

Cartografías de riesgos de inundaciones y anegamientos en la provincia de Corrientes (Argentina)¹

Mariana Paola Odriozola²
Félix Ignacio Contreras³



Palabras clave: Inundaciones; anegamientos; SIG; riesgo; Corrientes.

1. Introducción

Los conocimientos referidos a la topografía del lugar constituyen la base de toda investigación referida al estudio, ya sea directa o indirectamente, de los paisajes, sus dinámicas y evolución. Esto conlleva que esta información resulte de interés para diversas ciencias y no exclusivamente a la geografía.

En el análisis del relieve, el concepto de pendiente desempeña un papel esencial. Toda porción de la superficie presenta un declive que es necesario calcular. No existe la pendiente nula: aun un lago antiguo colmatado presenta una inclinación [1].

Para que exista un escurrimiento son necesarios fundamentalmente dos factores: las precipitaciones y una pendiente que permita la circulación del agua. Esto marca la importancia de conocer la topografía del lugar, ya que la existencia de una depresión tenderá a retener

¹ Esta investigación fue llevada a cabo gracias al Proyecto "Evaluación de la diversidad ictica en la planicie del río Paraná Medio". SGCyT – UNNE, B009-2014 (2015- 2018). Res. 155/15 C.S.

² Instituto de Investigaciones Biotecnológicas (CONICET-UNSAM) Chascomús, Argentina.

³ Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CONICET-UNNE), Corrientes, Argentina. figcontreras@hotmail.com.

agua por un tiempo determinado, impidiendo muchas veces la formación de corrientes.

En relación con los riesgos por inundación y anegamientos urbanos, Contreras y Fantín [2] mencionan la ciudad de Corrientes como un claro ejemplo de las consecuencias que genera la expansión urbana sobre cursos autóctonos y áreas anegables, que pueden ser extrapolables a la gran mayoría de las localidades de la provincia. Según los autores, la inexistencia de lugares propicios para el crecimiento espacial de una ciudad en todas las direcciones, conlleva a que aquellos sitios más favorables sean muy demandados y, por consiguiente, aumente el valor de la tierra asociado a la especulación inmobiliaria.

Como consecuencia de ello, se ocupan espacios que naturalmente son anegables y/o inundables, aumentando la exposición de la población luego de intensas precipitaciones frente a riesgos de pérdidas materiales, la imposibilidad del acceso y la exposición a riesgos referidos a la salud ambiental.

En este contexto, en Odriozola y Contreras [3], teniendo en cuenta la gran distribución de ríos, esteros, cañadas y lagunas que posee la provincia de Corrientes, se han distinguido tres tipos de riesgos relacionados con las inundaciones y anegamientos. En primer lugar *las inundaciones por desborde de los ríos Paraná y Uruguay* (Tipo de riesgo 1), principales cursos de agua autóctonos. En segundo lugar, los riesgos de *inundaciones y anegamientos de cursos autóctonos* (Tipo de riesgo 2), los cuales son tributarios de los anteriormente mencionados y, por último, *el anegamiento de áreas deprimidas* (Tipo de riesgo 3) correspondientes a paleocauces, esteros, cañadas, lagunas, etcétera.

Es por ello que fue necesario utilizar herramientas de análisis espacial que permitieran identificar y explicar las causas por las cuales determinados sectores urbanos se ven afectados en los eventos extremos de inundaciones, al margen de encontrarse, aparentemente, lejos de determinados cursos de agua. En este sentido, los Sistemas de Información Geográfica, a través de los Modelos Digitales de Elevación (MDE), brindan herramientas de análisis espacial que permiten identificar estas áreas desfavorables para la instalación urbana.

Bajo esta idea, los Modelos Digitales del Terreno (MDT) se han definido como un conjunto de datos numéricos que describen la distribución espacial de una característica del territorio

[4]. Se incluyen, según Felicísimo [5], en la categoría de modelos simbólicos [6], donde las relaciones de correspondencia que se establecen con el objeto tienen la forma de algoritmos o formalismos matemáticos. En este caso, los MDT presentan algunas ventajas sobre el resto de los modelos, derivadas de su naturaleza numérica: no ambigüedad, posibilidad de modelización de procesos con una deducción estricta, verificabilidad y repetitividad de los resultados.

Frente a lo expuesto, el objetivo de este trabajo es aplicar los MDE para la generación de cartografía de riesgo de inundaciones y anegamientos en Corrientes.

2. Materiales y métodos

2.1. Generación del Modelo Digital de Elevaciones

Para generar un MDE mediante el software Global Mapper 15.1, se ha descargado la imagen Shettle Radar Topography Mission (SRTM, por su siglas en inglés) de 3 arcos por segundo (resolución de 90 m) de la localidades de Itatí, San Roque y Santo Tomé (Corrientes, Argentina). Posteriormente fue exportada como un archivo ráster en formato GeoTIFF, para luego ser analizado mediante las herramientas de análisis espacial del software ArcGIS 10.1.

2.2. Análisis espacial del terreno y generación de cartografías de riesgo de inundaciones

Con la herramienta Análisis Espacial, Superficie, Contorno se han generado curvas de nivel con una equidistancia de 1 m, a fin de delimitar el valle de inundación de los ríos y arroyos ubicados en las tres localidades de estudio.

En un paso siguiente, al MDE generado se le superpusieron las imágenes de alta definición suministradas por el World Imagery, permitiendo discriminar aquellos sectores de las localidades que se encuentran bajo riesgo de inundación y/o anegamiento por encontrarse dentro de los respectivos valles de inundación.

A partir de la información generada, se han confeccionado cartografías temáticas de riesgo por inundación y anegamiento de cada localidad.

3. Resultados y discusión

Con frecuencia se cae en el error de considerar que los ríos Paraná y Uruguay son los únicos responsables de dejar expuestas a las ciudades frente a inundaciones, siendo la población indiferente ante estos riesgos por considerar que ambos cursos de agua se encuentran relativamente lejos, sin tener en cuenta que los ríos y arroyos autóctonos son las principales causas de exposición. Por tal motivo es que Odriozola y Contreras [3] destacan que los Riesgos Tipo 2 serían los más peligrosos, no por el caudal que puedan alcanzar estos cursos menores, sino por el desconocimiento e indiferencia de la población local, al no tener en cuenta la línea de ribera a la hora de establecer los límites del ejido urbano.

La ciudad de San Roque es un claro ejemplo de esta situación. Ubicada sobre la margen izquierda del río Santa Lucía, presenta riesgos de inundaciones generados por dos cursos de agua. El primero y principal, por el río Santa Lucía, que expone de forma directa al ejido urbano ubicado al NO, como se puede observar en la figura 1, por debajo de la curva de nivel de 59 m. Sin embargo, la presencia del arroyo Baró, un curso menor que atraviesa la ciudad con dirección SE-NO, aumenta los riesgos de inundaciones, ya que en períodos de creciente, el río

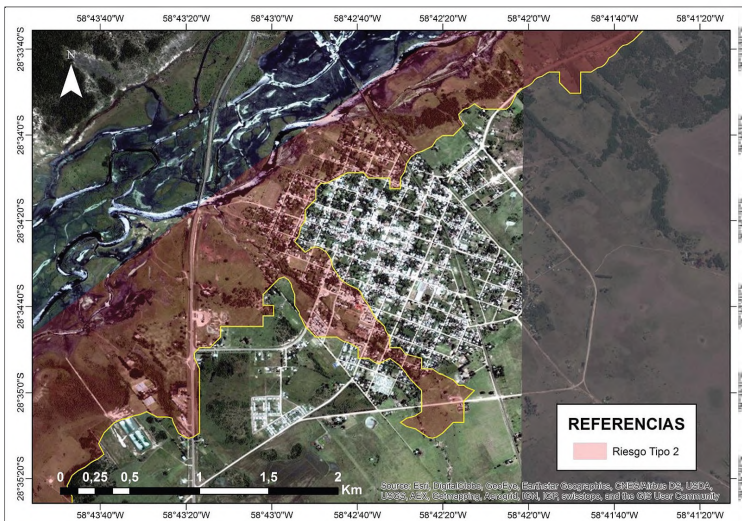


Figura 1. Cartografía de riesgo de inundaciones y anegamientos en la localidad de San Roque, Corrientes, Argentina (Fuente: Elaboración propia basada en imágenes SRTM provistas por USGS y el World Imagery en ArcGIS 10.1).

Santa Lucía ingresará por el mismo afectando un gran número de manzanas. Por otra parte, al margen de que las aguas del Santa Lucía se encuentren bajas, precipitaciones intensas en poco tiempo exponen a este sector a sufrir anegamientos.

El empleo de los SIG ha permitido detectar que todas las localidades ubicadas sobre las márgenes de ríos y arroyos poseen, en diferentes magnitudes, serios riesgos de inundaciones, pero a su vez poseen áreas naturalmente deprimidas correspondientes a esteros, cañadas y lagunas que en años secos se secan por completo. Es allí, según Contreras [7], cuando la especulación inmobiliaria potencia los riesgos de anegamiento, ya que según imágenes satelitales, las localidades de la provincia de Corrientes presentan crecimientos espaciales en áreas periurbanas en dichos momentos. La adquisición de terrenos desfavorables para el asentamiento urbano tendrá un mayor valor inmobiliario en períodos secos que en períodos húmedos, y de allí la necesidad de aportar herramientas de gestión y control para la toma de decisiones respecto a la planificación urbana en espacios fuertemente expuestos a sufrir recurrentemente eventos de inundación y sequías.

4. Conclusiones

La provincia de Corrientes dista de tener un paisaje completamente plano, como se lo suele representar cartográficamente. Por otra parte, sobre su territorio es posible detectar el efecto del agua en el modelado de sus paisajes, independientemente de tratarse de regiones, topográficamente altas o bajas.

Con frecuencia se asocian los riesgos de inundaciones únicamente con las crecientes de los ríos Paraná y Uruguay, sin considerar que los mismos pueden ingresar al territorio provincial a través de sus tributarios, que en este caso son cursos autóctonos cuyo caudal depende de las precipitaciones locales.

La especulación inmobiliaria en períodos secos sería la principal causa de ocupación de áreas desfavorables para el asentamiento urbano, cuyas consecuencias se observan al retornar un período húmedo. El ordenamiento territorial y la planificación urbana, sumados a un riguroso control sobre los procesos de ocupación de nuevos espacios, son las claves para reducir al mínimo la exposición de la población.

En este sentido, los modelos de elevación digital brindan un gran número de posibilidades de análisis espacial, los cuales contribuyen al conocimiento local sobre el contexto que rodea a un determinado lugar. Es allí donde una visión en tres dimensiones del territorio es fundamental a la hora de tomar decisiones referidas al ordenamiento territorial y en especial a la planificación urbana, disminuyendo los riesgos que se generan desde la especulación inmobiliaria.

Bibliografía

- [1] Derruau, M. (1966). *Geomorfología*. Barcelona. Ariel.
- [2] Contreras, F. I. y Fantín, M. A. (2015). “El riesgo de la población a inundaciones por lluvias como consecuencia de la dinámica de expansión urbana sobre paisajes anegadizos. El caso de la ciudad de Corrientes (Argentina)”, *Folia Histórica del Nordeste* 23, Dic., pp. 97-112.
- [3] Odriozola, M. P. y Contreras, F. I. (2016). “Aplicación de Modelos Digitales de Elevación en la generación de cartografías de riesgo de inundaciones de cursos autóctonos en áreas urbanas de la provincia de Corrientes”, en: *XI Jornadas Nacionales de Geografía Física*, San Fernando del Valle de Catamarca, Argentina, 4-6 de mayo.
- [4] Doyle, F. (1978). “Digital terrain models: an overview”, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 44, n. 12, pp. 1481-1485.
- [5] Felicísimo, Á. (1999). *Modelos Digitales del Terreno. Introducción y aplicaciones a las ciencias ambientales*. 3ª ed. Oviedo, Pentalfa Ediciones.
- [6] Turner, J. (1970). *Matemática moderna aplicada. Probabilidades, estadística e investigación operativa*. Madrid, Alianza Editorial.
- [7] Contreras, F. I. (2015). “El impacto ambiental del crecimiento espacial de la ciudad de corrientes sobre lagunas periurbanas”, *Boletín Geográfico* 7, Dic., pp. 29-42.