

ZONIFICACIÓN DE CUERPOS EVAPORÍTICOS (SALINAS Y SALITRALES) DEL ÁREA DE TRANSICIÓN PAMPEANO-PATAGÓNICA MEDIANTE IMÁGENES ÓPTICAS Y DE RADAR

Marchionni, D. S.¹; Martinez, G. A.²; Del Blanco, M. A.¹

¹ Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICBA) - Instituto de Recursos Minerales (INREMI). Calle 64 y 120 s/n, La Plata (1900), Argentina. Tel/Fax: 54-221-4225648 E-mail: dmarchi@inremi.unlp.edu.ar

² Universidad Nacional de Mar del Plata - Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario, Dean Funes 3350, Mar del Plata (7600), Argentina. Tel: 54-223-4754060. E-mail: gamarti@mdp.edu.ar

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados preliminares de una investigación que se está realizando en la región sur de provincia de Buenos Aires, en el área de transición pampeano-patagónica, orientada al análisis geomorfológico y ambiental de los cuerpos salinos de la región. Estos depósitos están en continua evolución por la acción de factores medioambientales relacionados con las características meteorológicas y los regímenes hidrológicos. En esta investigación se utilizaron imágenes ópticas LANDSAT-TM y ETM⁺ e imágenes SAR de RADARSAT-2 de distintas polarizaciones: S1 (VV-VH) y S3 (HH-HV), con el apoyo de datos SRTM de elevación. Los principales cuerpos salinos de la región fueron caracterizados mediante trabajos de campo. Se investiga el potencial de los datos de radar polarimétricos para realizar una zonificación de los cuerpos evaporíticos presentes en el área. Las imágenes utilizadas permitieron diferenciar los principales cuerpos evaporíticos de la región: salinas y salitrales. En particular, las imágenes de radar de distintas polarizaciones permitieron observar variaciones en el interior de estos depósitos que pueden ser atribuidas a cambios en la rugosidad superficial y el contenido de humedad, así como variaciones en el entorno de los mismos, frecuentemente relacionadas a cambios en la cubierta vegetal.

Palabras clave: imágenes ópticas, imágenes radar, salinas, salitrales, evaporitas

INTRODUCCIÓN

En la región austral de la provincia de Buenos Aires, caracterizada por una topografía llana a suavemente ondulada, las condiciones semiáridas del área han facilitado la concentración de minerales evaporíticos que constituyen depósitos salinos temporarios, frecuentemente alineados a lo largo de depresiones regionales, a veces con altitudes negativas respecto al nivel del mar. Algunos de estos cuerpos constituyen "salinas de cosecha", explotadas tradicionalmente para la extracción de "sal" para uso industrial y doméstico. Se trata de cuerpos de agua temporarios en donde parte de la reserva de sales se disuelve durante la época de inundación y precipita por evaporación en épocas de sequía. Estos depósitos pueden variar en su composición mineralógica, la concentración y densidad de la salmuera, la proporción de materiales clásticos, el espesor de las capas de sal, la textura de los minerales evaporíticos, etc. Sus posibilidades de explotación están condicionadas por la acción de factores medioambientales relacionados con las características meteorológicas y los regímenes hidrológicos, que controlan la dinámica y evolución de estos depósitos.

El uso de las imágenes de satélite para el estudio de este tipo de depósitos no ha sido todavía muy explorado. Casi toda la bibliografía disponible corresponde a investigaciones realizadas con imágenes ópticas. Se pueden mencionar las investigaciones de List and Meissner (1989), con imágenes LANDSAT-TM, de Crowley (1993) con datos de AVIRIS, de Kratt et al (2006) con imágenes ASTER y el trabajo exhaustivo de Ghrefat (2004) con imágenes multiespectrales e hiperespectrales (LANDSAT-ETM⁺, ASTER, ALI e Hyperion y

datos de AVIRIS). Como un ejemplo del uso potencial de las imágenes de radar podemos señalar el trabajo de Kierein-Young (1997) que pone a prueba el uso de AIRSAR, TIMS y AVIRIS, para obtener información sobre rugosidad de superficie, mineralogía y contenido de humedad de las playas salinas y abanicos aluviales del Valle de la Muerte, en California. El Instituto de Recursos Minerales (INREMI) realiza investigaciones sobre las características mineralógicas, geoquímicas y económicas de los depósitos salinos de la región pampeana desde hace más de dos décadas. Para el área contemplada en este artículo (Figura 1.) se pueden citar los trabajos de Del Blanco y Schalamuk (1992 y 1993), Schalamuk et al. (1999) y Del Blanco et al. (2005), habiéndose incorporado el uso de las imágenes de satélite para el estudio de estos depósitos en los últimos años (Marchionni et al., 2009).

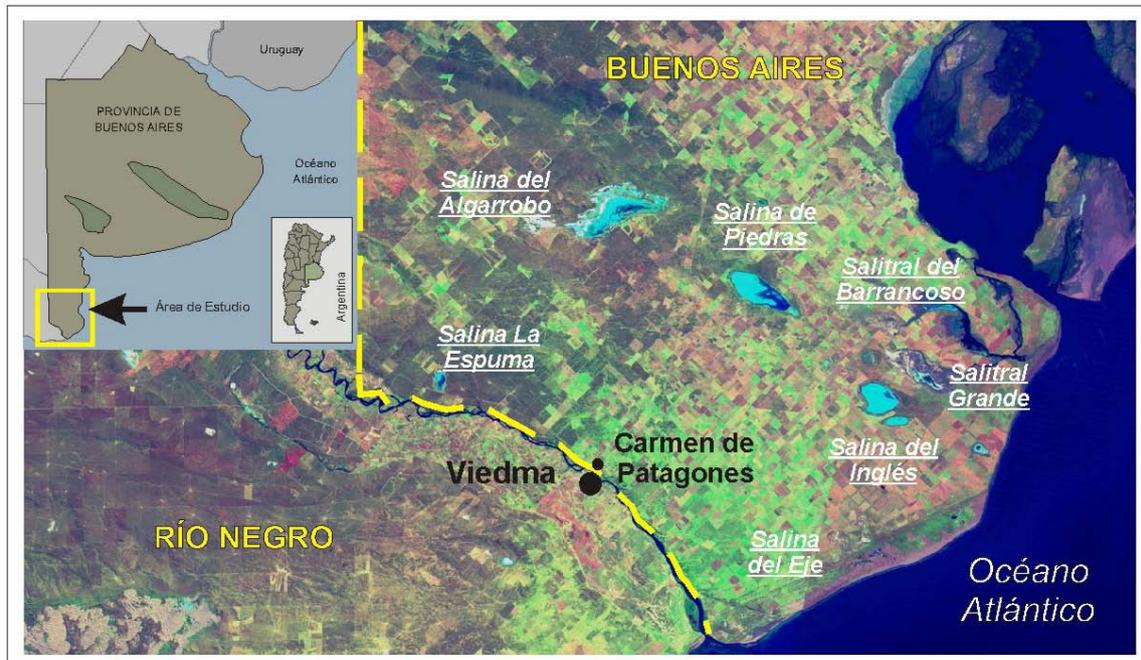


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio y de los principales cuerpos evaporíticos.

El objetivo de esta investigación es analizar el potencial de las imágenes SAR de RADARSAT-2 para realizar un análisis geomorfológico y ambiental de esta región y una zonificación de los cuerpos evaporíticos presentes, como base para definir una metodología que permita analizar y monitorear los cambios estacionales de estos depósitos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron imágenes SAR de RADARSAT-2 de verano e invierno; cada set conformado por un par de imágenes SDP (*Selective Dual Polarization*): imagen S1 (20-27°), polarización VV+VH y S3 (30-37°), polarización HH+HV. Se utilizaron como apoyo imágenes TM y ETM⁺ de LANDSAT-5 y 7. También fue incorporado un Modelo Digital de Elevación SRTM del Shuttle. Todas las imágenes fueron rectificadas geoméricamente y georreferenciadas. Las imágenes de radar fueron calibradas radiométricamente para su conversión a valores de Brillantez de Radar (β°) y Coeficiente de Retrodispersión o Reflectividad Radar (σ°) y sobre ellas se aplicaron distintos tipos de realces a los fines de mejorar su visualización.

Durante los trabajos de campo llevados a cabo en el mes de marzo del corriente año, se reconocieron las principales unidades geológicas y geomorfológicas del área de estudio, fueron identificadas las redes de drenaje principales y los distintos usos y coberturas del suelo. Asimismo fueron recorridos los principales cuerpos salinos del extremo sur de la provincia de Buenos Aires, en donde fueron observadas y descriptas las geoformas

presentes en el entorno de estos cuerpos, así como las superficies interiores. También fueron registradas y documentadas fotográficamente las especies vegetales –naturales e implantadas- asociadas a las distintas unidades geológicas y geomorfológicas, poniendo especial atención a la zonificación de las mismas entorno a los principales depósitos salinos. Sobre las imágenes de trabajo se identificaron las unidades reconocidas en el terreno para caracterizar la respuesta de las mismas a fin de analizar sus posibilidades de discriminación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre los cuerpos salinos de esta región se pudieron distinguir: salinas de cosecha (cubetas con cloruro de sodio explotable comercialmente) ej. Salina del Inglés y Salina de Piedra o Cagliero, y salitrales (cubetas en donde el material clástico domina por encima de las sales) ej. La Salinita, Salitral del Algarrobo, Salitral del Barrancoso y Salitral Grande (Figura 2). El primer grupo de estos cuerpos se aloja en depresiones endorreicas (sin comunicación actual ni reciente con el mar) y están compuestos por depósitos de sal (de varias decenas de centímetros de espesor) rodeados por planicies de fango, planicies de arena, barrancos y depósitos eólicos (médanos). El segundo grupo se caracteriza por tener una comunicación esporádica (actual o reciente) con el mar y se componen fundamentalmente de materiales clásticos finos con eflorescencias salinas presentes en las áreas mas deprimidas.



Figura 2. Imagen SAR de RADARSAT-2 de verano (VV) ilustrando las variaciones internas que se observan en algunos de los cuerpos evaporíticos de la región. Detalle de fotografías de campo de algunos sectores.

En líneas generales, las imágenes de radar de polarización cruzada (VH y HV) permitieron diferenciar más claramente los distintos tipos de cobertura de suelo, mostrando un mayor contraste entre las áreas vegetadas y no vegetadas. En estas imágenes se reconocieron más claramente los distintos ambientes y rasgos geomorfológicos, principalmente de origen eólico, tanto en las zonas litorales como en el entorno a los cuerpos salinos, en donde se observaron variaciones vinculadas a cambios en la cobertura vegetal, presentando los médanos fijos y móviles diferencias marcadas de respuesta en estas imágenes, situación que se repite tanto en las imágenes de verano como en las de invierno. En los depósitos salinos en general, las imágenes de polarización paralela (VV y HH) fueron aquellas que mejor reflejaron las variaciones internas de los depósitos, marcando las diferencias más conspicuas, si bien la información aportada por las distintas polarizaciones varía.

En las imágenes VV y VH pudieron detectarse dentro de los depósitos salinos, las áreas con afluencia de aguas subterránea (“ojos de agua”) que impiden la formación de capas de sal

potentes, como se observa en la Salina del Inglés, y en las HH y HV pudieron diferenciarse los sectores donde la capa de sal permanente es más potente, como se pudo observar también en la Salina de Piedra o Cagliero. Estas variaciones en el interior de los cuerpos salinos se observan mejor en las imágenes de verano, cuando la exposición de los niveles salinos es mayor, mientras que en invierno suelen estar cubiertos por una película de agua. En el caso de los salitrales, donde no existe una capa de sal bien desarrollada, las imágenes de polarización paralela (VV y HH) permitieron diferenciar claramente las planicies de fango de aquellos sectores donde las eflorescencias salinas están presentes. Asimismo en estas imágenes se observa claramente la vinculación de algunos de estos depósitos con el mar.

Los resultados preliminares alcanzados hasta la fecha son alentadores y serán completados con la realización de análisis de tipo cuantitativo sobre las imágenes SAR de RADARSAT-2 y con la incorporación de imágenes ópticas de mayor resolución espectral (imágenes ASTER de TERRA). Se espera sobre esta base poder definir una metodología adecuada para el estudio y monitoreo de la dinámica y evolución de estos cuerpos evaporíticos, de delicado equilibrio y gran dependencia con las condiciones medioambientales.

AGRADECIMIENTOS

Las imágenes SAR utilizadas en esta investigación fueron provistas por MDA (MacDonald Dettwiler and Associates) y CSA (Canadian Space Agency) en el marco del RADARSAT-2 SOAR Program (SOAR 2643) "Saltpan surface variations analysis with RADARSAT-2 data". Los trabajos de campo fueron realizados con los fondos adjudicados al Proyecto "Análisis geomorfológico y ambiental del área de transición pampeano-patagónica a partir de datos satelitales multi-fuente". Anuncio de Oportunidad Misión SAOCOM (CONAE- MINCYT).

BIBLIOGRAFÍA

- Crowley, J. K., 1993. Mapping playa evaporite minerals with AVIRIS data: a first report from Death Valley, California. *Remote Sensing of Environment*, 44, pp. 337-356.
- Del Blanco, M., Schalamuk, I., 1992. Características geoquímicas y económicas de las salinas del sudoeste de la provincia de Buenos Aires. IV Congreso Nacional de Geología Económica. Córdoba. Actas, pp.:293-304.
- Del Blanco, M., Schalamuk, I., 1993. Contribución al conocimiento de los cuerpos salinos del partido de Patagones, Provincia de Buenos Aires. Situación Ambiental de la Provincia de Buenos Aires. Recursos y rasgos naturales en la evaluación ambiental. CIC Año III N°23, pp. 35.
- Del Blanco, M., Marchionni, D., Romero, S., Cábana, M. C., 2005. Depósitos evaporíticos de la provincia de Buenos Aires. (Eds. de Barrio, R., Etcheverry, R., Caballé, M. y Llambías, E.) XVI Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio N° 27: 417-434.
- Ghrefat, H. A., 2004. Hyperspectral and multispectral studies of evaporate minerals at White Sands, New Mexico. Environmental Science and Engineering PhD Thesis. University of Texas at El Paso. Pp. 385.
- Kierein-Young K. S., 1997. The integration of optical and radar data to characterize mineralogy and morphology of surfaces in Death Valley, California, U.S.A. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 18 N°7 : 1517-1541.
- Kratt, C., Coolbaugh, M., Calvin, W., 2006. Remote Detection of Quaternary Borate Deposits with ASTER Satellite Imagery as a Geothermal Exploration Tool. *GRC Transactions*, Vol. 30, pp: 436-439.
- List, F. K., Meissner, B., 1989. Landsat-TM study of Sabkha surfaces in the Qattara Depression, Northwestern Egypt. Proceedings of a Workshop on "Earthnet Pilot Project on Landsat Thematic Mapper Applications". Frascati, Italy. Pp. 99-110.
- Marchionni, D., Martinez, G., Del Blanco, M., Cavayas, F., 2009. Saltpan surface variations analysis with RADARSAT-2 data. POLinSAR 2009. The 4th International Workshop on Science and Applications of SAR Polarimetry and Polarimetric Interferometry. ESA-ESRIN. Frascati (Rome), Italia. Enero de 2009. ESA Special Publication (ESA SP-668, April 2009). Paper 250 Pp: 1-7.
- Schalamuk, I., Del Blanco, M., Marchionni, D., Romero, S., Cábana, M. C., 1999. Salinas y Sulfateras de la región Pampeana. Buenos Aires y La Pampa. (Ed. Zappettini, E.). Recursos Minerales de la República Argentina, Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1947-1962.