

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Estimación de pérdida de biomasa y emisiones de CO₂ liberadas por el incendio forestal de Tenerife 2023

Análisis de datos GEDI e imágenes satelitales basado en la nube.



CONAMA 2024

TÍTULO

Autor Principal: Catalina Escudero Muñoz (Esri España)

Otros autores: Elena Mazón (Esri España), Federico López (Esri España).

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. DATOS Y MÉTODOS.....	3
2.1 Área de estudio	3
2.2 Datos.....	4
2.3 Preparación de los datos y cálculo de índices	5
2.4 Entrenamiento del modelo de regresión	6
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
4. CONCLUSIONES	10
5. BIBLIOGRAFÍA.....	11

RESUMEN

La biomasa es una variable ecológica clave a la hora de comprender el ciclo del carbono y evaluar los ecosistemas. La cobertura de vegetación tiene un rol clave en la captura de carbono, siendo un aspecto fundamental en la mitigación de los impactos del cambio climático. Pero los bosques no solo son almacenes de carbono, sino que también pueden transformarse en fuentes considerables de carbono por en condiciones como la deforestación, cambios de uso de suelo e incendios forestales. El presente estudio, aborda los impactos del incendio forestal ocurrido en la Isla de Tenerife el verano del 2023, realizando un análisis predictivo para estimar la biomasa antes y después de éste y una aproximación de las emisiones de CO₂ a partir de la pérdida de vegetación.

En la actualidad, es posible acceder a diversas bases de datos globales de forma sencilla gracias al estándar STAC (Spatio Temporal Asset Catalog) que es cada vez más utilizado. STAC es un estándar abierto que simplifica la búsqueda y uso de imágenes. En el presente caso de estudio se aborda el uso de STAC para acceder a diversas colecciones de datos de teledetección, como imágenes satelitales Landsat-8 y 9, datos GEDI (Global Ecosystem Dynamics Investigation) que otorga mediciones verticales que pueden ayudar a comprender la distribución y evolución de la biomasa.

La combinación de estas fuentes de datos globales de gran relevancia junto con herramientas de análisis avanzado de imágenes permite completar el objetivo central del presente estudio, que es mapear la biomasa y emplear un modelo de predicción de una capa continua y de esta forma comprender de una forma más detallada la cobertura de biomasa y tener una mejor aproximación de las emisiones de CO₂ generadas a partir de la pérdida de Biomasa a raíz del incendio forestal de Tenerife, ocurrido el verano de 2024.

Además del componente analítico, se mostrarán las capacidades que ofrece la tecnología de Esri para crear aplicaciones divulgativas como cuadros de mando y visores de mapas que permitan compartir los resultados de los análisis realizados y contribuyan a facilitar la toma de decisiones para mitigar los impactos del cambio climático.

Palabras clave: Incendio Forestal, ArcGIS, STAC, Imágenes Satelitales, GEDI, Deep Learning, Machine Learning, [ArcGIS for Microsoft Planetary Computer](#).

2.2 Datos

El presente estudio se centra en la Isla de Tenerife, Canarias, particularmente en la zona impactada por el incendio forestal del pasado agosto y septiembre 2023 que provocó una afectación de más de 11.000 hectáreas (EMS, 2023) fueron afectadas impactando a un total de 13 municipios de la isla.

(Global Ecosystem Dynamics Investigation). Considerando lo anterior, el primer dato a utilizar corresponde a la cobertura GEDI Nivel 4 A, que proporciona datos de punto de trayectoria de esta misión y que contienen los datos de biomasa aérea.

Los datos GEDI representan una excelente referencia sobre la biomasa y su distribución, sin embargo, el dato entrega una distribución parcial del territorio, por lo que no permite obtener una capa continua con el dato de Biomasa (ver Figura 2).



Figura 2 Distribución Datos GEDI en Tenerife.

Bajo este contexto, Potapov et al (2021) propone una metodología que permite extrapolar la información de estos datos mediante el uso de fuentes complementarias, tales como, las imágenes satelitales Landsat o Sentinel en combinación con datos de elevación.

Siguiendo este enfoque es que, se utilizaron imágenes satelitales Landsat-8 y Landsat-9 para dos períodos de tiempo (antes y después del incendio forestal de Tenerife). Estas imágenes incluyen las bandas de reflectancia de superficie necesarias y permiten calcular una serie de índices necesarios para desarrollar el presente análisis (NDVI, NBR, MSI, RVI, entre otros).

Otro dato importante para realizar el presente estudio es el Modelo Digital de Elevación.

En resumen, las características espectrales del sensor óptico responden a la vegetación, directamente relacionada con la biomasa, mientras que el DEM refleja la variabilidad topológica y la complejidad del terreno, que influye en el crecimiento del bosque. En consecuencia, estos conjuntos de datos y sus variables derivadas ayudan a tener una mejor aproximación de la biomasa aérea.

Cuadro 1 . Tabla de datos primarios y fuentes

Dato	Fuente
GEDI L4A	NASA
Landsat-8	USGS
Sentinel-1	Copernicus-ESA
DEM 30m Copernicus	Copernicus-ESA
Huella del incendio	Emergency Management System - Copernicus

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Preparación de los datos y cálculo de índices

El procesado de los datos se realizó utilizando el software ArcGIS Pro y ArcGIS for Microsoft Planetary Computer que permite acceder a las fuentes de información disponibles como catálogos espacio-temporales o STAC (Spatio Temporal Asset Catalog) facilitando así el trabajo con conjuntos de datos globales abiertos de imágenes (colecciones Landsat, DEM, GEDI). Optimizando el acceso a las herramientas de analítica avanzada y a las colecciones de datos disponibles, es posible realizar un procesamiento basado en la nube.

En primer lugar, los datos GEDI, se seleccionó el área de interés correspondiente a la Isla de Tenerife y posteriormente se procesaron los datos y se creó el dataset de trayectoria a partir de la selección de área de estudio.

La extracción datos de Biomasa aérea se realiza consultando el campo 'AGBH'. Esta clase de entidad de puntos se utilizó como objetivo en el entrenamiento del modelo de regresión.

En segundo lugar, se procesaron las imágenes satelitales Landsat 8-9 Level 2 correspondientes al período previo y posterior al incendio forestal. Las imágenes Landsat 8-9 Level 2 contienen las correcciones Top of Atmosfere Reflectance, Surface Reflection y Surface Temperature. A partir de estos datos se creó una colección de imágenes, Mosaic Dataset, que permite manipular cada período de análisis manteniendo la integridad de los datos y procesarlos adecuadamente.

Una vez preparadas las imágenes saelitales, se procede al cálculo de índices multiespectrales NDVI, NBR, MSI, RVI y DIV.

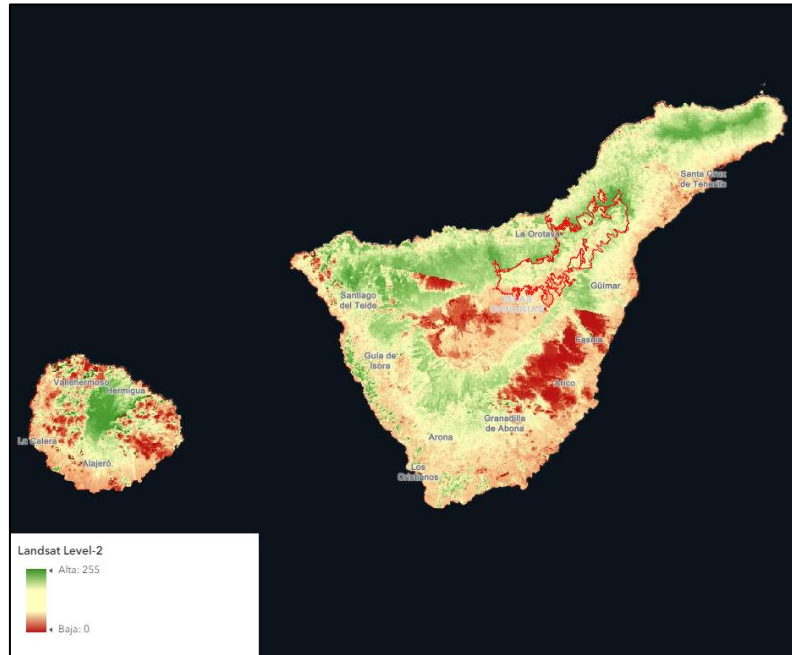


Figura 3. Índice NDVI.

Como última variable, el modelo digital de elevación (DEM) permitirá calcular la pendiente y orientación, que proporcionarán variables independientes para entrenar el modelo.

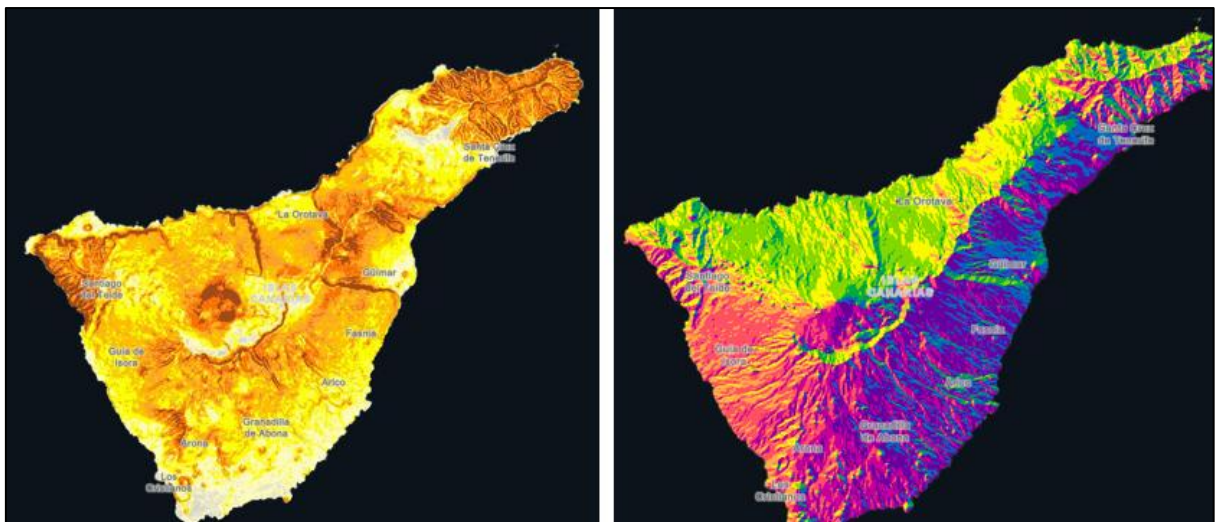


Figura 4. Cálculo de Pendiente y Orientación.

2.4 Entrenamiento del modelo de regresión

Una vez procesados los datos de entrada se procede al entrenamiento del modelo utilizando la herramienta [Train Random Trees Regression Model](#). Este modelo se obtiene a partir de los datos de puntos de biomasa provenientes del dataset GEDI L4A que se utilizaron como objetivo de

entrenamiento. Por otro lado, el mosaico de imágenes satelitales Landsat-8 junto con los índices multispectrales calculados a partir de éstas, el Modelo Digital de Elevación (DEM), datos de pendiente y orientación; se utilizaron como variables independientes.

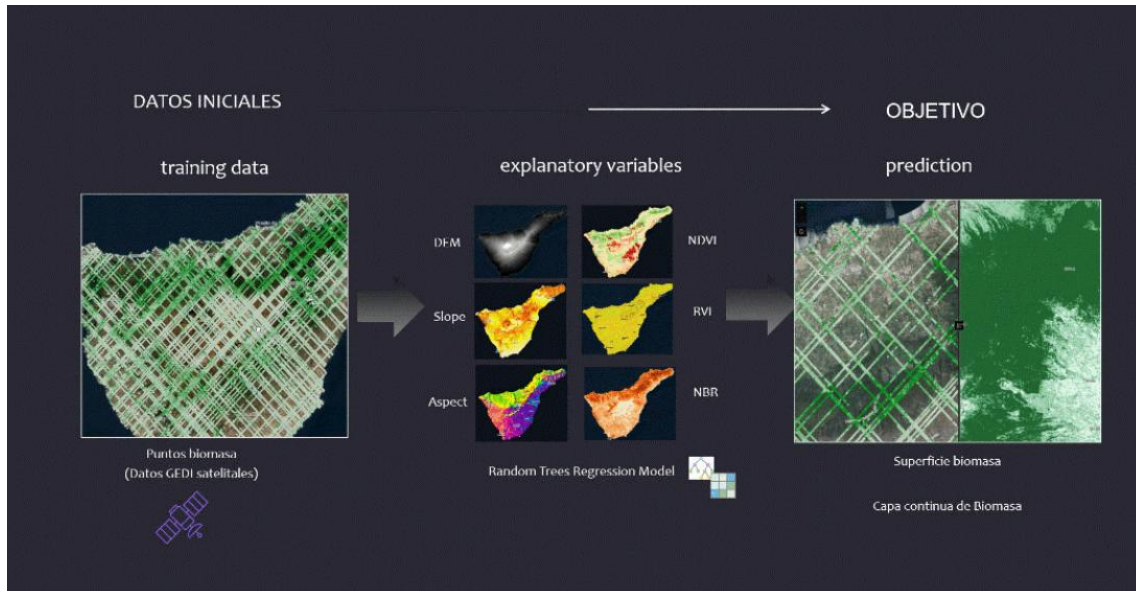


Figura 5 Flujo de entrenamiento de modelo: variables.

Una vez entrenado el modelo de regresión se procesan los datos con la herramienta [Predict using Regression Model](#). Este procesamiento genera un ráster de biomasa aérea continuo para toda el área de interés.

El paso final es comparar los cambios entre las dos imágenes y posteriormente en las zonas que han perdido biomasa hacer este cálculo.

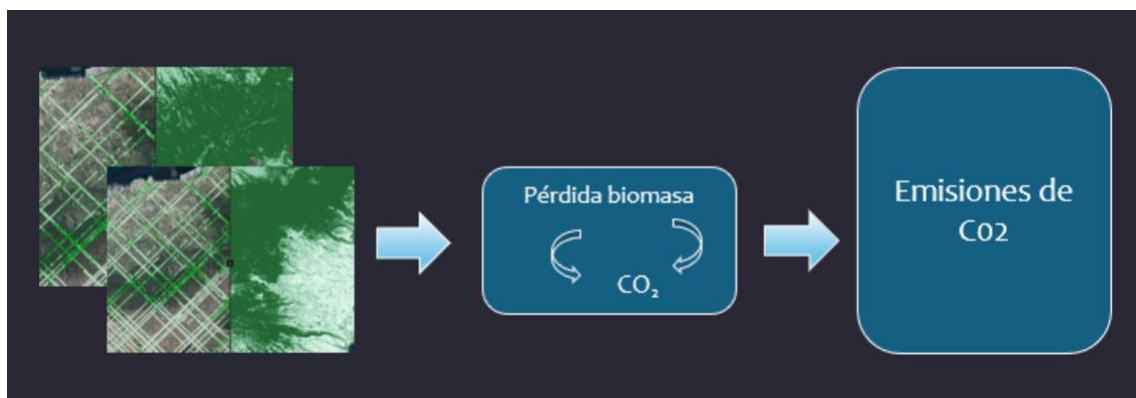


Figura 6. Estimación de emisiones de CO2.

Calculate CO₂ Emissions

$$\text{Biomass Loss (Mg/Ha)} = \text{Biomass}_{2023} - \text{Biomass}_{2022}$$

$$\text{Mass Loss (Mg)} = \text{Biomass Loss} * \text{Area}$$

$$\text{Carbon (Mg)} = \text{Mass Loss} * 0.5$$

$$\text{CO}_2 \text{ (Tonnes)} = \text{Carbon} * 3.67$$

Figura 7. Fórmula de conversión.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 8 ilustra los resultados obtenidos luego de emplear los análisis y procesamientos mencionados en el apartado anterior. En este caso, es posible ver cómo la combinación de múltiples fuentes permite extrapolar los datos de la cobertura GEDI y completar aquellas áreas que no poseen información. Aplicando el modelo de regresión Random Trees es posible obtener una aproximación de la biomasa antes y después del incendio forestal de Tenerife y de esta forma poder estimar los impactos de este en términos de emisiones de CO₂.

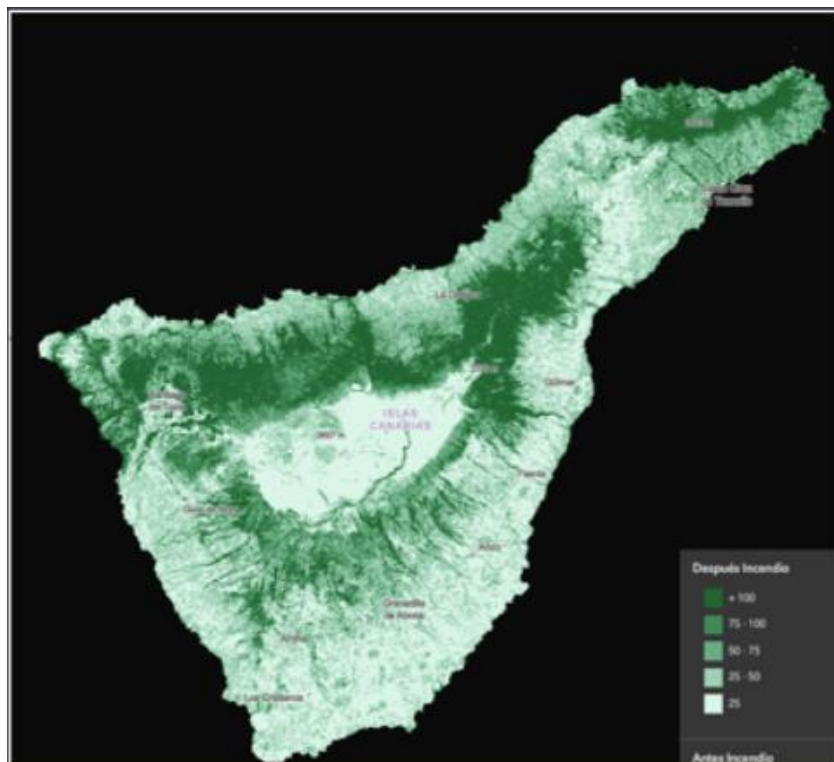


Figura 8 Resultado Análisis Predictivo. Ráster continuo de Biomasa.

A partir de los datos obtenidos es posible obtener una aproximación consistente de la distribución de la biomasa aérea antes y después del incendio forestal. La Figura 9 ilustra los resultados obtenidos.

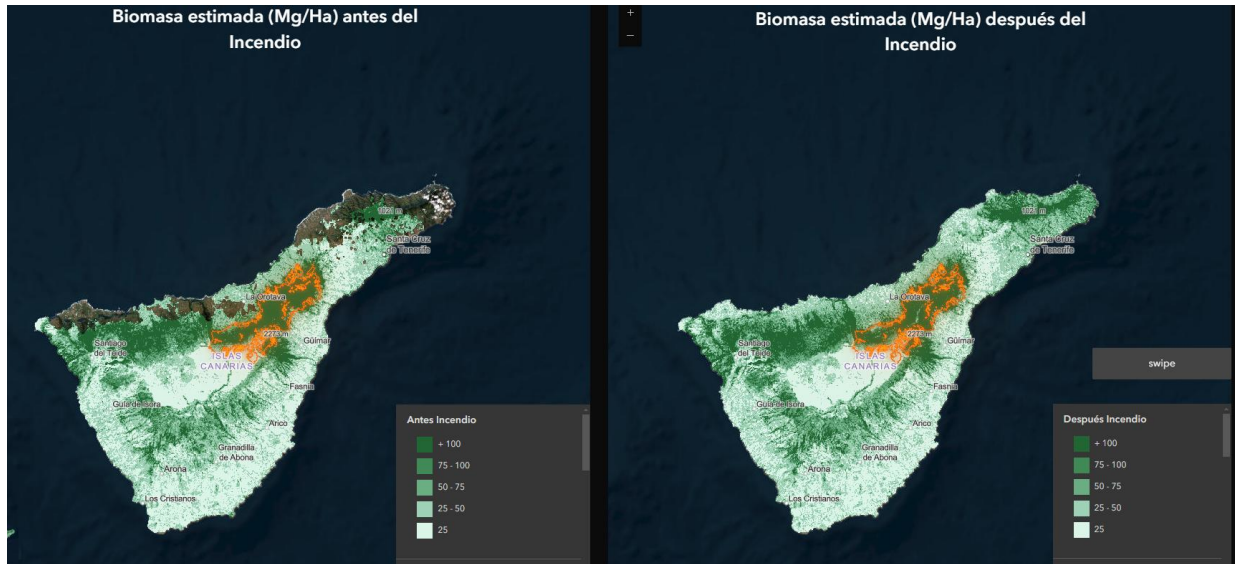


Figura 9. Resultado predicciones de biomasa (Mg/Ha)

Luego de aplicar una función ráster de detección de cambios y de crear una máscara para extraer los datos en la huella del perímetro del incendio forestal definida por el programa Copernicus “Emergency Management Service – Mapping” (EMS, 2023), es posible extraer las zonas afectadas y una aproximación de aquellas zonas que han experimentado una pérdida de biomasa a partir del incendio. Las Figuras 10 y 11 ilustran esta situación.

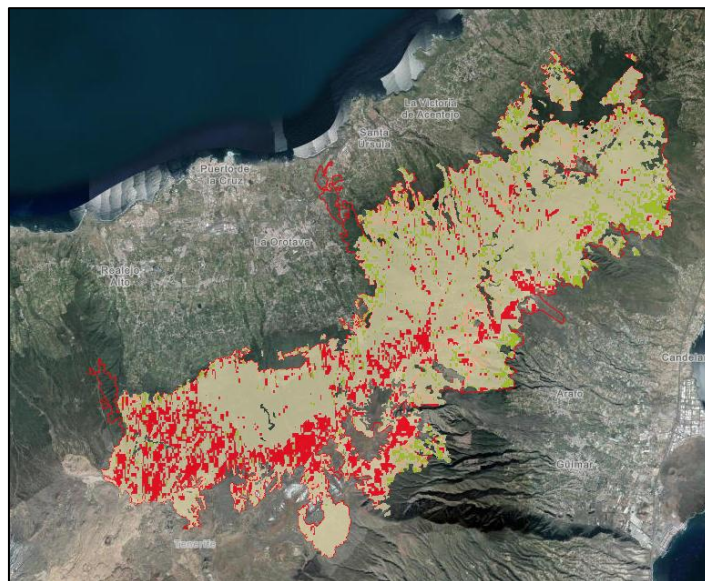


Figura 10. Pérdida de Biomasa

Como paso final, se ha cruzado el polígono de pérdida de biomasa con los municipios para obtener una selección de aquellos que fueron mayoritariamente afectados.

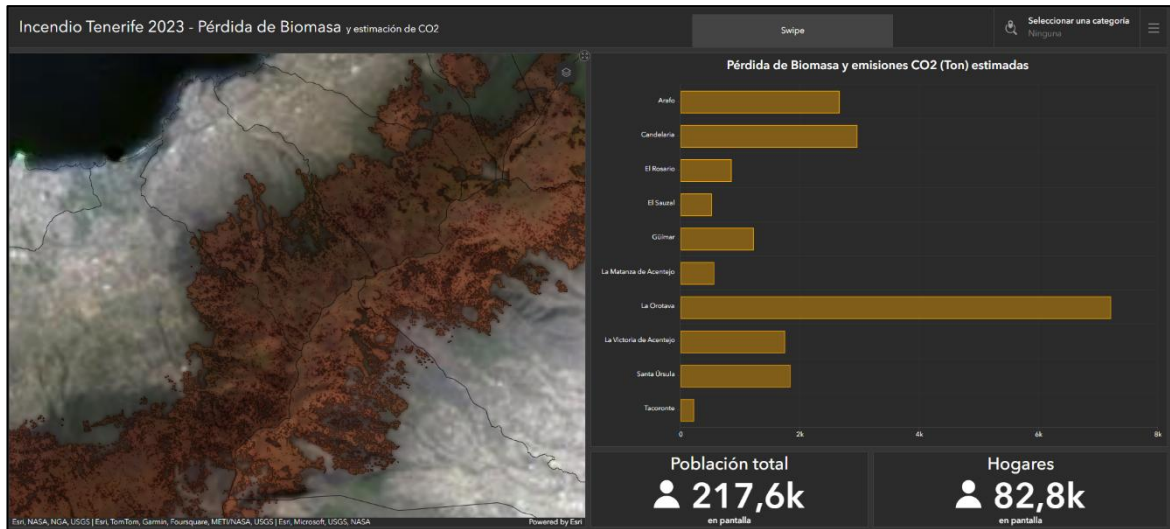


Figura 11. Pérdida de Biomasa y municipios afectados

StoryMap: <https://storymaps.arcgis.com/stories/3c1651c457bf4b639a857d21c8f80eef>

Aplicación con resultados y mapas finales:

<https://experience.arcgis.com/experience/3c41b56829464690a134252a75862ef2/page/Swipe/>

4. CONCLUSIONES

La conexión a los repositorios de datos globales utilizando el estándar STAC permite realizar una consulta rápida de diversos datos ráster como imágenes satelitales, modelos digitales de elevación, entre otros datos. Ello ha permitido procesar a través de ArcGIS for Microsoft Planetary Computer las series temporales de datos para los períodos seleccionados, junto con realizar análisis avanzados para extrapolar los datos GEDI y obtener una cobertura continua que permita obtener una aproximación de la biomasa aérea antes y después del incendio forestal de Tenerife del verano del 2023.

La comparación de ambas capas extrapoladas, producto del uso de modelos de regresión que permitieron obtener una capa continua, han entregado una buena aproximación de los cambios e impactos en la pérdida de biomasa y por ende, aumento de las emisiones de CO2 producto de este evento.

Esta información, complementada con datos oficiales de los programas de emergencia existentes que definen la extensión afectada por el incendio, permiten indicar que

aproximadamente un 15,86% del perímetro total afectado por el incendio ha experimentado pérdida de Biomasa.

Por último, es posible indicar que el análisis geoespacial derivados del cruce y estadísticas zonales, permiten entender la distribución de los municipios y zonas más afectadas, lo que a su vez, complementado con trabajos de mayor detalle podrían contribuir a una mejor definición de **planes de mitigación de los impactos**.

5. BIBLIOGRAFIA

Farragoso (2021) – “Aplicaciones de la Teledetección en la modelización hidrológica”

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) y Oficina Española de Cambio Climático (OECC) (2012) – Cambio Climático. Sumideros de Carbono.

Potapov, P., Li, X., Hernandez-Serna, A., Tyukavina, A., Hansen, M. C., Kommareddy, A., Pickens, A., Turubanova, S., Tang, H., Silva, C. E., Armston, J., Dubayah, R., Blair, J. B. & Hofton, M. (2021) - “Mapping global forest canopy height through integration of GEDI and Landsat data”

Rodríguez Fernández (2021) - “Importancia de la captura de carbono en forma de biomasa como estrategia de lucha contra el cambio climático” – Universidad de La Laguna.

Ruiz & Peinado (2013) – “Modelos para la estimación del carbono en la biomasa de los ecosistemas forestales” – Universidad de Valladolid.

Universidad Pública de Navarra (2022) – “Teledetección para una Agricultura Sostenible en la era del Big Data”

Emergency Management System (2023) - Post-wildfire damage assessment in Tenerife, Spain