

## Batimetría derivada por satélite en los gulfos Norpatagónicos (Chubut): una evaluación metodológica

Noli Eva<sup>(1)</sup>, Nicora Guillermo Adrián<sup>(1)</sup>, Bozzano Graziella<sup>(1)(2)</sup> y Cavallotto José Luis<sup>(1)</sup>.

(1) División Geología y Geofísica, Departamento de Oceanografía, Servicio de Hidrografía Naval (SHN) – Ministerio de Defensa

(2) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

### Introducción:

El estudio preciso y detallado de las profundidades marinas es de suma importancia para la seguridad náutica, la gestión de recursos y el cuidado del medio ambiente, entre otros. Dado que los métodos convencionales para cartografiar el fondo oceánico suelen requerir un elevado presupuesto y no siempre son viables en todas las regiones, se propone utilizar la Batimetría Derivada por Satélite(BDS) como técnica complementaria. El uso de sensores remotos ópticos presenta un alto potencial, al proporcionar una gran cantidad de información sobre diversas coberturas terrestres en diferentes momentos temporales. Para estimar las profundidades, se optó por el método empírico desarrollado por [1]. El mismo es mucho más sencillo de utilizar en comparación con los modelos analíticos, que requieren una gran cantidad de datos y variables. Consiste en estimar profundidades a partir de una relación matemática entre la reflectancia de dos bandas espectrales. Las zonas más someras del Golfo San José (GSJ) (Fig.1), fueron elegidas para corroborar su aplicabilidad y confiabilidad.

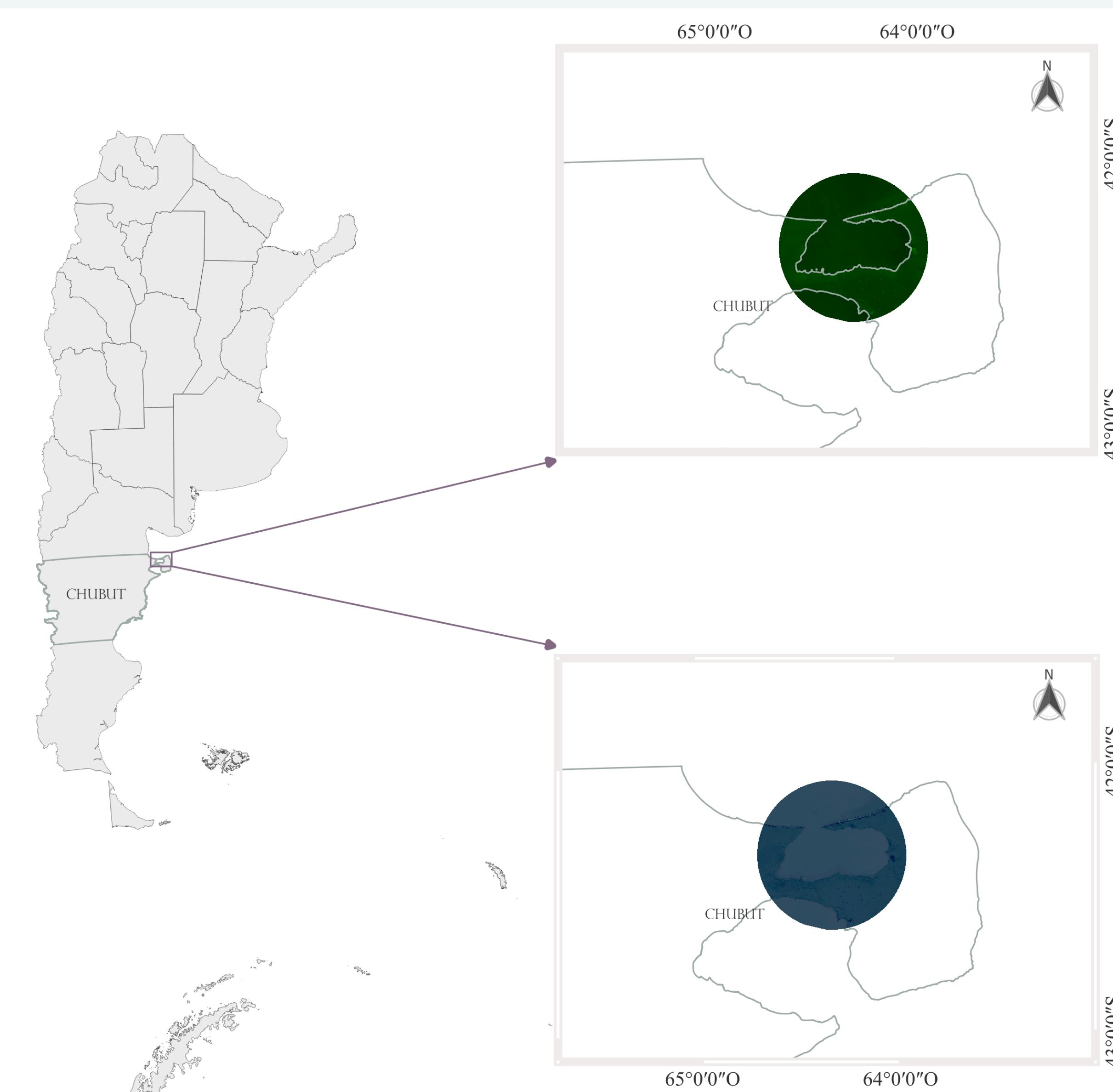


Figura 1. Zona de estudio. Golfo San José, Chubut, Argentina.

### Conclusiones:

La aplicación del método en la zona de estudio ha sido favorable, dado que las condiciones de la columna de agua y el sustrato en el Golfo San José (GSJ) son apropiadas. Se sugiere ampliar el análisis a los demás gulfos norpatagónicos. Se realizó un ajuste mediante un modelo de regresión lineal, evaluado a través del Error Absoluto Medio (MAE) y el Error Cuadrático Medio (RMSE). En el futuro, se considera la posibilidad de utilizar otras combinaciones de bandas para evaluar su desempeño, así como explorar nuevos modelos que puedan mejorar el ratio de Stumpf. Se propone analizar el comportamiento no lineal del ratio de Stumpf, optimizando el parámetro n, el cual usualmente se asume como n = 1 o n = 1000. Esta primera etapa se realizó con imágenes [4], pero se estipula poder obtener mejores resultados con imágenes de mayor resolución espacial y temporal (ej. Sentinel).

### Referencias:

1. Stumpf, R. P., Holderied, K. & Sinclair, M. (2003). Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types. Limnol. Oceanogr, 48, 54–556.
2. Zaiko, H. E. (1999). Asociaciones de algas bentónicas submareales del Golfo San José (Chubut, Argentina). Physis (Bs. As.) Secc. A, 57 (132-133): 11-27.
3. STRICKLAND, J.D.H. (1958). Solar radiation penetrating the ocean. A review of requirements data and methods of measurement, with particular reference to photosynthetic productivity. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 15: 453-493.
4. U.S. Geological Survey (2024). Landsat 9 Level-2 Surface Reflectance Product. Digital Object Identifier: <https://doi.org/10.5066/P9QGBGM6>.
5. Servicio de Hidrografía Naval (SHN) (2024). Carta Náutica H-277 Golfo San José.

### Objetivo:

El objetivo principal es desarrollar una metodología que permita estimar la batimetría en zonas costeras de los gulfos norpatagónicos empleando imágenes satelitales, en este trabajo [4], y datos batimétricos in situ provistos por el SHN, usados como calibración.

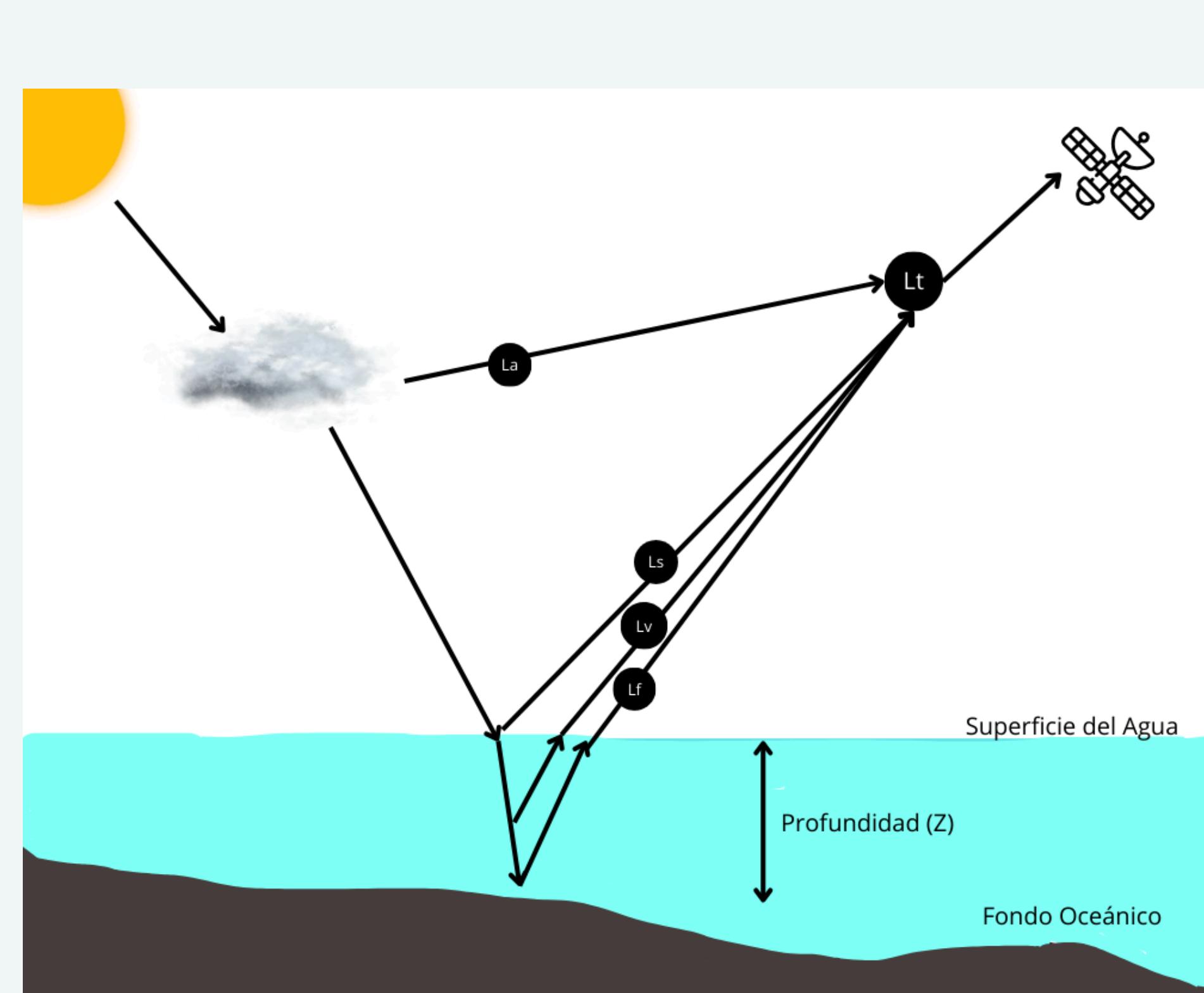


Figura 2. Radiancias utilizadas para modelar la BDS.

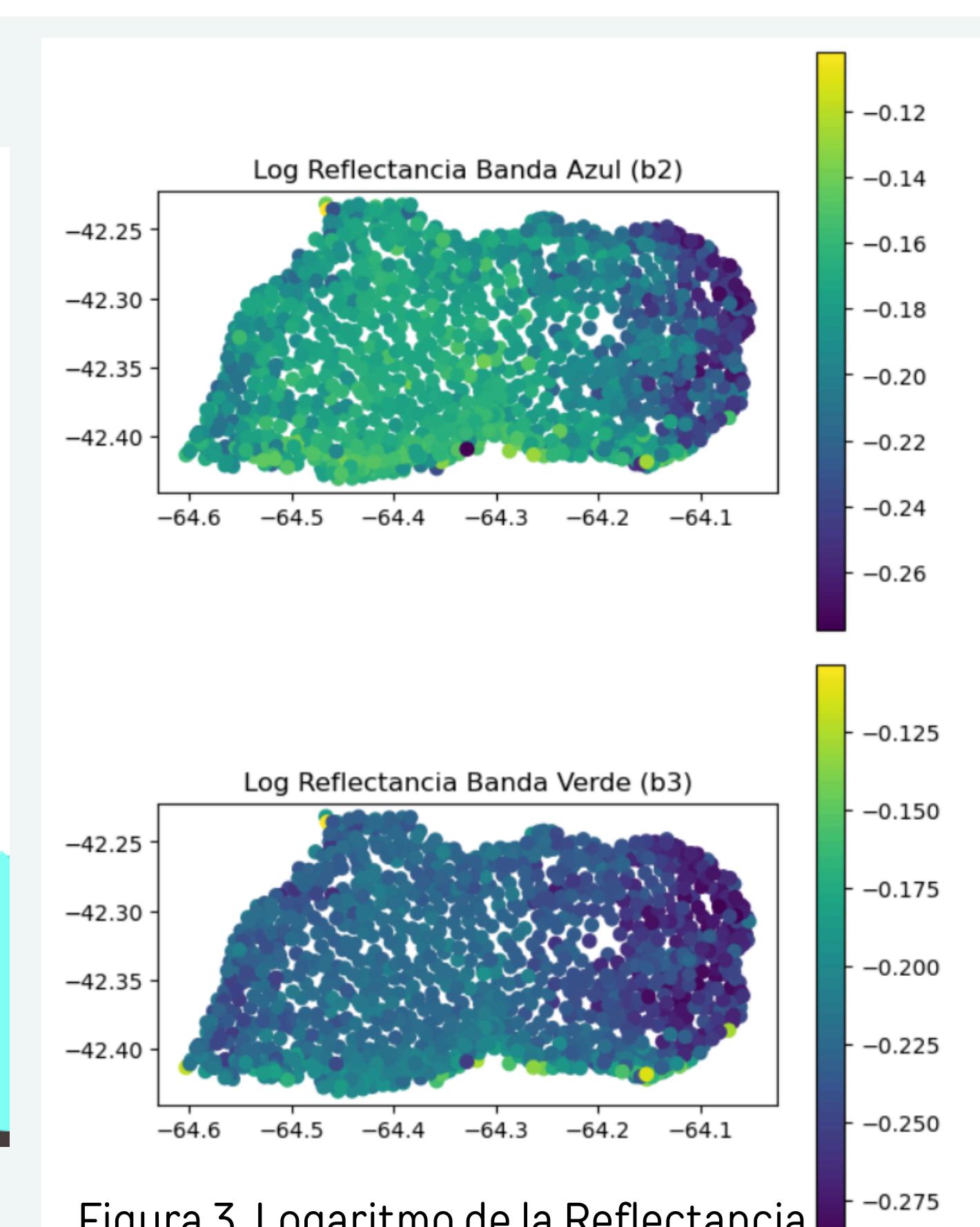


Figura 3. Logaritmo de la Reflectancia

### Metodología:

La estimación de la profundidad del agua mediante teledetección se basa en la Ley de Beer-Lambert, que describe la atenuación de la intensidad de la luz al penetrar en el agua en función de la longitud de onda. Acorde a la Fig. 2, las cuatro componentes de la energía de Lt (radiancia total) que registra el sensor son: La (radiancia atmosférica), Ls (radiancia superficial) y Lf (radiancia de fondo), y Lv (radiancia volumétrica), siendo Lv y Lf las más importantes para derivar la batimetría. Para modelar esta relación de manera lineal, se usan datos de reflectancias, las cuales se calculan con las radiancias y los parámetros cargados en los metadatos de la imagen satelital. El satélite utilizado para tal fin fue Landsat 9, cuyas imágenes pueden descargarse gratuitamente. De todas las bandas disponibles se emplearon la banda azul (450-520 nm) y la verde (530-590 nm), con penetraciones estimadas de 30 y 15 metros. La ecuación para la profundidad derivada es:

$$Z_{\text{Estimada}} = m_1 * \frac{\ln(n^* R_{w2})}{\ln(n^* R_{w3})} - m_0, \quad (\text{ec. 1}).$$

donde n es una variable de ajuste, m1 y m0 son estimadas por regresión lineal, R<sub>w2</sub> y R<sub>w3</sub> son la reflectancia de la bandas azul y verde respectivamente.

Acorde a los valores de n más empleados en la bibliografía, se emplearon n=1 y n=1000, observando un posible comportamiento no lineal de los datos potencialmente atribuible a un valor no óptimo de n. Otro factor a contemplar es una posible influencia de la distribución de las asociaciones de algas estudiados en [2], el cual no fue abordado en esta etapa preliminar del proyecto.

Para analizar la calidad de los datos se realizaron mapas del logaritmo natural de la reflectancia de las bandas involucradas en este trabajo (Fig. 3). Para corroborar la variabilidad del ratio de Stumpf se realizó una interpolación para valores discretos distribuidos en las curvas de nivel más someras de [5].

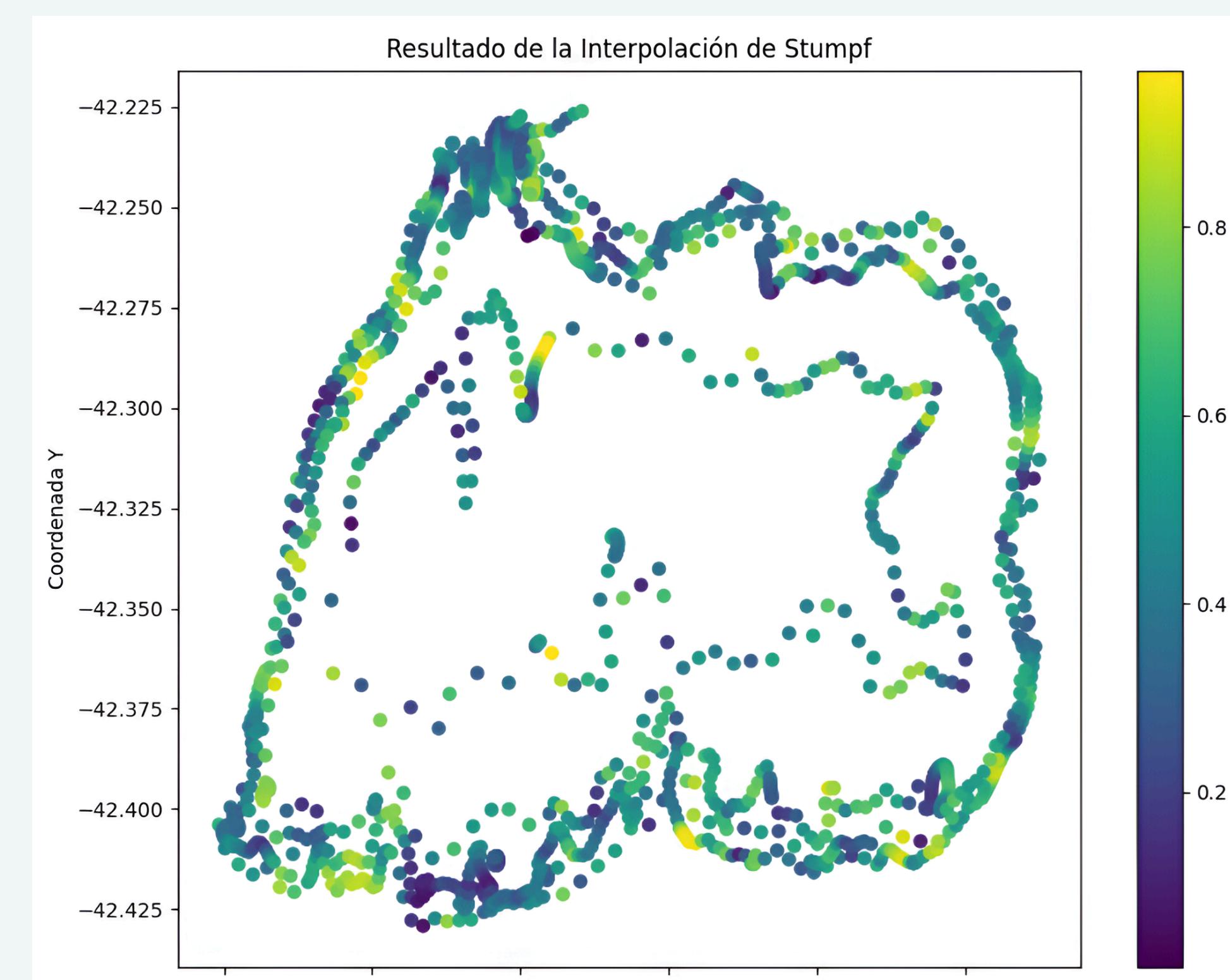


Figura 4. Relación logarítmica interpolada sobre curvas de nivel de la carta náutica H-277 (SHN).



MÁS INFORMACIÓN:  
[2024ctid@defensa.gob.ar](mailto:2024ctid@defensa.gob.ar)

Ministerio  
de Defensa  
República Argentina

Secretaría de Investigación,  
Política Industrial y Producción  
para la Defensa

Secretaría de Innovación,  
Ciencia y Tecnología

Facultad de Ingeniería  
del Ejército