

# GENERACIÓN DE UN MDE ADAPTADO A PLANICIES HIDROLOGICAS. CUENCA DEL RÍO SAMBOROMBÓN, BUENOS AIRES

## DEM generation adapted to hydrological argentine plains. Samborombón River basin, Buenos Aires

*Borzi, Guido<sup>1</sup>; Santucci, Lucia<sup>1</sup>; Tejada, Macarena<sup>2</sup> y Carol, Eleonora<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Geológicas, CONICET, UNLP, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, <sup>2</sup>Área de Geografía Física. Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.  
gborzi@fcnym.unlp.edu.ar

Palabras clave: Cuenca de llanura, planicie de inundación, modelos digitales de superficie, modelos digitales de terreno.

Eje temático: 8. Riesgo ambiental  
Modalidad: Poster

### Resumen

Los modelos digitales de elevación son utilizados extensamente por la hidrología. Algunos de ellos se encuentran difundidos globalmente y son adquiridos gratuitamente, siendo el principal problema para su utilización en áreas de llanura la sobreestimación de las pendientes. El objetivo del trabajo es generar un modelo digital de elevación adaptado a planicies hidrológicas, tomando como área de estudio la cuenca del Río Samborombón. Los resultados evidencian que el modelo generado reproduce satisfactoriamente características como la morfología del cauce, la llanura de inundación y las pendientes tendidas. La metodología empleada en este trabajo es un inicio para la generación de modelos hidrológicos y mapas de riesgo en áreas donde la pendiente es muy escasa.

### Abstract

Digital elevation models are widely used by hydrology. Some of them are widespread globally and can be acquired freely being the main problem for its use the overestimate of the slope in plain areas. The aim of this work is to create a digital elevation model adapted to hydrological plains, taking as study area the Samborombón River basin. The results show that the generated model successfully reproduces characteristics such as stream morphology, the floodplain and scarce slope. The methodology used in this work is a beginning for the generation of hydrological models and risk maps in areas where the slope is very scarce.

### Introducción

Los Modelos Digitales de Elevación (MDEs), definidos como una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno (Felicísimo, 1994), se encuentran muy difundidos en estudios relacionados con la hidrología (Tate *et al.* 2002, Tosi *et al.* 2010, Álvarez *et al.* 2012).

Es común emplear indistintamente los conceptos Modelos de Elevación Digital (MDE), Modelos Digitales del Terreno (MDT) y Modelos Digitales de Superficie (MDS), sin embargo, MDE es un término genérico que engloba a los MDS y los MDT. Los MDS recogen la altura de cualquier objeto sobre la superficie terrestre (vegetación, edificios, construcciones, etc.), es decir, cotas altimétricas relativas a la orografía del terreno; mientras que los MDT se basan en valores de altura sobre el terreno desnudo (Hirt 2014).

La adquisición de ciertos MDEs a escala global, es gratuita a través del U.S. Geological Survey (USGS). Sin embargo la resolución espacial de estos MDEs o la calidad de sus datos no suele ser precisa en áreas de llanura, ya que sobreestiman las pendientes (Guth, 2006; Farr, 2007).

La provincia de Buenos Aires comprendida dentro de la Región Pampeana (Figura 1a), alberga numerosas cuencas de escasa pendiente. Dentro de ella, en el noreste, la cuenca del Río Samborombón (Figura 1a y 1b) cuenta con una extensión de 5400 km<sup>2</sup> y un escaso gradiente hídrico de 0,03 a 0,01 %.

La realización de modelos hidrológicos fiables para la cuenca del Río Samborombón cuenta con dos problemáticas. Una de ellas es la escasez de datos hidrológicos como precipitaciones locales y caudales monitoreados en el tiempo. La otra es que los relevamientos topográficos de detalle, de menor escala (1:50.000) realizados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) no se encuentran digitalizados en una zona de escaso gradiente hídrico. El objetivo del trabajo es generar un modelo digital de elevación adaptado a planicies hidrológicas, tomando como área de estudio la cuenca del Río Samborombón.

### **Materiales y métodos**

La metodología se basa en la generación de un MDE de tipo MDT y su comparación mediante secciones con otros MDEs de libre acceso adquiridos a través el USGS como el ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), el SRTM (Misión Shuttle Radar Topography Mission) y el realizado por el IGN (IGN 2014).

El MDE se confeccionó a partir de las cartas topográficas a escala 1:50.000 realizadas por el IGN, utilizando la herramienta Topo to Raster del Software ArcGIS 10.0. Este método está basado en el programa ANUDEM desarrollado por Hutchinson (1989), que crea MDEs hidrológicamente correctos mediante la interpolación de curvas de nivel, puntos acotados, red de drenaje y depresiones. Para la utilización de este método fueron georreferenciadas 24 cartas topográficas, se digitalizaron las curvas de nivel con una equidistancia de 1,25 m y se marcaron todos los puntos acotados presentes en las cartas (2152). La red de drenaje fue digitalizada mediante imágenes satelitales de alta resolución (ESRI ArcMap 10.0 satellite imagery basemap). También fueron marcados como puntos, 2680 zonas identificadas en imágenes satelitales como depresiones (por presencia de agua o próxima a la superficie), las cuales fueron corroboradas posteriormente en trabajos de campo.

El MDT fue generado con un tamaño de pixel de 30 m para poder trabajar con una resolución espacial semejante al de las imágenes del satélite Landsat. Este tamaño de pixel permite también representar el ancho medio del cauce del río el cual presenta valores extremos de 15m en cabeceras y 60m en desembocadura. Las diferencias entre los cuatro MDE fueron observadas a partir de la realización de perfiles en secciones del río.

Por último, para observar niveles alcanzados por la crecida del río, se seleccionó una imagen Landsat que en función de los registros de lluvias resulta representativa de un evento de inundación, acotando las márgenes alcanzadas por el agua.

### **Resultados**

El MDT generado no incluye altimetrías relacionadas a edificaciones, forestación o algún otro tipo de elemento no asociado a la topografía. Esto es importante debido a que no genera las falsas altimetrías representadas en los otros MDEs como por ejemplo sitios arbolados, característica conspicua de las estancias y de las zonas de ribera, que en otros MDEs se visualizan como zonas topográficamente altas (cuadrante medio de la Figura 1e, f). Estas falsas alturas generan pendientes bruscas y lomadas en sitios arbolados. Otra característica es que el MDT posee pixeles adyacentemente similares, obteniendo las pendientes tendidas del área de estudio (Figura 1c). En los otros MDEs, los pixeles adyacentes no son similares y en consecuencia el relieve resultante es muy irregular (Figura 1d, e y f).

La morfología del terreno del MDT respecto de los otros MDEs puede apreciarse en las secciones efectuadas perpendiculares al cauce del río (Figura 1c). En los perfiles obtenidos a partir de ASTER, SRTM e IGN (Figura 1d, e y f) la línea topográfica presenta quiebres abruptos y en ninguno de los dos casos es posible distinguir morfologías fluviales. En el perfil obtenido con el DTM la línea topográfica es suave pudiéndose reconocer la zona de albardón, llanura de inundación e incisión del cauce principal del río (Figura 1c). Esto permitió mediante la superposición de la imagen Landsat, obtener una relación entre las áreas del cauce y la llanura de inundación de 1:50.

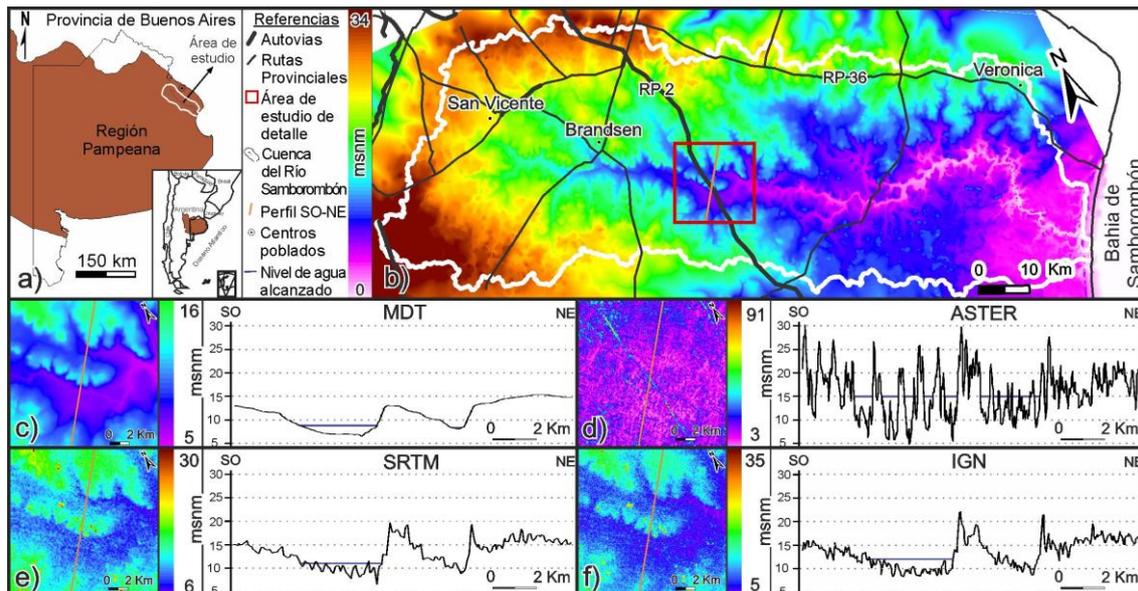


Figura 1: a) Ubicación, b) MDT del área de estudio y secciones, c) MDT, d) ASTER, e) SRTM y f) IGN.

## Conclusión

El MDT realizado en este trabajo constituye la base para futuros estudios relacionados a modelación hidrológica, mapas de pendientes adecuados, y mapas de riesgo, ya que en él se define la morfología del cauce, llanura de inundación y divisoria de agua, eliminando el problema de copas arbóreas. Si bien la metodología utilizada insume mucho tiempo, permite obtener una muy buena representación del relieve. Dicho modelo es ideal para estudios hidrológicos de grandes llanuras donde los MDEs disponibles no se corresponden con morfología del terreno observada en el campo, siendo aplicable a cuencas con similares características y problemáticas.

## Bibliografía

- ALVAREZ M., M. M. TROVATTO, M. A. HERNÁNDEZ & N. GONZÁLEZ. 2012. Groundwater flow model, recharge estimation and sustainability in an arid region of Patagonia, Argentina. *Environmental Earth Sciences*, 66: 2097-2108. Berlin: Springer.
- GUTH, P.L. 2006. Geomorphometry from SRTM: Comparison to NED: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 72: 269 - 277. Reston: ASPRS.
- FARR, T.G., P.A. ROSEN, E. CAROL, R. CRIPPEN, R. DUREN, S. HENSLEY y D. SEAL. 2007. The Shuttle Radar Topography Mission, *Rev. Geophys.*, 45: 21- 22. Danvers: AGU.
- FELICÍSIMO, A.M. 1994. Parametric statistical method for error detection in digital elevation models. *ISPRS Journal of Photogram. and Remote Sensing*, 49: 29-33. Enschede: Elsevier.
- HIRT, C. 2016. *Encyclopedia of Geodesy*, 2-7. Switzerland: Springer.
- HUTCHINSON, M.F. 1989. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits, *Journal of Hydrology*, 106: 211–232, Amsterdam: Elsevier.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. 2014. Modelo Digital de Elevaciones de la República Argentina MDE-Ar. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: IGN
- TATE, E.C., D.R. MAIDMENT, F. OLIVERA & D.J. ANDERSON. 2002. Creating a Terrain Model for Floodplain Mapping. *Journal of Hydrologic Engineering*, 7: 100-108. Reston: ACSE
- TOSI, L., E. KRUSE, F. BRAGA, E. CAROL, S. CARRETERO, J. POUSA, F. RIZZETTO y P. TEATINI. 2013. Hydro-morphologic setting of the Samborombón Bay (Argentina) at the end of the 21st century. *NHESS*, 13: 523-534. Hanover: Copernicus Gesellschaften.

# INUNDACIONES EN LA REGIÓN DE LA PLATA: FACTORES NATURALES Y ANTRÓPICOS

## Flooding in La Plata region: natural and anthropogenic factors

*Fucks, Enrique*<sup>1</sup>; *Nucetelli, Gustavo*<sup>2</sup>; *D'Amico, Gabriela*<sup>3</sup>; *Pisano, Florencia*<sup>4</sup>  
y *Martínez, Omar*<sup>5</sup>

<sup>1</sup>UNLP, Facultad Ciencias Naturales y Museo y Agrarias y Forestales/CEIDE-IAMRA.

<sup>2</sup>UNLP, Facultad Ciencias Naturales y Museo y Agrarias y Forestales/CEIDE.

<sup>3</sup>UNLP, Facultad de Humanidades y Ciencias de la educación, CEIDE-CONICET.

<sup>4</sup>UNLP, Facultad Ciencias Naturales y Museo/CEIDE-CONICET. <sup>5</sup>UNLP, Facultad Ciencias Naturales y Museo y Facultad de Humanidades y Ciencias de la educación, CIC.

efucks@fcnym.unlp.edu.ar

Palabras clave: Inundaciones, geomorfología, clima, urbanización.

Eje temático: 8. Riesgo ambiental

Modalidad: Ponencia

### Resumen

La Región de La Plata ha sufrido desde tiempos históricos diversos acontecimientos dramáticos en relación a episodios de inundaciones, los que a medida que la urbanización ha ido aumentando, se vieron intensificados, no solo por el incremento de su magnitud, sino también por el aumento de la población y por ende, de personas afectadas. Factores naturales y antrópicos son responsables de los mismos, los que si bien son puntuales e independientes, es común que se potencien, aumentando drásticamente las pérdidas materiales y de vidas humanas. Aspectos geomorfológicos y climáticos (sudestadas y precipitaciones) pueden considerarse entre los primeros, y planeamiento urbano, aumento de superficie fuertemente impermeable, ocupación de áreas deprimidas, canales inadecuados y barreras hidráulicas, se destacan entre los aspectos antrópicos.

### Abstract

The Plata Region has suffered, since historical times, dramatic flooding events, which have been intensified as the urbanization increased, not only in their magnitude, but also because of the increase of population, and therefore, of people affected by them. Both natural and anthropogenic factors are responsible of the events. Although they are punctual and independent, it is common that they potentiate, drastically increasing material damage and life loss. Geomorphologic and climatic aspects (sudestadas and precipitation) can be considered among the first factors, and urban planning, increase of the waterproof surface, occupation of low lands, inadequate channels and hydraulic barriers stand out among the anthropogenic factors.

### Introducción

La zona de estudio abarca los partidos de La Plata, Berisso y Ensenada (Figura 1). El clima de la región es de tipo templado-húmedo, con precipitaciones medias anuales de 1079 mm/año que se distribuyen estacionalmente, siendo su humedad relativa de 77% y temperatura media anual de 16,2 °C. Desde el punto de vista geomorfológico se encuentra ubicada en dos unidades contrastantes: La Planicie Continental o Zona Interior y la Planicie Costera o Llanura Costera (Fidalgo y Martínez, 1983).

La Planicie Continental se extiende desde el paleocantilado holoceno hacia el interior de la región (Fig. 1). Está integrada por depósitos loessicos asociados con episodios áridos del Cuaternario, sobre los cuales se implantó la red de drenaje actual y gran parte de la zona urbana platense. Está caracterizada por el desarrollo de cuencas fluviales con cauces bien definidos asociados a hoyos o cubetas de deflación sobre las divisorias.

La Llanura Costera ha sido generada por eventos transgresivos-regresivos representada por extensos humedales y se extiende desde el paleocantilado hasta la costa actual (Figura 1). Los depósitos que conforman esta geoforma estas representados por fangos arenas y

conchillas, depositados en diferentes subambientes como paleoestuarios, llanuras de marea relictuales, cordones litorales, sistema deltaico y playa.

El objetivo de este trabajo es relacionar las unidades geomorfológicas con los fenómenos climáticos catastróficos que se han producido en los últimos años en el área de estudio, y la influencia que los factores naturales y antrópicos han tenido como desencadenantes y atenuantes de los mismos.

### Materiales y métodos

A partir de la interpretación de mapas topográficos, fotografías aéreas e imágenes de satélite se identificaron diferentes rasgos geomorfológicos, los cuales fueron caracterizados mediante observaciones directas en el campo (excavaciones y perforaciones manuales). Los factores climáticos fueron analizados a partir de registros del Servicio Meteorológico Nacional, la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la UNLP (Universidad nacional de La Plata), el Servicio de Hidrografía Naval y se consultaron los principales periódicos de la región.

### Resultados

La mayor problemática que afecta a la región son las inundaciones, donde se pueden identificar dos eventos independientes que afectan distintas aéreas pero que en algunos casos pueden potenciarse: inundaciones por **sudestadas** e inundaciones por **precipitaciones extraordinarias**.

Las sudestadas son eventos de anomalía climática asociadas a fuertes vientos del cuadrante ESE que genera una onda de tormenta que ingresa por el estuario del “Río de la Plata”, aumentando el nivel de las aguas a medida que se aproxima a la costa. Las poblaciones que se desarrollan sobre la Planicie Costera, ámbito de menor altitud, son las más perjudicadas. Si bien se han registrado numerosas sudestadas, se destacan los eventos de 1914, 1940, 1958 y 1989, afectando principalmente los sectores costeros de Berisso, Ensenada y las islas Paulino y Santiago. Las soluciones instrumentadas fueron y son la construcción de protecciones (muros de contención) y elevación del nivel de construcción, a través de relleno, las cuales no siempre son las más adecuadas.

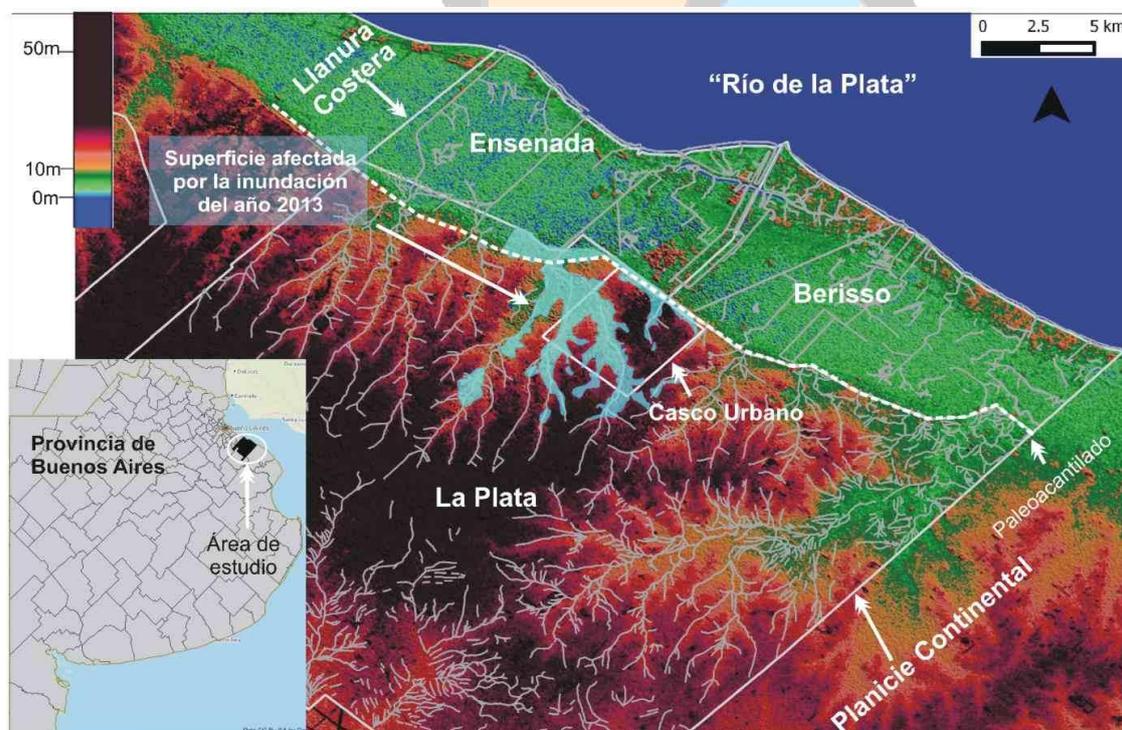


Figura 1. Ubicación del área de estudio. En la imagen se encuentran representadas con diferentes colores las alturas promedio de la región, diferenciándose dos grandes unidades geomorfológicas y la superficie afectada durante la inundación del año 2013 (modificado de Licsia, 2013).

Las inundaciones por precipitaciones extraordinarias afectan vastos sectores de la Planicie Continental. La creciente presión urbana sobre la región ha aumentado el riesgo de inundaciones, ya que gran parte de las planicies de inundación y los cursos han sido total o parcialmente ocupadas por la urbanización e inclusive sin precipitaciones extraordinarias. El último de estos eventos ocurrió en abril de 2013 y afectó casi exclusivamente el casco urbano Platense (Figura 1), perjudicando a la población radicada sobre o en cercanías de las antiguas líneas de drenaje. La impermeabilización del suelo y la intensidad de las precipitaciones (cerca 300 mm en 3 horas) produjeron una concentración de agua tan importante, que ocasionó el mayor desastre natural que se conozca en la ciudad. En las últimas dos décadas ocurrieron otros hechos similares pero de dimensiones menores (1998, 2002, 2005 y 2008) afectando diferentes sectores de la región.

### **Conclusiones**

Los factores desencadenantes de estas catástrofes pueden agruparse en naturales y antrópicos. Dentro de las causas naturales se encuentran las intensas precipitaciones y las exiguas pendientes existentes en la región, sobre todo en las cercanías del contacto entre la Planicie Continental y la Planicie Costera. Asimismo, la red drenaje sobre la que se desarrolló la ciudad presenta importantes desniveles, que al aumentar el escurrimiento, producen la concentración de agua de manera más rápida en las antiguas líneas de drenaje.

Dentro de los factores antrópicos se destacan la falta de planificación urbana con la consecuente ocupación de las planicies de inundación e impermeabilización del suelo; canales de desagües insuficientes y falta de mantenimiento en los entubamientos urbanos. Otro componente importante es el trazado que presentan las vías troncales de comunicación (e.g. Camino Centenario y General Belgrano, vías del Ferrocarril General Roca, Autopista Buenos Aires La Plata) que se disponen perpendicularmente al drenaje actuando como verdaderos dique de contención al escurrimiento. Debe considerarse que en la cercanía de los cauces de arroyos se asienta población de bajos recursos lo que agudiza la vulnerabilidad que presentan ante eventos de inundación.

### **Bibliografía**

FIDALGO, F. y O.R. MARTÍNEZ. 1983. Algunas características geomorfológicas dentro del Partido de La Plata (Buenos Aires). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 38(2): 263-279.

LISCIA, S. 2013. Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada. Informe Técnico Departamento de Hidráulica. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata. ([www.sedici.unlp.edu.ar](http://www.sedici.unlp.edu.ar): mayo-2015).

I JORNADAS  
Internacionales y III Nacionales  
de AMBIENTE

“los nuevos desafíos: comunidad, participación e investigación”