

GEOMÁTICA APLICADA AL MONITOREO DE LA RESERVA NATURAL DE LA DEFENSA "CAMPO MAR CHIQUITA - DRAGONES DE MALVINAS"

Miriam E. Antes ^(1,2), Ailín S. Ortone Lois ^(1,3), Alfredo R. Cuello ^(1,2) y Guido Pilato ⁽³⁾

⁽¹⁾ Centro de Sensores Remotos, FAA

⁽²⁾ Programa de Desarrollo e Investigación en Teledetección y SIG, UNLu
alfredo.cuello@gmail.com, selperargentina@gmail.com

⁽³⁾ Facultad Regional Haedo, UTN ailin.ortone@gmail.com, guidopilato@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo se enmarca dentro un proyecto que plantea el desarrollo, análisis y validación de metodologías basadas en técnicas de Teledetección cuya línea de investigación está relacionada al monitoreo de Reservas Naturales de la Defensa. El área de estudio seleccionada correspondió a la Reserva Natural de la Defensa "Campo Mar Chiquita - Dragones de Malvinas", la misma forma parte de la Reserva de la Biosfera "Parque Atlántico Mar Chiquita", perteneciente al Programa Intergubernamental e Internacional "El Hombre y la Biosfera (MAB)" de la UNESCO. La Reserva Natural de la Defensa abarca una superficie de 1700 has, propiedad de la Fuerza Aérea Argentina y corresponde a la ecorregión del Pastizal Pampeano. El objetivo del trabajo fue generar información temática de la Reserva y áreas aledañas pertenecientes a la Reserva de la Biósfera "Parque Atlántico Mar Chiquita", referente al estado actual de conservación de los ambientes y recursos naturales presentes, para su gestión y manejo. Se utilizaron imágenes correspondientes al satélite Sentinel 2A/MSI (Multi Spectral Instrument) y al Sentinel 1B/ SAR (Synthetic Aperture Radar). Se aplicaron técnicas de clasificación supervisada a través del algoritmo Random Forest a la imagen óptica y a la compuesta por datos ópticos, de radar y bandas texturales. Esta última dio como resultado una mejor precisión en la clasificación con respecto a la imagen óptica, especialmente en las clases de Pastizal salobre y Forestal. Resulta importante tener la posibilidad de adquisición de imágenes satelitales gratuitas, ópticas y de radar, provistas por el Programa Copérnico y software libre de la Agencia Espacial Europea (ESA).

Palabras clave: Reserva natural, Defensa, Teledetección, SAR, Multisensores, Albufera

ABSTRACT

This paper is part of a project whose purpose is to develop, analyze and validate methodologies based on Remote Sensing techniques. Its line of research focuses on monitoring the Defense Natural Reserves. The study area selected is the Defense Natural Reserve "Campo Mar Chiquita - Dragones de Malvinas", part of the Biosphere Reserve "Parque Atlántico Mar Chiquita", which belongs to the UNESCO Intergovernmental and International Program "Man and the Biosphere (MAB)". The Defense Natural Reserve covers an area of 1,700 hectares, under the jurisdiction of the Argentine Air Force and belongs to the Pampeano Pasture ecoregion. The objective of the paper was to generate thematic information on the Reserve and surrounding areas of the Biosphere Reserve "Parque Atlántico Mar Chiquita", considering the current state of conservation of the environment and natural resources, for their management. Sentinel 2A/MSI (Multi Spectral Instrument) and Sentinel 1A/ SAR (Synthetic Aperture Radar) images were used. A supervised classification technique using Random Forest algorithm was performed on the optical image and an image composed of optical, radar and textures bands. This last product shows better accuracy results, especially in the discrimination of brackish grassland and forestry landcovers. The availability of free satellite data provided by the Copernicus Program and ESA free software were key for this research.

Keywords: Natural reserve, Defense, Remote sensing, SAR, Multisensor, Albufera

INTRODUCCIÓN

En el año 2007 el Ministerio de Defensa y la Administración de Parques Nacionales firmaron un convenio marco que creó el Sistema de Reservas Naturales de la Defensa. En 2009, un área cercana a la boca de la albufera de Mar Chiquita, Buenos Aires, fue declarada Reserva Natural de la Defensa "Campo Mar Chiquita - Dragones de Malvinas", en la misma se desarrollan actividades de instrucción y entrenamiento, y paralelamente tiene la misión de

conservación de la biodiversidad y de patrimonio arqueológico.

Esta Reserva forma parte de la Reserva de la Biosfera "Parque Atlántico Mar Chiquita", que es parte del Programa Intergubernamental e Internacional "El Hombre y la Biosfera (MAB)" de la UNESCO.

Los ecosistemas costeros presentan alta biodiversidad y son muy sensibles a los cambios debidos a la actividad antrópica y fenómenos naturales. Por ello, dada la importancia de estos

ecosistemas litorales, es importante disponer de información sistemática y eficiente para la monitorización de estas áreas protegidas (Wang, 2010).

Según Cuello 2020, con la llegada de las series Sentinel-1 y Sentinel-2, los métodos de análisis, procesamiento y su libre disponibilidad, hace que su utilización aumente cada vez más en el campo de la cartografía.

El presente trabajo se basa en la utilización de imágenes multisensores correspondientes al satélite Sentinel 2A y al Sentinel 1B SAR considerando para la clasificación, un algoritmo de aprendizaje automático Random Forest, como así también la incorporación de información relativa a la textura. Según Zhou y Robson (2001) la incorporación de variables texturales es necesaria para obtener una adecuada clasificación.

Se plantea como objetivo general del trabajo elaborar cartografía temática y monitorear el estado actual de la Reserva Natural, generando información dinámica y confiable respecto a la conservación de los recursos naturales y ambientes asociados.

DESARROLLO

Área de estudio

El área de trabajo abarca la Reserva Natural de la Defensa Campo Mar Chiquita - Dragones de Malvinas y áreas aledañas correspondientes a la Reserva Mundial de Biosfera "Parque Atlántico Mar Chiquito" (Figura 1).

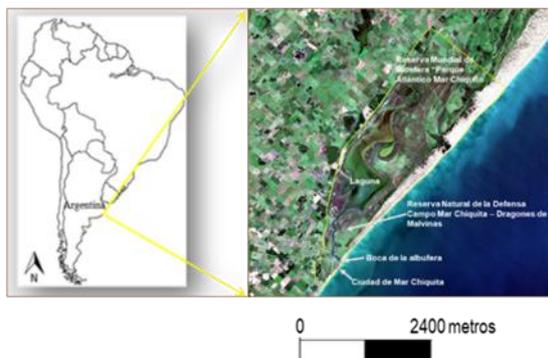


Figura 1. Localización del área de estudio (Imagen Sentinel 2A) - Elaboración Propia

La albufera de Mar Chiquita se extiende en sentido NE-SW paralela a la costa y separada del mar por cordones arenosos, pero conectada a éste por una boca. El hecho de ser un ecosistema costero con una laguna de agua dulce conectada al mar convierte al área en un lugar de características únicas y especiales que no es común observar (Cuello et al., 2011).

Esta área corresponde a la ecorregión del pastizal pampeano, importante desde el punto de vista de la conservación, dado que en ella se preservan las comunidades más representativas de los pastizales autóctonos de la zona, presentando flora y fauna de

diferentes subambientes: planicies mareales, llanura de inundación, marismas, deltas mareales, barrera de médanos, depresiones intermedanasas y paleoplayas compuestas. En el área, se encuentran comunidades de: pastizales de pastos altos y cortos, vegetación psamófila, bañados y médanos. En cuanto a los pastizales de pastos altos, los tipos presentes en la Reserva son los espartillares, juncales y cortaderales.

El clima es templado, húmedo, con influencia oceánica, lluvias todo el año y veranos frescos. Los suelos son arenosos y arcillosos.

Materiales

Las imágenes utilizadas en el presente trabajo corresponden al satélite Sentinel, siendo Sentinel 2_1C (ópticas) con fecha: 20 de enero de 2021 y las correspondientes al Sentinel 1 (SAR), necesarias para hacer el mosaico que cubre el área de estudio, son del 14 y 19 de enero de 2021. (Figura 2).

Se contó con el límite correspondiente a la Reserva de Biósfera Parque Atlántico Mar Chiquita, en forma vectorial, provisto por el Sistema de Información de Biodiversidad de la Administración de Parques Nacionales.

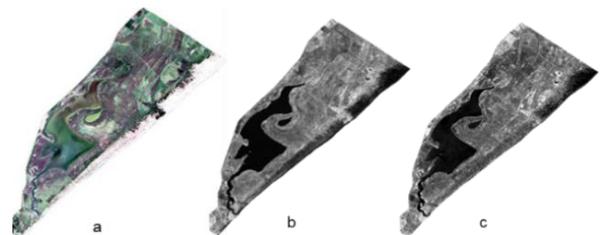


Figura 2. (a) Imagen Sentinel 2_1C (b) Mosaico Sentinel 1 VH (c) Mosaico Sentinel 1 VV

Metodología

La imagen Sentinel 2_1C no incluye correcciones atmosféricas, por lo que se corrigió mediante el componente Sen2Cor y las bandas espectrales se remuestrearon a un píxel de 10 metros.

Para la correcta interpretación de los datos y su integración con imágenes de otros sensores se aplicaron los procesos de calibración y corrección geométrica a las imágenes SAR, utilizando la información de datos de órbita y de elevación de terreno (Gari et al., 2012). Para ello se utilizó el Digital Elevation Model (DEM) Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de 30m.

Mediante la máscara generada a partir del archivo vectorial de la Reserva, se recortó la imagen óptica y el mosaico de las imágenes radar.

Sobre la imagen SAR se calculó la matriz de co-ocurrencia de Nivel Gris (GLCM) propuesta por Haralick (1973), la cual es uno de los métodos más utilizados para calcular medidas de textura de segundo orden. Se obtuvieron las siguientes bandas de textura: Media, Varianza, Homogeneidad, Contraste, Disimilaridad, Entropía, Energía, Máxima Probabilidad, Segundo Momento

Angular y Correlación. A partir de un análisis de componentes principales se seleccionaron las bandas de textura menos correlacionadas entre sí: Contraste, Segundo Momento Angular y Correlación (Figura 3).

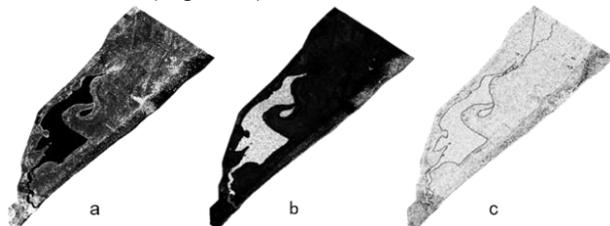


Figura 3. Bandas texturales (a) Contraste, (b) Segundo Momento Angular y (c) Correlación

En base a técnicas de análisis visual, trabajos de investigación y trabajos de campo, se caracterizaron los diferentes ambientes presentes en el área de estudio. Se consideraron 8 clases temáticas: cortaderal, espartillar, pastizal salobre, juncal, vegetación psamófila, lagunas y bañados, médano vivo y playa y forestal.

1. Cortaderal: La especie dominante es la cortadera (*Cortaderia selowiana*) y es acompañada por otras especies tales como: *Bromus auleticus*, *Juncus acutus*, *Eryngium eburneum*, *Senecio selloi*, *Melilotus albus*, *Adesmia incana*, etc.

2. Espartillar: Es un ambiente bajo. La especie dominante es la espartina (*Spartina densiflora*), y a diferencia de otros espartillares es menos salino, con especies como *Bromus auleticus*, *Deyeuxia viridiflavescens*, etc.

3. Pastizal salobre: Son pastos altos en suelos inundables y salobres con predominio de *Stenotaphrum secundatum*, *Distichlis spicata* y *D. scoparia*. También se encuentran presentes espartillares y juncuales, espartillar (*Spartina densiflora*) y el junco (*Juncus acutus*), acompañadas de *Salicornia ambigua*.

4. Juncal: Se presentan en zonas intermedanasas semi-inundables por aguas salobres. La especie dominante es el junco (*Juncus acutus*), alcanza entre 80 y 150 cm de altura, son plantas robustas y crecen en matas densas. Está acompañado por especies herbáceas de porte bajo y hojas carnosas, como el heliotropo, el jume, la verdolaga, etc.

5. Vegetación psamófila: Sobre los terrenos arenosos del cordón costero, limitando la playa y el cortaderal, se desarrolla la vegetación psamófila. Es típica de este ambiente la *Spartina ciliata*, suele estar acompañada de otras especies como *Calycera crassiflora*, muy frecuente en las costas bonaerenses y *Senecio crassiflorus*, también abundante. Posee una baja cobertura (20-30%) y un ancho de aproximadamente 100 a 150 metros. Estos pastizales soportan vientos fuertes, falta de agua, salinidad y altas temperaturas.

6. Laguna y bañados: la laguna está representada por la albufera dispuesta paralela al mar, de aguas

salobres, separada por una cadena de médanos y unida al mar por una boca. En los bañados predominan las especies: *Schoenoplectus californicus* y en menor cantidad *Zizaniopsis bonariensis*, *Solanum galucophyllum*. En los lugares más profundos se destacan *Myriophyllum platinoide*s y *Potamogeton striatum*. En lugares de aguas someras se desarrollan hidrófilas flotantes como *Spirodela intermedia*, *Lemma valdiviana*, *Azolla filiculoides*, etc. (Iribarne, 2001).

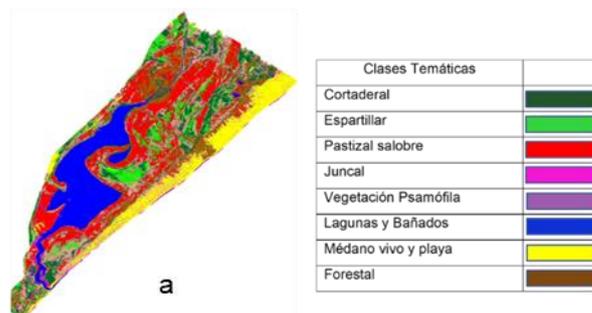
7. Médano vivo y playa: Corresponde a la zona litoral con playas de arena y la presencia de dunas anteriores, intermedias y posteriores. La vegetación es rala con especies tales como: *Panicum racemosum*, *Distichlis scoparia*, *Ambrosia tenuifolia* y *Bromus unioloides*.

8. Forestal: Hay formaciones pequeñas de talaes (*Celtis tala*), que se extienden a lo largo de la costa bonaerense. En zonas urbanizadas se observan plantaciones de *Eucalyptus spp.* y *Pinus spp.*

Se utilizó el algoritmo Random Forest para generar dos clasificaciones supervisadas; una con la imagen óptica, y una segunda con la imagen que reúne las bandas de la imagen óptica, las dos bandas de radar (polarización VV y VH) y las tres bandas texturales (Contraste, Correlación y Segundo Momento Angular). Este algoritmo de aprendizaje automático, ajusta iterativamente los modelos de árbol de regresión a subconjuntos aleatorios de los datos de entrada y utiliza el resultado combinado para la predicción (Cutler et al., 2007). Es decir, un modelo Random Forest está formado por un conjunto de árboles de decisión individuales, cada uno entrenado con una muestra ligeramente distinta de los datos de entrenamiento generada mediante (validación cruzada, k-iteraciones). La predicción de una nueva observación se obtiene agregando las predicciones de todos los árboles individuales que forman el modelo.

Resultados

A la imagen óptica y a la imagen generada de 14 bandas se les aplicó una clasificación multispectral, obteniéndose mapas temáticos con las clases correspondientes a: Cortaderal, Espartillar, Pastizal salobre, Juncal, Vegetación Psamófila, Lagunas y Bañados, Médano vivo y playa y Forestal (Figura 5 a y b).



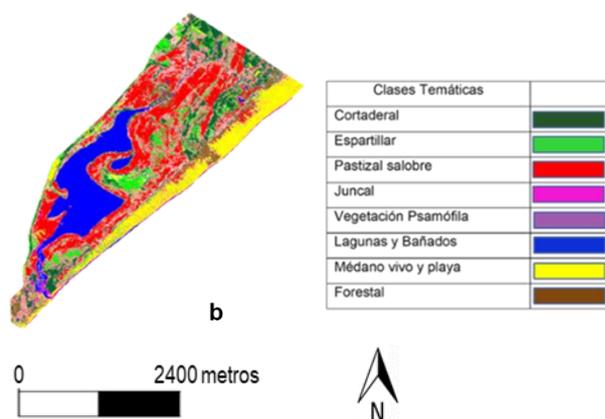


Figura 5. Mapas temáticos (a) imagen óptica, (b) imagen óptica-radar. Elaboración Propia

Con relación a las estadísticas de clases (Tabla 1) la imagen compuesta (óptica – radar) tiene un mejor ajuste en las clases pastizal salobre y forestal.

Tabla 1. Estadísticas de clases

Clases	Clasificación imagen óptica	Imagen óptica, radar y texturales
Cortaderal	12,322%	11,511%
Espartillar	7,642%	6,819%
Pastizal salobre	19,658%	24,554%
Juncal	1,463%	1,595%
Vegetación Psamófila	20,633%	21,989%
Lagunas y bañados	16,317%	16,390%
Médano vivo y playa	10,713%	12,199%
Forestal	11,252%	4,942%

Al analizar los valores del coeficiente Kappa y la precisión (Tabla 2) de ambas clasificaciones, la imagen compuesta presentó mejores resultados.

Tabla 2. Valores Kappa y Overall accuracy

Imágenes	Kappa Coeficiente	Overall accuracy
Optica	0,8369	89,0932 %
Opticas-Radar	0.8507	90.0219 %

CONCLUSIONES

La clasificación de imágenes compuestas por datos ópticos y bandas texturales derivadas de datos radar permiten utilizar las características de cada sensor y combinarlas obteniendo una mejora en la precisión de la clasificación.

Se destaca la importancia del uso de estas tecnologías como fuente de información continua en estudios de monitoreo que deben ser complementadas con información de relevamiento de campo.

Los métodos basados en percepción remota para estimar la vegetación han sido aplicados con éxito, encontrándose que al combinar datos ópticos y

datos radar de apertura sintética (SAR) junto con algoritmos de aprendizaje automático, como Random Forest (RF) se obtiene una mejor correlación entre la vegetación y las variables obtenidas de los datos espectrales.

Con relación a las clases analizadas, las clases de vegetación predominantes en la reserva para esta fecha son el Pastizal salobre y la Vegetación psamófila. En cuanto los pastos altos, el Cortaderal ocupa la mayor superficie, quedando relegado los Juncales a los manchones que se generan en las zonas bajas y con mayor presencia de agua.

Dado que Mar Chiquita es un humedal de extraordinaria importancia para el país y a nivel mundial, resulta esencial fortalecer las iniciativas de conservación de la biodiversidad, uso racional de los recursos y rescate del patrimonio cultural.

BIBLIOGRAFIA

- Cuello, A.; Antes, M.; Ortone, A. y L. Cook (2020). Teledetección y SIG aplicados al monitoreo de la reserva natural de la defensa campo Mar Chiquita Dragones de Malvinas. 2017 Revista GeoSIG 1852-8031, PRODISIG. INIGEO. UNLu.
- Cuello A.; Díaz, M.; Antes M. y L. Di Franco. (2011). Variables de paisaje en el monitoreo ambiental de la Reserva Natural de la Defensa Campo Mar Chiquita, Provincia de Buenos Aires, Revista de la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes, ISSN 1853-8045, RASADEP, Volumen 2, Número 2, pp. 27-35
- Cutler, D., Edwards, T.C., Beard, K.H., Cutler, A., Hess, K.T., Gibson, J. y Lawler, J.J. (2007). «Random Forest for classification in ecology». Ecology 88 (11), 2783–2792.
- Gari, J.; Cuello, A.; Sedeño, A.; Ortone, A. y A. Gari (2012). Mapa temático de la zona del Glaciar Perito Moreno utilizando información de sensores ópticos y de radar. Memorias Sexto Congreso de la Ciencia Cartográfica. Bs. As., Argentina
- Haralick, R., Shanmugam, K., Denstien, I. (1973). Textural features for image classification. IEEE Trans Syst Man Cybern, vol. 3, no. 6, pp.610–621
- Iribarne, O. (editor y compilador) 2001. Reserva de Biosfera Mar Chiquita: Características físicas, biológicas y ecológicas. Editorial Martín con apoyo de la Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe, de la Universidad Nacional de Mar del Plata y de la Fundación Antorchas. Mar del Plata. Argentina.
- Wang, Y. (2010). Remote Sensing of Coastal Environments Taylor and Francis Serie, CRC
- Zhou, Q. y M Robson (2001). Automated rangeland vegetation cover and density estimation using ground digital images and a spectral-contextual classifier. International Journal of Remote Sensing-Taylor & Francis.