplo de Objetos

```
Ejemplo:
1 var options = {
2   lineWidth: 1,
3   pointSize: 2,
4   hAxis: {title: 'Tipos de Bosque'},
5   vAxis: {title: 'Altitud m.s.n.m'},
6   title: 'Análisis de Bosque por Altitud',
7 }
```

Nota. Ejemplo de objetos usados en programación Tomado de Casco, F. (12 de 2018). Introducción a JavaScript para Google Earth Engine (GEE). Bonn y Eschborn, Alemania.

2.30. LISTAS

Para convertir una lista en JavaScript directamente del servidor, se utiliza `ee.List`, que sirve como contenedor tanto para números como para cadenas. Earth Engine también proporciona métodos de conveniencia del lado del servidor para hacer secuencias de números (Casco, 2018). Por ejemplo:

Figura 10

Ejemplo de listas

```
Ejemplo:  
1 // Hacer una secuencia difícil  
2 var eeList = ee.List([1, 2, 3, 4, 5]);  
3  
4  
5 // Hacer una secuencia más fácil  
6 var sequence = ee.List.sequence(1, 5);  
7 print('Sequence:', sequence);  
8
```

Nota. Ejemplo de listas usadas en programación Tomado de Casco, F. (12 de 2018). Introducción a JavaScript para Google Earth Engine (GEE). Bonn y Eschborn, Alemania.

2.31. OBTENER VALORES DE LISTAS

Dado que los `ee.List` solo existen en el servidor, se puede utilizar las funciones proporcionadas por Earth Engine para interactuar con ellos. Por ejemplo, basándose en la operación anterior, para sacar algo de la lista, se utiliza el método de `get ()` de la `ee. List`. Este principio es aplicable también para extraer valores de una tabla de atributos del algún archivo vectorial, como también de un metadato de algún archivo ráster. (Casco, 2018)

Figura 11

Ejemplo de Valores de Listas

```
Ejemplo:  
1 // Cómo extraer valores de una lista  
2 var value = sequence.get(2);  
3 print('Value at index 2:', value);  
4
```

Nota. Ejemplo de valores de listas usadas en programación Tomado de Casco, F. (12 de 2018). Introducción a JavaScript para Google Earth Engine (GEE). Bonn y Eschborn, Alemania.

2.32. FECHAS

Los objetos de fecha son la forma en que GEE representa el tiempo. Como en los ejemplos anteriores, es importante distinguir entre un Date de JavaScript y un ee.Date de GEE . Construya un a ee.Date a partir de una cadena de un JavaScript Date, o usando métodos estáticos provistos por las clases de ee.Date. (Casco, 2018)

Figura 12

Ejemplo de crear código de fechas

```
Ejemplo:  
1 // Definir Fechas en Earth Engine.  
2 var Fecha = ee.Date('2015-12-31');  
3 print('Date:', Fecha);  
4
```

Nota. Ejemplo de valores de listas usadas en programación Tomado de Casco, F. (12 de 2018). Introducción a JavaScript para Google Earth Engine (GEE). Bonn y Eschborn, Alemania.

2.33. Comandos de Google Engine

ImageCollection: es una pila o secuencia de imágenes. Un ImageCollectionse puede cargar pegando un ID de recurso de Earth Engine en el ImageCollection constructor. Puede

encontrar ImageCollectionID en el catálogo de datos . Ejemplo, para correr la colección de imágenes de reflectancia superficie Sentinel-2 :

```
var sentinelCollection = ee. ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR');
```

Funciones principales de ImageCollection:

Almacenamiento de imágenes relacionadas: Puedes crear una colección de imágenes para almacenar y organizar conjuntos de imágenes relacionadas, como una serie temporal de imágenes satelitales o un conjunto de imágenes capturadas en diferentes bandas espectrales.

Filtrado por metadatos: Puedes aplicar filtros a una colección de imágenes basados en metadatos, como la fecha de adquisición, la cobertura de nubes o cualquier otro atributo específico de las imágenes. Esto te permite seleccionar las imágenes relevantes para tu análisis o visualización.

Operaciones en colecciones: Puedes realizar operaciones en colecciones de imágenes, como mapear una función a cada imagen de la colección, calcular estadísticas resumidas, combinar varias colecciones o filtrar imágenes dentro de una colección en función de condiciones específicas.

Visualización y análisis: Puedes visualizar y analizar una colección de imágenes en Google Earth Engine, utilizando diversas herramientas y técnicas, como la composición de imágenes, la generación de índices espectrales, la clasificación de imágenes o la detección de cambios en el tiempo. (GOOGLE EARTH ENGINE, 2023)

FilterBounds:

filtra la geometría del objeto en caso que se cruce con la geometría dada.

Permite filtrar una colección de imágenes o características espaciales en Google Earth Engine en función de su ubicación geográfica, lo que te permite realizar análisis, visualización y operaciones enfocadas en áreas específicas de interés (GOOGLE EARTH ENGINE, 2023).

Map.addLayer:

Visualiza los límites territoriales pudiendo gestionar el relleno o el borde de límite vectorial.

Map.addLayer (imagen, visParams, nombre)

Donde:

Imagen es el objeto ee.Image o ee.ImageCollection que se va a mostrar en el mapa.

VisParams son los parámetros de visualización, como los valores mínimo y máximo, la paleta de colores, etc.

Nombre es el nombre opcional de la capa que se mostrará en la leyenda del mapa. (Gis & Beers, 2021)

Ui.Select:

Es un widget de interfaz de usuario en Google Earth Engine que se utiliza para crear un menú desplegable interactivo. Permite al usuario seleccionar una opción de una lista de elementos predefinidos.

El widget ui.Select se utiliza comúnmente en aplicaciones de Earth Engine para ofrecer opciones seleccionables al usuario, como seleccionar una capa, un parámetro de visualización o una región de interés. Cuando el usuario selecciona una opción del menú desplegable, se puede activar una función o un evento que responda a la selección.

La sintaxis básica para crear un widget ui.Select es la siguiente:

```
var selectWidget = ui.Select ({ items: opciones, placeholder: textoPlaceholder, onChange:
funcionCambio });
```

Donde:

Opciones es una matriz de elementos que se mostrarán en el menú desplegable.

TextoPlaceholder es el texto que se muestra como indicación o instrucción antes de que se realice una selección.

FuncionCambio es la función que se ejecuta cuando se realiza una selección en el menú desplegable. (Gis & Beers, 2021)

Export.image.toDrive

La función `export.image.toDrive` es parte de Google Earth Engine y se utiliza para exportar datos de imágenes procesadas o datos rasterizados a Google Drive. Esta característica es especialmente útil si trabaja con grandes conjuntos de datos geoespaciales y desea almacenar los resultados del análisis en la nube. A continuación, se muestra un resumen de algunos de los parámetros más utilizados en `Export.image.toDrive`:

Imagen: la imagen o el conjunto de datos ráster que se exportará. Esto puede ser el resultado de un análisis o procesamiento por parte de Google Earth Engine.

Descripción: una cadena de texto que proporciona una descripción breve y única del conjunto de datos que se va a exportar. Esta especificación se utiliza para nombrar el archivo de resultados.

Folder: la carpeta en Google Drive donde se guardará el conjunto de datos exportado. Puede especificar una carpeta existente o crear una nueva.

FileNamePrefix: el prefijo del nombre del archivo de resultados. Puede usarlo para agregar información adicional al nombre del archivo.

Región: un área geográfica de interés que defines mediante polígonos, objetos o geometría. Esto define el área de la habitación que se exportará.

Escala: la escala espacial del conjunto de datos exportado, expresada en metros/píxeles. Define la resolución espacial exportada.

MaxPixels: el número máximo de píxeles que se pueden exportar. Este parámetro es importante para evitar grandes exportaciones que puedan agotar los recursos.

Crs: sistema de referencia de coordenadas exportado. Puede utilizar códigos EPSG para especificar un sistema de referencia específico.

FileFormat: el formato del archivo de salida, como GeoTIFF o TFRecord.

Cada vez que se desee declarar una variable se debe iniciar con la palabra var y para finalizar la lógica de una línea de código se debe finalizar con (;) Normalmente los () hacen referencia a una función, sin embargo, también sirven para conformar un conjunto lógico. Los [] sirven para construir arreglos o listas. Los { } normalmente sirven para formas objetos; entiéndase como un objeto a los parámetros u opciones que se le pueden dar a un gráfico, algoritmo o alguna función en específico. Es una buena práctica poner muchos comentarios en tu código, para describir lo que estás tratando de hacer. También es bueno eliminar el código comentado que ya no hace nada. Ambas prácticas mejorarán la legibilidad del código. Los objetos y algoritmos implícitos en GEE a diferencia del lenguaje común de JavaScript se caracterizan principalmente por usar al inicio (.ee). Todos los elementos que se remarcan en color violeta hacen referencia a una función implícita de GEE. Los elementos remarcados en color verde hacen mención a comentarios. Las líneas de

códigos remarcadas en color rojo hacen llamada a conjuntos de valores descritos dentro de un metadato. Asimismo, sirven para asignar nombres, colores y configuraciones o parámetros de algunas funciones o algoritmos. Los elementos que se muestran color azul, hacen referencia a valores numéricos. (Casco, 2018)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

Los programas a utilizar al momento de programas debido a sus características y aportes al presente estudio son los siguientes:

- Google Earth Engine: Intermediario entre el programador y los datos geoespaciales.

La principal herramienta para realizar la aplicación web de información satelital es Google Earth Engine

- Lenguaje de Programación será JavaScript

Para la Programación se realizará con una computadora con las siguientes especificaciones:

- Windows 11 Pro
- Procesador AMD Ryzen 5 5600G with Radeon Graphics 3.90 GHz
- RAM instalada 16,0 GB (15,4 GB utilizable)
- Tipo de sistema operativo de 64 bits, procesador x64

3.2. Metodología

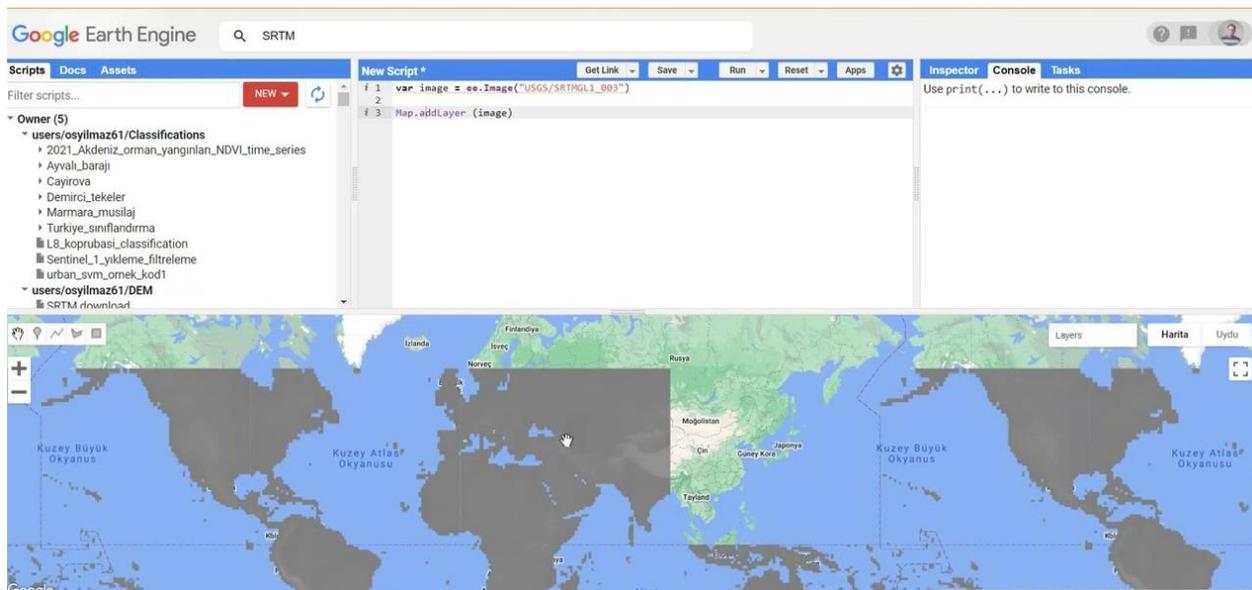
Para empezar a hacer una App en Google Earth Engine:

1. Accede a la plataforma Earth Engine: Abrir el navegador web y en la página de inicio de Google Earth Engine en <https://earthengine.google.com/>. iniciar sesión con una cuenta de Google.

2. Abrir el Editor de Código: En la página de inicio de Earth Engine hacer click en el botón "Code Editor" en la parte superior derecha de la pantalla. Esto abrirá el Editor de Código de Earth Engine en una nueva pestaña.
3. Crear un nuevo script: En el Editor de Código, haz clic en el botón "New Script" en la esquina superior izquierda de la pantalla. Esto abrirá un nuevo archivo de script en blanco.
4. Escribe el código: En el nuevo archivo de script, puedes comenzar a escribir el código de Earth Engine. Se pueden utilizar JavaScript para acceder a las funciones y objetos de la API de Earth Engine y realizar análisis, visualizaciones y procesamiento de datos geospaciales.

Figura 13

Plataforma para programa en Google Earth Engine



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es echa por mi autoría.

3.2.1. Inicio del código de la aplicación Web Observatorio Ambiental

Uno de los primeros puntos cuando se va a realizar una aplicación Web es delimitar tu zona de trabajo en este caso solo nos vamos a enfocar en Ecuador así que se establece los siguientes parámetros.

Figura 14

Comandos para cargar Países y delimitar el Ecuador

```
1 var paises= ee.FeatureCollection("USDOS/LSIB_SIMPLE/2017");
2 var country = paises.filterMetadata('country_na','equals','Ecuador');
3 Map.centerObject(country,6);
4 Map.addLayer(country,{},'Ecuador');
```

Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

1. `Var paises = ee.FeatureCollection("USDOS/LSIB_SIMPLE/2017")` : Se declara una variable llamada `paises` y se le asigna el valor de una colección de características (Feature Collection) llamada "USDOS/LSIB_SIMPLE/2017". Esta colección contiene información geoespacial de países de todo el mundo.
2. `Var country = paises.filterMetadata('country_na','equals','Ecuador')` : Se declara una variable llamada `country` y se le asigna el resultado de aplicar un filtro a la colección `paises`. El filtro utilizado es: `filterMetadata('country_na','equals','Ecuador')`, que selecciona las características (países) cuya propiedad 'country_na' es igual a 'Ecuador'. En resumen, se filtra la colección para obtener solo la característica (país) correspondiente a Ecuador.
3. `Map.centerObject(country, 6)`: Centra el mapa en la característica (país) especificada por la variable `country` y establece un nivel de zoom de 6. Esto significa que el mapa se enfocará y mostrará Ecuador en el centro con un nivel de zoom moderado.
4. `Map.addLayer (country, {}, 'Ecuador')`: Agregar una capa al mapa para visualizar la característica (país) especificada por la variable `country`. Se utiliza una capa vacía `{}` como opción de visualización, lo que significa que se utilizarán los valores predeterminados de estilo y apariencia. La capa se etiqueta como 'Ecuador'.

A continuación, se dará paso a importar datos de las provincias del Ecuador para su uso, para esta aplicación se obtuvo de la página del IGM.

Figura 15

Comando para carga el mapa del Ecuador

```
66 //Provincias imagnees
67 var table2 = ee.FeatureCollection('projects/ee-arkania/assets/ecuador')
68 print (table2);
```

Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es echa por mi autoría.

5. `ee.FeatureCollection('projects/ee-arkania/assets/ecuador')`: Esta línea carga la colección de características (Feature Collection) denominada 'ecuador' que se encuentra en el proyecto 'ee-arkania'. La ruta completa del proyecto y la colección de características se especifica mediante el identificador 'projects/ee-arkania/assets/ecuador'.
6. `var table2 = ee.FeatureCollection('projects/ee-arkania/assets/ecuador')`: Aquí, se declara una variable llamada table2 y se le asigna el valor de la colección de características cargada en la línea anterior. Ahora, table2 contiene los datos geoespaciales de Ecuador.
7. `print(table2)`: Esta línea imprime en la consola el contenido de la variable table2. Al imprimir la colección de características, se mostrará información sobre sus propiedades y atributos en la consola de Earth Engine.

Se creará un código llamado Provincias que contiene una lista de provincias de Ecuador y sus respectivos códigos. A continuación, se ofrece una explicación detallada de 4 Provincias:

Figura 16

Comando para cargar un diccionario de las Provincias del Ecuador

```
10 ▾ var Provincias = {  
11   "Ecuador" :[],  
12   "BOLIVAR": [ 02 ] ,  
13   'COTOPAXI': [ 05 ] ,  
14   "CHIMBORAZO" :[ 06 ] ,
```

Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es echa por mi autoría.

"BOLIVAR": [02]: La clave "BOLIVAR" representa la provincia de Bolívar, y su valor es una lista con un único elemento [02]. Este código 02 puede ser un código específico utilizado para identificar la provincia de Bolívar.

'COTOPAXI': [05]: La clave 'COTOPAXI' representa la provincia de Cotopaxi, y su valor es una lista con un único elemento [05]. Este código 05 puede ser un código específico utilizado para identificar la provincia de Cotopaxi.

Así mismo se hará con todas las provincias del Ecuador y continuaremos creando más variables que contengan datos específicos para su uso más adelante.

Figura 17

Creación de variables para almacenar objetos

```
10 ▸ var Provincias = { }  
38 ▸ var lansats = { }  
45 ▸ var modo= { }  
51 ▸ var NDWI = { }  
55 ▸ var NDSI = { }
```

Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es echa por mi autoría.

Creación de objetos que se utilizan para organizar diferentes categorías o tipos de datos. A continuación, se ofrece una explicación detallada de cada objeto:

1. Var Lansats: Este objeto se utiliza para almacenar diferentes versiones de los satélites Landsat y los períodos de tiempo en los que estuvieron en funcionamiento. Cada clave

representa una versión específica del satélite Landsat y el período de tiempo durante el cual estuvo en operación. Los valores asociados a cada clave están inicialmente vacíos [], lo que indica que no se ha proporcionado ninguna información adicional en este momento.

2. Var modo: Este objeto se utiliza para almacenar diferentes modos de análisis o visualización de datos. Cada clave representa un modo específico, como "Cambio forestal desde 2000 a 2022", "Modelos Digitales de Elevación", "Cuenca Hidrográfica" y "Uso del Suelo 2015-2029". Los valores asociados a cada clave están inicialmente vacíos [].
3. Var NDWI: Este objeto se utiliza para almacenar diferentes versiones del Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI, por sus siglas en inglés). Cada clave representa una versión específica del NDWI y el período de tiempo al que se refiere, como "Landsat 7 Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)(2000-2018)" y "Sentinel 2 Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)(2018-2023)". Los valores asociados a cada clave están inicialmente vacíos [].
4. Var NDSI: Este objeto se utiliza para almacenar el Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI). Actualmente, el objeto está vacío, lo que indica que no se ha proporcionado ninguna información adicional en este momento.

Para poder hacer una selección de las provincias y poder al mismo tiempo delimitarlas se usó el comando `select` el cual nos da la opción de usar `b1`, `b2`, `b3`, etc. El cual nos facilita crear un panel para crear diferentes funciones.

Los aspectos fundamentales a la hora de programar la aplicación es delimitar de manera correcta con el comando `Map.addLayer` el cual nos va a permitir mostrar el área asignada al momento de dar click en alguna provincia deseada, de esta manera tenemos el código siguiente.

Figura 18

Código select para crear un funcionamiento de las selecciones de las provincias del Ecuador

```
select:{
  b1: ui.Select({items: Object.keys(Provincias), placeholder: 'Seleccione Provincia', onChange:function (i){
    Map.addLayer(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [i])),{color: 'black'})
    Map.centerObject(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [i])), 9)

    pro = i
    switch (nm) {
      case "Cambio forestal desde de 2000 a 2022":
```

Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

3.2.2. Código para el uso del Cambio forestal desde el 2000 al 2022

Para empezar a crear la aplicación se usó las imágenes de la colección HANSEN/global forest, el cual nos proporciona el cambio forestal del año 2000 al 2022 en el cual usaremos la banda “treecover2000” y “lossyear” dependiendo de que queramos visualizar en la plataforma.

Figura 19

Código para la creación del campo Cambio forestal

```
case "Cambio forestal desde de 2000 a 2022":
  var dataset = ee.Image('UMD/hansen/global_forest_change_2022_v1_10');
  var treeCoverVisParam = {
    bands: ['treecover2000'],
    min: 0,
    max: 100,
    palette: ['black', 'green']
  };
  var dataset = dataset.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]));
  print(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])))
  Map.addLayer(dataset, treeCoverVisParam, 'cubierta de arboles');

  // Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
  // Convertir la banda de elevación a tipo de datos Float
  var elevationFloat = dataset.select('treecover2000').toFloat();
  var descargarImagen = function() {
    // Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
    Export.image.toDrive({
      image: elevationFloat,
      description: 'Cambio forestal',
      folder: 'elevation_exports',
      scale: 30, // Resolución espacial en metros
      region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
      fileFormat: 'GeoTIFF'
    });
    // Obtener el enlace de descarga directa del archivo exportado
    var enlaceDescarga = ee.String('https://drive.google.com/uc?export=download&id=')
      .cat(elevationFloat.get('id'))
```

Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

1. `Var pro` y `var nm = "select"`: Estas líneas declaran las variables `pro` y `nm`. `pro` se utilizará para almacenar la provincia seleccionada y `nm` se utiliza como una referencia para el modo de análisis.
2. `Var dicobjetos`: Este objeto se utiliza para almacenar diferentes objetos relacionados con la interfaz de usuario. En este caso, el objeto tiene una clave llamada `select` que contiene una interfaz de selección (`ui.Select`) para seleccionar la provincia.
3. `Ui.Select ({items: Object.keys (Provincias), placeholder: 'Seleccione Provincia', onChange: function (i) { ... } })`: Esta línea crea una interfaz de selección en la cual los elementos son las claves del objeto `Provincias`. Cuando se selecciona una provincia, se ejecuta la función `onChange`, que contiene el código para agregar una capa al mapa, centrar el mapa en la provincia seleccionada y realizar otras operaciones relacionadas con el análisis de cambio forestal.
4. `Map.addLayer (table2.filter (ee.Filter.inList ('DPA_DESPRO', [i])), {color: 'black'})`: Esta línea agrega una capa al mapa que muestra la región correspondiente a la provincia seleccionada. Se utiliza el filtro `ee.Filter.inList` para filtrar las características de `table2` que tienen el valor de `'DPA_DESPRO'` igual a la provincia seleccionada.
5. `Map.centerObject (table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [i])), 9)`: Esta línea centra el mapa en la región de la provincia seleccionada. El número 9 representa el nivel de zoom del mapa.
6. `Pro = i` y `print(i)`: Estas líneas asignan el valor de la provincia seleccionada a la variable `pro` y luego lo imprime en la consola.

7. `Switch (nm) { ... }`: Esta estructura de control switch se utiliza para realizar diferentes acciones según el valor de nm. En este caso, se utiliza para seleccionar el modo de análisis "Cambio forestal desde de 2000 a 2022".
8. `Var dataset = ee.Image('UMD/hansen/global_forest_change_2022_v1_10')`: Esta línea carga una imagen satelital del conjunto de datos de cambio forestal de Hansen Global. La imagen se refiere al cambio forestal desde 2000 hasta 2022.
9. `Var treeCoverVisParam = { ... }`: Este objeto define los parámetros de visualización para la capa de cobertura forestal. Establece la banda a visualizar, los valores mínimo y máximo, y la paleta de colores.
10. `Var dataset = dataset.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])))`: Esta línea recorta la imagen satelital cargada anteriormente utilizando la región de la provincia seleccionada.
11. `Var elevationFloat = dataset.select('treecover2000').toFloat()`: Esta línea selecciona la banda correspondiente a la cobertura forestal de la imagen satelital y la convierte en tipo de datos Float.
12. `Var descargarImagen = function()`

Para la creación de la leyenda se usó el siguiente código:

Figura 20

Código de la Leyenda del campo de Cambio forestal

```
118 ▾ var leyendaComando = ui.Panel({
119 ▾   style: {
120     position: 'bottom-right',
121     width: '500px',
122     height: '180px',
123     padding: '10px',
124     backgroundColor: 'white'
125   }
126 });
127   var etiquetaMin = ui.Label('LEYENDA Cambio forestal desde de 2000 a 2022', { fontWeight: 'bold' });
128   var etiquetaMax = ui.Label('Sin cobertura vegetal...Con cobertura vegetal ', { fontWeight: 'bold' });
129
130 ▾   var barraColores = ui.Thumbnail({
131     image: ee.Image.pixelLonLat().select(0),
132     params: {
133       min: 0,
134       max: 1,
135       palette: ['black', 'green']
136     },
137     style: { width: '180px', height: '20px' },
138   });
139
140     leyendaComando.add(etiquetaMin);
141     leyendaComando.add(barraColores);
142     leyendaComando.add(etiquetaMax);
143     panel.add(leyendaComando);
...

```

Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es echa por mi autoría.

1. `Var leyendaComando = ui.Panel ({ ... })`: Se crea un panel de interfaz de usuario (`ui.Panel`) llamado `leyendaComando`. Este panel se utilizará para contener los elementos de la leyenda. El objeto `style` se utiliza para establecer el estilo del panel, incluyendo la posición, el ancho, la altura, el relleno y el color de fondo.
2. `Var etiquetaMin = ui.Label ('LEYENDA Cambio forestal desde de 2000 a 2022', { fontWeight: 'bold' })`: Se crea una etiqueta (`ui.Label`) llamada `etiquetaMin` que muestra el título de la leyenda. El texto es 'LEYENDA Cambio forestal desde de 2000 a 2022' y se establece el estilo del texto en negrita mediante el objeto de opciones `{ fontWeight: 'bold' }`.
3. `Var etiquetaMax = ui.Label('Sin cobertura vegetal...Con cobertura vegetal ', { fontWeight: 'bold' })`: Se crea otra etiqueta llamada `etiquetaMax` que muestra información adicional sobre la leyenda. El texto es 'Sin cobertura vegetal...Con cobertura vegetal' y también se establece el estilo del texto en negrita.

4. `Var barraColores = ui.Thumbnail({ ... });` Se crea una miniatura (`ui.Thumbnail`) llamada `barraColores`. Esta miniatura muestra una barra de colores que representa los valores de cambio forestal. Se utiliza una imagen (`ee.Image.pixelLonLat().select(0)`) para generar la miniatura, y se establecen los parámetros de visualización (`parames`) que incluyen el valor mínimo y máximo (`min` y `max`) y una paleta de colores (`palette`). En este caso, la paleta de colores es `['black', 'green']`.
5. `LeyendaComando.add (etiquetaMin), leyendaComando.add(barraColores), leyendaComando.add(etiquetaMax):` Estas líneas agregan los elementos creados (`etiquetaMin`, `barraColores`, `etiquetaMax`) al panel `leyendaComando` en ese orden. Como resultado, los elementos se mostrarán en el panel de la leyenda.
6. `Panel.add (leyendaComando):` Finalmente, el panel `leyendaComando` se agrega al panel principal (`panel`) que probablemente se encuentra en la interfaz de usuario completa. Esto asegura que la leyenda se muestre correctamente en la interfaz de usuario.

3.2.3. Código para el uso de Modelos Digitales de Elevación

En este caso llamamos a la colección de imagen “NASA/NASADEM_HGT/001” el cual nos muestra los modelos digitales de elevación. El siguiente código llama a la colección de imágenes y luego con la variable `elevation.clip` corta la provincia seleccionada para que solo muestra la imagen delimitada mostrada en el código de la ilustración 3 el cual con el comando `Map.addLayer` va a mostrar en la aplicación al seleccionar la opción de modelos digitales, una vez seleccionado se puede descargar con el comando `Export.image.toDrive` el cual nos va a dirigir a nuestro Google drive para poder descargar la imagen en formato TIFF y así poder usarlo en otros programas. Por

último, se lo añade a un panel con el comando `panel.add ()` en este caso solo para agregar que se muestre en la aplicación web al finalizar.

Figura 21

Código para la creación de los Modelos digitales de Elevación

```
case "Modelos Digitales de Elevación":
  var dataset2 = ee.Image('NASA/NASADEM_HGT/001');
  var dataset2 = dataset2.clip(table2);
  var elevation = dataset2.select('elevation');
  var elevation = elevation.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])))
  print(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])))
  Map.addLayer(elevation, {min: 0, max: 2000}, "elevation 1");
  // Set elevation visualization properties.
  var elevationVis = {
    min: 0,
    max: 2000,};
  // Set elevation <= 0 as transparent and add to the map.
  var dataset2 = dataset2.clip(table2);
  var dataset2 = dataset2.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])))
  print(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])))
  Map.addLayer(dataset2, elevationVis, 'Elevation 2');

// Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
// Convertir la banda de elevación a tipo de datos Float
var elevationFloat = dataset2.select('elevation').toFloat();
var descargarImagen = function() {
  // Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
  Export.image.toDrive({
    image: elevationFloat,
    description: 'elevation_tiff',
    folder: 'elevation_exports',
    scale: 30, // Resolución espacial en metros
    region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
    fileFormat: 'GeoTIFF'
  });
};

// Crear un botón de descarga
var botonDescargar = ui.Button({
  label: 'Descargar',
  onClick: descargarImagen
});
```

Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

1. `Var dataset2 = ee.Image ('NASA/NASADEM_HGT/001')`: Se carga la imagen del conjunto de datos del modelo digital de elevación (MDE) de la NASA con el identificador 'NASA/NASADEM_HGT/001'. Esta imagen representa el MDE global.
2. `Var dataset2 = dataset2.clip (table2)`: Se recorta la imagen `dataset2` utilizando la geometría definida en `table2`. Esto asegura que solo se muestren los datos del MDE que se encuentren dentro de los límites geográficos definidos en `table2`.

3. `Var elevation = dataset2.select ('elevation')`: Se selecciona la banda de elevación de la imagen recortada.
4. `Var elevation = elevation.clip (table2.filter (ee.Filter.inList ('DPA_DESPRO', [pro.toString ()])))`: La banda de elevación se vuelve a recortar utilizando la geometría correspondiente a la provincia seleccionada (pro). Esto asegura que solo se muestren los datos del MDE para esa provincia en particular.
5. `Map.addLayer (elevation, {min: 0, max: 2000}, "elevation 1")`: Se agrega una capa al mapa para mostrar la imagen de elevación recortada. Se establecen los valores mínimo y máximo de visualización a 0 y 2000, respectivamente. El nombre de la capa se establece como "elevation 1".
6. `Var elevationVis = { ... }`: Se define un objeto `elevationVis` que contiene los parámetros de visualización para la capa de elevación. En este caso, se establece el valor mínimo en 0 y el valor máximo en 2000.
7. `Var dataset2 = dataset2.clip(table2), var dataset2 = dataset2.clip (table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])))`: Se vuelven a recortar las imágenes `dataset2` utilizando la geometría de `table2` y la provincia seleccionada (pro), respectivamente.
8. `Map.addLayer (dataset2, elevationVis, 'Elevation 2')`: Se agrega una segunda capa de elevación al mapa utilizando la imagen recortada `dataset2` y los parámetros de visualización definidos en `elevationVis`. El nombre de la capa se establece como "Elevation 2".
9. `Var elevationFloat = dataset2.select ('elevation').tolita()`: Se selecciona la banda de elevación de la imagen recortada `dataset2` y se convierte a tipo de datos `Float`.

10. `var descargarImagen = function() { ... }`: Se define una función llamada `descargarImagen` que se utilizará para exportar la imagen de elevación recortada como un archivo TIFF en Google Drive. La función utiliza `Export.image.toDrive` para realizar la exportación y se establecen los parámetros necesarios, como la escala, la región de interés y el formato del archivo.
11. `var botonDescargar = ui.Button({ ... })`: Se crea un botón de interfaz de usuario (`ui.Button`) llamado `botonDescargar`. El botón tiene una etiqueta de texto "Descargar" y se le asigna la función ``descargarImagen`

3.2.4. Código para el uso de las Cuencas Hidrográficas

En este código en particular para las cuencas hidrográficas se usó la colección `HydroSHEDS` el cual nos brinda una amplia gama de opciones como son la delimitación de ríos, cuencas, flujos de agua, etc.

Para esto se creó el siguiente código usando 5 colecciones de imágenes de `HydroSHEDS`.

Figura 22

Código para visualizar las Cuencas Hidrográficas del Ecuador

```

case "Cuenca Hidrografica":
  var World = ee.FeatureCollection("FAO/GAUL_SIMPLIFIED_500m/2015/level0");
  var DEM=ee.Image("WF/HydroSHEDS/15CONDEM").select('b1').clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])););
  var DIR=ee.Image("WF/HydroSHEDS/15DIR").select('b1').clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])););
  var ACC=ee.Image("WF/HydroSHEDS/15ACC").select('b1').clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])););
  var Cuencas = ee.FeatureCollection('WF/HydroSHEDS/v1/Basins/hybas_12');
  var visualization = { color: '258', strokeWidth: 2 };
  Cuencas = Cuencas.draw(visualization).clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])););
  var Rios = ee.FeatureCollection('WF/HydroSHEDS/v1/FreeFlowingRivers');
  var visualization = {color: '255', strokeWidth: 1};
  Rios = Rios.draw(visualization).clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])););
  Map.addLayer(DEM,{ min:50, max:5000,
  palette: ['#0034F5', '#1E7D83', '#4DA910', '#83C120', '#FCC228', '#FF8410', '#FD3000']}, 'DEM');
  Map.addLayer(DIR,{ min:0, max:50,
  palette: ['#0034F5', '#1E7D83', '#4DA910', '#83C120', '#FCC228', '#FF8410', '#FD3000']}, 'FLOW_DIR');
  Map.addLayer(ACC,{ min:0, max:50,
  palette: ['#0034F5', '#1E7D83', '#4DA910', '#83C120', '#FCC228', '#FF8410', '#FD3000']}, 'ACC');
  Map.addLayer(Cuencas, null, 'Cuencas');
  Map.addLayer(Rios, null, 'Rios');
  Map.addLayer(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),{color:"#3376d8"},"area de Cuenca",true);

```

Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

Explicación del código:

Var World = ee.FeatureCollection("FAO/GAUL_SIMPLIFIED_500m/2015/level0"): Se carga la colección de entidades vectoriales que representa las fronteras políticas del mundo en una resolución de 500 metros.

VarDEM=ee.Image("WWF/HydroSHEDS/15CONDEM").select('b1').clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]))) : Se carga la imagen del Modelo Digital de Elevación (MDE) a una resolución de 15 segundos (~500 metros) y se selecciona la banda correspondiente al DEM. Luego, se recorta la imagen utilizando la geometría de la provincia seleccionada (pro) en table2.

VarDIR=ee.Image("WWF/HydroSHEDS/15DIR").select('b1').clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]))) : Se carga la imagen de dirección de flujo hidrográfico a una resolución de 15 segundos y se selecciona la banda correspondiente a la dirección de flujo. Luego, se recorta la imagen utilizando la geometría de la provincia seleccionada.

VarACC=ee.Image("WWF/HydroSHEDS/15ACC").select('b1').clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]))) : Se carga la imagen de acumulación de flujo hidrográfico a una resolución de 15 segundos y se selecciona la banda correspondiente a la acumulación de flujo. Luego, se recorta la imagen utilizando la geometría de la provincia seleccionada.

Var Cuencas = ee.FeatureCollection ('WWF/HydroSHEDS/v1/Basins/hybas_12'): Se carga la colección de entidades vectoriales que representa las cuencas hidrográficas a nivel mundial.

Cuencas=Cuencas.draw(visualization).clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]))) : Se realiza un dibujo (estilización) de las cuencas hidrográficas utilizando una visualización definida y luego se recorta utilizando la geometría de la provincia seleccionada.

Var Rios = ee.FeatureCollection('WWF/HydroSHEDS/v1/FreeFlowingRivers'): Se carga la colección de entidades vectoriales que representa los ríos de flujo libre a nivel mundial.

Rios=Rios.draw(visualization).clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]))) : Se realiza un dibujo de los ríos utilizando una visualización definida y luego se recorta utilizando la geometría de la provincia seleccionada.

Map.addLayer(DEM, { min:50, max:5000, palette: ['#0034F5', '#1E7D83', '#4DA910', '#B3C120', '#FCC228', '#FF8410', '#FD3000']}, 'DEM'): Se agrega una capa al mapa para mostrar el MDE recortado (DEM). Se establecen los valores mínimo y máximo de visualización a 50.

3.2.5. Código para el Uso del Suelo 2015-2019

Por último, se creó el código uso del suelo desde el año 2015 al 2019 en el cual se usó la colección “COPERNICUS” y se usó la banda “discrete_classification”.

Figura 23

Código para la utilización de la imagen copernicus del uso del suelo 2015-2019

```
case "Uso del Suelo 2015-2029":
  var dataset4 = ee.Image('COPERNICUS/Landcover/100m/Proba-V-C3/Global/2019')
  .select('discrete_classification');
  var dataset4 = dataset4.clip(table2);
  var dataset4 = dataset4.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])))
  print(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])))
  Map.addLayer(dataset4, {}, 'cubierta de arboles');
  print(dataset4)
  var elevationFloat = dataset4.select('discrete_classification').toFloat();
  print(elevationFloat)
  var descargarImagen = function() {
  // Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
  Export.image.toDrive({
    image: elevationFloat,
    description: 'cubierta_de_arboles',
    folder: 'elevation_exports',
    scale: 30, // Resolución espacial en metros
    region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
    fileFormat: 'GeoTIFF'
  });
  };
};
```

Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

Explicación del código:

`Var dataset4=ee.Image('COPERNICUS/Landcover/100m/Proba-V-C3/Global/2019').`

`select('discrete_classification')`: Se carga la imagen del conjunto de datos de uso del suelo de Copernicus a una resolución de 100 metros para el año 2019. Luego, se selecciona la banda correspondiente a la clasificación discreta del uso del suelo.

`Var dataset4 = dataset4.clip(table2)`: Se recorta la imagen dataset4 utilizando la geometría definida en table2. Esto asegura que solo se muestren los datos de uso del suelo que se encuentren dentro de los límites geográficos definidos en table2.

`Var dataset4 = dataset4.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])))`: La imagen dataset4 se vuelve a recortar utilizando la geometría correspondiente a la provincia seleccionada (pro). Esto asegura que solo se muestren los datos de uso del suelo para esa provincia en particular.

`Print(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])))`: Se imprime en la consola la información de table2 después de aplicar el filtro para la provincia seleccionada. Esto puede ser útil para verificar la geometría y los atributos de la provincia utilizados para el recorte.

`Map.addLayer (dataset4, {}, 'cubierta de árboles')`: Se agrega una capa al mapa para mostrar la imagen de uso del suelo recortada (dataset4). No se especifican parámetros de visualización adicionales, por lo que se utilizarán los valores predeterminados para la visualización.

`Var elevationFloat = dataset4.select ('discrete_classification').toFloat()`: Se selecciona la banda de clasificación discreta del uso del suelo de la imagen recortada dataset4 y se convierte a tipo de datos Float.

`Print (elevationFloat)`: Se imprime en la consola la información de elevationFloat, que representa la banda de clasificación discreta del uso del suelo convertida a tipo de datos Float.

Var descargarImagen = function () { ... }: Se define una función llamada descargarImagen que se utilizará para exportar la imagen de uso del suelo recortada como un archivo TIFF en Google Drive. La función utiliza Export.image.toDrive para realizar la exportación y se establecen los parámetros necesarios, como la escala, la región de interés y el formato del archivo.

3.2.6. Índice de Vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

En el caso de la programación del cálculo en el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) se usaron los sensores remotos de Landsat 4,5,7,8,9 y se procedió a usar las bandas de acuerdo a el número de Landsat, ya que del Landsat 4 al 7 se usa la banda “SR_B4” y “SR_B3” mientras que ya los más actualizados que son el Landsat 8 y 9 se usan las bandas “SR_B5” y “SR_B4”.

Se utiliza el siguiente comando el cual será explicado a continuación.

Figura 24

NDVI código de procesamiento

```
697 ▾   var calculateNDVI = function(image) {  
698     var ndvi = image.normalizedDifference(['SR_B5', 'SR_B4']).rename('ndvi');  
699     return image.addBands(ndvi);  
700   };
```

Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

Var ndvi = image.normalizedDifference(['SR_B5', 'SR_B4']).rename('ndvi');: Se calcula el NDVI utilizando la función normalizedDifference() aplicada a la imagen de Landsat. Esta función toma una lista de dos nombres de bandas espectrales, en este caso, 'SR_B5' y 'SR_B4', que corresponden a las bandas roja e infrarroja cercana respectivamente. El resultado del cálculo del NDVI se almacena en la variable ndvi, y se le asigna el nombre 'ndvi' a la banda resultante.

Return image.addBands(ndvi);: Se agrega la banda de NDVI calculada a la imagen original utilizando el método addBands(). Esto crea una nueva imagen que contiene la banda de NDVI añadida a las bandas espectrales originales de la imagen de Landsat.

En resumen, la función `calculateNDVI` toma una imagen de Landsat, calcula el NDVI usando las bandas espectrales adecuadas y devuelve la imagen original con la banda de NDVI añadida. Esto permite realizar cálculos de NDVI en una colección de imágenes de Landsat empleando la función `map()` u otras operaciones de procesamiento de imágenes.

A continuación, un ejemplo del cálculo de todos los Landsats:

Figura 25

Comando Índice de Vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

```
b2: ui.Select({items: Object.keys(lansats), placeholder: 'Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) Landsats', onChange:function (l){
  nm=l
  print (l);
  print (pro);
  print (nm)
  switch(nm){
case "Landsat_4 (1982-1990)":
  var dataset = ee.ImageCollection('LANDSAT/LT04/C02/T1_L2')
    .filterDate('1982-12-01', '1990-01-01')
    .filterMetadata('CLOUD_COVER', 'less_than', 30);
    // Función para calcular el NDVI usando Landsat-4
  var calculateNDVI = function(image) {
    var ndvi = image.normalizedDifference(['SR_B4', 'SR_B3']).rename('ndvi');
    return image.addBands(ndvi);
  };
  var datasetWithNDVI = dataset.map(calculateNDVI);
  var filteredDataset = datasetWithNDVI.map(function(image) {
    return image.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]));
  });
  print(table2);
  var ndvi = filteredDataset.select('ndvi');
  var palette = [
    'FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F18555', 'FCD163', '99B718',
    '74A901', '66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201',
    '004C00', '023801', '012E01', '011D01', '011301'];
  Map.addLayer(ndvi, {min: 0, max: 1, palette:palette}, 'Landsat 4');
```

Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

b2: `ui.Select ({items: Object.keys (lansats), placeholder: 'Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) Landsats', onChange: function (l){ ... }}):` Se crea un elemento de selección (`ui.Select`) en la interfaz de usuario. Los parámetros utilizados son:

Items: Se especifica `Object.keys (lansats)` como los elementos disponibles en el selector. `lansats` es un objeto que debe estar definido previamente en el código.

Placeholder: Se establece un texto de marcador de posición para el selector.

OnChange: Se define una función anónima que se ejecutará cuando se cambie la selección en el selector. Dentro de esta función, se ejecuta el código que se describe a continuación.

Nm=l: Se asigna el valor seleccionado (l) a la variable nm. Esto guarda el valor seleccionado para su uso posterior.

Print (l): Se imprime en la consola el valor seleccionado en el selector. Esto puede ser útil para verificar la opción seleccionada.

Print (pro): Se imprime en la consola el valor de la variable pro. Esto puede ser útil para verificar el valor de pro en ese momento.

Print (nm): Se imprime en la consola el valor de la variable nm. Esto puede ser útil para verificar el valor de nm después de haberse actualizado con la opción seleccionada.

Switch (nm){ ... }: Se utiliza una estructura switch para realizar diferentes acciones según el valor de nm. En este caso, se toman diferentes acciones según la opción seleccionada en el selector.

a. `case "Landsat_4_(1982-1990)": Si la opción seleccionada es "Landsat_4_(1982-1990)", se ejecuta el siguiente código:

Var dataset = ee.ImageCollection('LANDSAT/LT04/C02/T1_L2')...: Se carga una colección de imágenes Landsat-4 (LT04) y se filtran las imágenes por fecha y por cobertura de nubes.

Var calculateNDVI = function (image) { ... }: Se define una función llamada calculateNDVI que se utilizará para calcular el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) para cada imagen. Esto implica realizar la operación de diferencia normalizada entre las bandas espectrales correspondientes y renombrar la banda resultante como "ndvi".

En este caso, calcula la diferencia normalizada entre las bandas 'SR_B2' y 'SR_B5' y asigna el resultado a la variable ndvi. También se renombra la banda resultante como 'ndvi'.

Return image.addBands(ndvi);: Se agrega la banda de NDVI calculada a la imagen original utilizando el método addBands(). Esto devuelve la imagen original con la nueva banda de NDVI añadida.

El comando completo que está a continuación detalla cómo se usó las imágenes de Landsat 7 para crear el índice diferencial de Agua normalizado desde la fecha comprendida del 2000 al 2018.

Figura 27

Código del Índice Diferencial de Agua normalizado usando landsat 7 (NDWI)

```
b4: ui.Select({items:Object.keys(NDWI), placeholder: "Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)",onChange :function(d){
  nm=d
  print (d);
  switch(nm){
case "Landsat 7 Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)(2000-2018)":
  var dataset = ee.ImageCollection('LANDSAT/LE07/C02/T1_L2')
    .filterDate('2000-01-01', '2018-01-01')
    .filterMetadata('CLOUD_COVER', 'less_Than', 30);
  // Función para calcular el NDVI usando Landsat-4
  var calculateNDVI = function(image) {
    var ndvi = image.normalizedDifference(['SR_B2', 'SR_B5']).rename('ndvi');
    return image.addBands(ndvi);
  };
  var datasetWithNDVI = dataset.map(calculateNDVI);
  var filteredDataset = datasetWithNDVI.map(function(image) {
    return image.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]));
  });
  print(table2);
  var ndvi = filteredDataset.select('ndvi');
  var palette = [
    'FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F1B555', 'FCD163', '998718',
    '74A901', '66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201',
    '004C00', '023B01', '012E01', '011D01', '011301', '00FF00'];
  Map.addLayer(ndvi, {min: 0, max: 1, palette:palette}, 'Landsat 7 (NDWI 2000-2018)');
```

Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

La selección b4: ui.Select({items:Object.keys(NDWI), placeholder: "Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)",onChange :function(d){: Se crea un componente de selección (Select) en la variable b4. El parámetro items toma las claves del objeto NDWI como opciones para el menú desplegable. placeholder define el texto de marcador de posición para el componente. El parámetro onChange especifica una función que se ejecutará cuando se seleccione una opción del menú desplegable. El valor seleccionado se asignará a la variable d, nm=d: Se asigna el valor seleccionado a la variable nm.

Print (d): Imprime en la consola el valor seleccionado del menú desplegable.

Switch (nm){: Se inicia una declaración switch basada en el valor de nm.

Case "Landsat 7 Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)(2000-2018)": Si el valor seleccionado coincide con "Landsat 7 Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)(2000-2018)", se ejecuta el código dentro de este caso.

Dentro del caso, se define una colección de imágenes (dataset) utilizando Landsat-7 entre las fechas '2000-01-01' y '2018-01-01', y filtrada por cobertura de nube menor a 30.

Se define la función calculateNDVI que calcula el NDVI utilizando las bandas espectrales 'SR_B2' y 'SR_B5' y agrega la banda de NDVI a la imagen.

Se aplica la función calculateNDVI a la colección de imágenes (dataset) mediante map() para obtener una nueva colección de imágenes con la banda de NDVI añadida.

Se aplica un filtrado adicional a la colección de imágenes para recortar las imágenes a la región especificada en table2 y filtrada por la variable pro.

Se selecciona la banda de NDVI de la colección de imágenes filtrada.

Se define una paleta de colores para visualizar el NDVI.

Se agrega la capa de NDVI a Map con la paleta de colores definida.

3.2.8. Sentinel 2 Índice Diferencial de Agua normalizado 2018-2023

En el siguiente código igualmente se calculará el índice diferencial de agua normalizado (NDWI) pero en esta ocasión usaremos las imágenes de Sentinel 2 (COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED), con la banda "B3" y B11" para el cálculo.

Figura 28

Código para el cálculo del Sentinel 2 NDWI

```
case "Sentinel 2 Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)(2018-2023)":
  var dataset = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED")
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 30))
  .filter(ee.Filter.date('2018-01-01', ee.Date(Date.now())));
  // Función para calcular el NDWI usando Landsat-5
  var calculateNDWI = function(image) {
    var ndvi = image.normalizedDifference(['B3', 'B11']).rename('ndvi');
    return image.addBands(ndvi);
  };
  var datasetWithNDWI = dataset.map(calculateNDWI);
  var filteredDataset = datasetWithNDWI.map(function(image) {
    return image.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]));
  });
  print(table2);
  var ndvi = filteredDataset.select('ndvi');
  var palette = [
    '000000', '0000FF', '0070FF', '00AAFF', '00FFFF', '55FFAA', 'AAFF55', 'FFFF00'];
  Map.addLayer(ndvi, {min: 0, max: 1, palette:palette}, 'Sentinel 2 (NDWI 2018-2023)');
```

Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

Var dataset=ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED").filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 30)) .filter(ee.Filter.date('2018-01-01', ee.Date(Date.now())));

Se define una colección de imágenes Sentinel-2 llamada dataset. Se aplican dos filtros: uno para seleccionar imágenes con un porcentaje de píxeles nublados menor al 30% y otro para limitar la fecha entre el 1 de enero de 2018 y la fecha actual.

3.2.9. Índice de nieve diferencia normalizada 2013-2023

Y por último tenemos el cálculo del índice de nieve de diferencia normalizada (NDSI) en el cual usa el sensor remoto Landsat 8 (LANDSAT/LC08/C02/T1_L2) el cual utiliza las bandas “SR_B3” y “SR_B6”

Figura 29

Código del índice de Nieve de diferencia normalizada 2013-2023

```
b5: ui.Select({items:Object.keys(NDSI), placeholder: "Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI 2013-2023)", onChange :function(e){
    nm=e
    print (e);
    switch(nm){
case "Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI)":
var dataset = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C02/T1_L2')
    .filterDate('2013-05-01', ee.Date(Date.now()))
    .filterMetadata('CLOUD_COVER', 'less_than', 30);
    // Función para calcular el NDSI usando Landsat-8
var calculateNDVI = function(image) {
    var ndvi = image.normalizedDifference(['SR_B3', 'SR_B6']).rename('ndvi');
    return image.addBands(ndvi);
    };
var datasetWithNDVI = dataset.map(calculateNDVI);
var filteredDataset = datasetWithNDVI.map(function(image) {
    return image.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]));
});
print(table2);
var ndvi = filteredDataset.select('ndvi');
var palette = [
    '000000', '0050FF', '00FFFF', 'FFFF00', 'FF0000'];
Map.addLayer(ndvi, {min: -1, max: 1, palette:palette}, 'Landsat 8 (NDSI 2013-2023)');
```

Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

En la selección b5: `ui.Select({items:Object.keys(NDSI), placeholder: "Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI 2013-2023)", onChange :function(e){...}});` Se crea un elemento de interfaz de usuario (UI) de tipo "Select" (lista desplegable) llamado b5. Los elementos de la lista se obtienen a partir de las claves del objeto NDSI. Se establece un marcador de posición (placeholder) y se define una función de cambio (onChange) que se ejecuta cuando se selecciona un elemento de la lista. Dentro de esta función, se realiza el siguiente código.

- `nm=e`: Se asigna el valor seleccionado en la lista desplegable a la variable nm.
- `Print (e)`: Se imprime en la consola el valor seleccionado en la lista desplegable.
- `Switch (nm){...}`: Se utiliza una estructura de control switch para realizar diferentes acciones según el valor seleccionado en la lista desplegable.
- ``case "Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI)"`: Se ejecuta este caso cuando se selecciona el elemento "Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI)" en la lista desplegable.

- `var dataset = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C02/T1_L2') .filterDate('2013-05-01', ee.Date(Date.now())) .filterMetadata('CLOUD_COVER', 'less_Than', 30);`: Se define una colección de imágenes Landsat-8 llamada `dataset`. Se aplican dos filtros: uno para seleccionar imágenes desde el 1 de mayo de 2013 hasta la fecha actual, y otro para seleccionar imágenes con un porcentaje de cobertura de nubes menor al 30%.
- `var calculateNDVI = function(image) {...}`: Se define una función llamada `calculateNDVI` que calcula el Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI) utilizando las bandas espectrales 'SR_B3' (verde) y 'SR_B6' (SWIR 1) de la imagen de entrada. El NDSI resultante se renombra como 'ndvi' y se agrega como una nueva banda a la imagen original.
- `var datasetWithNDVI = dataset.map(calculateNDVI);`: Se aplica la función `calculateNDVI` a cada imagen de la colección `dataset`. Esto crea una nueva colección llamada `datasetWithNDVI` que contiene las imágenes originales con la banda de NDSI añadida.
- `var filteredDataset = datasetWithNDVI.map(function(image) {...});`: Se aplica un filtro espacial a la colección `datasetWithNDVI`. Se realiza un recorte de cada imagen utilizando la capa `table2` filtrada por la propiedad 'DPA_DESPRO' igual a `pro`. Esto asegura que solo se muestren los datos dentro de la región de interés especificada.
- `var ndvi = filteredDataset.select('ndvi');`: Se selecciona la banda de NDSI de la colección `filteredDataset` y se asigna a la variable `ndvi`.
- `var palette = ['000000', '0050FF', '00FFFF', 'FFFF00', 'FF0000'];`: Se define

3.2.10. Código para el uso de paneles de texto

Una vez finalizado de realizar el programa, y tengamos todas las opciones necesarias a continuación llamaremos al conjunto de variables a las selecciones de un panel para que se pueda

visualizar en la aplicación así mismo usaremos otros comandos para darle estilo al panel de la aplicación.

Figura 30

Código para usar texto en la aplicación web

```
var header = ui.Label('Implementación de un observatorio ambiental Web Gis para el Ecuador mediante la ampliación de sensores remotos',  
  {fontSize: '25px', fontWeight: 'bold', color: '4A997E'});  
  
// //App summary  
var text = ui.Label(  
  'Esta aplicación Web tiene como objetivo permitir el rápido monitoreo de diferentes parámetros ambientales con los sensores remotos que nos propo  
  'y así poder tener una aplicación que rápidamente proporcione datos confiables que se ha recopilado desde 1982 hasta la actualidad lo cual nos perr  
  {fontSize: '15px'});
```

Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es echa por mi autoría.

La variable header define una etiqueta con el texto "Implementación de un observatorio ambiental Web Gis para el Ecuador mediante la ampliación de sensores remotos". Se le aplican propiedades de estilo para establecer su apariencia. Estas propiedades son:

- `fontSize: '25px'` establece el tamaño de la fuente en 25 píxeles.
- `fontWeight: 'bold'` establece el estilo de fuente en negrita.
- `color: '4A997E'` establece el color del texto en hexadecimal, en este caso, un tono de verde azulado (#4A997E).

La variable text define una segunda etiqueta con un texto que describe la aplicación. El texto indica que el objetivo de la aplicación web es permitir el monitoreo rápido de diferentes parámetros ambientales utilizando los sensores remotos proporcionados por Google Earth Engine. También menciona que la aplicación proporciona datos confiables recopilados desde 1982 hasta la actualidad, lo que permite monitorear cambios significativos en el ambiente de la zona ecuatoriana. Se le asigna una propiedad de estilo para establecer el tamaño de fuente en 15 píxeles.

3.2.11. Comando final para visualizar el panel en la App

Para finalizar toca crear un panel donde abarque todas las selecciones usadas anteriormente el cual nos proporcionara una mejor interacción.

Figura 31

Código para agregar un panel de interacción en la aplicación Web

```
var panelv = ui.Panel({widgets:[
dicobjetos.select.b1,
dicobjetos.select.b3,
dicobjetos.select.b2,
dicobjetos.select.b4,
dicobjetos.select.b5,
//dicobjetos.select.b6
], layout: ui.Panel.Layout.Flow('vertical'), style: {backgroundColor: '00000000'}})

var panel = ui.Panel({widgets:[header,text,
panelv
], layout: ui.Panel.Layout.Flow('vertical'), style: {width: '300px',position:'top-left'}})

var intro = ui.Panel([
  ui.Label({
    value: '_____ ',
    style: {fontWeight: 'bold', color: '4A997E'},
  }),
  ui.Label({
    value: 'leyendas',
    style: {fontSize: '15px', fontWeight: 'bold'}
  })
]);

// //Add this new panel to the larger panel we created
panel.add(intro)
ui.root.insert(1,panel)
```

Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

La variable panelv es un panel vertical que contiene varios widgets. Los widgets se especifican en la matriz widgets, que incluye los elementos dicobjetos.select.b1, dicobjetos.select.b3, dicobjetos.select.b2, dicobjetos.select.b4 y dicobjetos.select.b5. Estos widgets parecen ser selectores de algún tipo. El panel utiliza el diseño de flujo vertical (layout: ui.Panel.Layout.Flow('vertical')) y tiene un estilo de fondo transparente (style: {backgroundColor: '00000000'}).

La variable panel es otro panel vertical que contiene otros widgets. Los widgets incluyen header, text y panelv. Además, se le aplica un estilo para establecer su ancho en 300 píxeles y su posición en la parte superior izquierda (style: { width: '300px',position:'top-left' }).

La variable intro es un panel que contiene dos etiquetas: una línea horizontal como separador y una etiqueta con el texto "leyendas". La línea horizontal se muestra con un estilo en negrita y un color verde azulado, mientras que la etiqueta de texto tiene un estilo de fuente en negrita y un tamaño de 15 píxeles.

El panel intro se agrega al panel principal panel utilizando el método add(). Esto coloca el panel intro debajo de los otros widgets en el panel principal.

Por último, el panel principal panel se inserta en la raíz de la interfaz de usuario (ui.root) en la posición 1. Esto significa que se inserta justo después del primer elemento existente en la raíz.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado final de este código nos mostrara el mapa del Ecuador centrando. Esto se logra utilizando datos de límites de países disponibles en Google Earth Engine y las funciones proporcionadas por la plataforma para visualizar y manipular datos geoespaciales

También como resultado final se muestra los códigos compilados totales los cuales son.

- Selección de provincia
- Cambio forestal desde de 2000 a 2022
- Modelos Digitales de Elevación
- Cuenca Hidrográfica
- Uso del Suelo 2015-2019

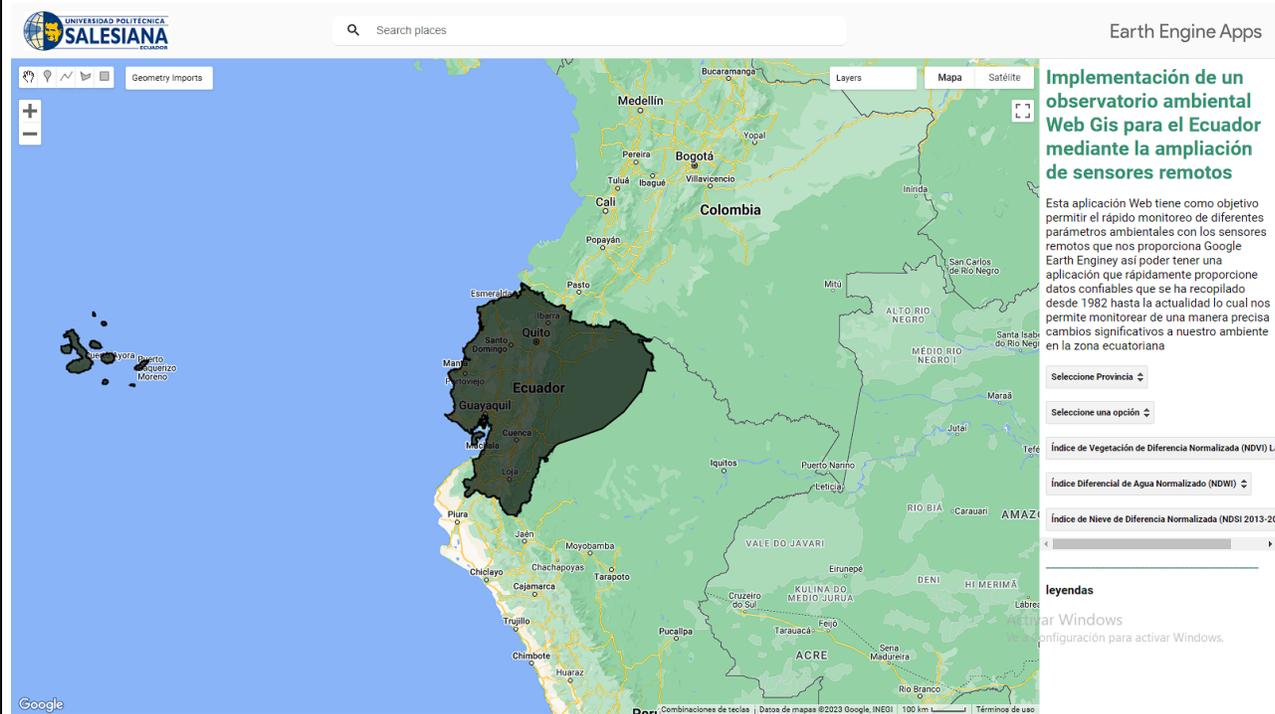
- Landsat 7 Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI) (2000-2018)
- Sentinel 2 Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI) (2018-2023)
- Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI)

Tabla 1

Resultado de las pruebas funcionales al cargar la aplicación Web

Caso de prueba al cargar la aplicación	
Responsable	Luis Bravo
Fecha de realización:	1/12/2023
¿Se aprobó la prueba? (si/no)	Si
Resultado esperado	
La aplicación se carga correctamente con el mapa del Ecuador seleccionado y listo para que puedan usar los usuarios	
Resultado real	

Figura 32
Imagen final de la Aplicación de Google Engine



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

- **Análisis**

Una vez cargado la aplicación se verifico que, si cumple con el funcionamiento esperado, para empezar a usar la aplicación web y que todas las funciones cargadas están listas para su uso por el usuario.

Tabla 2

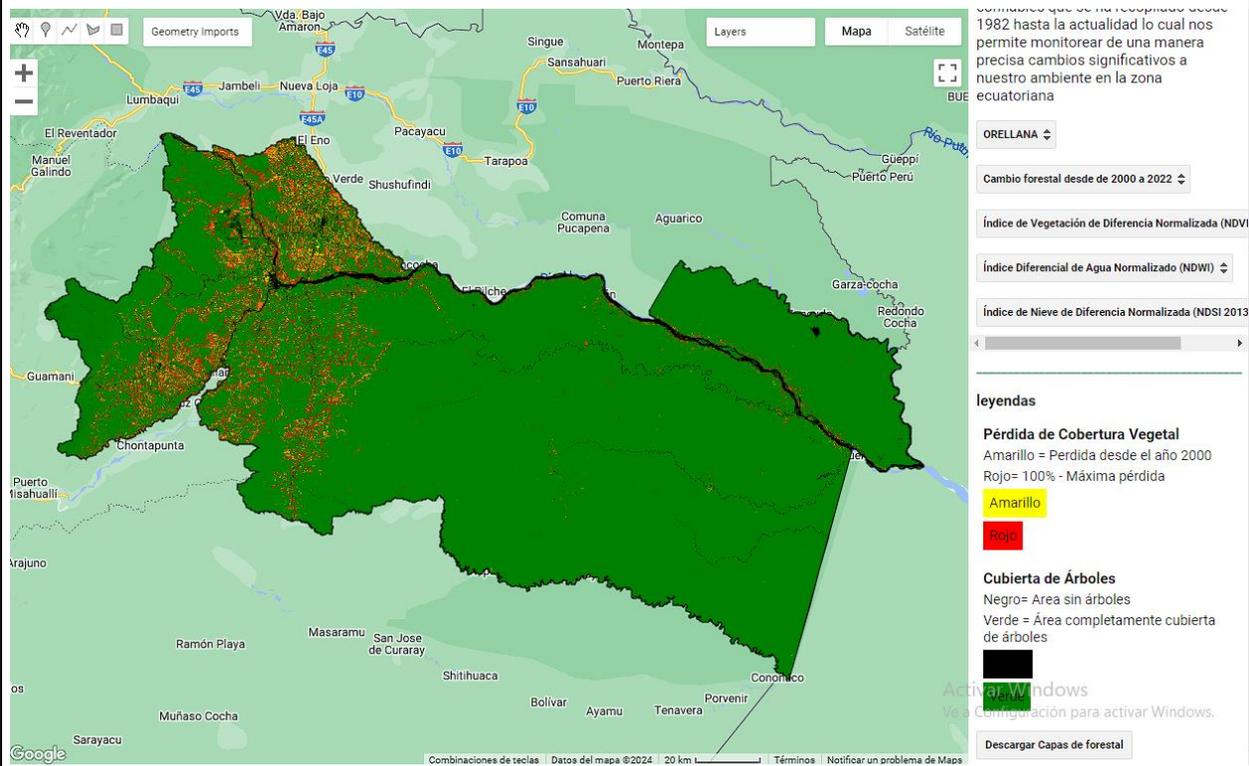
Resultado de la prueba de funcionamiento del cambio forestal

Prueba al cargar la selección cambio forestal desde el año 2000 hasta 2022.	
Responsable	Luis Bravo
Fecha de realización:	1/12/2023

¿Se aprobó la prueba? (si/no)	Si
Resultado esperado	
La aplicación carga correctamente las dos capas, perdidas de cobertura vegetal y cubierta de árboles.	
Resultado real	

Figura 33

Resultado del cambio forestal de la provincia de Orellana



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

- **Análisis**

Una vez llevado a cabo la prueba de carga se verifico que si se proyectó las dos capas que se usan para analizar el cambio forestal desde el año 2000 al 2022.

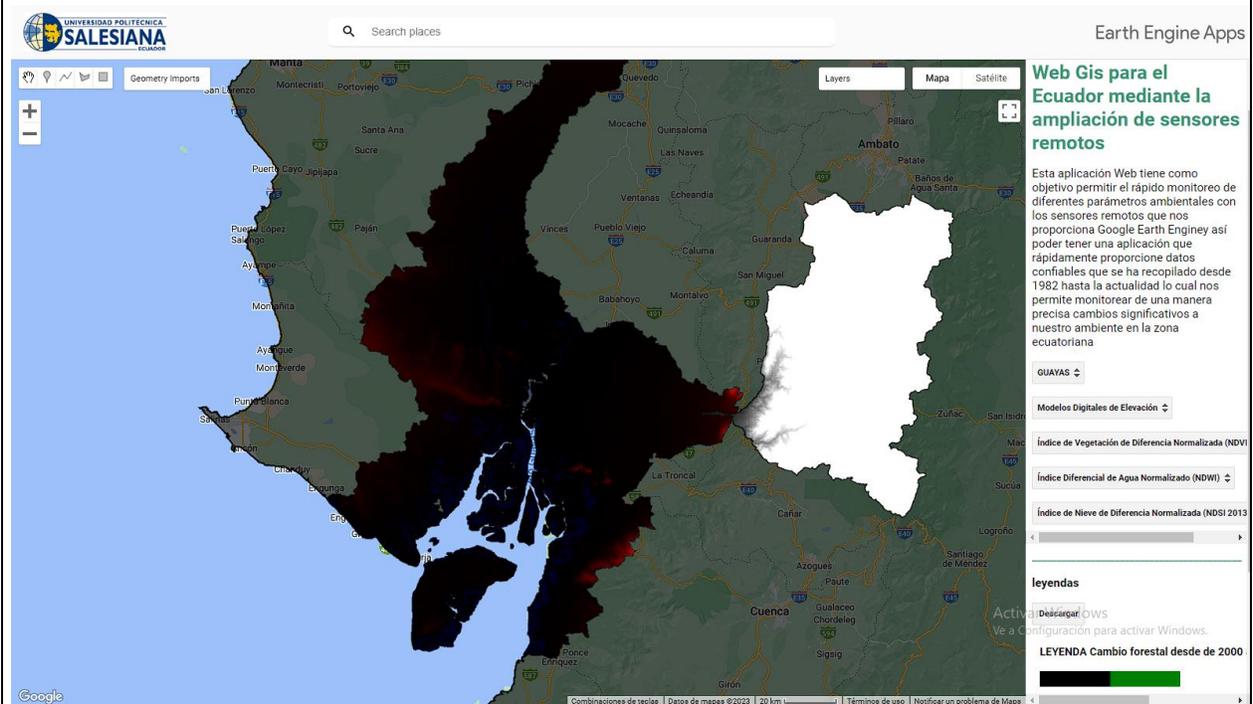
Tabla 3

Resultado de la prueba de funcionamiento del modelo de elevación

Prueba al cargar la selección Modelos de Elevación	
Responsable	Luis Bravo
Fecha de realización:	1/12/2023
¿Se aprobó la prueba? (si/no)	Si
Resultado esperado	
La aplicación carga correctamente la capa de modelo de elevación.	
Resultado real	

Figura 34

Resultado de las imágenes de los Modelos de Elevación



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es echa por mi autoría.

- **Análisis**

Una vez llevado a cabo la prueba de funcionabilidad de la selección modelos de elevación se verifico que funciona correctamente y que se lo puede usar en todas las provincias del Ecuador la cual se pude descargar para el uso en otras aplicaciones.

Tabla 4

Resultado de la prueba de funcionamiento de la selección Cuencas hidrográficas

Prueba al cargar la selección Cuencas Hidrográficas	
Responsable	Luis Bravo
Fecha de realización:	1/12/2023
¿Se aprobó la prueba? (si/no)	Si
Resultado esperado	
La aplicación carga correctamente la capa de Cuencas	
Resultado real	

Figura 35

Resultado de Cuencas Hidrográficas



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es echa por mi autoría.

- **Análisis**

Se llevo a cabo la prueba de funcionalidad de la selección de cuencas hidrográficas la cual nos muestra las sub cuencas de cada provincia las cuales podemos usar para diversas aplicaciones.

También nos ayuda a analizar la vulnerabilidad de diferentes subcuencas ante eventos extremos como inundaciones o sequías, lo cual es esencial para la mitigación y la planificación de respuestas.

Protección Ambiental: Permite el monitoreo y protección de los ecosistemas acuáticos mediante la identificación de áreas que promuevan ríos y arroyos saludables.

Tabla 5

Resultado de la prueba de funcionamiento de la selección Cuencas hidrográficas “ACC”

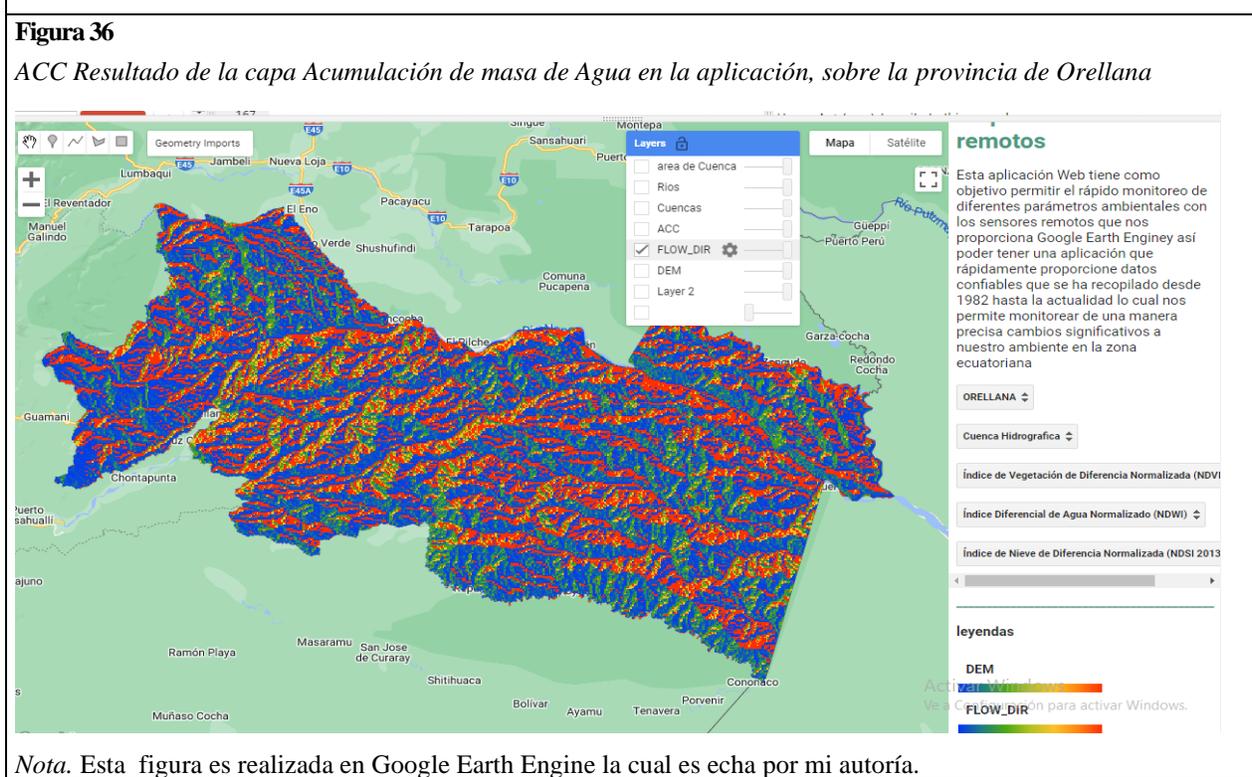
Prueba al cargar la selección Cuencas Hidrográficas	
Responsable	Luis Bravo
Fecha de realización:	1/12/2023

¿Se aprobó la prueba? (si/no)	Si
-------------------------------	----

Resultado esperado

La aplicación carga correctamente la capa "ACC" (Acumulación del flujo de agua en la cuenca hidrográfica)

Resultado real



- **Análisis**

Al llevar a cabo la funcionalidad de esta capa nos muestra la acumulación de flujo de agua en cada punto de la cuenca hidrográfica. Indica la cantidad de flujo de agua que se acumula en cada punto a medida que se mueve a lo largo de la cuenca. Esta información es útil para observar áreas de alta acumulación de caudales de agua y para comprender la red de drenaje de una cuenca hidrográfica.

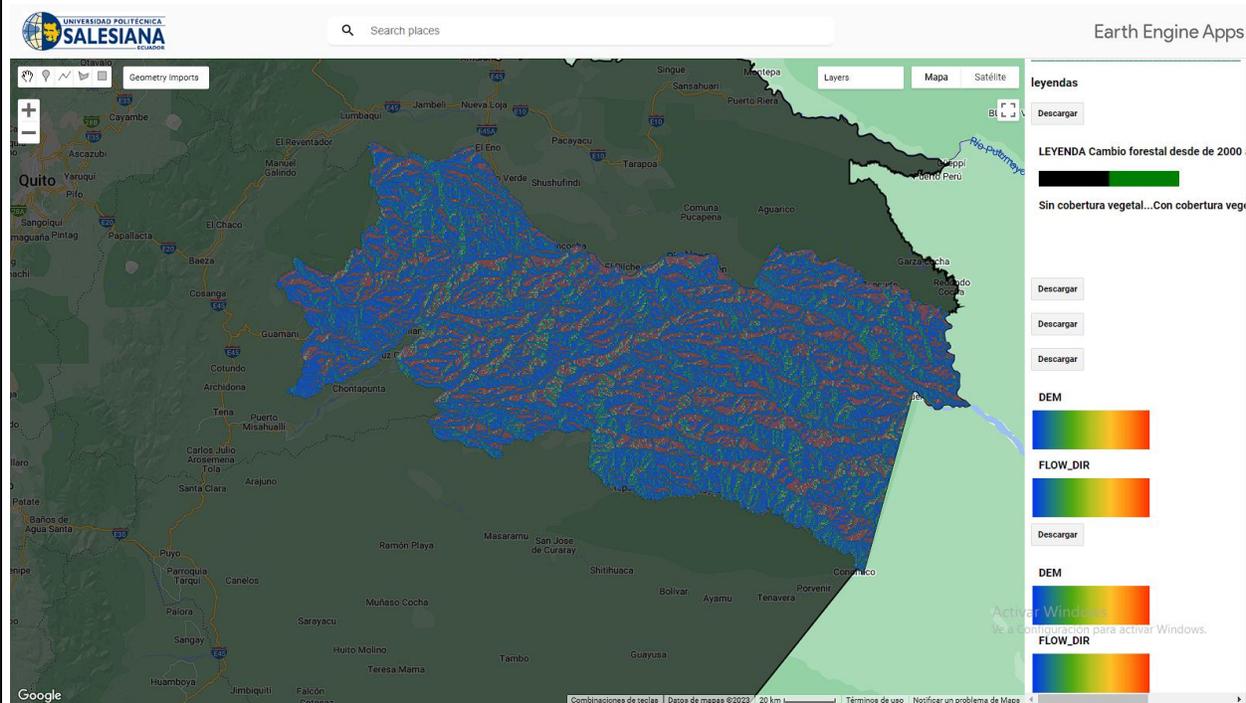
Tabla 6

Resultado de la prueba de funcionamiento de la selección Cuencas hidrográficas "FLOW DIR"

Prueba al cargar la selección Cuencas Hidrográficas	
Responsable	Luis Bravo
Fecha de realización:	1/12/2023
¿Se aprobó la prueba? (si/no)	Si
Resultado esperado	
La aplicación carga correctamente la capa "FLOW DIR" (Dirección del Flujo)	
Resultado real	

Figura 37

Resultado de la capa FLOW_DIR



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

- Análisis

Al llevar a cabo la funcionabilidad de esta capa nos indica la dirección del flujo del agua en cada punto de la cuenca hidrográfica. Proporciona información sobre cómo se mueve el agua a lo largo de la superficie del terreno, lo que es fundamental para comprender los patrones de drenaje y el flujo de agua en una cuenca.

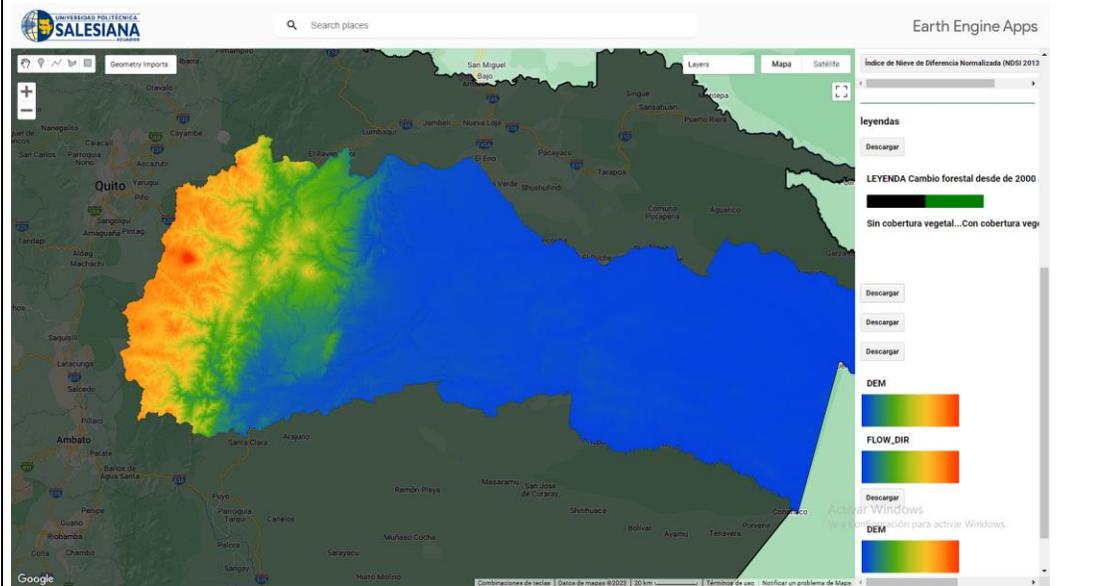
Tabla 7

Resultado de la prueba de funcionamiento de la selección Cuencas hidrográficas "DEM"

Prueba al cargar la selección Cuencas Hidrográficas	
Responsable	Luis Bravo
Fecha de realización:	1/12/2023
¿Se aprobó la prueba? (si/no)	Si
Resultado esperado	
La aplicación carga correctamente la capa "DEM" (Modelo Digital de Elevación)	
Resultado real	

Figura 38

Resultado de la capa DEM de la provincia de Orellana y Napo



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

- Análisis

Una vez llevado a cabo la prueba de funcionalidad de la selección DEM se verifico que funciona correctamente y que se lo puede usar en todas las provincias del Ecuador la cual se puede descargar para el uso en otras aplicaciones.

Enlace con otras capas: los DEM se utilizan a menudo junto con otras capas geoespaciales, como imágenes satelitales, mapas agrícolas y datos climáticos, para obtener una comprensión más completa de la geografía y la dinámica del paisaje. Modelado del terreno: los DEM son esenciales en el modelado del terreno y pueden usarse para modelar procesos geofísicos y crear modelos de paisaje digitales.

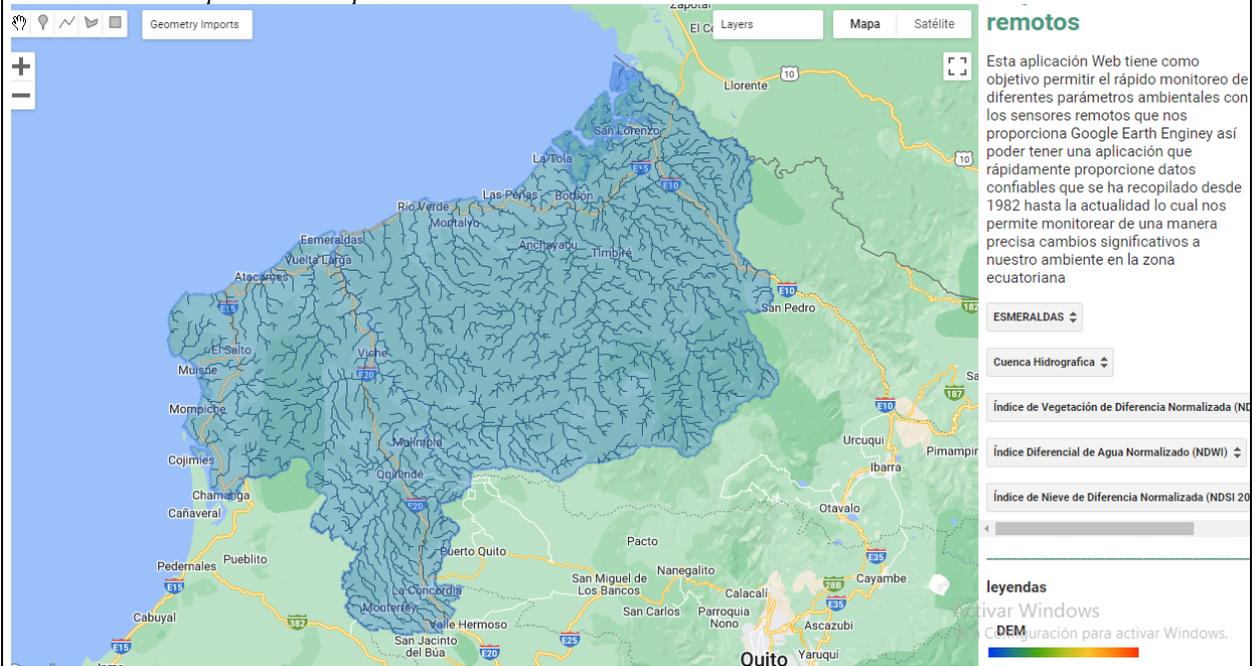
Tabla 8

Resultado de la prueba de funcionamiento de la selección Cuencas hidrográficas "Ríos"

Prueba al cargar la selección Cuencas Hidrográficas	
Responsable	Luis Bravo
Fecha de realización:	1/12/2023
¿Se aprobó la prueba? (si/no)	Si
Resultado esperado	
La aplicación carga correctamente la capa "Ríos"	
Resultado real	

Figura 39

Resultado de la capa Ríos en la provincia de Esmeraldas



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

- Análisis

Al llevar a cabo la prueba de funcionalidad de esta capa se verifico que nos visualiza correctamente todos los ríos de cada provincia seleccionada del cual se puede descargar por el usuario para cualquier aplicación.

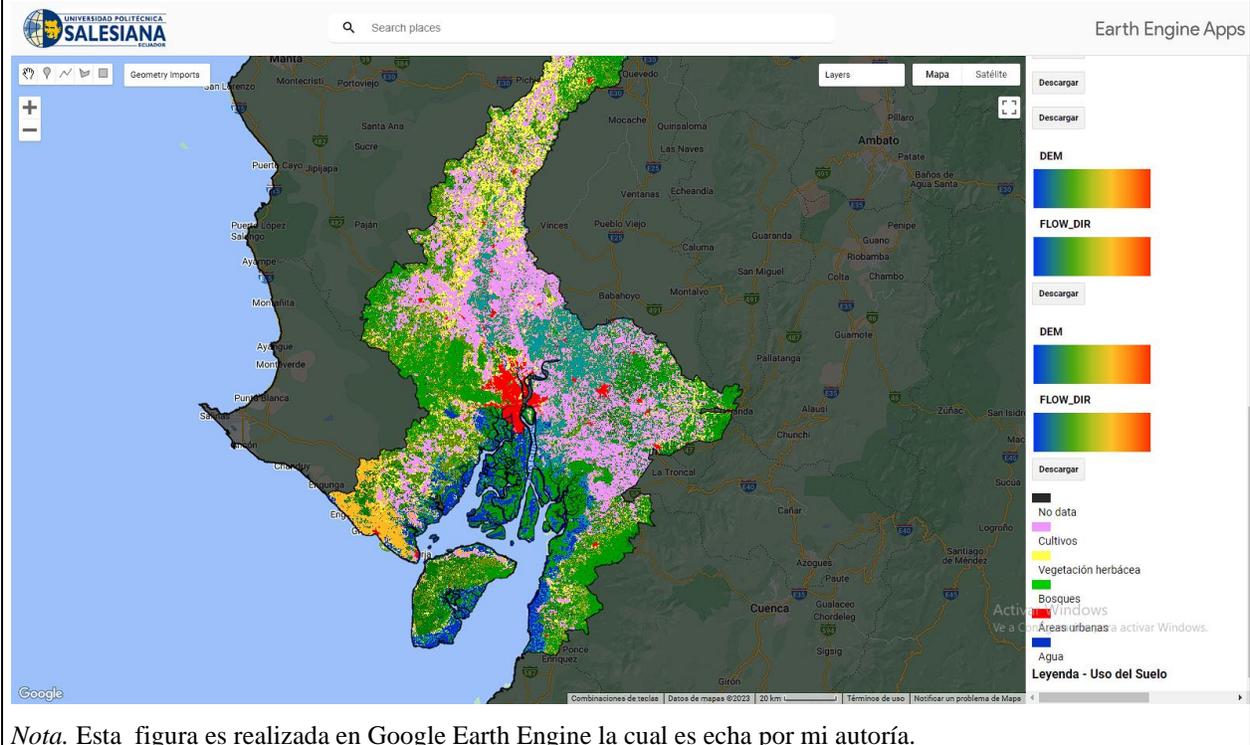
Tabla 9

Resultado de la prueba de funcionamiento de la selección Uso del suelo

Prueba al cargar la selección capa uso del suelo	
Responsable	Luis Bravo
Fecha de realización:	1/12/2023
¿Se aprobó la prueba? (si/no)	Si
Resultado esperado	
La aplicación carga correctamente la capa cubierta de arboles	
Resultado real	

Figura 40

Resultado de la capa Uso del suelo



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

- Análisis

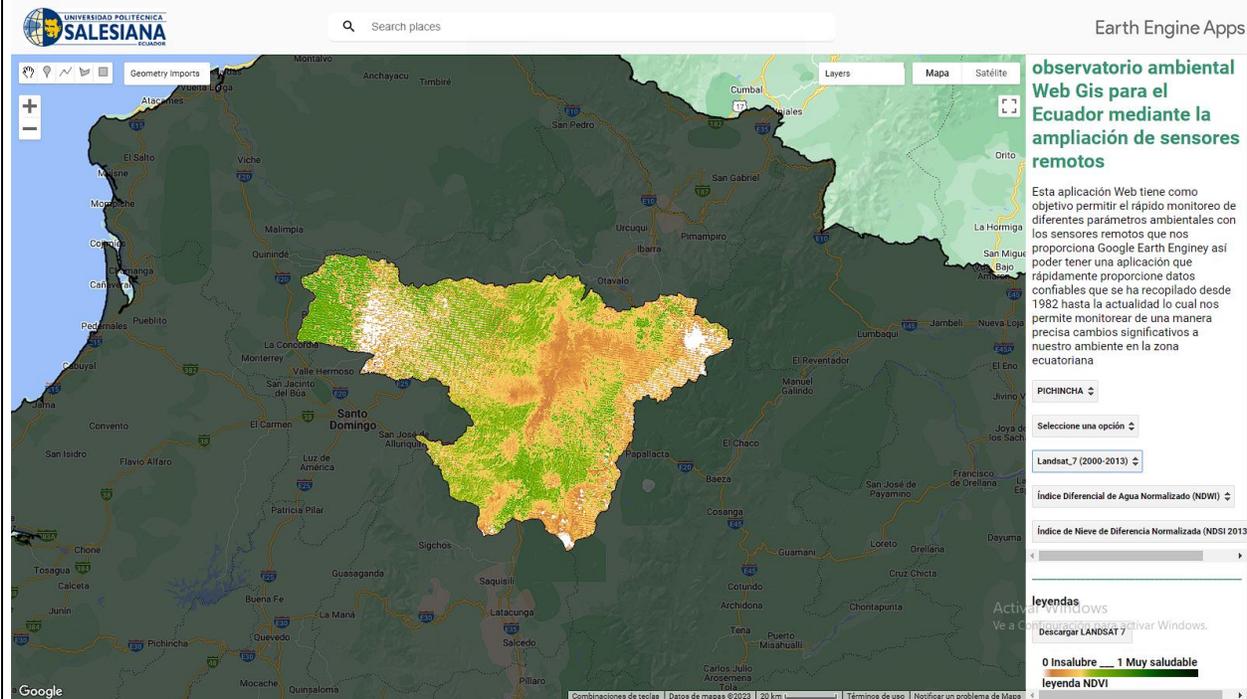
Una vez realizada la prueba de funcionalidad se cargó de manera correcta la capa seleccionada la base de datos usada es `ee.Image('COPERNICUS/Landcover/100m/Proba-V-C3/Global/2019')` proporciona información detallada sobre el uso del suelo en todo el mundo durante el período de 2015 a 2019, lo que permite analizar y comprender los patrones y cambios en la cobertura terrestre a nivel regional. Al momento de descargar esta información de cualquier parte de la provincia se lo puede usar para diferentes aplicaciones como: Monitoreo del uso de la tierra, Estudiar la biodiversidad ,Investigación climática

Tabla 10

Resultado de la prueba de funcionamiento de la selección NDVI

Prueba al cargar la selección capas Landsats	
Responsable	Luis Bravo
Fecha de realización:	1/12/2023
¿Se aprobó la prueba? (si/no)	Si
Resultado esperado	
La aplicación carga correctamente las capas de los índices de vegetación de diferencia normalizada	
Resultado real	

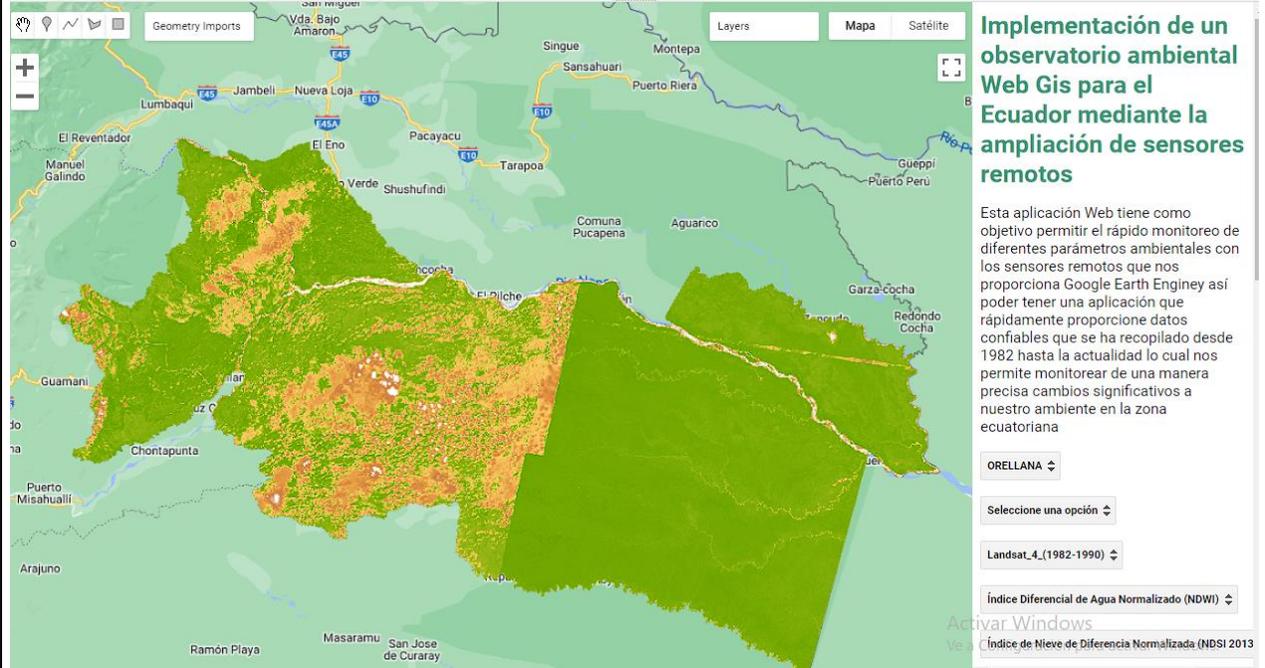
Figura 41
Resultado de la capa NDVI



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

Figura 42

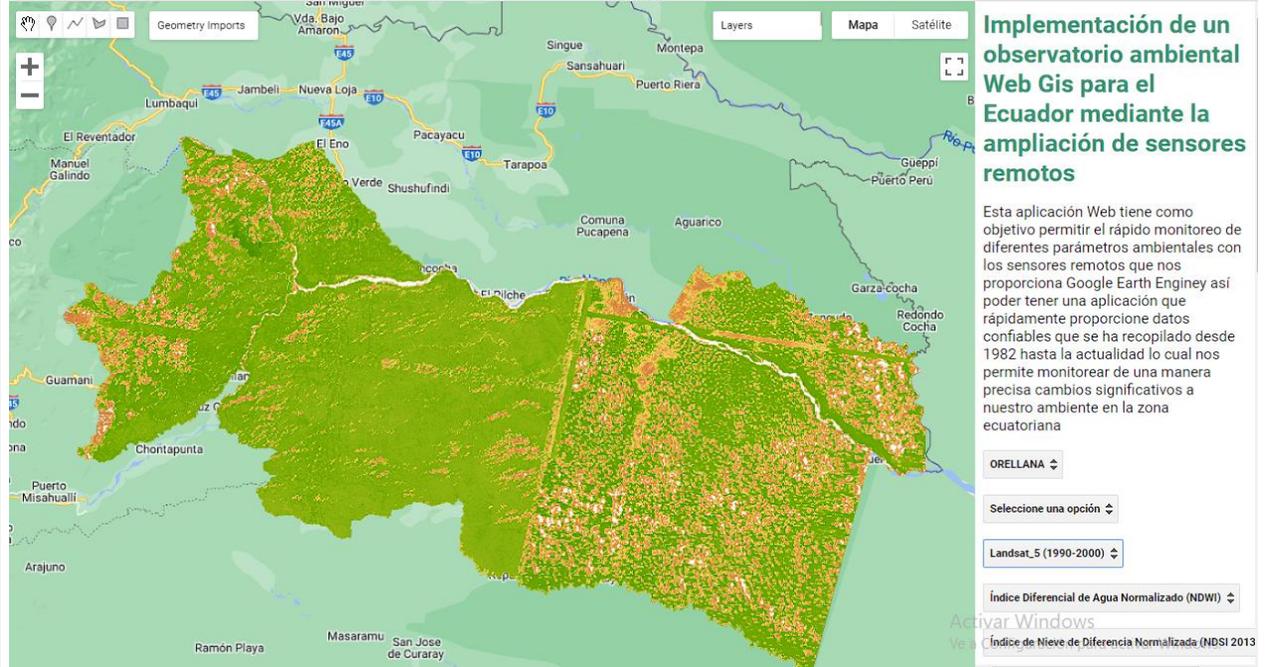
Resultado de Landsat 4 (1982-1990)



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

Figura 43

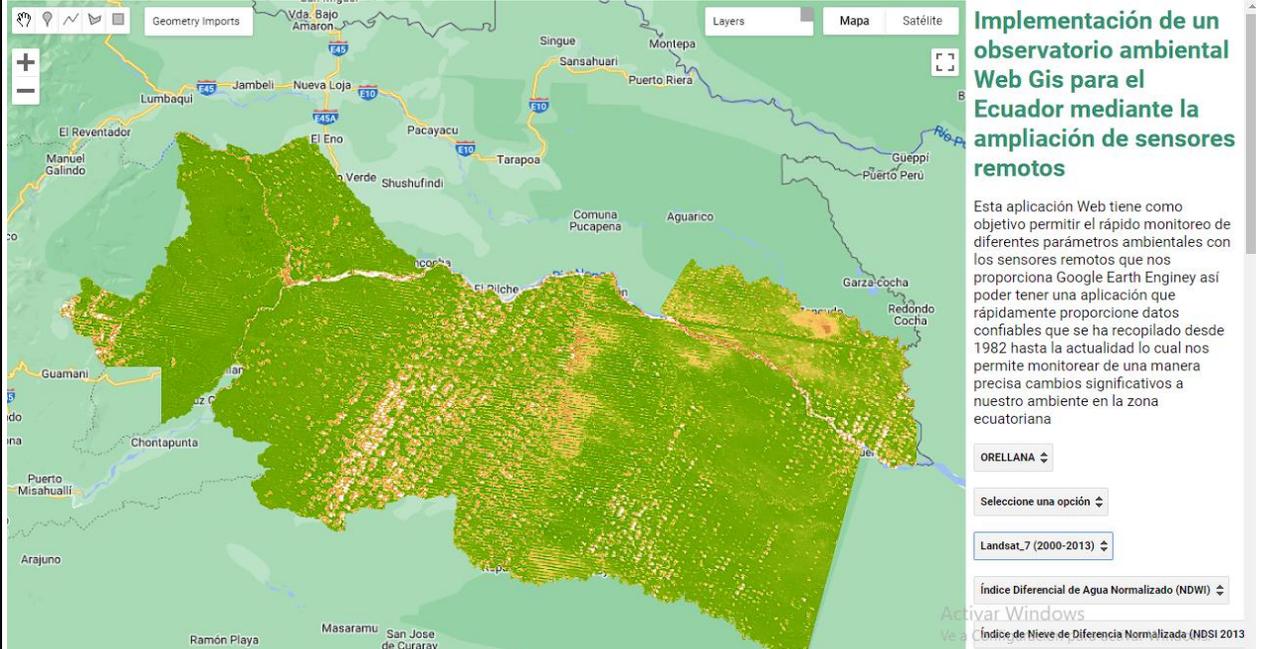
Resultado Landsat 5 (1990-2000)



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

Figura 44

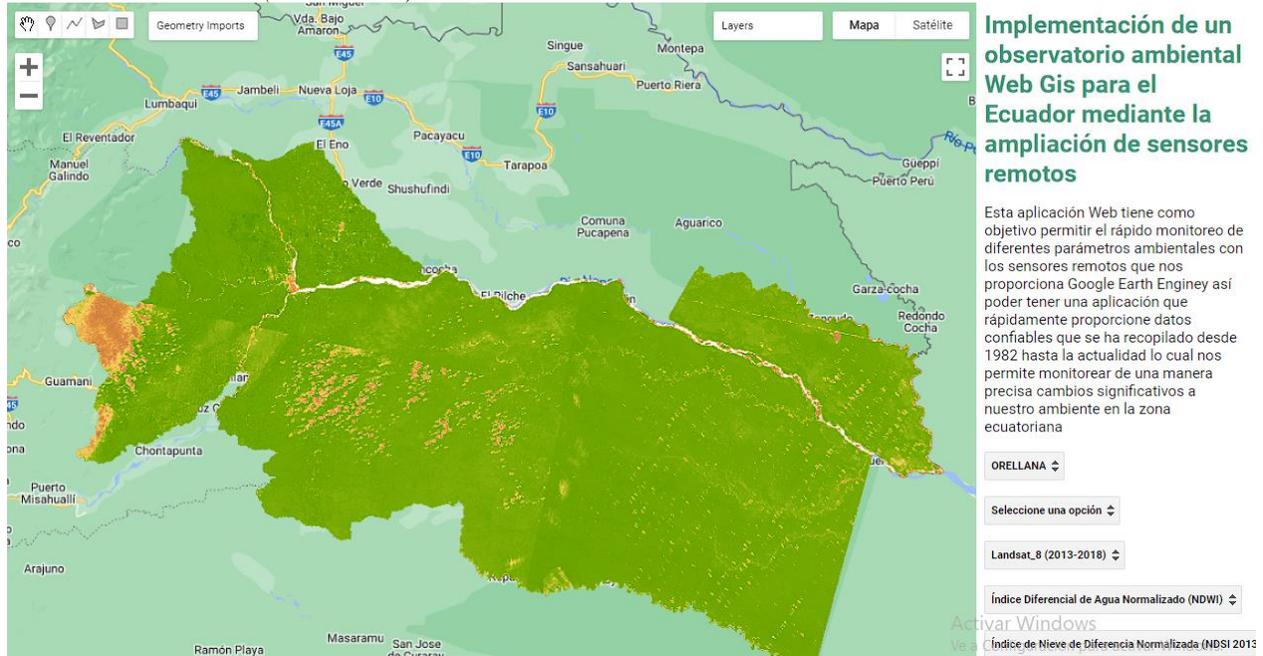
Resultado de Landsat 7 (200-2013)



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

Figura 45

Resultado de Landsat 8 (2013 – 2018)



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

Figura 46

Resultado de Landsat 9 (2018- Actualidad)



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

- **Análisis**

Al usar la funcionalidad del índice de vegetación de diferencia normalizada con todos los Landsats que es desde el Landsat 4 (1982-1990), Landsat 5 (1990- 2000), Landsat 7 (200-2013), Landsat 8 (2013-2018), Landsat 9 (2018- Actualidad) usamos la provincia de Orellana para tener una mejor identificación de áreas donde ha habido cambios significativos en la vegetación. Estas imágenes se pueden descargar en formato TIFF para el uso de diferentes aplicaciones.

Landsat 4 y 5:

Aunque estos satélites ya no están operativos, sus datos históricos son valiosos para análisis a largo plazo.

Landsat 7:

Se introdujo la capacidad de capturar imágenes a todo color con mayor resolución espacial.

Landsat 8 y 9:

Tienen mayores capacidades de detección espectral y mayor resolución espacial. Proporcionan datos más detallados para evaluar los cambios en la salud, la regeneración y la cubierta vegetal de los bosques. Las bandas térmicas adicionales (bandas 10 y 11) en Landsat 8 y 9 ayudan a identificar incendios forestales.

La disponibilidad de datos históricos de Landsat permite el análisis retrospectivo y la comprensión de patrones a lo largo del tiempo. Importante para la gestión forestal sostenible y la conservación de la biodiversidad.

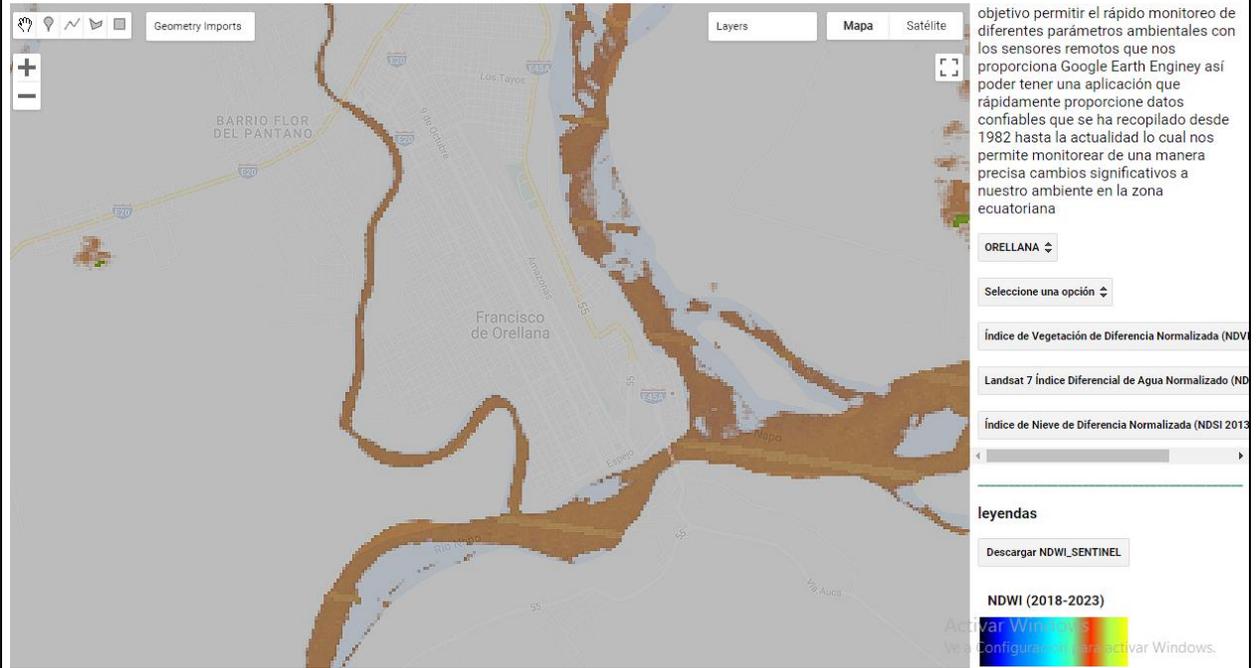
Tabla 11

Resultado de la prueba de funcionamiento de la selección NDWI

Prueba al cargar la selección capa NDWI	
Responsable	Luis Bravo
Fecha de realización:	1/12/2023
¿Se aprobó la prueba? (si/no)	Si
Resultado esperado	
La aplicación carga correctamente las capas de los índices diferencial de agua normalizada	
Resultado real	

Figura 47

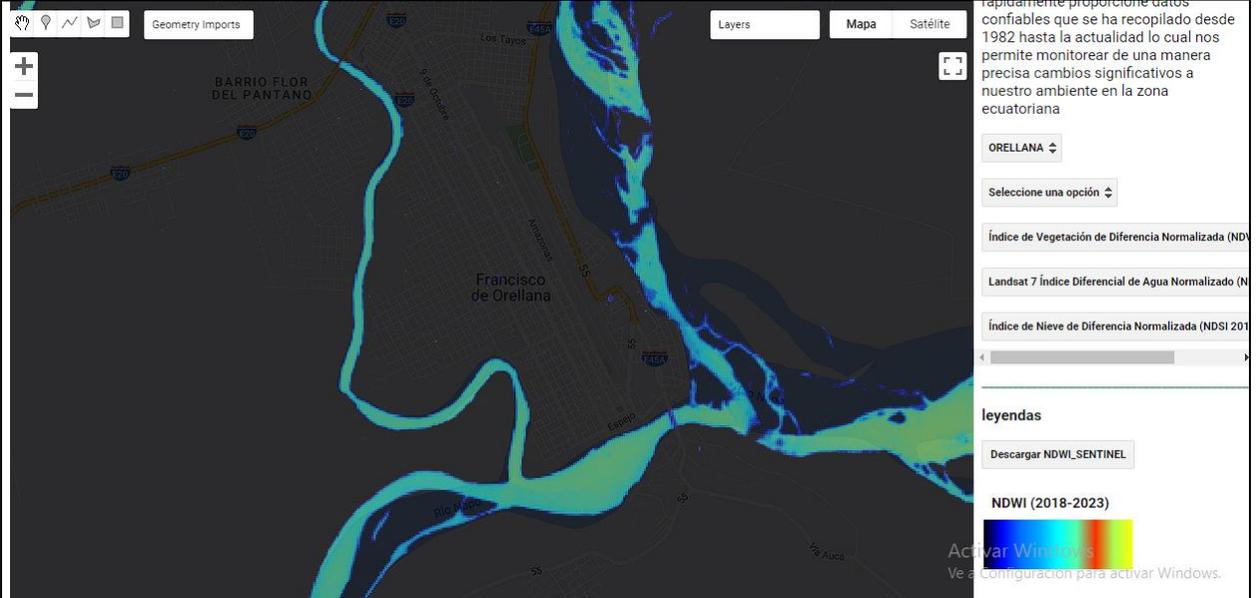
Resultado Landsat 7 NDWI (2000-2018)



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

Figura 48

Resultado NDWI Sentinel 2



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

- Análisis

Al realizar la prueba de funcionamiento del Landsat 7 NDWI (Índice Diferencial de Agua Normalizado 2000-2018). En el caso del Índice Diferencial de Agua Normalizado Landsat 7, se utilizan las bandas espectrales apropiadas, como la banda infrarroja cercana (NIR) y la banda verde (Green), para calcular el NDWI. Estas bandas están disponibles en la colección de imágenes de Landsat 7, que abarcan un período de tiempo específico.

Sentinel 2 (Índice Diferencial de Agua Normalizado 2018-Actualidad)

Por otro lado, con Sentinel 2 también se pueden obtener resultados de NDWI utilizando las bandas NIR y verde correspondientes. Sentinel 2 ofrece una mayor resolución espacial en comparación con Landsat 7, lo que puede proporcionar detalles más precisos en la detección y mapeo de cuerpos de agua.

En ambos casos, el cálculo del NDWI permite identificar y analizar la presencia de agua en el paisaje. Los valores del NDWI cercanos a 1 indican la presencia de agua, mientras que los valores cercanos a -1 indican la ausencia de agua.

Al aplicar el cálculo del NDWI a las imágenes de Landsat 7 y Sentinel 2, se obtiene una capa de imagen que resalta las áreas con presencia de agua en tonos más brillantes, mientras que las áreas sin agua se representan en tonos más oscuros. Esto permite identificar y analizar cuerpos de agua, realizar seguimiento de cambios en su extensión y evaluar la dinámica hidrológica de una región específica.

Estos resultados son útiles en aplicaciones relacionadas con la gestión de recursos hídricos, monitoreo ambiental, estudios de cambio climático, detección de inundaciones, planificación urbana y agrícola, entre otros.

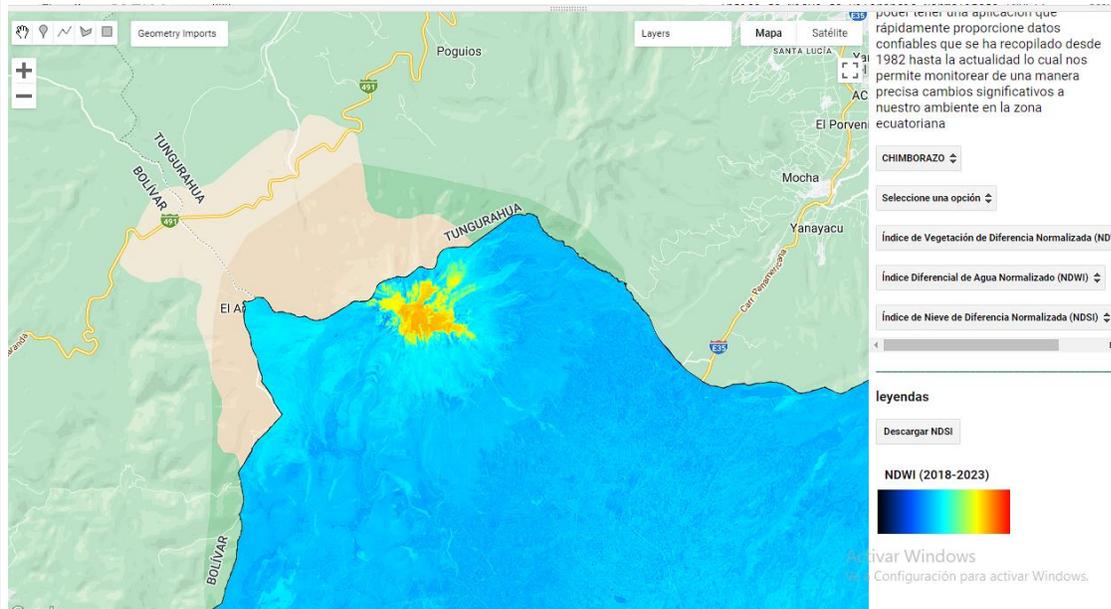
Tabla 12

Resultado del Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI 2013-Actualidad)

Prueba al cargar la selección capas NDSI	
Responsable	Luis Bravo
Fecha de realización:	1/12/2023
¿Se aprobó la prueba? (si/no)	Si
Resultado esperado	
La aplicación carga correctamente las capas Índice de Nieve de Diferencia Normalizada	
Resultado real	

Figura 49

Resultado de la capa NDSI



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine la cual es hecha por mi autoría.

Al cargar el funcionamiento de esta selección NDSI no muestra resultados que son útiles en aplicaciones relacionadas con la monitorización de la cobertura de nieve, la estimación de la cantidad de agua almacenada en forma de nieve, el análisis de la disponibilidad de recursos hídricos y la planificación de actividades relacionadas con la nieve, como deportes de invierno, actividades agrícolas y gestión de recursos hídricos.

Aplicaciones y análisis que puedes realizar con NDSI en este momento:

Seguimiento de la capa de nieve estacional:

Utilice NDSI para identificar áreas cubiertas de nieve en invierno. Observe los patrones estacionales en la distribución de las nevadas a lo largo de los años. Registrar cambios en zona de nieve:

Se realizaron análisis comparativos para determinar los cambios en la extensión de la capa de nieve entre años. Puede identificar áreas donde la capa de nieve disminuye o aumenta con el tiempo.

Análisis de tendencias a largo plazo:

Utilice el NDSI para monitorear los cambios en los ecosistemas glaciares y alpinos, ya que la capa de nieve es un indicador importante de la salud y la estabilidad de estos ambientes. Gestión de recursos hídricos:

Validación de modelos climáticos que contienen parámetros relacionados con el manto de nieve utilizando NDSI. Los datos de observación ayudan a mejorar la precisión de los modelos climáticos locales. Evaluación del cambio climático:

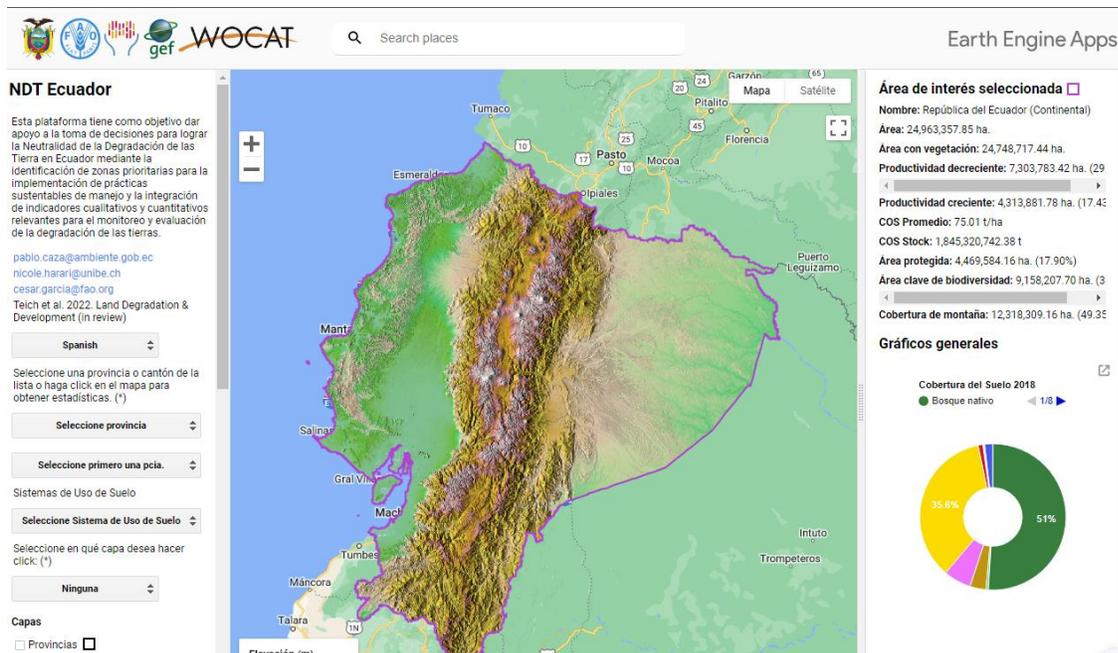
Comprender cómo responde la capa de nieve al cambio climático a lo largo del tiempo puede proporcionar información sobre los impactos locales del cambio climático.

En resumen, al crear una capa NDSI utilizando la base de datos de Landsat 8, se obtienen resultados relacionados con la presencia y extensión de nieve en un área específica, lo que proporciona información valiosa para diversas aplicaciones relacionadas con la nieve y la gestión de recursos naturales.

Comparación de otra aplicación web desarrollada en Google Earth Engine

Una vez finalizado la aplicación web sus funcionamientos tienden a enfocarse más en el análisis ambiental a diferencias de otras aplicaciones web, uno de ellos es la aplicación “NDT Ecuador creada para dar apoyo a la toma de decisiones para lograr la neutralidad de la degradación de las tierras en Ecuador relevantes para el monitoreo y evaluación de la degradación de las tierras”. (Caza, Harari, & Garcia, 2024).

Figura 50
Aplicación Web NDT Ecuador



Nota. Esta figura es realizada en Google Earth Engine. Tomado de (<https://wocatapps.users.earthengine.app/view/ldn-ecuador>)

La aplicación NDT Ecuador tiene muchas funcionalidades para la visualización de diferentes parámetros, pero carece de la funcionalidad para delimitar provincias y selecciona todo el Ecuador para su observación, y otra crucial diferencia de la aplicación Observatorio ambiental y NDT es la capacidad de poder descargar cualquier capa seleccionada por el usuario para el uso de estos en otros programas siempre y cuando el usuario no modifique el código principal a menos que tenga conocimientos amplio en la programación de JavaScript con Google Earth Engine.

Otro punto importante es que esta aplicación carece del uso del NDVI, NDWI y NDSI crucial para el análisis de parámetros ambientales.

Link del resultado final

Link del código observatorio ambiental para descargar capas

<https://code.earthengine.google.com/7a0b1c9df1cf89252fccacb57c032789?hideCode=true>

Link del observatorio ambiental

<https://arkaniabravo.users.earthengine.app/view/observatorio-ambiental>

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La aplicación web que fue desarrollada en Google Earth Engine utilizan datos de Landsat, Sentinel-2 y otras imágenes satelitales para brindar a los usuarios un fácil acceso a la información

geoespacial más reciente y detallada. Los usuarios pueden monitorear los cambios en el medio ambiente a lo largo del tiempo, ver imágenes de alta resolución, analizar series temporales y obtener información clave para la toma de decisiones en áreas como la gestión ambiental, la planificación del uso de la tierra y la respuesta a desastres naturales. La flexibilidad y personalización de las capacidades de análisis y validación de modelos hacen de esta herramienta una inversión valiosa para investigadores, profesionales y comunidades interesadas en comprender y gestionar eficazmente nuestro medio ambiente.

Los usuarios pueden observar y evaluar cambios en la cubierta forestal a lo largo del tiempo, realizar análisis del terreno utilizando modelos de elevación digitales, estudiar las características de las cuencas hidrográficas y analizar patrones y cambios de uso de la tierra.

La plataforma ayuda a comprender la dinámica ambiental y permite a los usuarios tomar decisiones informadas en áreas como la conservación, la gestión forestal y la planificación del uso de la tierra. Además, al integrar múltiples capas de datos, la aplicación promueve un enfoque holístico para la investigación y la toma de decisiones, brindando a los usuarios las herramientas para colaborar, educar y apoyar los esfuerzos de conservación.

La aplicación destaca por su capacidad de personalizar y analizar en detalle, lo que permite a los usuarios adaptar la herramienta a sus necesidades específicas.

Utilizando datos de cambios forestales, modelos digitales de elevación, información de cuencas hidrográficas y datos de uso de la tierra, la aplicación se posiciona como una herramienta integral para comprender y gestionar eficazmente los recursos naturales con aplicaciones potenciales en la planificación ambiental, la gestión del agua y la promoción de prácticas sostenibles a nivel local y regional.

5.2 Recomendaciones

Una recomendación al desarrollar la aplicación primero es tener un conocimiento básico de como programa en JavaScript, ya que se va a dificultar entender mucho de los parámetros usados en la aplicación de Google Earth Engine sino tienes un conocimiento básico de programación.

Si bien Google Earth Engine tiene un manual de uso, no abarco todo el contenido y muchos de los comandos no están tan detalladas como para aplicarlos al momento de realizar la aplicación, por lo cual debes investigar aparte el Lenguaje de programación usado para poder crear la aplicación Web.

Otro factor es que se debe tener en cuenta es que Google Engine no permite descargar de manera directa sus imágenes al momento de finalizar la aplicación Web, lo cual dificulta para que tus usuarios puedan descargar las imágenes que necesitan, para esto se debe tener en cuenta que primero debes proporcionar el panel de programación para descargar de manera manual, ya que Google Engine exporta al Google Drive y debes tener compartido para que los usuarios puedan descargar.

Una de las recomendaciones para el diseño de aplicaciones web es la correcta investigación y manejo de los catálogos de imágenes, así como los sensores remotos disponible en Google Engine, ya que cuenta con un amplio conjunto de datos que se puede utilizar de acuerdo a la investigación deseada, en este aspecto podemos ampliar más el observatorio ambiental, introduciendo opciones diferentes para su uso o en contrario crear una aplicación más específica en algún campo de investigación deseado.

Teniendo en cuenta como la aplicación en si nos proporciona una utilidad especifica como ejemplo el uso del suelo de del 2015 al 2019 (COPERNICUS/Landcover/100m/Proba-V-C3/Global/2019),

nos limita a un rango específico en el cual debemos establecernos para su uso, en cambio con los sensores remotos que tienen un grado más amplio de tiempo y que en la actualidad sigue mandando información para su procesamiento como son los sensores Landsat 7,8 y 9 los cuales siguen operativos podemos crear aplicaciones más actualizadas y combinarlos con otras colecciones de imágenes más antiguas para su análisis ambiental y en otras muchas utilidades que se pueda proveer en el campo de los sensores remotos.

6. Bibliografía

Buchhorn, M., Smets,, B., Bertels, L., Roo, , B., Lesiv, M., Tsendbazar, N., . . . Fritz, S. (12 de Noviembre de 2023). Obtenido de https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_Landcover_100m_Proba-V-C3_Global#description

Carmona, A. A. (9 de Julio de 2022). LinkedIn. Obtenido de <https://es.linkedin.com/pulse/delimitaci%C3%B3n-de-cuencas-y-redes-hidrogr%C3%A1ficas-en-abel-carmona-arteaga>

Casco, F. (12 de 2018). *Introducción a Javascript para Google Earth Engine* (GEE). Bonn y Eschborn, Alemania.

Caza, P., Harari, N., & Garcia, C. (2024). Obtenido de <https://wocatapps.users.earthengine.app/view/ldn-ecuador>

EOS Data Analytics. (30 de 06 de 2023). Obtenido de <https://eos.com/es/make-an-analysis/ndsi/>

Gis & Beers. (24 de 9 de 2021). gisandbeers. Obtenido de gisandbeers web:

<https://www.gisandbeers.com/cartografia-cientifica-estudios-ambientales-google-earth-engine/>

Gisandbeers. (05 de 11 de 2017). Obtenido de <http://www.gisandbeers.com/calculo-del-indice-ndwi-diferencial-de-agua-normalizado/>

Google. (20 de 6 de 2023). Obtenido de https://www.google.com/intl/es-419_ALL/earth/education/tools/google-earth-engine/

Google. (20 de 06 de 2023). Google. Obtenido de Google web: <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/landsat-4>

Google datasets. (20 de 06 de 2023). google. Obtenido de google web: <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/>

Google Earth Engine. (25 de 6 de 2023). Obtenido de https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/LANDSAT_LT04_C02_T1_L2#description

GOOGLE EARTH ENGINE. (30 de 5 de 2023). Obtenido de https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/LANDSAT_LT05_C02_T1_L2

GOOGLE EARTH ENGINE. (30 de 5 de 2023). Obtenido de https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/LANDSAT_LE07_C02_T1_L2

GOOGLE EARTH ENGINE. (30 de 5 de 2023). Obtenido de https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/LANDSAT_LC08_C02_T1_L2

GOOGLE EARTH ENGINE. (30 de 5 de 2023). Obtenido de https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/LANDSAT_LC09_C02_T1_L2

GOOGLE EARTH ENGINE. (30 de 6 de 2023). Obtenido de <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/sentinel-2>

GOOGLE EARTH ENGINE. (30 de 6 de 2023). Obtenido de https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S2_SR_HARMONIZED

GOOGLE EARTH ENGINE. (30 de 6 de 2023). Obtenido de https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/USDOS_LSIB_SIMPLE_2017

GOOGLE EARTH ENGINE. (30 de 06 de 2023). Obtenido de https://developers.google.com/earth-engine/guides/ic_creating

GOOGLE EARTH ENGINE. (2023). Obtenido de <https://developers.google.com/earth-engine/apidocs/ee-filter-bounds>

Google Engine. (20 de 6 de 2023). Obtenido de <https://earthengine.google.com/>

JPL de la NASA. (15 de ENERO de 2024). Obtenido de https://lpdaac.usgs.gov/products/nasadem_hgtv001/

LAWRENCE , K. (5 de 4 de 2023). *medium*. Obtenido de <https://medium.com/@kimutai.lawrence19/industry-tailored-geospatial-web-applications-4900b6502840>

Olivares, B. O., & López, M. A. (06 de 2019). *scielo*. Obtenido de scielo WEB SITE: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-42662019000200112

OSINFOR. (23 de Marzo de 2023). cdn.www.gob.pe. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4312573/Gu%C3%ADa%20para%20el%20seguimiento%20y%20monitoreo%20de%20t%C3%ADtulos%20habilitantes%20del%20OSINFOR.pdf?v=1679604091>

Universidad de Maryland. (2013). *storage.googleapis*. Obtenido de <https://storage.googleapis.com/earthenginepartners-hansen/GFC-2022-v1.10/download.html>

Anexos

Manual de Usuario de la aplicación

La aplicación automáticamente te delimitara todo el Ecuador y te mostrara un menú con las opciones que puedes escoger.

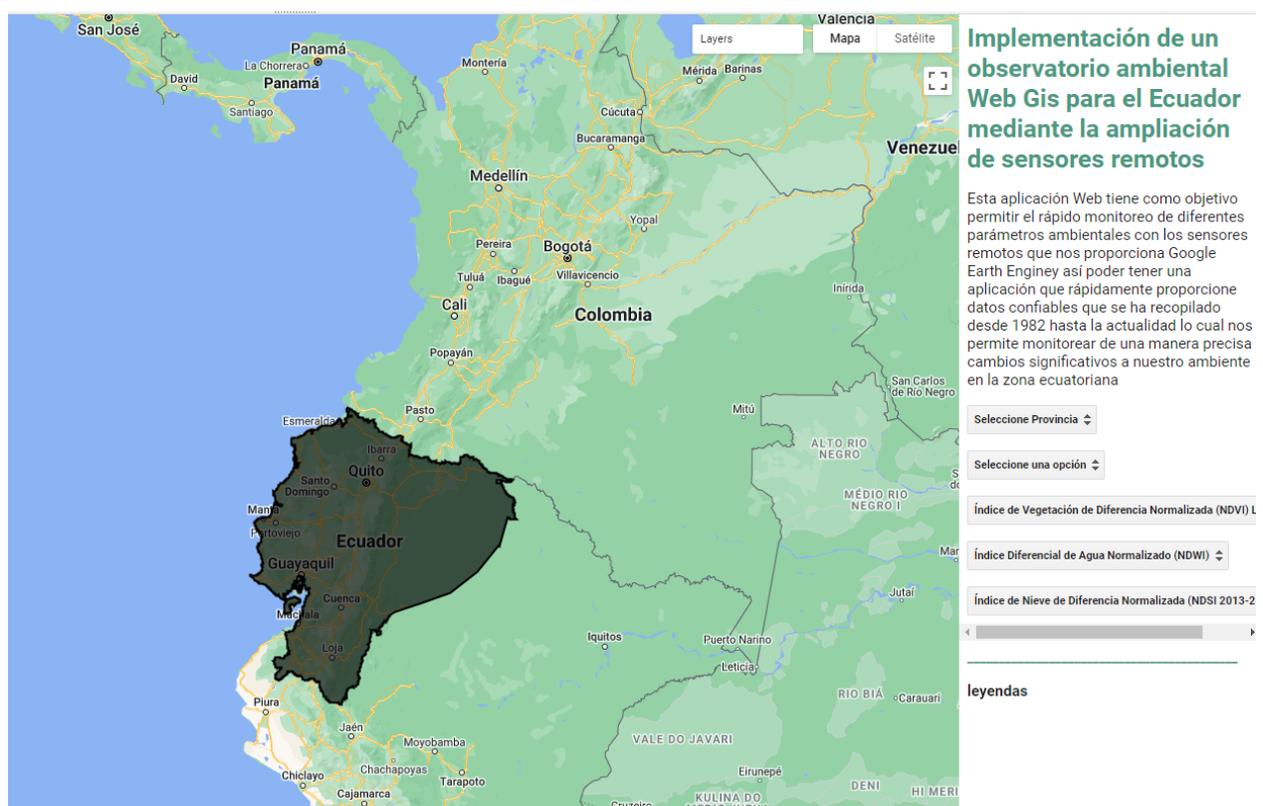
Seleccione Provincia ▾

Seleccione una opción ▾

Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) L

Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI) ▾

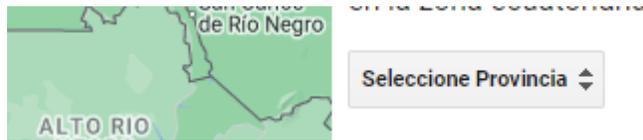
Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI 2013-20



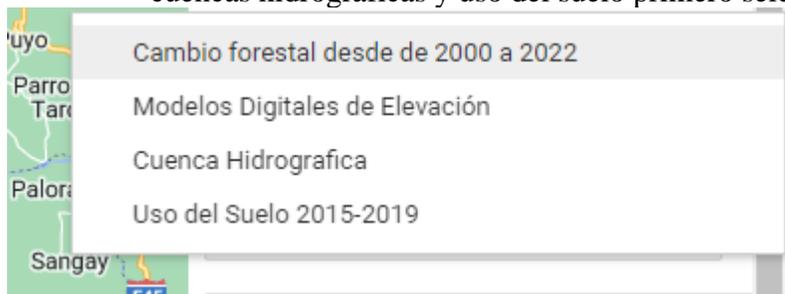
The screenshot displays a web GIS application interface. On the left, a map shows Ecuador and Colombia with various cities labeled. The map is overlaid with a dark grey area representing the selected region. On the right, there is a sidebar with the following elements:

- Buttons for "Layers", "Mapa", and "Satélite".
- A title: "Implementación de un observatorio ambiental Web Gis para el Ecuador mediante la ampliación de sensores remotos".
- A descriptive paragraph: "Esta aplicación Web tiene como objetivo permitir el rápido monitoreo de diferentes parámetros ambientales con los sensores remotos que nos proporciona Google Earth Engine así poder tener una aplicación que rápidamente proporcione datos confiables que se ha recopilado desde 1982 hasta la actualidad lo cual nos permite monitorear de una manera precisa cambios significativos a nuestro ambiente en la zona ecuatoriana".
- Navigation controls: "Seleccione Provincia ▾", "Seleccione una opción ▾", and a scroll bar.
- Menu options: "Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) L", "Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI) ▾", and "Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI 2013-20".
- A legend section titled "leyendas".

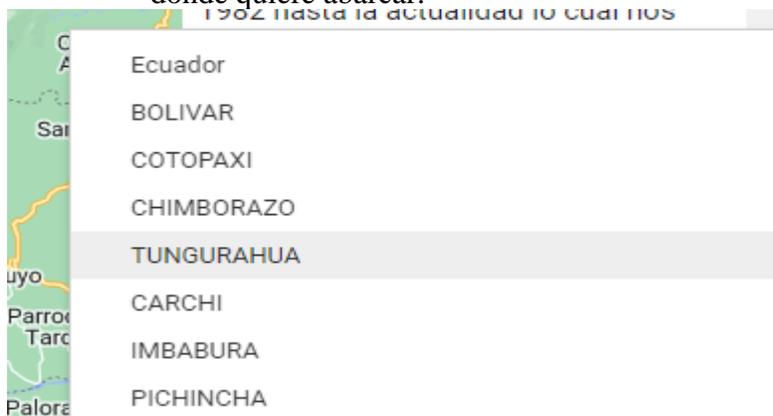
- Para seleccionar una provincia



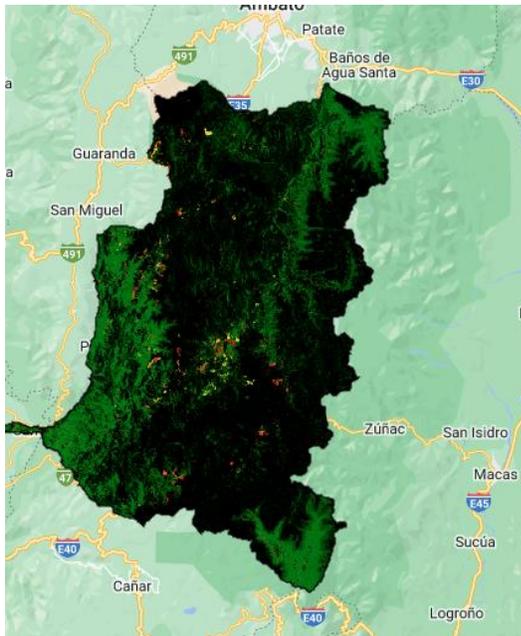
- Para poder usar las opciones de cambio forestal, modelos digitales de elevación, cuencas hidrográficas y uso del suelo primero seleccionamos



- Primero selecciona cualquier opción que usted desee y luego selecciona la provincia donde quiere abarcar.

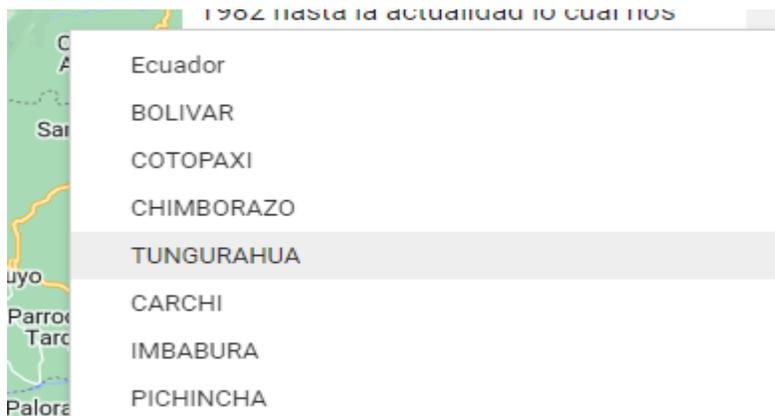


- Resultado le dará la provincia seleccionada y la opción que escogió



Para usar el índice de vegetación de diferencia normalizada, el índice diferencial de agua normalizado y el índice de nieve de diferencia normalizado.

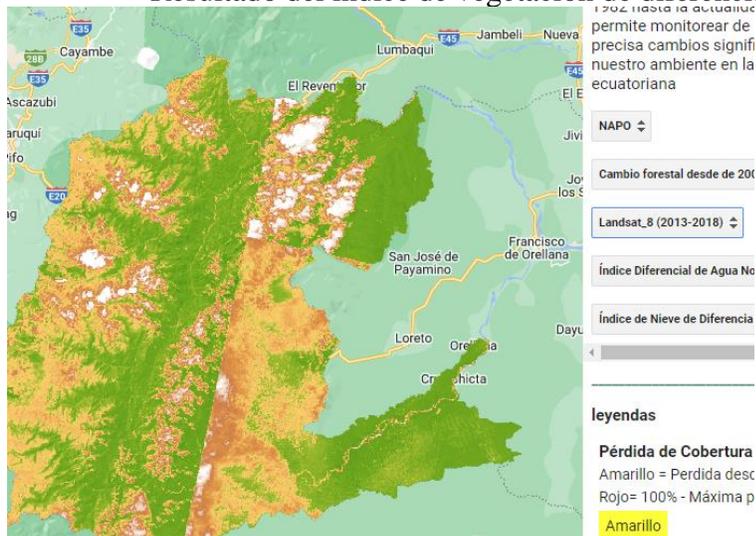
- Primero se selecciona la provincia donde quiere abarcar



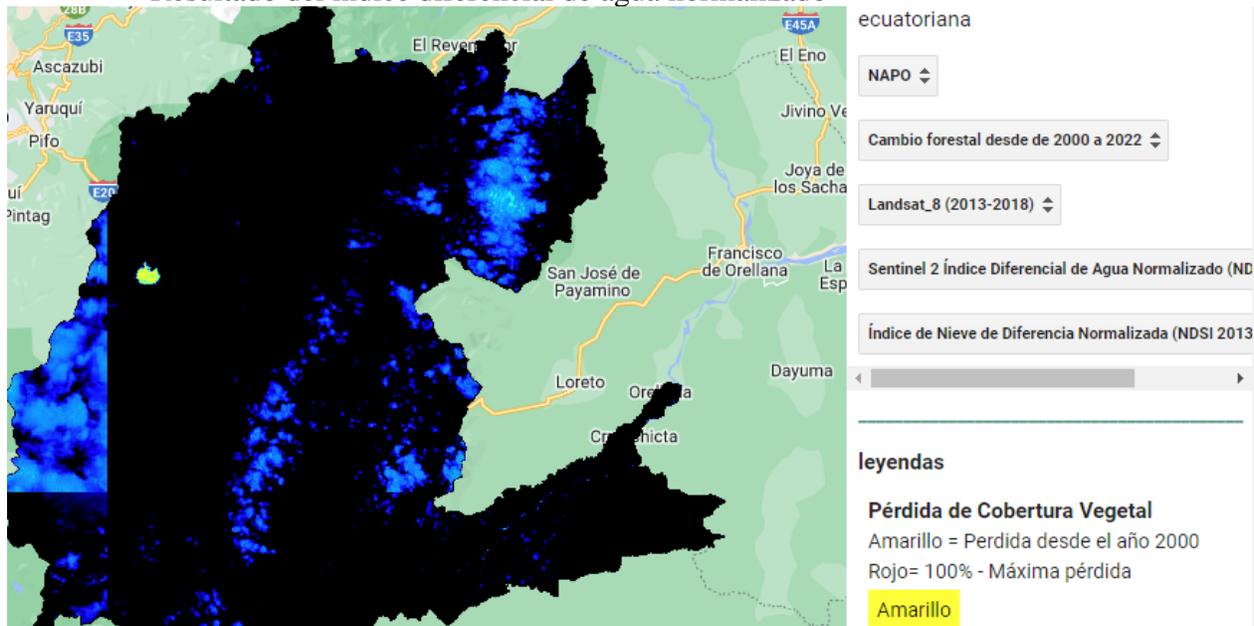
- Luego selecciona la opción deseada

- Landsat_9 (2018-Fecha actual)
- Landsat_8 (2013-2018)
- Landsat_7 (2000-2013)
- Landsat_5 (1990-2000)
- Landsat_4_(1982-1990)

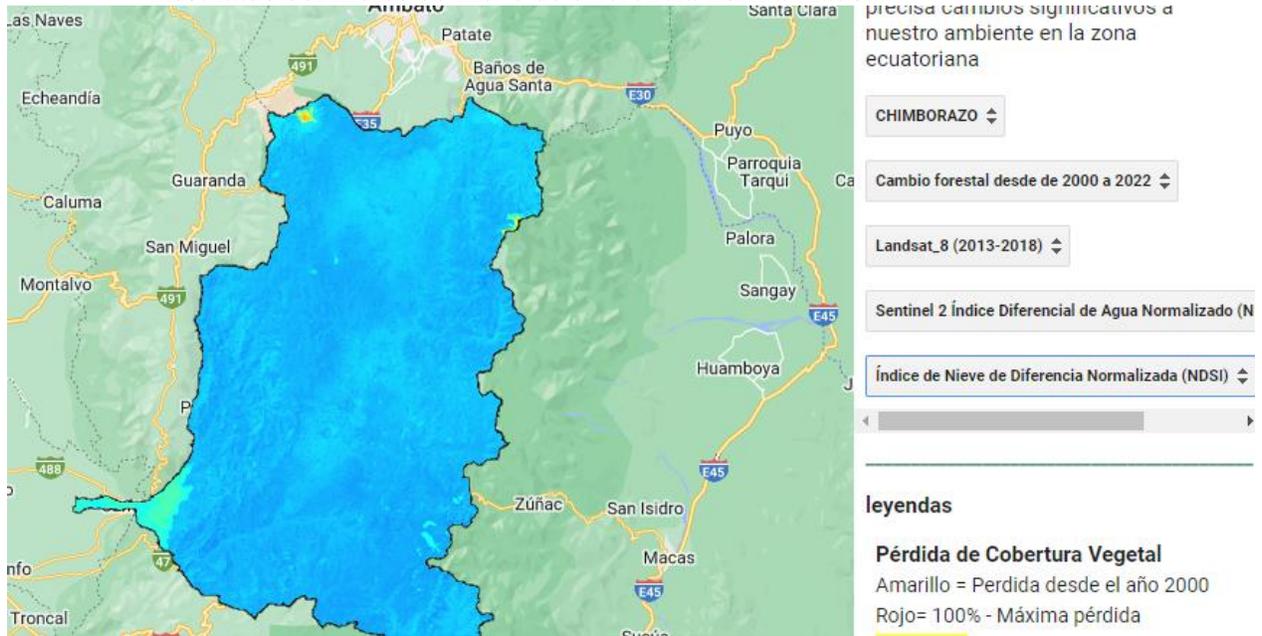
• Resultado del índice de vegetación de diferencia normalizada



• Resultado del índice diferencial de agua normalizado



- Resultado del índice de nieve de diferencia normalizado.



Descargar imágenes

Una vez ya teniendo seleccionado la imagen y la opción deseada, tiene que dirigirse a la parte derecha del panel en la parte final esta para poder descargar de acuerdo a lo seleccionado

LOJA ⇅

Cuenca Hidrografica ⇅

Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI) ⇅

Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI 2013)

leyendas

ACC



ACC



Cuencas



Rios



Descargar Cuenca Hidrografica



- Al hacer cliick toca dirigirse a la opción TAsk

Inspector Console **Tasks**

Search or cancel multiple tasks in the Task Manager

UNSUBMITTED TASKS

- Cuencas_Hidrograficas_DEM RUN
- Cuencas_Hidrograficas_ACC RUN
- Cuencas_Hidrograficas_FLOWDIR RUN
- Cuencas_Hidrograficas_Cuencas RUN
- Cuencas_Hidrograficas_Rios RUN

permite monitorear de una manera precisa cambios significativos a nuestro ambiente en la zona ecuatorial

LOJA

Cuenca Hidrografica

Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada

Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)

Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI)

leyendas

ACC

Cuencas

Rios

Descargar Cuenca Hidrografica

- Luego toca darle RUN de acuerdo a la capa que desea descargar

Inspector Console **Tasks**

Search or cancel multiple tasks in the Task Manager

UNSUBMITTED TASKS

- Cuencas_Hidrograficas_DEM RUN
- Cuencas_Hidrograficas_ACC RUN
- Cuencas_Hidrograficas_FLOWDIR RUN
- Cuencas_Hidrograficas_Cuencas RUN
- Cuencas_Hidrograficas_Rios RUN

- Luego se desplegará un menú donde debe otra vez seleccionar RUN

Task: Initiate image export

Task name (no spaces) *

Cuencas_Hidrograficas_DEM

Coordinate Reference System (CRS)

EPSG:3857

Scale (m/px)

30

DRIVE CLOUD STORAGE EE ASSET

Drive folder

exportaciones

Filename *

Cuencas_Hidrograficas_DEM

File format *

GEO_TIFF

CANCEL RUN

Este formato hará que descargue de manera automática

 Cuencas_Hidrograficas_DEM ^ ⚙ <1m

ID: ALC35C67EYF3WTUR4AF7NFZW

Phase: **Submitted to server**

Submitted **4s ago** (2024-01-22 10:34:59 -0500)

Cancel Source Script

Deberá esperar a que descargue, toma entre 1 a 8 minutos máximo de acuerdo a lo seleccionado

- Una vez descargado aparecerá una opción que dice open in drive el cual al seleccionarlo le enviara a su cuenta de Google drive para que pueda descargar desde ahí.

ID: **M32DPFBHXYDCRQQZ6XGGXNWZ**

Phase: **Completed**

Runtime: **6m** (started 2024-01-19 10:09:52 -0500)

Attempted **1** time

Batch compute usage: **274.3420 EECU-seconds**

[Source Script](#)

[Open in Drive](#)

- Aquí podrá descargar las capas que allá seleccionado en formato TIFF

Mi unidad > exportaciones ▾

Tipo ▾ Personas ▾ Modificado ▾

Nombre	Propietario	Última modifica...	Tamaño de s	
 capa_de_cubierta_de_arboles.tif	 yo	19 ene 2024 yo	10,8 MB	⋮
 cubierta_de_arboles.tif	 yo	10 ene 2024 yo	2,1 MB	⋮
 Cuencas_Hidrograficas_DEM.tif	 yo	10 ene 2024 yo	2,6 MB	⋮
 Cuencas_Hidrograficas_Rios.tif	 yo	10 ene 2024 yo	354 kB	⋮
 Cuencas_Hidrograficas_ACC.tif	 yo	10 ene 2024 yo	1,2 MB	⋮
 Cuencas_Hidrograficas_FLOWDIR.tif	 yo	10 ene 2024 yo	789 kB	⋮
 Cuencas_Hidrograficas_Cuencas.tif	 yo	10 ene 2024 yo	377 kB	⋮
 Capa_de_modelo_de_Elevacion.tif	 yo	10 ene 2024 yo	17,2 MB	⋮
 capa_de_perdida_de_arboles.tif	 yo	10 ene 2024 yo	738 kB	⋮
 capa_de_cubierta_de_arboles.tif	 yo	10 ene 2024 yo	9 MB	⋮

Nota: si se presenta algún error solo recargue la página y siga de nuevo con los pasos ya presentados.

Línea de código Original

```
var paises= ee.FeatureCollection("USDOS/LSIB_SIMPLE/2017");
var country = paises.filterMetadata('country_na','equals','Ecuador');
Map.centerObject(country,6);
Map.addLayer(country, {}, 'Ecuador');
//TIEMPOS
var startDate8 = '2019-01-01';
var endDate8 = '2019-12-31';
//PROVINCIAS
var Provincias = {
  "Ecuador" :[],
  "BOLIVAR": [ 02 ],
  'COTOPAXI': [ 05 ],
  "CHIMBORAZO" :[ 06 ],
  "TUNGURAHUA": [ 18 ],
  "CARCHI": [ 04 ],
  "IMBABURA": [10],
  "PICHINCHA": [17],
  "SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS": [23],
  "AZUAY": [01],
  "CAÑAR" : [03],
  "LOJA" : [11],
  "EL ORO" :[07],
  "GUAYAS" : [9],
  "LOS RIOS" :[12],
  "SANTA ELENA" :[24],
  "ESMERALDAS" : [8],
  "PASTAZA" : [16],
  "NAPO" : [15],
  "SUCUMBIOS" :[21],
  'ORELLANA' : [ 22 ],
  'MANABI': [ 13 ],
  "MORONA SANTIAGO": [14],
  "ZAMORA CHINCHIPE" : [19],
  "GALAPAGOS" : [20],
  "ZONA NO DELIMITADA" :[90],
}
var lansats = {
  "Landsat_9 (2018-Fecha actual)":[],
  "Landsat_8 (2013-2018)":[],
  "Landsat_7 (2000-2013)":[],
  "Landsat_5 (1990-2000)":[],
  "Landsat_4_(1982-1990)":[],
}
var modo= {
  "Cambio forestal desde de 2000 a 2022" :[],
```

```

"Modelos Digitales de Elevación":[],
"Cuenca Hidrografica":[],
"Uso del Suelo 2015-2019": []
}
var NDWI ={
"Landsat 7 Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)(2000-2018)":[],
"Sentinel 2 Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)(2018-2023)":[],
}
var NDSI ={
"Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI)":[],
}
//Provincias imagnees
var table2 = ee.FeatureCollection('projects/ee-arkania/assets/ecuador')
print (table2);
//FILTRO DE LAS PROVINCIAS
var funcionYaEjecutadaforestal = false
var pro
var nm = "select"
var dicobjetos = {
select:{
b1: ui.Select({items: Object.keys(Provincias), placeholder: 'Seleccione Provincia', onChange:function (i){
Map.layers().reset([dataset]);
Map.addLayer(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [i])),{color: 'black'},"limite de la provincia")
Map.centerObject(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [i])), 9)
pro = i
switch (nm) {
case "Cambio forestal desde de 2000 a 2022":
var dataset = ee.Image('UMD/hansen/global_forest_change_2022_v1_10');
var treeCoverVisParam = {
bands: ['treecover2000'],
min: 0,
max: 100,
palette: ['black', 'green']
};
var treeLossVisParam = {
bands: ['lossyear'],
min: 0,
max: 22,
palette: ['yellow', 'red'] };
var datasetC = dataset.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]));
Map.addLayer(datasetC, treeCoverVisParam, 'cubierta de árboles');
var datasetP = dataset.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]));
Map.addLayer(datasetP, treeLossVisParam, 'perdida de cobertura vegetal');
var dataset = dataset.clip(table2);
var datasetC = dataset.select('treecover2000');
var datasetC = datasetC.select('treecover2000').toFloat();
var datasetP = dataset.select('lossyear').toFloat();
var descargarImagen = function() {
// Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
Export.image.toDrive({
image: datasetC,
description: 'capa_de_cubierta_de_arboles',
folder: 'exportaciones',
scale: 30, // Resolución espacial en metros

```

```

region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
fileFormat: 'GeoTIFF'
  });
  Export.image.toDrive({
image: datasetP,
description: 'capa_de_perdida_de_arboles',
folder: 'exportaciones',
scale: 30, // Resolución espacial en metros
region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
fileFormat: 'GeoTIFF'
  })

}

// Botón de descarga
var botonDescargar = ui.Button({
label: 'Descargar Capas de forestal',
onClick: descargarImagen });

//leyenda de cambio forestal
var treeCoverLegend = ui.Panel({
style: {
position: 'bottom-left',
padding: '8px 15px'
  });
var treeLossLegend = ui.Panel({
style: {
position: 'bottom-left',
padding: '8px 15px' });

// Añadir la leyenda al mapa
if (!funcionYaEjecutadaforestal) {
// Realizar las operaciones que deseas ejecutar una sola vez
panel.add(treeLossLegend);
panel.add(treeCoverLegend);
// Actualizar la variable de control para indicar que la función ya se ejecutó
funcionYaEjecutadaforestal = true;
}

// Agregar entradas a la leyenda de la cubierta de árboles
treeCoverLegend.add(ui.Label('Cubierta de Árboles', { fontWeight: 'bold', fontSize: '15px', margin: '0 0 4px 0',
padding: '0px' }));
treeCoverLegend.add(ui.Label('Negro= Area sin árboles', { margin: '0 0 4px 0', padding: '0px' }));
treeCoverLegend.add(ui.Label('Verde = Área completamente cubierta de árboles', { margin: '0 0 4px 0',
padding: '0px' }));
treeCoverLegend.add(ui.Label({
style: {
backgroundColor: 'black',
padding: '6px',
margin: '0 0 4px 0'
  },
value: 'Negro'})
  );
treeCoverLegend.add(ui.Label({
style: {

```

```

        backgroundColor: 'green',
        padding: '6px',
        margin: '0 0 4px 0'
    },
    value: 'Verde'
  }));
// Agregar entradas a la leyenda de pérdida de cobertura vegetal
treeLossLegend.add(ui.Label('Pérdida de Cobertura Vegetal', { fontWeight: 'bold', fontSize: '15px', margin: '0 0 4px 0', padding: '0px' }));
treeLossLegend.add(ui.Label('Amarillo = Perdida desde el año 2000 ', { margin: '0 0 4px 0', padding: '0px' }));
treeLossLegend.add(ui.Label('Rojo= 100% - Máxima pérdida', { margin: '0 0 4px 0', padding: '0px' }));
treeLossLegend.add(ui.Label({
  style: {
    backgroundColor: 'yellow',
    padding: '6px',
    margin: '0 0 4px 0'
  },
  value: 'Amarillo'
}));

treeLossLegend.add(ui.Label({
  style: {
    backgroundColor: 'red',
    padding: '6px',
    margin: '0 0 4px 0'
  },
  value: 'Rojo'
}));
panel.add(botonDescargar);
break;
case "Modelos Digitales de Elevación":
  var dataset2 = ee.Image('NASA/NASADEM_HGT/001');
  var dataset2 = dataset2.clip(table2);
  var elevation = dataset2.select('elevation');
  var elevation = elevation.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]));
  Map.addLayer(elevation, {min: 0, max: 2000}, "Capa de modelo de Elevación");
  // Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
  var elevationFloat = elevation.select('elevation').toFloat();
  print ("2",elevationFloat)
  var descargarImagen = function() {
  // Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
  Export.image.toDrive({
    image: elevationFloat,
    description: 'Capa_de_modelo_de_Elevacion',
    folder: 'exportaciones',
    scale: 30, // Resolución espacial en metros
    region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
    fileFormat: 'GeoTIFF' }); };
  // Crear un botón de descarga
  var botonDescargar = ui.Button({
    label: 'Descargar capa de modelo de Elevación',
    onClick: descargarImagen });
  // Agregar el botón al panel de control
  panel.add(botonDescargar);

```

```

break;
case "Cuenca Hidrografica":
  var World = ee.FeatureCollection("FAO/GAUL_SIMPLIFIED_500m/2015/level0");
  var
DEM=ee.Image("WWF/HydroSHEDS/15CONDEM").select('b1').clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO',
[pro.toString()]));
  var
DIR=ee.Image("WWF/HydroSHEDS/15DIR").select('b1').clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO',
[pro.toString()]));
  var
ACC=ee.Image("WWF/HydroSHEDS/15ACC").select('b1').clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO',
[pro.toString()]));
  var Cuencas = ee.FeatureCollection('WWF/HydroSHEDS/v1/Basins/hybas_12');
  var visualization = { color: '258', strokeWidth: 2 };
  Cuencas = Cuencas.draw(visualization).clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO',
[pro.toString()]));
  var Rios = ee.FeatureCollection('WWF/HydroSHEDS/v1/FreeFlowingRivers');
  var visualization = { color: '255', strokeWidth: 1 };
  Rios = Rios.draw(visualization).clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]));
  Map.addLayer(DEM,{ min:50, max:5000,
palette: ['#0034F5', '#1E7D83', '#4DA910', '#B3C120', '#FCC228', '#FF8410', '#FD3000']}, 'DEM');
  Map.addLayer(DIR,{ min:0, max:50,
palette: ['#0034F5', '#1E7D83', '#4DA910', '#B3C120', '#FCC228', '#FF8410', '#FD3000']}, 'FLOW_DIR');
  Map.addLayer(ACC,{ min:0, max:50,
palette: ['#0034F5', '#1E7D83', '#4DA910', '#B3C120', '#FCC228', '#FF8410', '#FD3000']}, 'ACC');
  Map.addLayer(Cuencas, null, 'Cuencas');
  Map.addLayer(Rios, null, 'Rios');
  Map.addLayer(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),{color:"#3376d8"},"area de
Cuenca",true);
  // Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
  var elevationFloat = DEM.select('b1').toFloat();
  var descargarImagen = function() {
  // Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
  Export.image.toDrive({
  image: elevationFloat,
  description: 'Cuencas_Hidrograficas_DEM',
  folder: 'exportaciones',
  scale: 30, // Resolución espacial en metros
  region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
  fileFormat: 'GeoTIFF' });
  var elevationFloat2 = ACC.select('b1').toFloat();
  // Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
  Export.image.toDrive({
  image: elevationFloat2,
  description: 'Cuencas_Hidrograficas_ACC',
  folder: 'exportaciones',
  scale: 30, // Resolución espacial en metros
  region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
  fileFormat: 'GeoTIFF' });
  var elevationFloat3 = DIR.select('b1').toFloat();
  // Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
  Export.image.toDrive({
  image: elevationFloat3,
  description: 'Cuencas_Hidrograficas_FLOWDIR',

```

```

folder: 'exportaciones',
scale: 30, // Resolución espacial en metros
region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
fileFormat: 'GeoTIFF' });
var elevationFloat4 = Cuencas.select('vis-red').toFloat();
// Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
Export.image.toDrive({
image: elevationFloat4,
description: 'Cuencas_Hidrograficas_Cuencas',
folder: 'exportaciones',
scale: 30, // Resolución espacial en metros
region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
fileFormat: 'GeoTIFF' });
var elevationFloat5 = Rios.select('vis-red').toFloat();
// Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
Export.image.toDrive({
image: elevationFloat5,
description: 'Cuencas_Hidrograficas_Rios',
folder: 'exportaciones',
scale: 30, // Resolución espacial en metros
region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
fileFormat: 'GeoTIFF' }); }
// Crear un botón de descarga
var botonDescargar = ui.Button({
label: 'Descargar Cuenca Hidrografica',
onClick: descargarImagen });
// Agregar el botón al panel de control
// Crear la leyenda
var leyenda = ui.Panel({
style: {
position: 'bottom-right',
width: '300px',
height: '180px',
padding: '10px',
backgroundColor: 'white' });
// Función para agregar una entrada a la leyenda
var agregarEntradaLeyenda = function(nombre, paleta) {
// Crear el texto de la leyenda
var texto = ui.Label({
value: nombre,
style: {
fontWeight: 'bold' } });
// Agregar el texto a la entrada de la leyenda
leyenda.add(texto);
// Crear y agregar la paleta de colores a la entrada de la leyenda
var paletaVisual = ui.Thumbnail({
image: ee.Image.pixelLonLat().select(0),
params: {
bbox: '0,0,1,1',
dimensions: '150x10',
format: 'png',
palette: paleta
},
style: { margin: '0 0 4px 0' } });

```

```

    leyenda.add(paletaVisual);};
    // Agregar las entradas de la leyenda
    agregarEntradaLeyenda('DEM', ['#0034F5', '#1E7D83', '#4DA910', '#B3C120', '#FCC228', '#FF8410',
'#FD3000']);
    agregarEntradaLeyenda('FLOW_DIR', ['#0034F5', '#1E7D83', '#4DA910', '#B3C120', '#FCC228', '#FF8410',
'#FD3000']);
    agregarEntradaLeyenda('ACC', ['#0034F5', '#1E7D83', '#4DA910', '#B3C120', '#FCC228', '#FF8410',
'#FD3000']);
    agregarEntradaLeyenda('Cuencas', ['258']);
    agregarEntradaLeyenda('Rios', ['255']);
    // Añadir la leyenda al mapa
    if (!funcionYaEjecutadaforestal) {
    // Realizar las operaciones que deseas ejecutar una sola vez
    panel.add(leyenda);
    // Actualizar la variable de control para indicar que la función ya se ejecutó
    funcionYaEjecutadaforestal = true;
    }
    panel.add(botonDescargar);

break;
case "Uso del Suelo 2015-2019":
    var dataset4 = ee.Image('COPERNICUS/Landcover/100m/Proba-V-C3/Global/2019')
    .select('discrete_classification');
    var dataset4 = dataset4.clip(table2);
    var dataset4 = dataset4.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])););
    print(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])))
    Map.addLayer(dataset4, {}, 'cubierta de arboles');
    print(dataset4)
    var elevationFloat = dataset4.select('discrete_classification').toFloat();
    print(elevationFloat)
    var descargarImagen = function() {
    // Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
    var exportTask= Export.image.toDrive({
    image: elevationFloat,
    description: 'cubierta_de_arboles',
    folder: 'exportaciones',
    scale: 30, // Resolución espacial en metros
    region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
    fileFormat: 'GeoTIFF' }); };
    // Crear un botón de descarga
    var botonDescargar = ui.Button({
    label: 'Descargar mapa de uso de suelo',
    onClick: descargarImagen });

    var landCoverLegend = [
    {value: 0, color: '#282828', label: 'No data'},
    {value: 10, color: '#f096ff', label: 'Cultivos'},
    {value: 20, color: '#ffff4c', label: 'Vegetación herbácea'},
    {value: 30, color: '#00cc00', label: 'Bosques'},
    {value: 40, color: '#fa0000', label: 'Áreas urbanas'},
    {value: 50, color: '#0032c8', label: 'Agua'},
    ];

    // Crear la leyenda
    var legend = ui.Panel({

```

```

style: {
position: 'bottom-right',
padding: '8px',
width: '250px', },});

// Crear los elementos de la leyenda
var legendTitle = ui.Label({
value: 'Leyenda - Uso del Suelo',
style: {
fontWeight: 'bold',
fontSize: '16px',
margin: '0 0 4px 0',
padding: '0', },});

// Iterar sobre los elementos de la leyenda y crear etiquetas y colores correspondientes
landCoverLegend.forEach(function(legendItem) {
var itemLabel = ui.Label({
value: legendItem.label,
style: { margin: '0 0 4px 8px' }, });

var itemColor = ui.Panel({
style: {
width: '24px',
height: '12px',
backgroundColor: legendItem.color,
margin: '0 0 4px 0', }, });

    legend.add(itemColor);
    legend.add(itemLabel); });
// Añadir la leyenda al panel
legend.add(legendTitle);
if (!funcionYaEjecutadaforestal) {
// Realizar las operaciones que deseas ejecutar una sola vez
panel.add(legend);
// Actualizar la variable de control para indicar que la función ya se ejecutó
funcionYaEjecutadaforestal = true; }
// Agregar el botón al panel de control
panel.add(botonDescargar);
break;
default:
break;
} })),

b2: ui.Select({items: Object.keys(landsats), placeholder: 'Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)
Landsats', onChange:function (l){
Map.layers().reset([dataset]);
nm=l
print (l);
print (pro);
print (nm)
switch(nm){
case "Landsat_4_(1982-1990)":
var dataset = ee.ImageCollection('LANDSAT/LT04/C02/T1_L2')
.filterDate('1982-12-01', '1990-01-01')

```

```

.filterMetadata('CLOUD_COVER', 'less_Than', 30);
// Función para calcular el NDVI usando Landsat-4
var calculateNDVI = function(image) {
  var ndvi = image.normalizedDifference(['SR_B4', 'SR_B3']).rename('ndvi');
  return image.addBands(ndvi);
};
var datasetWithNDVI = dataset.map(calculateNDVI);
var filteredDataset = datasetWithNDVI.map(function(image) {
  return image.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]));
});
print(table2);
var ndvi = filteredDataset.select('ndvi');
var palette = [
  'FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F1B555', 'FCD163', '99B718',
  '74A901', '66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201',
  '004C00', '023B01', '012E01', '011D01', '011301'];
Map.addLayer(ndvi, {min: 0, max: 1, palette:palette}, 'Landsat 4');

var imagenUnica = ndvi.mosaic();
var capa = ee.Image().addBands(imagenUnica);
var elevationFloat = capa.select('ndvi').toFloat();

var descargarImagen = function() {
// Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
Export.image.toDrive({
  image: elevationFloat,
  description: 'Landsat_4',
  folder: 'exportaciones',
  scale: 30, // Resolución espacial en metros
  region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
  fileFormat: 'GeoTIFF'
});
};

// Crear un botón de descarga
var botonDescargar = ui.Button({
  label: 'Descargar LANDSAT 4',
  onClick: descargarImagen });

// Agregar el botón al panel de control
panel.add(botonDescargar);

break ;
case "Landsat_5 (1990-2000)":
  var dataset = ee.ImageCollection("LANDSAT/LT05/C02/T1_L2")
  .filterDate('1990-01-01', '2000-01-01')
  .filterMetadata('CLOUD_COVER', 'less_Than', 30);
  // Función para calcular el NDVI usando Landsat-5
  var calculateNDVI = function(image) {
    var ndvi = image.normalizedDifference(['SR_B4', 'SR_B3']).rename('ndvi');
    return image.addBands(ndvi);
  };
  var datasetWithNDVI = dataset.map(calculateNDVI);
  var filteredDataset = datasetWithNDVI.map(function(image) {

```

```

    return image.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]));
  });
  print(table2);
  var ndvi = filteredDataset.select('ndvi');
  var palette = [
    'FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F1B555', 'FCD163', '99B718',
    '74A901', '66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201',
    '004C00', '023B01', '012E01', '011D01', '011301'];
  Map.addLayer(ndvi, {min: 0, max: 1, palette:palette}, 'Landsat 5');

  var imagenUnica = ndvi.mosaic();
  var capa = ee.Image().addBands(imagenUnica);
  var elevationFloat = capa.select('ndvi').toFloat();

  var descargarImagen = function() {
  // Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
  Export.image.toDrive({
  image: elevationFloat,
  description: 'Landsat_5',
  folder: 'exportaciones',
  scale: 30, // Resolución espacial en metros
  region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
  fileFormat: 'GeoTIFF'
  });
  };

  // Crear un botón de descarga
  var botonDescargar = ui.Button({
  label: 'Descargar LANDSAT 5',
  onClick: descargarImagen
  });

  // Agregar el botón al panel de control
  panel.add(botonDescargar);

break;
case "Landsat_7 (2000-2013)":
  var dataset = ee.ImageCollection("LANDSAT/LE07/C02/T1_L2")
  .filterDate('2000-01-01', '2013-01-01')
  .filterMetadata('CLOUD_COVER', 'less_Than', 30);
  // Función para calcular el NDVI usando Landsat-5
  var calculateNDVI = function(image7) {
  var ndvi = image7.normalizedDifference(['SR_B4', 'SR_B3']).rename('ndvi');
  return image7.addBands(ndvi);
  };
  var datasetWithNDVI = dataset.map(calculateNDVI);
  var filteredDataset = datasetWithNDVI.map(function(image7) {
  return image7.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]));
  });
  var ndvi = filteredDataset.select('ndvi');

  var palette = [
    'FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F1B555', 'FCD163', '99B718',
    '74A901', '66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201',

```

```

'004C00', '023B01', '012E01', '011D01', '011301'];

Map.addLayer(ndvi, {min: 0, max: 1, palette:palette}, 'Landsat 7');

//formato para descargar landsats
var imagenUnica = ndvi.mosaic();
var capa = ee.Image().addBands(imagenUnica);
var elevationFloat = capa.select('ndvi').toFloat();
print(elevationFloat);
var descargarImagen = function() {
// Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
Export.image.toDrive({
image: elevationFloat,
description: 'Landsat_7',
folder: 'exportaciones',
scale: 30, // Resolución espacial en metros
region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
fileFormat: 'GeoTIFF'      });
};

// Crear un botón de descarga
var botonDescargar = ui.Button({
label: 'Descargar LANDSAT 7',
onClick: descargarImagen      });

// Agregar el botón al panel de control
panel.add(botonDescargar);
// Definir la paleta de colores para el NDVI
var palette = [
'FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F1B555', 'FCD163', '99B718',
'74A901', '66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201',
'004C00', '023B01', '012E01', '011D01', '011301'  ];

// Crear una leyenda personalizada en forma de leyenda horizontal
var legend = ui.Panel({
style: {
position: 'bottom-left',
padding: '8px 15px',
width: '300px',
height: '50px',
backgroundColor: 'rgba(255, 255, 255, 0.8)',  });

// Crear etiquetas para la leyenda
var legendLabelMin = ui.Label({
value: '0 Insalubre ____ 1 Muy saludable',
style: {fontWeight: 'bold', margin: '0 6px'}});

var legendLabelMax = ui.Label({
value: 'leyenda NDVI',
style: {fontWeight: 'bold', margin: '0 6px' } });
// Crear una barra de colores para la leyenda
var legendColorBar = ui.Thumbnail({
image: ee.Image.pixelLonLat().select(0),

```

```

    params: {
      bbox: '0,0,1,1',
      dimensions: '200x10',
      format: 'png',
      min: 0,
      max: 1,
      palette: palette      },
      style: {margin: '0 6px' });

  // Agregar las etiquetas y la barra de colores a la leyenda
  legend.add(legendLabelMin).add(legendColorBar)
  legend.add(legendLabelMax);

  // Agregar la leyenda al panel de control
  panel.add(legend)

break;
case "Landsat_8 (2013-2018)":
  var dataset = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_L2")
    .filterDate('2013-01-01', '2018-01-01')
    .filterMetadata('CLOUD_COVER', 'less_Than', 30);
  // Función para calcular el NDVI usando Landsat-5
  var calculateNDVI = function(image) {
    var ndvi = image.normalizedDifference(['SR_B5', 'SR_B4']).rename('ndvi');
    return image.addBands(ndvi);
  };
  var datasetWithNDVI = dataset.map(calculateNDVI);
  var filteredDataset = datasetWithNDVI.map(function(image) {
    return image.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]));
  });
  print(table2);
  var ndvi = filteredDataset.select('ndvi');
  var palette = [
    'FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F1B555', 'FCD163', '99B718',
    '74A901', '66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201',
    '004C00', '023B01', '012E01', '011D01', '011301'];
  Map.addLayer(ndvi, {min: 0, max: 1, palette:palette}, 'Landsat 8');

  var imagenUnica = ndvi.mosaic();
  var capa = ee.Image().addBands(imagenUnica);
  var elevationFloat = capa.select('ndvi').toFloat();
  print(elevationFloat);
  var descargarImagen = function() {
  // Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
  Export.image.toDrive({
    image: elevationFloat,
    description: 'Landsat_8',
    folder: 'exportaciones',
    scale: 30, // Resolución espacial en metros
    region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
    fileFormat: 'GeoTIFF'
  });
  };
};

```

```

        // Crear un botón de descarga
        var botonDescargar = ui.Button({
            label: 'Descargar LANDSAT 8',
            onClick: descargarImagen
        });

// Agregar el botón al panel de control
panel.add(botonDescargar);

break;
case "Landsat_9 (2018-Fecha actual)":
    var dataset = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC09/C02/T1_L2")
        .filterDate('2018-01-01', Date.now())
        .filterMetadata('CLOUD_COVER', 'less_Than', 30);
    // Función para calcular el NDVI usando Landsat-5
    var calculateNDVI = function(image) {
        var ndvi = image.normalizedDifference(['SR_B5', 'SR_B4']).rename('ndvi');
        return image.addBands(ndvi);
    };
    var datasetWithNDVI = dataset.map(calculateNDVI);
    var filteredDataset = datasetWithNDVI.map(function(image) {
        return image.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]));
    });
    print(table2);
    var ndvi = filteredDataset.select('ndvi');
    var palette = [
        'FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F1B555', 'FCD163', '99B718',
        '74A901', '66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201',
        '004C00', '023B01', '012E01', '011D01', '011301'];
    Map.addLayer(ndvi, {min: 0, max: 1, palette:palette}, 'Landsat 9');
    var imagenUnica = ndvi.mosaic();
    var capa = ee.Image().addBands(imagenUnica);
    var elevationFloat = capa.select('ndvi').toFloat();
    print(elevationFloat);
    var descargarImagen = function() {
// Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
Export.image.toDrive({
    image: elevationFloat,
    description: 'Landsat_9',
    folder: 'exportaciones',
    scale: 30, // Resolución espacial en metros
    region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
    fileFormat: 'GeoTIFF'
});
    };

        // Crear un botón de descarga
        var botonDescargar = ui.Button({
            label: 'Descargar LANDSAT 9',
            onClick: descargarImagen });
// Agregar el botón al panel de control
panel.add(botonDescargar);

break;

```

```
}  
  })),
```

```
b3: ui.Select({ items:Object.keys(modos), placeholder: "Seleccione una opción",onChange :function(c){  
  // var dataset = ee.Image('UMD/hansen/global_forest_change_2022_v1_10');  
  nm = c  
  
  })),
```

```
b4: ui.Select({ items:Object.keys(NDWI), placeholder: "Índice Diferencial de Agua Normalizado  
(NDWI)",onChange :function(d){  
  nm=d
```

```
  print (d);  
  switch(nm){  
case "Landsat 7 Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)(2000-2018)":  
  var dataset = ee.ImageCollection('LANDSAT/LE07/C02/T1_L2')  
  .filterDate('2000-01-01', '2018-01-01')  
  .filterMetadata('CLOUD_COVER', 'less_Than', 30);  
  // Función para calcular el NDVI usando Landsat-4  
  var calculateNDVI = function(image) {  
  var ndvi = image.normalizedDifference(['SR_B2', 'SR_B5']).rename('ndvi');  
  return image.addBands(ndvi);  
  };  
  var datasetWithNDVI = dataset.map(calculateNDVI);  
  var filteredDataset = datasetWithNDVI.map(function(image) {  
  return image.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]));  
  });  
  print(table2);  
  var ndvi = filteredDataset.select('ndvi');  
  var palette = [  
    'FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F1B555', 'FCD163', '99B718',  
    '74A901', '66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201',  
    '004C00', '023B01', '012E01', '011D01', '011301', '00FF00'];  
  Map.addLayer(ndvi, {min: 0, max: 1, palette:palette}, 'Landsat 7 (NDWI 2000-2018)');  
  
  var imagenUnica = ndvi.mosaic();  
  var capa = ee.Image().addBands(imagenUnica);  
  var elevationFloat = capa.select('ndvi').toFloat();  
  print(elevationFloat);  
  var descargarImagen = function() {  
  // Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive  
  Export.image.toDrive({  
  image: elevationFloat,  
  description: 'Landsat_7_NDWI',  
  folder: 'exportaciones',  
  scale: 30, // Resolución espacial en metros  
  region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),  
  fileFormat: 'GeoTIFF'  
  });  
  };
```

```

// Crear un botón de descarga
var botonDescargar = ui.Button({
  label: 'Descargar NDWI LANDSAT',
  onClick: descargarImagen
});

// Agregar el botón al panel de control
panel.add(botonDescargar);

// Crear la leyenda
var leyenda = ui.Panel({
  style: {
    position: 'bottom-right',
    width: '500px',
    height: '180px',
    padding: '10px',
    backgroundColor: 'white'
  }
});

// Función para agregar una entrada a la leyenda
var agregarEntradaLeyenda = function(nombre, paleta) {
  // Crear el texto de la leyenda
  var texto = ui.Label({
    value: nombre,
    style: {
      fontWeight: 'bold'
    }
  });

  // Agregar el texto a la entrada de la leyenda
  leyenda.add(texto);

  // Crear y agregar la paleta de colores a la entrada de la leyenda
  var paletaVisual = ui.Thumbnail({
    image: ee.Image.pixelLonLat().select(0),
    params: {
      bbox: '0,0,1,1',
      dimensions: '150x50',
      format: 'png',
      palette: paleta
    },
    style: { margin: '0 0 4px 0' }
  });

  leyenda.add(paletaVisual);
};

// Agregar las entradas de la leyenda
agregarEntradaLeyenda('NDWI 2000-2018', ['#ffffff', '#ce7e45', '#f1b555', '#fcd163', '#66a000', '#3e8601', '#004c00', '#012e01', '#00ff00']);

// Agregar la leyenda al mapa
panel.add(leyenda);

```

```

break ;

case "Sentinel 2 Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)(2018-2023)":
  var dataset = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED")
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 30))
  .filter(ee.Filter.date('2018-01-01', ee.Date(Date.now())));
  // Función para calcular el NDVI usando Landsat-5
  var calculateNDVI = function(image) {
    var ndvi = image.normalizedDifference(['B3','B11']).rename('ndvi');
    return image.addBands(ndvi);
  };
  var datasetWithNDVI = dataset.map(calculateNDVI);
  var filteredDataset = datasetWithNDVI.map(function(image) {
    return image.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]));
  });
  print(table2);
  var ndvi = filteredDataset.select('ndvi');
  var palette = [
    '000000', '0000FF', '0070FF', '00AAFF', '00FFFF', '55FFAA', 'AAFF55', 'FFFF00'];
  Map.addLayer(ndvi, {min: 0, max: 1, palette:palette}, 'Sentinel 2 (NDWI 2018-2023)');

  var imagenUnica = ndvi.mosaic();
  var capa = ee.Image().addBands(imagenUnica);
  var elevationFloat = capa.select('ndvi').toFloat();
  print(elevationFloat);
  var descargarImagen = function() {
  // Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
  Export.image.toDrive({
  image: elevationFloat,
  description: 'Sentinel_2_NDWI',
  folder: 'exportaciones',
  scale: 30, // Resolución espacial en metros
  region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
  fileFormat: 'GeoTIFF'
  });
  };

  // Crear un botón de descarga
  var botonDescargar = ui.Button({
  label: 'Descargar NDWI_SENTINEL',
  onClick: descargarImagen  });

  // Agregar el botón al panel de control
  panel.add(botonDescargar);

  // Crear la leyenda
  var leyenda = ui.Panel({
  style: {
  position: 'bottom-right',
  width: '500px',
  height: '180px',
  padding: '10px',
  backgroundColor: 'white'  });

```

```

// Función para agregar una entrada a la leyenda
var agregarEntradaLeyenda = function(nombre, paleta) {
  // Crear el texto de la leyenda
  var texto = ui.Label({
    value: nombre,
    style: {
      fontWeight: 'bold'   } });

  // Agregar el texto a la entrada de la leyenda
  leyenda.add(texto);

  // Crear y agregar la paleta de colores a la entrada de la leyenda
  var paletaVisual = ui.Thumbnail({
    image: ee.Image.pixelLonLat().select(0),
    params: {
      bbox: '0,0,1,1',
      dimensions: '150x50',
      format: 'png',
      palette: paleta  },
    style: { margin: '0 0 4px 0' } });

  leyenda.add(paletaVisual);};

  // Agregar las entradas de la leyenda
  agregarEntradaLeyenda('NDWI (2018-2023)', ['#000000', '#0000ff', '#0070ff', '#00aaff', '#00ffff', '#55ffaa',
'#FD3000', '#aaff55', '#ffff00']);
  // Agregar la leyenda al mapa
  panel.add(leyenda);

break;
  } })),
  b5: ui.Select({items:Object.keys(NDSI), placeholder: "Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI 2013-
2023)", onChange :function(e){
  nm=e
  print (e);
  switch(nm){
case "Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI)":
  var dataset = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C02/T1_L2')
  .filterDate('2013-05-01', ee.Date(Date.now()))
  .filterMetadata('CLOUD_COVER', 'less_Than', 30);
  // Función para calcular el NDSI usando Landsat-8
  var calculateNDVI = function(image) {
  var ndvi = image.normalizedDifference(['SR_B3', 'SR_B6']).rename('ndvi');
  return image.addBands(ndvi);
  };
  var datasetWithNDVI = dataset.map(calculateNDVI);
  var filteredDataset = datasetWithNDVI.map(function(image) {
  return image.clip(table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()]));
  });
  print(table2);
  var ndvi = filteredDataset.select('ndvi');
  var palette = [
    '000000', '0050FF', '00FFFF', 'FFFF00', 'FF0000'];

```

```

Map.addLayer(ndvi, {min: -1, max: 1, palette:palette}, 'Landsat 8 (NDSI 2013-2023)');

var imagenUnica = ndvi.mosaic();
var capa = ee.Image().addBands(imagenUnica);
var elevationFloat = capa.select('ndvi').toFloat();
print(elevationFloat);
var descargarImagen = function() {
// Exportar la imagen recortada como un archivo TIFF en Google Drive
Export.image.toDrive({
  image: elevationFloat,
  description: 'Landsat_8_NDSI',
  folder: 'exportaciones',
  scale: 30, // Resolución espacial en metros
  region: table2.filter(ee.Filter.inList('DPA_DESPRO', [pro.toString()])),
  fileFormat: 'GeoTIFF'
});
};

// Crear un botón de descarga
var botonDescargar = ui.Button({
label: 'Descargar NDSI',
onClick: descargarImagen
});

// Agregar el botón al panel de control
panel.add(botonDescargar);

// Crear la leyenda
var leyenda = ui.Panel({
  style: {
    position: 'bottom-right',
    width: '500px',
    height: '180px',
    padding: '10px',
    backgroundColor: 'white' });
});

// Función para agregar una entrada a la leyenda
var agregarEntradaLeyenda = function(nombre, paleta) {
// Crear el texto de la leyenda
var texto = ui.Label({
  value: nombre,
  style: {
    fontWeight: 'bold'
  }
});
};

// Agregar el texto a la entrada de la leyenda
leyenda.add(texto);

// Crear y agregar la paleta de colores a la entrada de la leyenda
var paletaVisual = ui.Thumbnail({
  image: ee.Image.pixelLonLat().select(0),
  params: {
    bbox: '0,0,1,1',

```

```

        dimensions: '150x50',
        format: 'png',
        palette: paleta
    },
    style: { margin: '0 0 4px 0' }
});

leyenda.add(paletaVisual);
};

// Agregar las entradas de la leyenda
agregarEntradaLeyenda('Poca cantidad de nieve _ Alta cantidad de nieve NDWI (2018-2023)', ['#000000', '#0050ff',
'#00ffff', '#ffff00', '#ff0000']);

// Agregar la leyenda al mapa
panel.add(leyenda);

break ;
    }
    }},
    },}
// //App title

var header = ui.Label('Implementación de un observatorio ambiental Web Gis para el Ecuador mediante la
ampliación de sensores remotos',
    {fontSize: '25px', fontWeight: 'bold', color: '4A997E'});

// //App summary
var text = ui.Label(
    'Esta aplicación Web tiene como objetivo permitir el rápido monitoreo de diferentes parámetros ambientales con
los sensores remotos que nos proporciona Google Earth Engine' +
    'y así poder tener una aplicación que rápidamente proporcione datos confiables que se ha recopilado desde 1982
hasta la actualidad lo cual nos permite monitorear de una manera precisa cambios significativos a nuestro ambiente
en la zona ecuatoriana ',
    {fontSize: '15px'});

var panelv = ui.Panel({ widgets:[
dicobjetos.select.b1,
dicobjetos.select.b3,
dicobjetos.select.b2,
dicobjetos.select.b4,
dicobjetos.select.b5,
//dicobjetos.select.b6
], layout: ui.Panel.Layout.Flow('vertical'), style: { backgroundColor: '00000000'}})

var panel = ui.Panel({ widgets:[header,text,
panelv
], layout: ui.Panel.Layout.Flow('vertical'), style: { width: '300px',position:'top-left'}})

var intro = ui.Panel([
ui.Label({
value: '_____';
style: {fontWeight: 'bold', color: '4A997E'},
}),

```

```
ui.Label({
  value:'leyendas',
  style: {fontSize: '15px', fontWeight: 'bold'}
}));
// //Add this new panel to the larger panel we created
panel.add(intro)
ui.root.insert(1,panel)
```