

MAPPING POLYLEPIS FORESTS WITH GOOGLE EARTH ENGINE

Diego Pacheco, Paúl Bravo, Luis Ángel Ruiz

Eje temático: Geomática y Tecnologías de la información geográfica como herramientas de representación, análisis y modelación del territorio.

Resumen (400 – 800 palabras)

Polylepis es una especie nativa en los andes de Sudamérica y es considerada de alta prioridad de conservación dadas sus funciones de regulación de los flujos de agua, regeneración del suelo y retención de nutrientes [1–4]. Por lo general, sus bosques se localizan en áreas protegidas, en rangos altitudinales desde los 1.800 m.s.n.m. hasta los 5.200 m.s.n.m. [5]. Actualmente, son uno de los ecosistemas más amenazados [6], debido a actividades como deforestación [1,2], agricultura [7,8], ganadería y presión demográfica [6,9].

Dada la importancia de estos bosques, es necesario conocer su distribución espacial, teniendo presente que una de las problemáticas de ello es que se encuentran en formato de rodales de superficie limitada y de difícil accesibilidad [10]. En Ecuador, una gran concentración de estos bosques se encuentra en el Parque Nacional Cajas (PNC), ubicado en la zona centro-sur del país, con una extensión aproximada de 28.585 ha, a elevaciones entre los 3.160 y 4.450 m.s.n.m, siendo esta zona natural nuestra área de estudio.

La discriminación de especies de bosques y la evaluación de su distribución espacial se pueden realizar con métodos de clasificación supervisados sobre imágenes de satélite [11], brindando mejores resultados al combinarlos con variables multiespectrales y topográficas [11,12]. Entre las imágenes satelitales utilizadas para ello tenemos las de Sentinel-2 (S2), que brinda datos multiespectrales, y Sentinel-1 (S1) que provee información de tipo radar, y del cual estudios han demostrado su capacidad para derivar máscaras forestales [13–16].

De las imágenes de satélite S2 (bandas de 10, 20 y 60 m) se utilizaron las de las fechas 8, 13 y 18 de septiembre del 2022 (mosaico) y se construyeron nueve índices espectrales relacionados con bosques, entre ellos: *Enhanced Vegetation Index* (EVI), *Structure Insensitive Pigment Index* (SIPI), *Moisture Stress Index* (MSI), *Anthocyanin Reflectance Index* (ARI), *Canopy Chlorophyll Content Index* (CCCI), *Modified Simple Ratio* (MSR), *Green Leaf Index* (GLI), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Normalized Green Red Difference Index* (NGRDI). De S1 (10 m) se usó las polarizaciones VV y VH de las fechas 3, 6, 15, 18 y 27 de septiembre del 2022 (mosaico). Los datos de elevación se obtuvieron del proyecto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), con un cambio de tamaño de píxel de 30 a 10 m (*resampling*). De este se derivaron las capas de pendientes y aspectos. A estas imágenes accedimos a través de la plataforma *Google Earth Engine* (GEE), que permite interactuar con información satelital a través de internet [12,17] y en nuestro caso permitió la construcción de un mosaico con la combinación de los datos de S1, S2 y SRTM y un total de 31 variables.

Para la clasificación supervisada las muestras de entrenamiento y validación se obtuvieron del mapa de Cobertura vegetal y uso del suelo del Azuay [18] y los polígonos de bosques de *Polylepis*, ambos provistos por la Universidad del Azuay (Ecuador). A partir de esta información se generó una capa de puntos aleatorios (3201 en total), categorizados en bosques de *Polylepis* (clase 1) y las demás coberturas vegetales y usos del suelo (clase 0). De la base de datos 1654 fueron utilizados para el entrenamiento y 1547 para la validación.

Dentro de la plataforma GEE se utilizó el algoritmo *smileRandomForest* para evaluar la importancia de las variables y la clasificación de los píxeles en una máscara binaria (*Polylepis* y No *Polylepis*). La fiabilidad de clasificador se evaluó con las métricas *Accuracy* (Acc), *Kappa* (K), *consumersAccuracy* (CA) y *producersAccuracy* (PA), obtenidos de la matriz de confusión de los datos de validación. Tomando como referente *smileRandomForest* y el índice K resultado de la clasificación, se evaluaron las variables menos representativas y así determinar el mínimo de variables a usar para la clasificación. En este proceso nuestro mejor resultado se obtuvo con un mínimo de 7 variables, donde se alcanzó un Acc de 0.919, K de 0.810. Para CA y PA se evaluó únicamente la clase *Bosque de Polylepis (1)* con lo cual se obtuvo un valor de 0.869 en los dos indicadores. Las variables que permitieron obtener estos resultados fueron: **elevación y aspectos** de SRTM, y **B5** con los índices **NDVI, MSI, ARI, NDWI** de S2, siendo la elevación el factor más relevante.

A partir de la plataforma GEE el proceso de clasificación y selección de variables se pudo realizar de una forma mucho más rápida y eficiente, permitiendo en pocos segundos evaluar las métricas de valoración de los datos de evaluación, comprobar la fiabilidad de la clasificación y generar una capa de información de la ubicación de estos tipos de bosques. El combinar las variables multispectrales de S2 y las topográficas de SRTM permitió mejorar el rendimiento del clasificador (descartando las variables S1) y detectar de mejor forma los píxeles correspondientes a *Polylepis*.

Palabras clave: Google Earth Engine, Parque Nacional Cajas, *Polylepis*, *smileRandomForest*

Referencias bibliográficas

1. Tejedor Garavito, N.; Newton, A.C.; Oldfield, S. Regional Red List assessment of tree species in upper montane forests of the Tropical Andes. *Oryx* **2015**, *49*, 397–409.
2. Garavito, N.T.; Álvarez, E.; Caro, S.A.; Murakami, A.A.; Blundo, C.; Espinoza, T.E.B.; Torre, M.A. La Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales. *Ecosistemas* **2012**, *21*, 148–166.
3. Castillo, D.D.; Carrasco, J.C.; Quevedo, L.A.; Ricaurte, C.B.; Gavilanes, A. V; Borz, S.A. Diversity, Composition and Structure of Andean High Forest in Ecuador, South America. *Bull. Transilv. Univ. Braşov* **2017**, *10*, 16.
4. Cuyckens, G.A.E.; Renison, D. Ecology and conservation of *polylepis* montane forests. An introduction to the special issue. *Ecol. Austral* **2018**, *28*, 157–162.
5. Romoleroux, K., Cárate-Tandalla, D., Erler, R., Navarrete, H. Plantas vasculares de los

bosques de *Polylepis* en los páramos de Oyacachi. *Flora web* **2019**.

6. Armenteras, D.; Rodríguez, N.; Retana, J.; Morales, M. Understanding deforestation in montane and lowland forests of the Colombian Andes. *Reg. Environ. Chang.* **2011**, *11*, 693–705.
7. Kleemann, J.; Zamora, C.; Villacis-Chiluisa, A.B.; Cuenca, P.; Koo, H.; Noh, J.K.; Fürst, C.; Thiel, M. Deforestation in Continental Ecuador with a Focus on Protected Areas. *Land* **2022**, *11*, 268.
8. Balthazar, V.; Vanacker, V.; Molina, A.; Lambin, E.F. Impacts of forest cover change on ecosystem services in high Andean mountains. *Ecol. Indic.* **2015**, *48*, 63–75.
9. Navarro, G.; Molina, J.A.; De La Barra, N. Classification of the high-Andean *Polylepis* forests in Bolivia. *Plant Ecol.* **2005**.
10. Contreras, O. Identificación de la especie *Polylepis Reticulata* mediante teledetección en las zonas alto andinas del Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2019.
11. Boly, C.; Michez, A.; Gaucher, P.; Lejeune, P.; Bonnet, S. Forest mapping and species composition using supervised per pixel classification of Sentinel-2 imagery. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2018* **2018**, *22*, 172–187.
12. Pizarro, S.E.; Pricope, N.G.; Vargas-Machuca, D.; Huanca, O.; Ñaupari, J. Mapping Land Cover Types for Highland Andean Ecosystems in Peru Using Google Earth Engine. *Remote Sens.* **2022**, *14*, 1562.
13. Dostálová, A.; Hollaus, M.; Milenković, M.; Wagner, W. Forest Area Derivation From Sentinel-1 Data. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* **2016**, *III–7*, 227–233.
14. Vali, A.; Comai, S.; Matteucci, M. Deep learning for land use and land cover classification based on hyperspectral and multispectral earth observation data: A review. *Remote Sens.* **2020**, *12*.
15. Mngadi, M.; Odindi, J.; Peerbhay, K.; Mutanga, O. Examining the effectiveness of Sentinel-1 and 2 imagery for commercial forest species mapping. *Geocarto Int.* **2021**, *36*, 1–12.
16. Liu, Y.; Gong, W.; Hu, X.; Gong, J. Forest type identification with random forest using Sentinel-1A, Sentinel-2A, multi-temporal Landsat-8 and DEM data. *Remote Sens.* **2018**, *10*.
17. Svoboda, J.; Štych, P.; Laštovička, J.; Paluba, D.; Kobliuk, N. Random Forest Classification of Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF) Using Sentinel-2 Data—A Case Study of Czechia. *Remote Sens.* **2022**, *14*.
18. Tenesaca, C.; Quindi, T.; Delgado, G.; Toledo, E.; Delgado, O. Generación del mapa de cobertura y uso del suelo de la provincia del Azuay. *Inst. Estud. Régimen Secc. del Ecuador IERSE* **2017**, *73*, 23–37.