

DETECCIÓN DEL LÍMITE AGUA-TIERRA MEDIANTE EL ALGORITMO MÍNIMA DISTANCIA EN LA NUBE DE GOOGLE EARTH ENGINE

Dieguez Gaviola, G., Noli, E., Van der Ploeg, A., Ortiz, M. F. y Chiarito, Eugenia

Instituto Geográfico Nacional, Argentina
[gdieguez, enoli, aploeg, mortiz, echiarito]@ign.gob.ar

Resumen

El Límite Agua-Tierra se realizó con el objetivo de obtener una línea que establezca los límites entre lo terrestre y lo marino-fluvial para la Argentina. La importancia radica en poder generar un producto de manera semiautomática susceptible de ser insumo en diversos análisis espaciales y temporales de estos límites, debido a los cambios globales que se están dando en las últimas décadas y tienen un fuerte impacto en las zonas costeras de Argentina y a nivel mundial. Contar con esta línea es fundamental para poder brindar a la comunidad un producto que permita entender y evaluar la relación entre los cambios de los entornos marinos-fluviales y terrestres. Argentina se enfrenta a un gran desafío respecto del cambio climático por lo que el proyecto brinda una gran herramienta para abordar esta problemática.

Introducción

La generación y estudio del cambio de la Línea Agua-Tierra posibilita una distinción clara entre los ambientes marino y fluvial del terrestre. Esta delimitación adquiere una relevancia significativa en el contexto de los cambios ambientales y climáticos que están ocurriendo a nivel global. Por lo tanto, poder contar con este tipo de información se vuelve esencial para poder comprender y analizar los impactos de estos cambios en las zonas costeras. Aunque esta línea no se interpreta como una línea de costa o geomorfológica, por lo que no se tendrá en cuenta como elemento generador del paisaje, sigue desempeñando un papel fundamental en el estudio de la evolución costera.

Los efectos del cambio climático, como el aumento del nivel del mar, la erosión costera y la alteración de los ecosistemas marinos, entre otros, están generando desafíos significativos para la sostenibilidad de estas comunidades (Durand et al, 2021; Nicholls y Cazenave, 1997). El conocimiento detallado de estos cambios es fundamental para tomar decisiones informadas en la planificación y gestión del territorio, donde poder contar con un insumo de esta índole permite abordar futuros estudios como la identificación de áreas más vulnerables (Re y Menéndez, 2007). A través de la utilización de la gran cantidad de información geoespacial disponible en la nube de Google, es que este trabajo propone el uso de técnicas de sensores remotos para la clasificación Agua-Tierra y su posterior demarcación lineal del límite.

Metodología

El área de estudio fue la costa marítima argentina, que se extiende a lo largo de 4500 km comenzando en el límite exterior del Río de la Plata llegando hasta la provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur (Figura 1). Se trabajará de manera inicial con la zona costera para luego una vez obtenido un producto satisfactorio, empezar a adaptarlo para aguas intercontinentales.

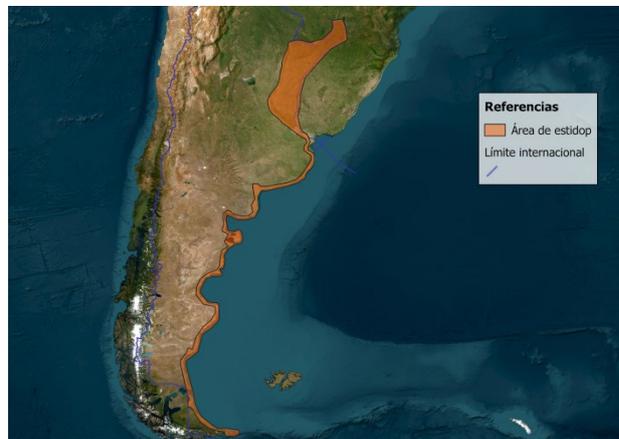


Figura 1.- Área de estudio y límite internacional.

Se utilizó la plataforma Google Earth Engine, que permite la utilización de una extensa base de datos satelitales, así también como el procesamiento de estas a través de diferentes algoritmos directamente desde la nube. Se emplearon imágenes SENTINEL-2A/B MSI Nivel 1C para el primer trimestre del 2023, donde se calculó la media, para cada banda, de cada píxel a partir del algoritmo “ce.Reducer.mean” de la plataforma y así obtener una sola imagen capaz de ser clasificada. Las bandas espectrales de este satélite presentan una resolución espacial de 10 metros (en el visible e infrarrojo cercano) y 20 metros (en el infrarrojo de onda corta).

Una vez obtenido la media de cada banda, se realizó el cálculo del Índice de Diferencia Normalizada de Agua (NDWI), el mismo se utiliza para resaltar el aspecto de las masas de agua en una imagen de satélite. El NDWI fue diseñado para maximizar la reflectancia del agua utilizando la banda verde mientras que minimiza la banda del infrarrojo cercano en el suelo albedo y coberturas vegetales, arrojando valores positivos para el agua y negativos para el suelo y la vegetación (McFeeters, 1996). Se calcula como la diferencia normalizada entre la banda verde y la banda del infrarrojo cercano (NIR por sus siglas en inglés) [1]:

$$NDWI = \frac{VERDE - NIR}{VERDE + NIR} [1]$$

Se tomaron las muestras correspondientes a la clase Agua y a la clase Tierra a partir de imágenes satelitales de alta resolución provistas por Google. Estos puntos se utilizaron como insumo de la clasificación supervisada, utilizando el algoritmo de distancia mínima. Este algoritmo asigna un píxel a la categoría más cercana que será aquella que garantice la mínima distancia entre el píxel y el centro de la clase, donde esta distancia no es espacial sino espectral (Figura 2). Las variantes del procedimiento de Distancia Mínima, utilizan diferentes métodos para calcular la distancia, que se define como un índice de similitud, y donde en este caso se utilizó la métrica de distancia euclidiana [2] (Richards, 2012).

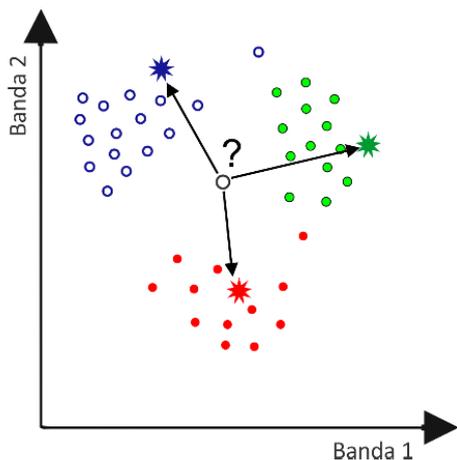


Figura 2.- Representación del agrupamiento realizado por el algoritmo de mínima distancia.

$$d_{x,A} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (ND_{x,i} - \overline{ND}_{A,i})^2} \quad [2]$$

Donde $d_{x,A}$ es la medida de la distancia entre el píxel X y la categoría A, que se calcula como la raíz cuadrada del sumatorio de las diferencias entre el ND de ese píxel y el ND medio de la categoría A, para las m bandas que intervienen en la clasificación. Tras calcular esta medida para todas las categorías, puede obtenerse el valor $d_{x,A}$ más pequeño, asignando el píxel x a esa categoría (Chuvieco, 1995).

Una vez realizada la clasificación, se procede a vectorizar el archivo raster obtenido y a la simplificación de los nodos del vector para obtener una línea representativa del límite Agua-Tierra. Esto se lleva a cabo mediante el uso del software libre QGIS, específicamente mediante las herramientas “Vectorización”, “Simplificado” y “Suavizado”, en ese orden. Una vez vectorizado el raster, se emplea el algoritmo de simplificado *Douglas-Peucker* el cual permite controlar la distancia máxima entre los puntos simplificados y la geometría original. En este caso se determinó que el valor óptimo de la tolerancia en el algoritmo era de 14,14 m al ser la hipotenusa del píxel utilizado.

Para la validación de los resultados se decidió realizar una matriz de confusión y el cálculo del índice Kappa para obtener un valor numérico. Sin embargo, también se realizó una validación visual entre el ajuste del límite obtenido e imágenes satelitales de alta resolución provistas por Google.

Resultados

La metodología propuesta brinda resultados óptimos al momento de diferenciar los distintos tipos de clases, tanto en su formato raster como en su postprocesado a vectorial. La matriz de confusión arroja un 82.24% de precisión general. Los resultados de la vectorización, tal como se ve en la figura 3, muestran una gran precisión al constatar visualmente con imágenes satelitales a una escala de 1:5000, respaldando así la confiabilidad y ajuste visual de la clasificación obtenida.

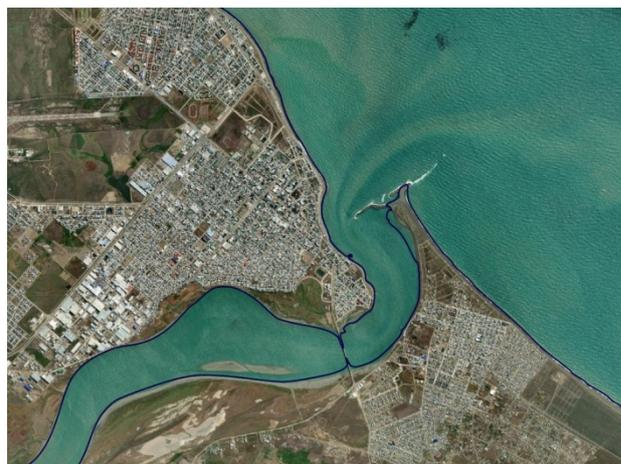


Figura 3.- Resultado de vectorización del límite agua y tierra. Escala 1:50000, ciudad de Río Grande.

Referencias Bibliográficas

- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de teledetección especial* (pp 350). Madrid, España: Ediciones RIALP, S.A.
- Durand G., van den Broeke MR., Le Cozannet G., Edwards TL., Holland PR., Jourdain NC., Marzeion B., Mottram R., Nicholls RJ., Pattyn F., Paul F., Slangen ABA., Winkelmann R., Burgard C., van Calcar CJ., Barré J-B., Bataille A. and Chapuis A. (2022). Sea-Level Rise: From Global Perspectives to Local Services. *Front. Mar. Sci.* 8:709595. DOI: 10.3389/fmars.2021.709595
- McFeeters, S. K. (1996). “The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features”, *International Journal of Remote Sensing*, 17:7, 1425-1432, DOI: 10.1080/01431169608948714
- Re, M., & Menéndez, Á. N. (2007). “Impacto del cambio climático en las costas del Río de la Plata”.
- Richards, J. A. (2012). “Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction, 5th edn.” *New York: Springer Science+Business Media*
- Robert J. Nicholls Anny Cazenave (1997). Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones. *Science* 328,1517-1520(2010). DOI:10.1126/science.1185782