Deep Learning y Modelos Fundacionales aplicados a la detección automática de deforestación global.

Análisis comparativo de arquitecturas U-Net y *embeddings* geoespaciales a escala global

CARMONA, Romina Paula; COLL ALIAGA, Peregrina Eloína; BOSCH CHECA, Clara

1. **N.º del tema de las jornadas**: Nº. 4 - Inteligencia artificial, Large Language Model, Deep Learning, etc.

Resumen

La pérdida de cubierta forestal es uno de los principales desafíos medioambientales del siglo XXI. El Reglamento de la Unión Europea sobre Deforestación (EUDR, 2023) exige verificar que ciertos productos importados no provengan de tierras deforestadas con posterioridad al 31 de diciembre de 2020, reforzando la necesidad de herramientas de monitoreo geoespacial automatizadas y escalables.

Este trabajo evalúa tres metodologías para la detección automática de deforestación a través de Google Earth Engine e inteligencia artificial. El enfoque principal entrena una red U-Net para segmentación binaria utilizando cinco bandas y el índice NDVI de pares multitemporales de Sentinel-2 (10 m). Como enfoques alternativos se analizan: (1) la aplicación de la U-Net sobre datos de Sentinel-2 superresueltos a 2,5 m mediante el algoritmo SEN2SR-Lite, y (2) un clasificador Random Forest alimentado por los *embeddings* geoespaciales del modelo fundacional AlphaEarth Foundations, permitiendo comparar el procesamiento espectral nativo frente a la transferencia de conocimiento a gran escala.

El estudio abarca cuatro áreas con dinámicas de deforestación contrastadas: Amazonia brasileña, Gran Chaco paraguayo, Sumatra (Indonesia) y cuenca del Congo (República Democrática del Congo). Los conjuntos de entrenamiento y evaluación proceden de regiones sin solapamiento espacial.

La U-Net sobre imágenes originales alcanzó en el conjunto de test independiente un coeficiente Dice de 0,67, IoU de 0,51, exactitud global del 91,8% y Recall del 80%. El rendimiento varió según el contexto: Paraguay y Brasil mostraron los mejores resultados por la regularidad geométrica de los patrones de deforestación, mientras que Indonesia y la República Democrática del Congo resultaron más difíciles por la nubosidad, la fragmentación del paisaje y la regeneración vegetal. Los experimentos con superresolución no mostraron una mejora consistente a nivel global; sin embargo, optimizaron de forma localizada la detección en contextos complejos, principalmente en la cuenca del Congo debido a la alta fragmentación del paisaje. Por su parte, el clasificador Random Forest con *embeddings* de AlphaEarth Foundations resultó competitivo en estos escenarios complejos con un menor coste computacional. Los resultados demuestran la viabilidad de la segmentación semántica profunda para el monitoreo de deforestación en el marco del EUDR, y subrayan la necesidad de adaptar

la metodología al contexto geográfico específico.

La Figura 1 ilustra la comparación multitemporal entre T1 y T2, el mapa de predicción de cambio y la superposición de la inferencia sobre la imagen reciente, permitiendo resaltar las áreas deforestadas en el periodo posterior a 2020.



Figura 1. Imágenes RGB multitemporales, predicción de cambio y localización de áreas deforestadas después de 2020.

Palabras clave:

deforestación, deep learning, U-Net, Sentinel-2, teledetección, EUDR, segmentación semántica, detección de cambio multitemporal

Autores

Romina Paula Carmona
rpcarmon@topo.upv.es
Universitat Politècnica de València (UPV)

Peregrina Eloína Coll Aliaga
ecoll@cgf.upv.es
Universitat Politècnica de València (UPV)

Clara Bosch Checa
clara.bosch@geograma.com
Geograma