

Aporte de imágenes SAR y ópticas para el mapeo geomorfológico en la llanura pampeana argentina

Oscar Gómez ⁽¹⁾, Gustavo, A. Martínez ⁽²⁾ y Hector Salgado ⁽³⁾

(1) Facultad de Ciencias del Medio Ambiente Marino, Universidad de Perpignan, Francia. redssmoking@yahoo.es

(2). Centro de Geología de Costas y Cuaternario, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. gustavo@interra.es

(3) Cátedra de Hidrología Agrícola, Facultad de Agronomía UBA, Argentina. hasalga101@yahoo.com.ar

Resumen

La región pampeana ocupa el sector centro-este de Argentina y constituye una amplia llanura formada superficialmente por sedimentos cuaternarios no consolidados. Estos depósitos fueron aportados en gran medida por agentes eólicos provenientes del oeste y sudoeste y parcialmente redistribuidos por acciones hídricas.

Las técnicas de análisis de imágenes satélite parece ser unas de las mejores herramientas para la cartografía geomorfológica en el área. La complementariedad de los datos ópticos y de radar, permitió la identificación de rasgos eólicos y fluviales en los depósitos de loésicos del área. Los patrones eólicos consisten en dunas parabólicas, longitudinales y cubetas de deflación. Esta contribución tiene por objetivo la identificación y mapeo e interpretación de geoformas en el área, que en general responden a paisajes relictuales eólicos y fluviales, generados en condiciones de mayor aridez que las actuales durante diferentes fases climáticas del Pleistoceno tardío-Holoceno.

1. Introducción

Los sedimentos más superficiales que cubren la región pampeana Argentina están constituidos mayoritariamente por minerales derivados de rocas volcánicas provenientes de la Cordillera y otros sectores de la Patagonia [1]. Han sido transportados por el viento desde estas regiones, al menos durante los últimos 5 millones de años y dispersados a lo largo de toda la región centro-este de país (Fig.1). Precisamente la historia geológica de esta región proviene del análisis de estos depósitos desde el punto de vista estratigráfico y de su contenido paleontológico. Ello ha permitido además interpretar la historia paleoclimática de la región. No obstante pocos son los estudios geomorfológicos existentes. La información satelital permitió brindar una escala regional para el reconocimiento de las geoformas dominantes del paisaje, es decir un relieve formado por paleodunas con distinta morfología. Rasgos eólicos fósiles como las cubetas de deflación y dunas con forma de medialuna asociadas, ya habían sido

bien descritos e interpretados [2]). Posteriormente los rasgos de mayor escala como dunas parabólicas y longitudinales en la región pampeana, solo fueron descritos en el oeste de la provincia de Buenos Aires a partir de imágenes Landsat MSS [3,4,5,]. A partir de imágenes ópticas y de radar [6,7] describen estos rasgos eólicos relictuales en el sudeste bonaerense y establecen una cronología de geoformas para esa región.

Este paisaje, estabilizado por la vegetación actual con un régimen de precipitación anual de 700-900 mm/año, ha sido activo durante las fases más áridas ocurridas durante el Pleistoceno tardío y el Holoceno.

Estos ambientes han evolucionado bajo diferentes condiciones climáticas durante el Cuaternario que imprimieron rasgos característicos en el relieve. Los eventos glaciales y estadales, vinculados con condiciones frías y secas, permitieron la reactivación del paisaje y formación de rasgos de origen eólico. Los eventos interglaciales e interstadiales se vinculan condiciones más cálidas y húmedas, con la consiguiente estabilización del paisaje, prevaleciendo la pedogénesis como proceso dominante.

La teledetección constituye una herramienta fundamental para la identificación de rasgos geomorfológicos en la llanura pampeana, debido al escaso desnivel relativo de los rasgos eólicos y a la densa cubierta de vegetación actual.

Esta contribución tiene por objetivo la identificación y mapeo e interpretación de geoformas en el área, que en general responden a paisajes relictuales eólicos y fluviales, generados en condiciones de mayor aridez que las actuales durante diferentes fases climáticas del Pleistoceno tardío-Holoceno.

El área estudiada tiene una superficie de 640 Km² y se localiza en el sector central de la provincia de Buenos Aires (59°45'W-60°30'W, 36°30'S-37°15'S), abarcando las ciudades de Azul y de Olavaria (Fig. 1).



Fig.1. Mapa de situación

2. Metodología

Se utilizó una imagen LANDSAT TM (Path/Row : 225/086, 1 de junio del 1999) y una imagen ERS2 (18 de septiembre de 1999). El procesamiento de las imágenes se realizó el software PCI 6.2 según en las siguientes etapas :

1. Georreferenciación: la imagen ERS 2 fue escalada de 32 a 8 bits y luego corregida geoméricamente mediante el método de puntos de control y registrada con las funciones de transformación (convolución cúbica y polinomios de segundo grado, según la proyección Traverse Mercator Gauss Kruegger y el elipsoide internacional 1924.
2. Posteriormente la imagen LANDSAT TM se registro con la imagen Landsat, con las transformaciones de "nearest neighbour" y polinomios de segundo orden. Previamente la imagen de radar
3. Filtrado de las imágenes: a fin de reducir el ruido "speckle" las imágenes de radar fueron filtradas mediante filtros no adaptativos (media, mediana) y adaptativos (Kuan, Map, Gamma, Lee, Frost y sus mejorados). De ellos, el que mejor resultado ofreció fue el Gamma con matrices de 5x5.
4. Fusión de las imágenes: se fusionaron las imágenes LANDSAT y ERS producidas mediante la transformación IHS, utilizando las bandas 3,4 y 5 de la imagen TM y el componente intensidad de la ERS 2.
5. Análisis visual e interpretación

3. Descripción de los Ambientes Geomórficos

El área de estudio abarca una zona de transición de distintos ambientes geomorfológicos, que comprenden el área serrana de Tandilia y su piedemonte nororiental. El relieve serrano primario de origen tectónico, controló en cierto modo la dinámica y evolución de los ambientes cuaternarios de la región. Sobre la base del mapeo geomorfológico a partir de las imágenes satelitales y apoyo de campo, se definieron tres ambientes geomórficos principales: Sierras, Llanura loésica Ondulada y Llanura Loésica Fluvioeólica (Fig. 2).

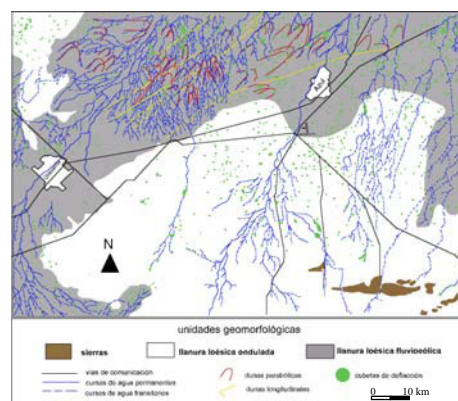
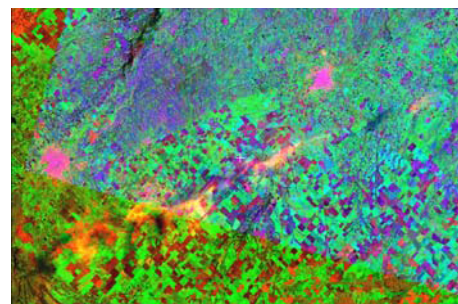


Fig. 2. Arriba: imagen compuesta R:TM3 , G:TM4; B:ERS (Filtro Gamma 3*3). Abajo: Mapa geomorfológico.

Estos ambientes han evolucionado bajo diferentes condiciones climáticas durante el Cuaternario, las cuales imprimieron rasgos característicos en el relieve. Estos cambios se vinculan con las oscilaciones climáticas ocurridas durante el Cuaternario (últimos 2 millones de años). Los eventos glaciales y estadales, vinculados con

condiciones frías y secas, permitieron la reactivación del paisaje y formación de rasgos de origen eólico.

3.1. Sierras

El ambiente de Sierras está constituido por elevaciones del sistema de Tandilia, litológicamente formadas por un basamento igneo-metamórfico de edad precámbrica [8]. Los bloques serranos se encuentran aislados entre sí y separados por amplios valles de fondo plano o por lomas que se adosan a las sierras o forman sistemas complejos. En el área de estudio solo afloran algunas sierras de escasa altura en el sector SE (Fig. 2).

3.2. Llanura Loésica Ondulada

Comprende un relieve de lomas morfológicamente complejas (elongadas a subcirculares) que ocupan los valles interserranos, y en algunos casos se adosan a las vertientes serranas. Litológicamente están formadas por loess arenosos de edad Pleistoceno tardío-Holoceno. El contacto con la unidad Llanura Loésica Fluvioeólica es claro y se vincula a un cambio topográfico relativamente abrupto y fácilmente identificable en las imágenes Landsat (Fig. 2), remarcado por la aparición de un diseño dendrítico de la red de drenaje, que caracteriza este último ambiente al ambiente geomorfológico (Fig. 4). Otro rasgo fósil de origen eólico son las cubetas de deflación, actualmente lagunas, que generalmente no sobrepasan el km de diámetro. Se distribuyen saltuariamente, aumentando su densidad en los sectores más bajos de esta unidad, próximo la límite con la Llanura loésica fluvioeólica (Fig. 3). Su génesis probablemente este ligada a ciclos áridos ocurridos durante el Holoceno medio o tardío.

3.3. Llanura Loésica Fluvioeólica

Este relieve de escasa pendiente ($< 0,1\%$) está caracterizado por una asociación de paleodunas parabólicas y longitudinales y cubetas de deflación (Figs. 2, 3 y 4). Las primeras tienen menor desarrollo, de 0,5 a 2 km y direcciones variables que ocupan el cuadrante norte a este. Las paleodunas longitudinales se superponen parcialmente a las anteriores y presentan un mayor desarrollo longitudinal (hasta 100 km) y una dirección más definida (N50°E a N75°E) (Fig.2). En ancho, para ambos juegos, varía de 40 a 300 m y el desnivel relativo es de 0,5 a 3 m. Dado el carácter unimodal a estrechamente bimodal de estas geoformas, su génesis se vincula con paleovientos del Sudoeste y

Oeste respectivamente. Algunos autores [6,7]), reconocen estos sistemas dunarios para el sudoeste de la provincia de Buenos Aires y sobre la base de relaciones estratigráficas y edades absolutas asignan una edad Holoceno medio a las paleodunas parabólicas y Holoceno tardío (Pequeña edad de Hielo) para las paleodunas longitudinales. Este último evento, caracterizado como un período más frío y seco que el actual, ya fue mencionado para áreas marginales de la Pampa Húmeda [9]. Estas condiciones habrían sido suficientes para reactivar la dinámica eólica en el paisaje. Las paleodunas longitudinales representan el rasgo eólico más conspicuo, resaltando en el paisaje por sus formas poco modificadas (Fig. 4).

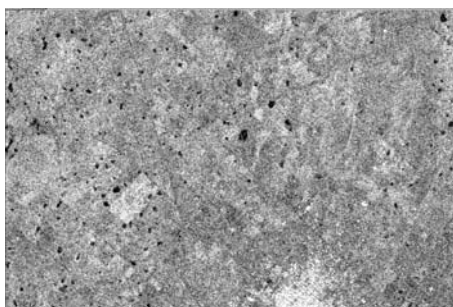


Fig. 3. Detalle de Llanura Loésica Fluvioeólica de la Imagen ERS, que permite discriminar con claridad las lagunas, que corresponden a antiguas cubetas de deflación.



Fig. 4. Imagen Landsat TM de un sector de la Llanura Loésica Fluvioeólica. Los lineamientos de tonos más claros y dirección aproximada NE corresponden a brazos de paleodunas parabólicas y longitudinales, originadas durante la reactivación del paisaje en el Holoceno medio y tardío.

El patrón de geoformas de origen eólico condicionó en gran parte el sistema de drenaje. Mientras que algunos cursos principales han tenido el potencial morfogenético suficiente para mantener el diseño de

sus cauces, los cursos de 1° y 2° orden han sido obliterados por el sistema de dunas parabólicas y longitudinales, ocasionando localmente anegamientos (Fig.4).

4. Conclusiones

La integración de datos ópticos y de radar ha dado resultados muy satisfactorios en la identificación y mapeo de rasgos eólicos y fluviales en la región pampeana. Esto se debe a que las geoformas dominantes, paleodunas y red de drenaje, son de difícil reconocimiento en el campo debido al escaso relieve relativo, la densa cubierta de vegetación y la gran desarrollo longitudinal de las geoformas eólicas.

Este paisaje relictual, estabilizado en las condiciones climáticas actuales, no solo controló y controla la dinámica del escurrimiento, sino también define en gran parte la distribución y el uso de los suelos en la región. La influencia de este antiguo paisaje de origen eólico, revela la importancia de disponer de estudios geomorfológicos tanto para la cartografía de suelos como para el manejo y planificación de cuencas hidrográficas en la región pampeana.

- [1] Teruggi, M.E.. The nature and origin of the Argentine loess. *Jour.Sed.Petr.*, 27, 322– 332, 1957.
- [2] Tricart, J.L. Geomorfología de la pampa deprimida. INTA. Colección Científica N° XII. 1973Khalé, A.B., Palluconi, F.D., Hook, S.J., Realmuto, V.J., Bothwell, G, “The advanced spaceborne thermal emission and reflectance radiometer (ASTER). *Int. J. Imaging Sys. Tech.*, 3, 144-156, 1991.
- [3] Dillon, A.; Hurtado, M.; Gimenez, J. y Castillo, R. “Consideraciones geomorfológicas y estratigráficas como base del carteo de suelos de un sector de la Pampa Arenosa (Pcia. de Buenos Aires)”. *Iras.Jorn.Geol.Bon.*, Tandil, Argentina, Actas, 737-749, 1985.
- [4] Gardenal, L.M. “Geomorfología del partido de Saliqueló, provincia de Buenos Aires”. *Comis.Inv.Cientif.Prov. BsAS*, Informe Inédito, 61 pp, 1988.
- [5] Malagnino, E.C. “Evolución del sistema fluvial de la provincia de Buenos Aires desde el Pleistoceno hasta la actualidad”.

Seg.Jorn.Geol.Bon., Bahía Blanca, Argentina, 291-211, 1988.

- [6] Martínez, G.A. “Geomorphology and Late Cenozoic geology of the southern side of Tandilia Range, Buenos Aires province, Argentina”. *Internatinal Symposium Geomatics in the Era od Radarsat*, Ottawa, Canadá, Expanded Abstracts, 482-483, 1987.
- [7] Martinez, G.A.; Martínez Arca, J.; Gwyn, Q.H.J. y Bernasconi, M.V. “Combined use of RADARSAT-1 and Ladsat TM data for geomorphological applications in lowlands of Buenos Aires Province, Argentina”. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 27, 8 pp., 2001.
- [8] Dalla Salda, L. & Iñiguez, M. “La Tinta, Precámbrico y Paleozoico de Buenos Aires”. *VII Congr. Geol. Arg.*, Buenos Aires, Actas, I, 539-550. 1979.
- [9] Rabassa, J.; Brandani, A.; Saleme, M. y Politis, G. “La “pequeña edad de hielo” (siglos XVII a XIX) y su posible influencia en la aridización de áreas marginales de la Pampa Húmeda (Provincia de Buenos Aires)”. *Iras.Jorn.Geol.Bon.*, Tandil, Argentina, 559-557, 1985.