



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE HUMANIDADES

**ESPECIALIZACION EN TECNOLOGÍAS
DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Trabajo Integrador Final

**APLICACIÓN DE SIG EN LA GENERACIÓN DE
CARTOGRAFÍAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN Y
ANEGAMIENTO EL CASO DE PASO DE LA
PATRIA (SAN COSME, CORRIENTES)**

Autor: Billordo Gonzalez, Nora Itati

Tutor: Contreras, Félix Ignacio

22 de Noviembre de 2016

INDICE

Introducción.....	1
Antecedentes.....	3
Metodología.....	4
Área De Estudio.....	5
Resultados.....	6
Discusión Y Conclusiones.....	10
Conclusiones	15
Aportes Y Limitaciones Del Trabajo.....	16
Función De Futuras Líneas De Investigación.....	17
Bibliografía.....	18



INTRODUCCIÓN

Según Popolizio (1986), la provincia de Corrientes, tiene muy baja amplitud en el o de relieve (unos 200 metros entre sus cotas extremas: 220 y 20 metros), en los extremos NE y SO respectivamente y una energía de relieve también baja a muy baja, predominando el aspecto de extensas planicies en el Oeste y suaves colinas en el Este.

Según Strahler (1984: 393) *“El relieve topográfico, la peculiar configuración o forma de la superficie de la Tierra, es de un interés considerable para el geógrafo, ya que ejerce una influencia fundamental y de gran alcance sobre las formas de actividad humana”*.

Es por ello que Contreras y Odriozola (2016) afirman que 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; con lo cual esta información puede resultar de interés a 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 (Derruau, 1966). Los Modelos Digitales de Elevación (MDE), brindan herramientas de análisis espacial que permiten identificar estas áreas desfavorables para la instalación urbana.

En términos geográficos, al modelo se lo define “como una representación simplificada de la realidad en la que aparecen algunas de sus propiedades” (Joly, 1988:111) que, según Felicísimo (1999: 3), de esta definición: *“Se deduce que la versión de la realidad que se realiza a través de un modelo pretende reproducir solamente algunas propiedades del objeto o sistema original que, por lo tanto, se ve representado por otro objeto de menor complejidad”*.



Bajo esa idea, los Modelos Digitales del Terreno (MDT) se han definido “como un conjunto de datos numéricos que describe la distribución espacial de una característica del territorio” (Doyle, 1978:1481). Se incluyen, según Felicísimo (1999), en la categoría de modelos simbólicos en los que se llega a un nivel superior de abstracción (Turner, 1970:364) donde las relaciones de correspondencia que se establecen con el objeto tienen la forma de algoritmos o formalismos matemáticos.

Dentro de los MDT, el MDE, es uno de los más representativos, ya que según Felicísimo (1999), describe la altimetría de un lugar mediante una serie de datos acotados, que sirven de base para construir un conjunto de modelos derivados, elaborados a partir de la información contenida explícita o implícitamente en el MDE. “Los modelos derivados más sencillos pueden construirse exclusivamente con la información del MDE y reflejan características morfológicas simples (pendiente, orientación, etc.)” (Felicísimo, 1999:5).

La localidad de Paso de la Patria (San Cosme, Corrientes) se ubica a 30 kilómetros al Este de la ciudad de Corrientes, sobre la margen izquierda del río Paraná, frente a la confluencia con el río Paraguay.

Constituye uno de los sitios de interés turísticos más demandados por la región, tanto por turistas provinciales, nacionales como internacionales (principalmente provenientes de Paraguay y Brasil). De allí que en los últimos años el ejido urbano se ha extendido en diversas direcciones, sufriendo las consecuencias de una especulación inmobiliaria, la falta, tanto de un ordenamiento territorial como de una planificación urbana que contemple el contexto ambiental en el cual se inserta, esta localidad presenta recurrentes casos de inundaciones e incluso anegamientos en los diferentes frentes de avances, principalmente luego de intensas precipitaciones.

Ante lo expuesto, el objetivo de este trabajo es aplicar los MDE, para generar de una cartografía de riesgo de inundación y anegamientos en Paso de la Patria (San Cosme, Corrientes), a fin de explicar el porqué de los reiterados



sucesos y de contribuir a la futura toma de decisiones referidas a la planificación urbana de la localidad.

ANTECEDENTES

Al igual que la ciudad de Corrientes que posee antecedentes provinciales relacionados con el crecimiento del ejido urbano sobre cursos autóctonos y áreas anegables, según Contreras y Fantín (2015), al no presentar lugares propicios para su extensión en todas las direcciones, conlleva a que, aquellos sitios más favorables sean muy demandados y, en consecuencia aumente el valor de la tierra asociado a la especulación inmobiliaria. A partir de allí, según los autores, se ocupan espacios que naturalmente son anegables, aumentando consigo la exposición de la población luego de lluvias intensas frente a riesgos de pérdidas materiales, de difícil o imposible acceso y/o movilidad y que, en algunos casos, puede determinar la carencia a de servicios básicos.

A su vez, Contreras y Fantín (2015) mencionan que históricamente la ciudad ha mostrado distintos problemas de anegamientos luego de producirse intensas precipitaciones que, según Odriozola y Contreras (2016) en la ocupación de nuevos espacios, las pérdidas materiales se encuentran relacionadas a daños en las viviendas, sin importar la condición social de la población expuesta.

En función de la gran distribución de ríos, esteros, cañadas y lagunas que posee la provincia de Corrientes, Odriozola y Contreras (2016) distinguieron 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. 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, etc.

Como lo mencionan Vidal y Romero (2010: 1), si existiera una planificación y gestión de los espacios urbanos bajo reales conceptos de



sustentabilidad, serían resguardados los lechos y bordes de ríos, esteros, canales y humedales, debido a los innumerables bienes y servicios ambientales que ofrecen a la sociedad y para proteger a las poblaciones ribereñas.

En acuerdo con los autores, esto impediría la ocupación urbana sobre ellas en forma obligatoria, además de brindar protección a la naturaleza y la biodiversidad y, por sobre todo, destinada a brindar seguridad a la población frente a las amenazas naturales, tales como inundaciones y anegamientos.

La principal razón de ocupación de áreas desfavorables, en este caso sobre un valle de inundación, se encuentra relacionada a los “ciclos de dos años húmedos y dos secos que se manifiestan en la región” (Contreras, 2016). La necesidad de ocupación de nuevos espacios y la falta de un estricto control del mismo, conlleva a que la población se instale en lugares altamente riesgosos, siendo uno de los principales motivos, los bajos costos del valor del suelo que ellos ofrecen.

METODOLOGÍA

Para generar un MDE, mediante el software Global Mapper 15.1, se ha descargado la imagen Shuttle Radar Topography Mission (SRTM por sus siglas en inglés) de 3 arcos por segundo (resolución de 90 metros) de la localidad de Paso de la Patria (San Cosme, Corrientes). 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.

Con la herramienta *Análisis Espacial, Superficie, Contorno*; se han generado curvas de nivel con una equidistancia de 1 metro, a fin de poder delimitar el cauce del río Paraná y el valle de inundación del arroyo San Juan.

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 la localidad de Paso de la Patria que se encontraban bajo riesgo de inundación y/o anegamiento por encontrarse dentro del valle de inundación.



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

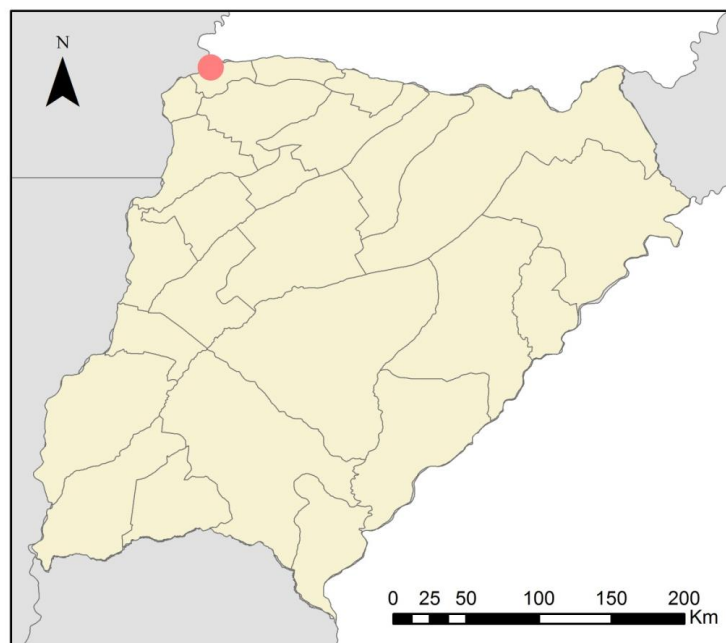
Mediante el uso de imágenes en Alta Definición provistas por el software Google Earth, se han observado los procesos de ocupación de nuevos espacios en los frentes de avance de la localidad, a fin de detectar los sectores de la localidad que han sido inundados por la creciente del río Paraná en los primeros meses del año 2016 y a modo corroborar los resultados obtenidos del MDE.

Se realizaron salidas a campo en las cuales se han tomado fotografías de los sectores afectados.

ÁREA DE ESTUDIO

Paso de la Patria, es una localidad y municipio de la provincia de Corrientes (Fig.1), ubicada a unos 35 kilómetros de la capital provincial en el departamento de San Cosme, sobre la margen izquierda del río Paraná (Fig.2), frente a la confluencia con el río Paraguay.

Fig. 1. Ubicación de la localidad de Paso de la Patria, departamento de San Cosme, en la provincia de Corrientes



FUENTE: ELBORACIÓN PROPIA.



Fig. 2. Localidad de Paso de la Patria, departamento de San Cosme, en la provincia de Corrientes - Argentina.

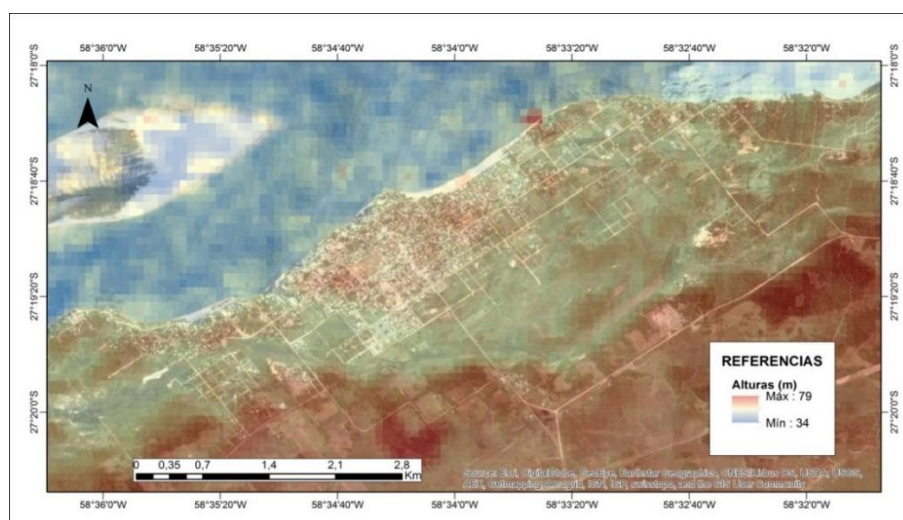


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

RESULTADOS

En la figura 3, se puede observar las alturas máximas y las alturas mínimas de la localidad de Paso de la Patria. Las mínimas alturas se localizan sobre la ribera del río Paraná y van aumentando progresivamente hacia el sur, con una amplitud entre 34 y 79 metros, según el MDE.

Fig. 3. Modelo Digital de Elevaciones de la localidad de Paso de la Patria, departamento de San Cosme, en la provincia de Corrientes. Argentina



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



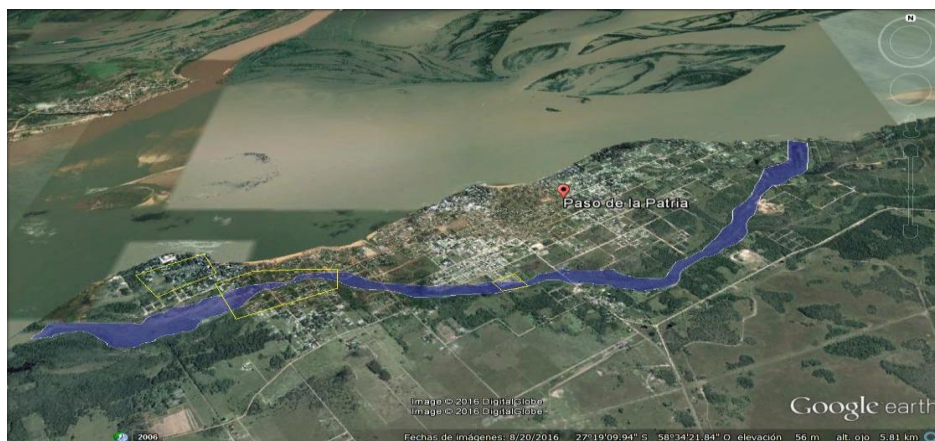
Fig.4. Localización de áreas inundadas debido a la crecida del Río Paraná, por las abundantes precipitaciones en la localidad de Paso de la Patria, departamento de San Cosme, en la provincia de Corrientes. Argentina.



FUENTE : ELABORACIÓN PROPIA.

La figura 4 muestra una imagen de Google Earth del año 2016, la cual sirve como ejemplo de la manifestación del riesgo por inundaciones. En esta figura se delimitaron de color rojo los sectores inundados por los desbordes del río Paraná y en consecuencia, el arroyo San Juan (figura 5) el cual es un pequeño brazo del río, que rodea a Paso de la Patria sobre su extremo sur.

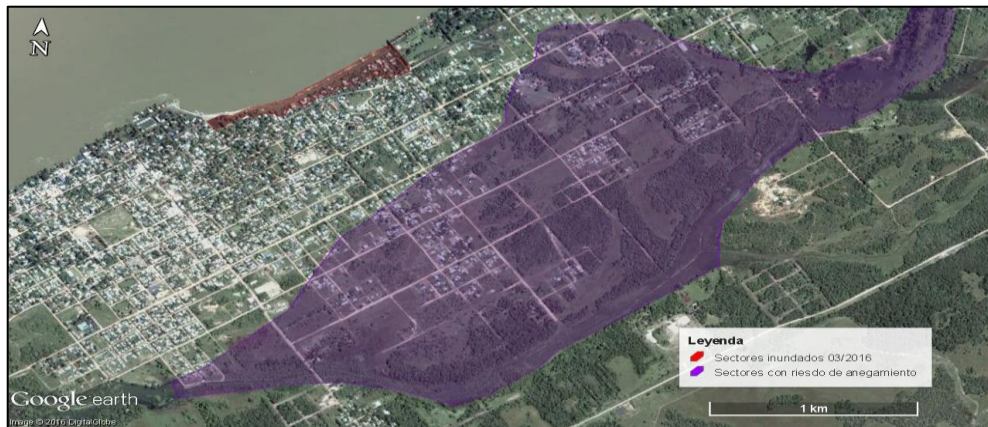
Fig.5. Delimitación del arroyo San Juan, localidad de Paso de la Patria, departamento de San Cosme, en la provincia de Corrientes. Argentina.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



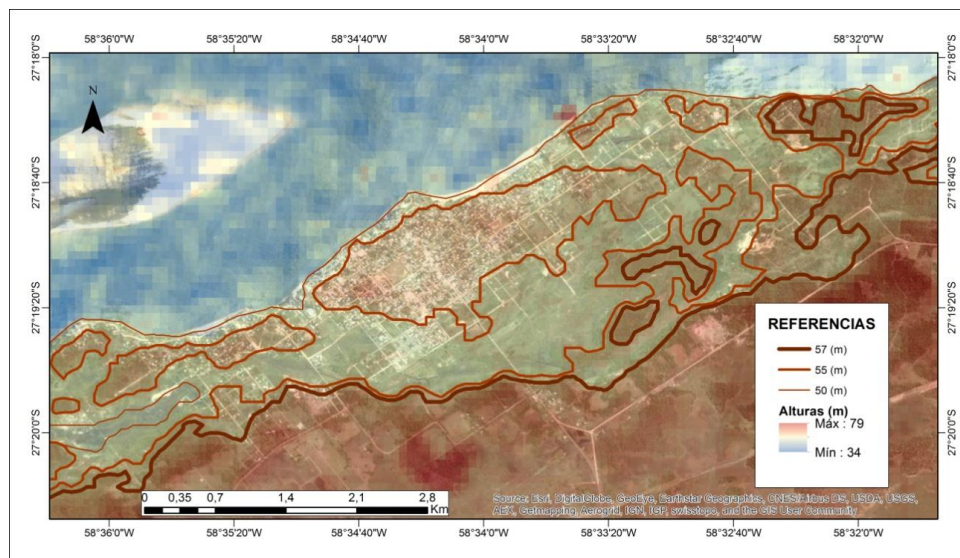
Fig. 6. Polígono violeta con los sectores de riesgo de anegamiento en la localidad de Paso de la Patria, departamento de San Cosme, en la provincia de Corrientes. Argentina.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

La figura 6 muestra de color violeta el área de divagación del arroyo San Juan, que en la actualidad se presenta como grandes extensiones de suelos anegadizos, por el tipo de suelo arcilloso, con limitada capacidad drenar el agua de abundantes precipitaciones.

Fig. 7. Curva de nivel de la localidad de Paso de la Patria, departamento de San Cosme, en la provincia de Corrientes. Argentina.



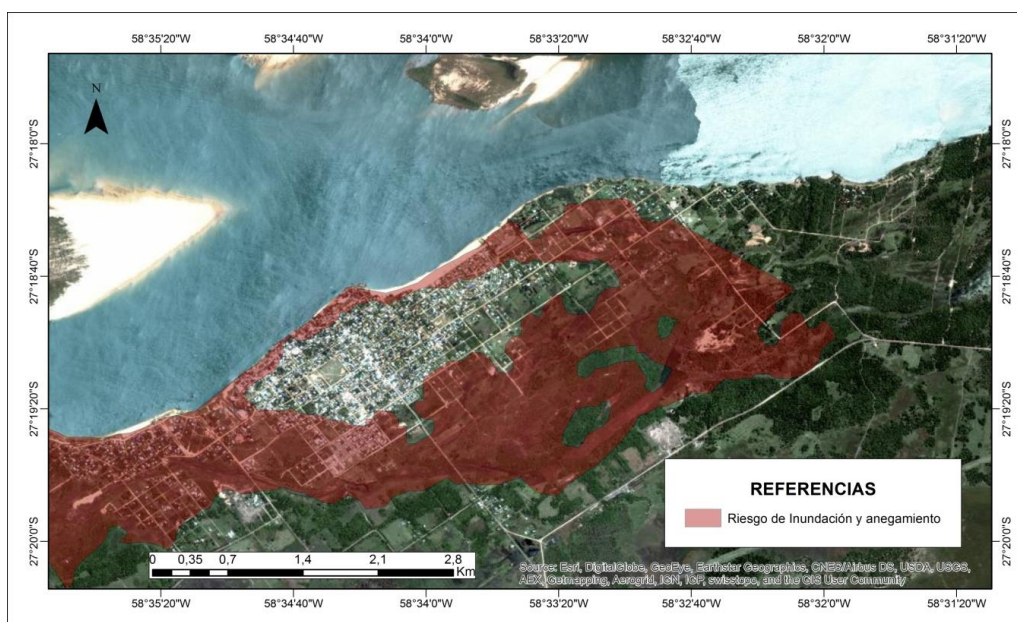
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.



En la figura 7 se visualizan las curvas de nivel sobre el MDE. Dichas curvas, estarían delimitando diferentes elementos del paisaje que permiten comprender el contexto ambiental de Paso de la Patria.

En este sentido, la curva de 50 metros, sería la línea de ribera del río Paraná y la superficie de la tierra, por debajo de los 55 metros serían zonas inundables, por ser terrenos bajos, según se puede observar en la imagen, mientras que por encima de los 57 metros, en el cual separa la isla de Paso de la Patria con la antigua línea de ribera, serían áreas libres de riesgo por inundación, por ser terrenos altos, lo que no significa que estén libres de anegarse, debido al gran números de esteros, cañadas y arroyos.

Fig.8. Delimitación de áreas de riesgo de inundaciones y anegamientos de la localidad de Paso de la Patria, departamento de San Cosme, Argentina.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la figura 8 se indican, mediante polígonos de color rojo, las áreas de riesgo de inundación y anegamiento, discriminando las manzanas que se encontraría fuera de dicha area. Por otra parte, se evidencian que lugares más expuestos serían los frentes de avances del crecimiento espacial del ejido urbano, mientras que el casco histórico, presenta condiciones relativamente más favorables para el asentamiento humano.



DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La localidad de Paso de Patria, tuvo un crecimiento de población del 60% desde el 2001 al 2010, aumentando el número de habitantes de 3.498 a 5.598 según datos INDEC. Esta situación, sumada a la gran demanda de ocupación de nuevos espacios impulsada por el atractivo turístico que representa esta localidad para toda la región, se ve reflejada en el importante crecimiento espacial que ha observado en imágenes satelitales desde el año 2006 hasta la actualidad.

En el año 2006 (Fig. 9) no existían casas en las áreas afectadas actualmente, sin embargo en el año 2010 (Fig. 10), ya se observa el trazado de calles y loteos. A partir del año 2013 (Fig.11), se pueden visualizar la construcción de numerosas casas en áreas riesgosas, que luego se verían afectadas a principios del 2016 (Fig. 12). Cabe destacar que de la ocupación de nuevos espacios por parte de la actividad inmobiliaria, en el área de estudio es posible observar la instalación de asentamientos irregulares o de bajos costos en áreas fiscales, sin tener en cuenta el riesgo que conlleva.

En este sentido Contreras y Odriozola (2016) mencionan que la necesidad de ocupación de nuevos espacios debido al crecimiento espacial de las ciudades, muchas veces deja expuesta a la población que se instala áreas riesgosas debido a, entre otras cosas, la especulación inmobiliaria y a los reducidos valores del suelo de estos lugares.

“Algunas veces la expansión urbana se encuentra obligada a mantener ciertas direcciones debido a determinadas barreras naturales o propias de las actividades de la población, como por ejemplo un río o un aeropuerto o una vía ferroviaria. En este caso, indudablemente surge una demanda desmedida por los mejores espacios disponibles y a su vez se generan marcados contrastes en lo que se refiere a la ocupación del espacio y la valorización del suelo. En este sentido, la expansión urbana más precaria es la que suele quedar expuesta ante determinadas amenazas”. Contreras (2015: 31).



Sin embargo, la especulación inmobiliaria conlleva a que se compren terrenos a bajos costo en periodos inundación, que luego serán vendidos a valor de mercado en periodos secos, sin considerar que los mismos son inundables. Es por ello que la cotización del suelo en un mismo barrio no varía, al margen de poseer o no poseer áreas de riesgo de inundación o anegamiento.

Otra situación observada, y no menos significativa, la presentan los sectores de los barrios que no son inundables, pero que en períodos de abundantes precipitaciones e inundaciones del río Paraná, se ven afectados, ya que quedan aislados, debido a la imposibilidad de circular por las calles de acceso.

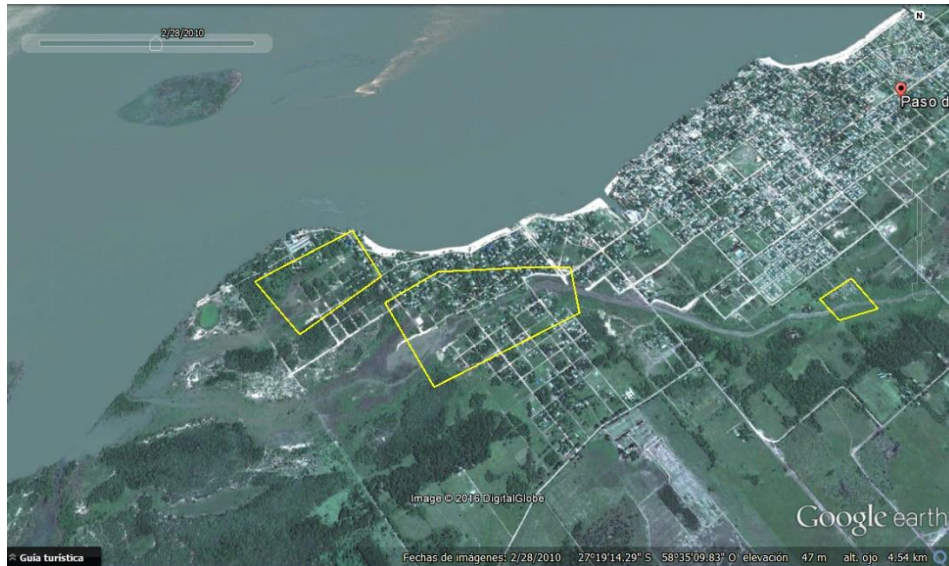
Fig.9. No existían casas en las áreas afectadas actualmente, en la localidad de Paso de la Patria, departamento de San Luis. Corrientes-Argentina. (3/01/2006)



FUENTE: IMAGEN GOOGLE EARTH.



Fig.10. Se observa el trazado de calles y loteos, en la localidad de Paso de la Patria, departamento de San Luis. Corrientes- Argentina. (28/02/2010)



FUENTE: IMAGEN DE GOOGLE EARTH.

Fig. 11. Se visualiza la construcción de numerosas casas en áreas riesgosas, en la localidad de Paso de la Patria, departamento de San Luis. Corrientes- Argentina. (18/08/2013)



FUENTE: IMAGEN DE GOOGLE EARTH.



Fig.12. Se visualizan los sectores más afectados por la inundación debido a la crecida del río Paraná, en la localidad de Paso de la Patria, departamento de San Luis. Corrientes- Argentina. (13/03/2016)



FUENTE: IMAGEN DE GOOGLE EARTH

En esta última imagen de Google Earth (fig.12) correspondiente al 13 de marzo de 2016, se visualizan los sectores más afectados por la inundación debido a la crecida del río Paraná a principios del año .Según datos de la Prefectura Naval Argentina, la altura del río Paraná en la Localidad de Paso de la Patria del 13 de marzo de 2016 fue de 7,46 metros; permitiendo establecer que la manifestación del riesgo por inundaciones indicadas en la figura 4, se dan en dichas altura.

Los efectos de la inundación del río Paraná a principios del año 2016, todavía se pueden visualizar en distintas casas que se encuentran en el área afectada, que en muchos casos, el nivel del agua superó el metro de altura, como se puede corroborar en las figuras 13y 14.



Fig.13. Arroyo San Juan. (Localidad Paso de la Patria, departamento San Cosme. Corrientes-Argentina).



FUENTE: BASE PERSONAL 21/08/2016.

Fig.14. Casas de Localidad Paso de la Patria, departamento San Cosme, Corrientes, Argentina.



FUENTE: BASE PERSONAL 21/08/2016.

Como lo mencionan Contreras y Odriozola (2016), los MDE y las herramientas de análisis espacial de los sistemas de información geográfica,



sin dudas constituyen un recurso fundamental en la toma de decisiones y en la generación de cartografías, contribuyendo a:

- 1- Tomar medidas de prevención que eviten el crecimiento de las ciudades en áreas de riesgo;
- 2- Tomar de decisiones sobre el accionar en protocolos de manifestarse inundaciones como la evacuación de personas;
- 3- Tomar de decisiones sobre obras de ingeniería que mitiguen los riesgos.

CONCLUSIONES

En definitiva, se puede concluir que la aplicación de Sistemas de Información Geográfica mediante el uso de análisis espaciales de los Modelos

Digitales de Elevación, constituyen una herramienta de gran potencial en la planificación urbana, principalmente en regiones como la nuestra donde los riesgos por inundación y anegamientos se encuentren muy presentes.

A su vez, Paso de la Patria representa un claro ejemplo de cómo la especulación inmobiliaria, sumada a una fuerte demanda de ocupación de nuevos espacios, conllevan dejar expuestas a la población ante fenómenos de inundaciones y anegamientos y con ello a importantes pérdidas materiales y humanas.



Aportes y limitaciones del trabajo.

Este trabajo constituye las bases para que en el futuro las autoridades correspondientes de la localidad de Paso de Patria, como la población en general, tomen medidas de prevención en áreas que se encuentran en riesgo de inundación y anegamiento, como así también en realizar proyectos para decidir cómo actuar frente a inundaciones, y sobre las diferentes obras de ingeniería que se puede realizar para mitigar el riesgo.

En sí, este estudio de caso contribuye a explicar los motivos por el cual ciertos sectores de Paso de la Patria poseen recurrentes casos de inundación y anegamiento.

Entre las limitaciones que se pueden destacar, se puede hacer mención que genera la falta de precisión de los MDE a gran escala, ya que, por ejemplo, se consideran a los arboles como parte del relieve. Además, el píxel de las imágenes SRTM es de 90 metros, situación que reduce considerablemente la precisión de la delimitación de las áreas de riesgo, sin embargo son de gran utilidad a la hora de tener una primera aproximación de lo que sucede.



Futuras líneas de investigación

Se propone seguir trabajando con la aplicación de SIG en la generación de cartografías de riesgo de inundación en Paso de la Patria e incorporar la participación de agrimensores con el fin de mejorar los resultados obtenidos y ajustar con mayor precisión las áreas de riesgo.



BIBLIOGRAFÍA

- Contreras, F. I. 2016. "Distribución y dinámica natural de las lagunas de la región de lomadas arenosas de la provincia de Corrientes (Argentina)". XI Jornadas Nacionales de Geografía Física. 4, 5 y 6 de mayo de 2016, San Fernando del Valle de Catamarca
- Contreras, F. I. 2015. El impacto ambiental del crecimiento espacial de la ciudad de corrientes sobre lagunas periurbanas. Boletín Geográfico.
- Contreras, F. I. y Odriozola, M. P. 2016. Aplicación de modelos de elevación digital para la delimitación de áreas de riesgo por inundaciones. San Luis del Palmar, Corrientes, Rca. Argentina. Contribuciones Científicas GAEA. En Prensa.
- 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.
- Derruau, M. 1966. Geomorfología. Ediciones Ariel, Barcelona.
- Doyle, F. 1978. Digital terrain models: an overview. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.
- Felicísimo, Á. 1999. Modelos Digitales del Terreno. Introducción y aplicaciones a las ciencias ambientales. Biblioteca de Historia Natural, 3. Pentalfa Ediciones, Oviedo
- Joly, F. 1988. La cartografía. Oikos-Tau, Barcelona
- Popolizio, E. 1986. Influencia del sistema geomorfológico en las crecientes e inundaciones del nordeste argentino. Geociencias.
- Strahler, A. 1984. Geografía Física. Ediciones Omega S. A. Barcelona.
- Turner, J. 1970. Matemática moderna aplicada. Probabilidades, estadística e investigación operativa. Alianza Editorial, Madrid.
- Vidal, C. y Romero, H. 2010. Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los ríos Bíobío y Andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción. En Pérez, L. e Hidalgo, R. (Eds.). Concepción metropolitano (AMC). Planes, procesos y proyectos. Serie Geolibros, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile. URL: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/118084> acceso 10/03/2016