

CARTOGRAFÍA DE ÁREAS DE RIESGO A INUNDACIONES Y ANEGAMIENTOS A PARTIR DE MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN DE GENERAL JOSÉ DE SAN MARTÍN, (CHACO, REPÚBLICA ARGENTINA)

MEZA, Julio C.¹, RAMÍREZ, Mirtha L.¹ y CONTRERAS, Félix I.²

¹ Instituto de Geografía, Facultad de Humanidades (UNNE)

² Centro de Ecología Aplicada del Litoral (CONICET-UNNE), Fac. de Cs. Exactas y Naturales y Agrim. (UNNE). julio_4152@hotmail.com

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo identificar áreas con posible riesgo a inundaciones y anegamientos en la ciudad de General José de San Martín, ubicada en el noreste de la provincia del Chaco. Para ello se elaboró cartografía temática mediante el uso de un modelo digital de elevaciones obteniendo así una aproximación de áreas de riesgo a inundaciones y anegamientos. El análisis permitió delimitar mediante Sistemas de Información Geográfica, áreas con distintos niveles de cotas detectando así aquellas que son propensas a sufrir anegamientos ante intensas o prolongadas precipitaciones e inundaciones por desborde de río, cuantificar a la población expuesta según las categorías de riesgo establecidas.

Palabras Clave: Topografía - Inundación - Cartografía de Riesgo - Sistemas de Información Geográfica

MAPPING OF AREAS OF RISK TO FLOODS AND WATERLOGGING FROM DIGITAL MODELS OF ELEVATION OF GENERAL JOSÉ DE SAN MARTÍN, (CHACO, REP. ARGENTINA)

ABSTRACT

This work aims to identify areas with potential risk to floods and waterlogging in the city of General José de San Martín, town located in the northeast of the province of Chaco. This was elaborated thematic mapping using a digital elevation model thus obtaining an approximation of risk areas to flood and waterlogging. The analysis allowed to delimit through geographic information systems, areas with different levels of dimensions and detecting those that are prone to flooding to prolonged or intense rainfall and flooding by river overflow, as so it was also quantified the population exposed according to established risk categories.

Key words: Topography - Flood - Mapping of risk - Geographic Information Systems

Introducción

Según Natenzon (1998) *cit.* por Viand y González, (2012) el *riesgo* representa la probabilidad de daño a una sociedad por la ocurrencia de un evento en particular que se construye socialmente de manera continua. Desde el punto de vista analítico se pueden identificar dos dimensiones constitutivas del riesgo: la *peligrosidad*, definida como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico con potencialidad de generar daño y la *vulnerabilidad* que refiere a las condiciones socio-económicas y culturales, por la cual una población es propensa a ser afectada y sufrir daños respecto a una peligrosidad. Son principalmente las condiciones sociales las que crean el riesgo, dado que el fenómeno natural por sí mismo no puede presentarse como una peligrosidad si no hay población vulnerable expuesta. De ahí radica su carácter de construcción social (Viand y González, 2012).

Para Olcina Cantos el riesgo puede entenderse como la
“plasmación territorial de actuaciones llevadas a cabo por el ser humano en el medio natural y que no han tenido en cuenta el comportamiento, a veces extremo, de la naturaleza. El conocimiento adecuado del medio físico es un factor básico en la configuración de morfologías territoriales y de tramas urbanas” (Olcina Cantos, 2010:225).

Bajo estas ideas, los factores de riesgo que deben darse, necesariamente, para que existan como tal son *peligrosidad*, *exposición* y *vulnerabilidad*, a lo que Natenzon (1995) añade la *incertidumbre*, entendido como el desconocimiento de saber qué sucederá. Si se tiene en cuenta que el peligro siempre está presente y que la vulnerabilidad puede modificarse e inclusive eliminarse, entonces se podrá incidir sobre el riesgo, e incluso, reducirlo ya que éste es directamente proporcional a la vulnerabilidad. La expresión aritmética más simple para la determinación del riesgo es: $Riesgo = Peligro \times Vulnerabilidad$ (Seguinot Barbosa *et al.*, 2008).

Es común utilizar los términos inundación y anegamiento como sinónimos, sin embargo, como señalan Ferrando y Francisco (2006) tienen implicancias diferentes en la planificación y el ordenamiento territorial.

Una inundación corresponde a una masa de agua que se sale de su cauce y se dispone temporalmente fuera de él” o dicho de otra forma, *“se trata del resultado del desequilibrio que se manifiesta en un momento, lugar y situación dada, entre el volumen hídrico a evacuar en una determinada parcela de tiempo, y la capacidad de evacuación de los cauces o sistemas de drenaje,* (Ferrando y Francisco, 2006:2)

Por su parte un anegamiento se define como la acumulación temporal de aguas de lluvias en una determinada porción de territorio. Asimismo, se puede presentar una

situación mixta *inundación + anegamiento*, escenario en el cual las consecuencias serán una suma de los efectos y, por cierto, el impacto socioeconómico concluirá en un desastre de envergadura mayor (Ferrando y Francisco, 2006).

Como señalan Andrade y Lucioni (2014) la recurrencia de inundaciones –y anegamientos– en un determinado espacio se debe a factores naturales y antrópicos. Entre los primeros se destacan: el régimen de precipitaciones, la topografía plana del terreno de muy baja pendiente y los suelos hidromorfos con baja permeabilidad. Entre los factores antrópicos más significativos pueden citarse: la pérdida en la capacidad de captar y almacenar agua de lluvia de los suelos por deterioro físico, el diseño de una red vial que condiciona el escurrimiento superficial, la construcción de canales de manera anárquica y el aumento de la urbanización sin un conocimiento integral sobre el funcionamiento hidrológico de la región. En áreas urbanas este fenómeno se ve agudizado por la falta de una planificación que tenga en cuenta las necesidades de evacuación del agua acumulada ante la creciente impermeabilización de suelos.

La planificación estratégica tiene entre sus objetivos la implementación de políticas de desarrollo de carácter sostenible. Éstas incluyen la calidad ambiental de un territorio como parte ineludible de la calidad de vida de sus habitantes. Para lograr esto, es imprescindible conocer y evaluar las características físicas de la región, los recursos naturales con que cuenta, los riesgos naturales que la afectan, las problemáticas antrópicas que se desarrollan y su evolución en el tiempo. En este marco, la cartografía geocientífica y los Sistemas de Información Geográfica constituyen una herramienta fundamental, en diferentes niveles de gestión, y especialmente en municipios, donde se observa la necesidad de atenuar conflictos de uso del territorio, lograr un mejor aprovechamiento y protección de los recursos y evitar o minimizar los riesgos naturales (Cabral et al., 2014:2).

Las investigaciones que consideran a la cartografía de riesgo como herramienta en el análisis de la vulnerabilidad se han centrado en definir, cuantificar y analizar la población expuesta a amenazas de índoles ambientales (Andrade y Lucioni, 2014). Como señala Ribera Masgrau:

Los mapas de riesgo de daños por inundación son una herramienta insustituible para detectar las áreas y los elementos sometidos a riesgo y así poder distribuir los esfuerzos proporcionalmente a los niveles de afectación. Es decir, conocer el nivel potencial de impacto de la inundación sobre los diversos elementos distribuidos en el territorio ayuda a analizar, a tomar decisiones y a desarrollar medidas de gestión”. Ribera Masgrau (2004: 159)

En la cartografía de riesgo los Sistemas de Información Geográfica (SIG) cumplen un papel fundamental ya que ofrecen herramientas de análisis espacial que mediante la utilización de Modelos Digitales del Terreno (MDT) permiten usar una multiplicidad de aplicaciones que tienen que ver principalmente con la topografía, hidrografía, hidrología, climatología, geodesia y geomorfología; sirviendo de base para estudios de un amplio abanico de disciplinas. La integración de la información obtenida mediante técnicas de teledetección espacial con otras variables geográficas en un Sistema de Información Geográfica facilitó las tareas de generalización cartográfica, integración de variables espaciales, ejecución del modelado del relieve, almacenamiento y visualización de los resultados (Andrade y Lucioni, 2014).

Los modelos digitales del terreno (MDT) han sido definidos por Doyle (1978) cit. por Felicísimo (1994: 4) como un “conjunto de datos numéricos que describen la distribución espacial de una característica del territorio”. De esta definición se interpreta que los mismos constituyen una representación de alguna propiedad del espacio geográfico de manera simbólica a través de números, lo cual permite tener una apreciación del comportamiento de determinada variable tratando de representar lo más fiel posible la realidad. Por su parte Felicísimo (1994: 5) propone una definición más precisa al decir que “un MDT es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua”. Como aportes sobre la temática modelos digitales de elevaciones se reconocen los trabajos de Felicísimo (1994, 1999, 2000), Burgos y Salcedo (2014), Paredes Hernández *et al.*, (2012), Instituto Geográfico Nacional (2014), entre otros.

Por otro lado, como antecedentes específicos a la problemática de inundaciones y la determinación de áreas de riesgo se destacan: a nivel nacional, el libro “*Inundaciones urbanas en Argentina*” (Bertoni, 2004) que describe los principales aspectos relacionados con el proceso de urbanización, el drenaje urbano y la problemática de la inundaciones en áreas urbanas de la Argentina, analizando una serie de casos que incluye a ciudades de la región Litoral, la región Pampeana, el valle inferior del río Chubut y las regiones Andina y Serrana. Andrade *et al.*, (2012) y Andrade *et al.*, (2014) realizaron un análisis de las inundaciones del Gran La Plata desde la teoría social del riesgo basados en la construcción de un modelo de análisis de riesgo de inundación a partir de componentes básicos como la peligrosidad, exposición, vulnerabilidad e incertidumbre, obteniendo como resultados mapas de ocurrencia de inundaciones y zonas de riesgos de inundación. Andrade y Lucioni (2014) han llevado a cabo una propuesta metodológica para el monitoreo de áreas con riesgo hídrico en la provincia de Buenos Aires, Argentina.

En la región del nordeste argentino reconocemos algunos trabajos bajo esta temática: Basterra, Valiente y Glibota (2008) realizaron una evaluación del riesgo ambiental por inundación del valle fluvial del río Paraná próximo a los núcleos urbanos como Resistencia y Corrientes, mediante el uso de SIG. Teniendo en cuenta los emplazamientos urbanos en zonas de riesgos naturales, Pértile (2012) analizó el

caso de la ciudad de Resistencia, destacando las características altamente desfavorables de su sitio ya que, gran parte del área urbanizada, se encuentra bajo amenaza de sufrir anegamientos periódicos, lo cual se replica en las demás ciudades del oriente chaqueño como lo señala Lucca (2005). Contreras y Fantín (2015) estudiaron el riesgo de la población a inundaciones por lluvias en la ciudad de Corrientes, como consecuencia de la expansión urbana. En la misma línea, Contreras y Odriozola (2016) y Odriozola *et al.*, (2016) han elaborado cartografías de áreas de riesgo de inundación mediante el uso de Modelos Digitales de Elevación. Estos últimos han identificado tres tipos de riesgos por inundación o anegamiento: por desborde de los grandes ríos, por desborde y anegamiento de cursos autóctonos y por anegamiento de áreas deprimidas. Bajo la misma metodología, Odriozola *et al.*, (2016) han delimitado áreas de riesgo de inundaciones en la ciudad de Formosa, identificando los dos primeros tipos de riesgo mencionados anteriormente. Gómez, Pérez y Prause (2014), han determinado y analizado áreas de riesgo por eventos de inundaciones pluviales en la Provincia del Chaco estableciendo un área de baja peligrosidad en el extremo noroeste y un área de alta peligrosidad en el centro oriental de la provincia, esta última afectada principalmente por episodios de precipitaciones abundantes en verano.

En esta contribución se propone como área de estudio a la ciudad de General José de San Martín ya que no posee antecedentes de trabajos que determinen y analicen áreas de riesgo de inundación y anegamientos; sin embargo, existen antecedentes de eventos de este tipo ocurridos en años con excesos de precipitaciones pluviales relacionadas con el fenómeno de El Niño como los ocurridos en 1982/1983 y 1997/1998 (Fig. 1) y los últimos años, como el 2016, dejando cursos fluviales como el río de Oro a punto del desborde y áreas bajas cubiertas de agua.



Fig. 1. Inundación ocurrida en los años 1997/1998: río de Oro desbordado y viviendas anegadas. Fuente: Roces (2013).

En función de lo expuesto los objetivos de este trabajo, determinar áreas con posibles riesgos a inundaciones y anegamientos a partir de la elaboración de un modelo digital de elevaciones, cuantificar la población expuesta a eventos de inundaciones y anegamientos y generar cartografía de riesgo como aporte a la planificación y Gestión Territorial del municipio.

Área de estudio

La ciudad de General José de San Martín, cabecera del departamento Libertador General San Martín, se localiza en el noreste de la provincia del Chaco (Fig. 2 y 3). Fue fundada el 29 de abril de 1909 con el nombre de “El Zapallar” y en 1955 adquirió su denominación actual. Su mensura original acusa un trazado damero de 10 por 10 manzanas separadas por calles de 20 metros. La existencia del ferrocarril hasta la década de 1960, la actividad agrícola y la explotación forestal dieron impulso al asentamiento inicial (Guillón, 2011). Según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 cuenta con una población de 28.124 habitantes.

La ciudad se encuentra emplazada sobre las cuencas hidrográficas de los ríos Guaycurú-Riacho Iné y Oro, que determinan dos pendientes que fraccionan al ejido urbano. Son varios los cuerpos de agua que atraviesan y rodean a la ciudad: río de Oro, laguna El Tigre, laguna Schulz, laguna Paniagua y arroyo Correntoso. La presencia de áreas anegables genera una restricción del suelo al oeste y sudoeste del ejido urbano (Guillón, 2011).

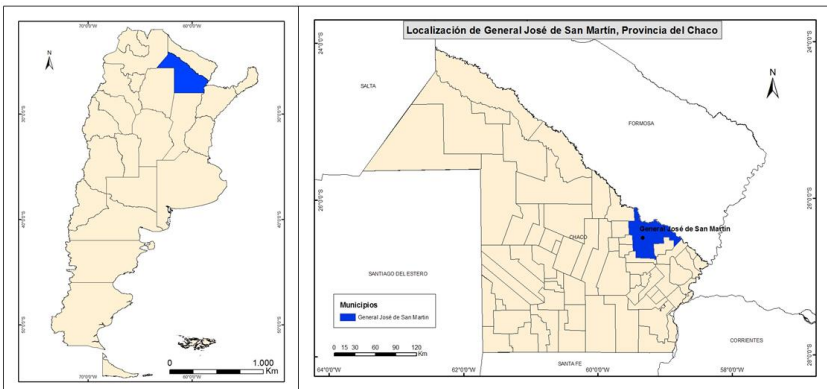


Figura 2: Localización de la ciudad de General José de San Martín, Chaco.
Elaboración propia.

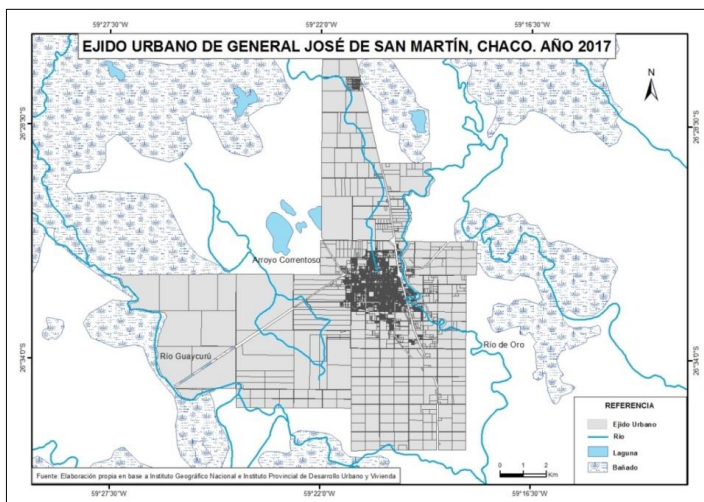


Figura 3: Ejido urbano de la ciudad de General José de San Martín, Chaco.
Fuente: Elaboración propia en base a Instituto Geográfico Nacional e Instituto de Desarrollo Urbano y Vivienda del Chaco.

Los paisajes de esta región se caracterizan por la presencia de ríos, albardones, lagunas, esteros y cañadas. La topografía plana favorece la presencia de áreas inundables y suelos que permanecen saturados por largos periodos debido al volumen de precipitaciones. Asimismo, puede observarse un gran número de cauces abandonados (paleocauces) cuyo rumbo preponderante es NO-SE, siendo ésta una morfología característica de dicha área. Como señala Popolizio (1986), estos paleocauces se disponen en forma de abanicos, es decir, con modelo divergente. Los mismos se caracterizan por la presencia de derrames laterales que sobresalen de la planicie y que encierran superficies denominadas “planicies embutidas”, que difícilmente se conectan con el escurrimiento fluvial, por lo que estas planicies sustentan los ambientes ya mencionados. “La cobertura vegetal está muy condicionada por la morfología; los bosques altos están sobre los derrames y las sabanas, pastizales y pajonales en las planicies embutidas” (Popolizio, 1986: 6).

En la actualidad, las dinámicas naturales de estos cauces activos y abandonados se observan en la región mediante la distribución de bosques y selvas provenientes de las Yungas. De allí que en el paisaje se alternan diferentes tipos de vegetación que abarcan desde las ya mencionadas hasta palmares y pastizales adaptados a grandes extensiones anegadizas en las áreas de interfluvios.

El clima del área de estudio corresponde al tipo subtropical húmedo, con temperaturas medias anuales entre 18°C y 23°C y precipitaciones abundantes con dos picos máximos en otoño y primavera, siendo 1.139 milímetros el valor medio anual para el período 1955/2010 en la localidad de General José de San Martín (Administración Provincial del Agua, 2010). Las principales amenazas naturales en la región provienen de la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos como inundaciones por precipitaciones o crecientes de cursos fluviales y sequías.

Materiales y Métodos

Para analizar las características de la topografía se utilizó, como principal insumo, un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) en formato ráster con una resolución espacial de 45 metros, suministrado por el Instituto Geográfico Nacional, que corresponde a la hoja 2760-11 de escala 1:100.000. Una vez descargada esta imagen se llevaron adelante los siguientes pasos:

- En primer lugar, se definió el área de estudio, utilizando un polígono que delimite el ejido urbano, cuya capa vectorial fue proporcionada por el Instituto Provincia de Desarrollo Urbano y Vivienda del Chaco (IPDUV).
- Seguidamente con la imagen que contiene los datos de altitud, modelo digital de elevaciones, se trazaron las curvas de nivel o isohipsas con una equidistancia de 2 metros y se realizó una reclasificación en 5 clases a las alturas comprendidas dentro del ejido urbano, esta categorización se generó a partir de quintiles considerando la menor y mayor altura del área de estudio.
- Posteriormente se aplicó un filtro de paso bajo, de media con el fin de homogeneizar el área y desechar los píxeles aislados de la imagen.
- Las categorías de riesgo establecidas fueron: Muy Alto, alto, medio, bajo y muy bajo. Seguidamente fue necesario convertir a formato vectorial el MDE categorizado.
- En cuanto a la población, se utilizaron datos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Se partió de la capa vectorial de fracciones y radios censales que fue convertido a formato ráster con el propósito de distribuir a la población por píxeles a los cuales se le asignó el tamaño de 100 por 100 metros, es decir, una hectárea.
- Finalmente, tras la superposición, fue posible cuantificar la población expuesta según cada categoría de riesgo establecida de acuerdo con las diferentes alturas que presenta la topografía. Todos los geo-procesamientos expuestos y las representaciones cartográficas fueron llevados a cabo mediante Sistema de Información Geográfica.

Resultados y Discusión

En la Fig. 4 se presenta el modelo digital de elevaciones generado, donde se observa que las alturas dentro del ejido urbano rondan entre 69 y 89 metros sobre el nivel del mar. Se detecta que las mayores alturas se corresponden con el casco céntrico de la ciudad, en tanto las áreas más bajas degradan hacia las periferias de la misma,

especialmente en el este donde se localizan ambientes inundables y al oeste los sectores que acompañan el recorrido del río de Oro. El aumento de los riesgos de anegamiento en áreas periurbanas es una característica que se repite en gran parte de las localidades del NEA, como resultado de la ocupación de espacios como consecuencia de la presión que ejerce el crecimiento espacial de las ciudades, que en muchos casos se ve potenciada por la especulación inmobiliaria en eventos de sequía (Contreras y Fantín, 2015).

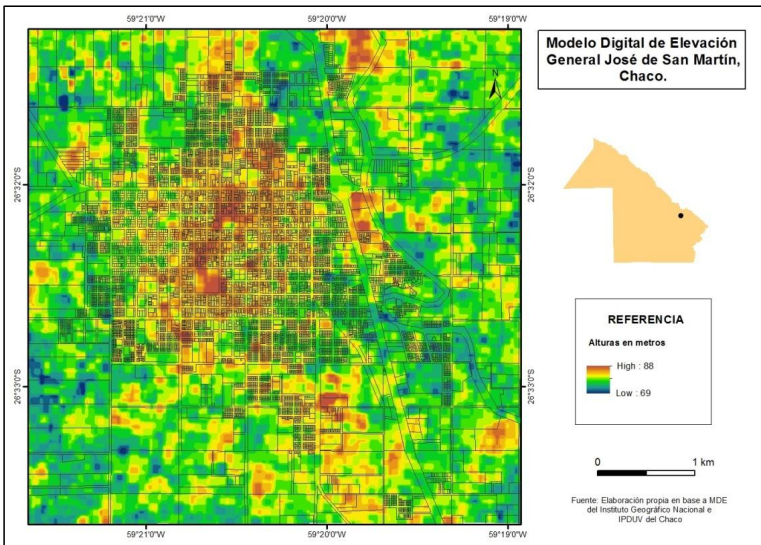


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones del ejido urbano de General José de San Martín. Elaboración propia.

Una visión de cómo es la distribución de la población dentro del área urbana se presenta en las Fig. 5 y 6. La primera corresponde a la distribución por radios censales donde se observan valores altos mayores a 1000 habitantes en los radios que rodean al área céntrica, especialmente hacia el norte y hacia del sur, asimismo en los radios más alejados del centro, pero allí los valores guardan relación con el tamaño de los radios. La segunda, Fig. 6, presenta un resultando interesante ya que demuestra que las mayores concentraciones de población se dan en el área céntrica y su alrededor, principalmente los radios del este, oeste y sur que son los más densamente poblados, existiendo entre 35 y 106 personas por hectárea.

A partir de los resultados obtenidos se generó una cartografía de áreas de riesgo de inundaciones y anegamientos de la ciudad, considerando las alturas del terreno y la población expuesta (Fig. 7), estableciendo cinco categorías de riesgo:

- *Muy Alto*: Compreendida entre las cotas de 69 y 75 metros, se ubican las áreas más bajas del ejido urbano, siendo las más comprometidas ante la ocurrencia de

inundaciones por desborde de río y anegamientos por acumulación de agua debido a las precipitaciones, por lo que se las puede denominar como áreas de mayor riesgo. Se corresponde principalmente con sectores que se encuentran en los márgenes del río de Oro o cercanos a su cauce, asimismo, áreas del sector oeste que naturalmente corresponden a ambientes anegables. Los barrios bajo este riesgo son los que se ubican sobre estos espacios mencionados y la población expuesta cuantificada fue de aproximadamente 2.443 personas, es decir, un 8,7 % del total de habitantes.

- **Alto:** Corresponde a las áreas ubicadas entre las cotas de 75 y 77 metros por lo que rodean a la categoría anterior ocupando mayores superficies. Dentro del ejido urbano propiamente dicho, corresponde a sectores del noreste, noroeste, sureste y sudoeste, siendo estas dos últimas sobre las que existe mayor espacio construido y sustenta mayor cantidad de población, principalmente áreas lindantes con la ruta provincial 90. La población expuesta, calculada a partir de datos censales alcanza los 8.968 habitantes (31,8 %).
- **Medio:** Se trata de las áreas que se encuentran entre los 77 y 79 metros siendo una transición entre las áreas bajas y altas, es decir, correspondería a áreas con un riesgo medio. Entre dichas alturas se encuentra el mayor número de población, calculada en 11.490 habitantes (40,7 %), ya que corresponde a la categoría que ocupa la mayor superficie y su disposición presenta una orientación NO-SE. La ocurrencia de anegamientos tendría como causa principal a intensas o prolongadas precipitaciones.
- **Bajo:** Aquí se agrupan a las áreas localizadas entre los 79 y 81 metros que se corresponde con un bajo riesgo de inundaciones y anegamientos. Se trata de áreas que rodean el área céntrica y se prolongan hacia el norte y hacia el sur indicando los sectores más altos y aptos para la instalación humana. La población que reside en esta área fue calculada en 4.317 personas (15,3 %).
- **Muy Bajo:** Representa las áreas de mayores alturas dentro del ejido urbano correspondiéndose con el casco céntrico del mismo y, consecuentemente, el área de menor riesgo a inundaciones. Las alturas se ubican entre 81 y 88 metros y la población que habita este sector fue calculada aproximadamente en 980 personas (3,5 %).

En su devenir histórico, al igual que las distintas localidades del NEA, la expansión de la ciudad determinó la ocupación de áreas cada vez menos adecuadas para el asentamiento de la población y de sus actividades. En las áreas del sector este y oeste del ejido urbano, debido a las restricciones naturales que presentan y, en consecuencia, la recurrencia de fenómenos como inundaciones por desborde de cuerpos de agua y anegamientos asociados a las precipitaciones pluviales que afectan a la región, exponen a la población a riesgos frecuentes. Un ejemplo de lo expuesto se muestra en la Fig. 8 donde se observan viviendas de un barrio localizado en márgenes del río de Oro (sector este de la ciudad), en el centro una planta de tratamientos de residuos sólidos urbanos instalado en ambiente anegable en el sector oeste del ejido urbano y a la derecha una vivienda construida en el margen de una laguna. Todos casos asentados sobre áreas con ALTO riesgo de inundación y anegamiento según la clasificación incluida en este

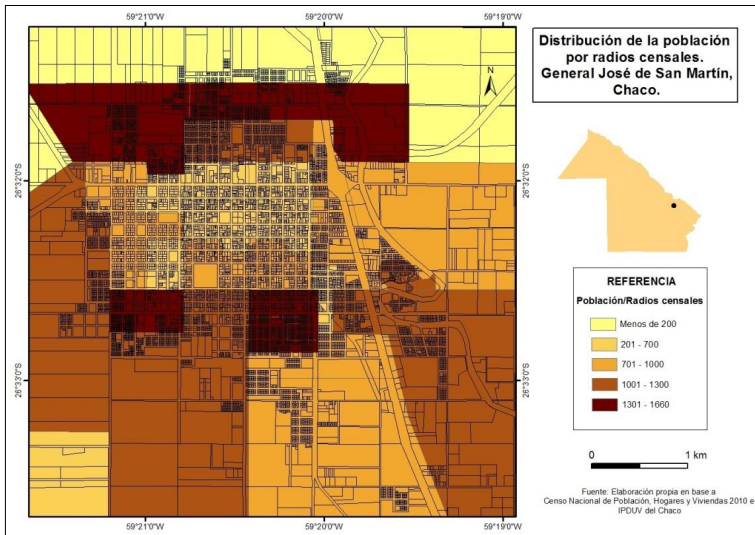


Fig. 5: Distribución de la población de General José de San Martín por radios censales, año 2010. Elaboración propia.

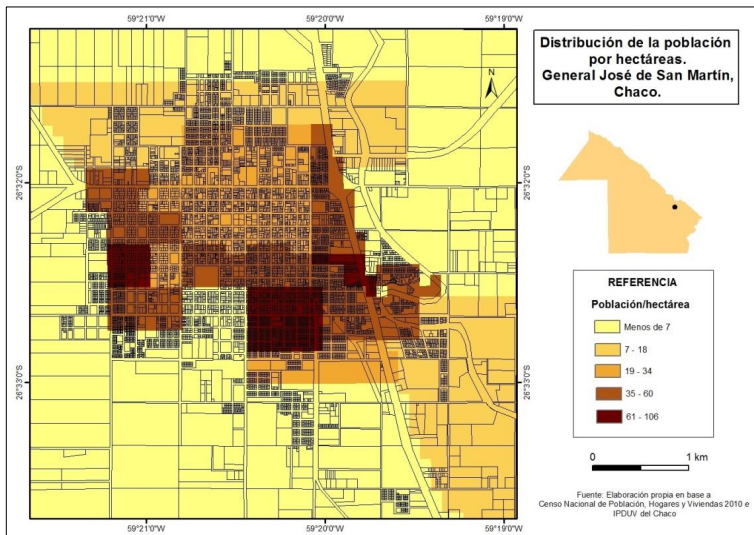


Fig. 6: Distribución de la población de General José de San Martín por hectáreas, año 2010. Elaboración propia.

trabajo. Por otro lado, el conocimiento de la topografía permite inferir cuáles son los sectores más apropiados para la adecuada expansión de la ciudad y la instalación de actividades humanas.

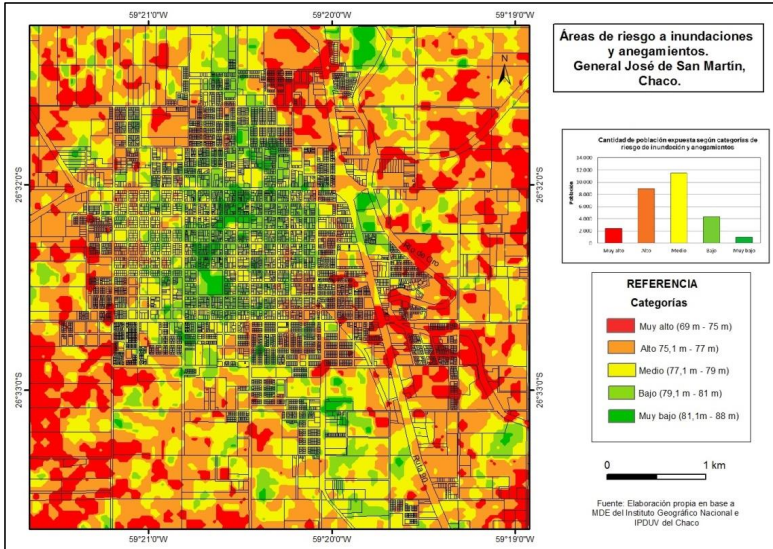


Fig. 7: Áreas de riesgo de inundaciones y anegamientos en General José de San Martín, Chaco. Elaboración propia.



Fig. 8: Áreas de alto riesgo de inundación y anegamientos.

Fuente: Fotografía propia (izquierda e izquierda), Eagle Visión (centro).

La representación cartográfica y los análisis presentados intentan contribuir al conocimiento de las áreas vulnerables, a la vez que pueden ser utilizadas para concientizar a los diversos actores locales a tomar medidas orientadas a la prevención y mitigación del riesgo. La delimitación de áreas inundables y consecuentemente la elaboración de mapas de riesgo de inundación en áreas urbanas constituyen un aporte fundamental para la planificación y gestión integral del riesgo.

Conclusiones

La ciudad de General José de San Martín (Provincia del Chaco, Rep. Argentina) presenta, por las características naturales del sitio en el que se halla emplazada, riesgos a inundaciones y anegamientos vinculados al desborde de curso fluvial y precipitaciones pluviales. La recurrencia de eventos hidrometeorológicos pone en evidencia la necesidad de generar documentos cartográficos que, a partir de diversos recursos, permitan visualizar las áreas de riesgos de inundaciones y anegamientos. Estos documentos o representaciones constituyen un recurso fundamental a la hora de planificar y tomar decisiones sobre la ocupación del territorio. El conocimiento y la representación espacial de las áreas propensas a inundarse poseen una importante función, ya que estos insumos serán utilizados por quienes estén encargados de tomar decisiones, antes, durante o después de la ocurrencia del fenómeno. También es necesaria su difusión y divulgación para evitar la expansión de la ciudad en áreas inundables o anegables.

La representación, comunicación y expresión cartográfica intenta contribuir al conocimiento de áreas vulnerables y también a la socialización de diversos actores locales para contribuir en la prevención y en la mitigación del riesgo. La delimitación de áreas inundables y consecuentemente la elaboración de cartografías de riesgo de inundación en áreas urbanas constituyen un aporte fundamental para la planificación y gestión integral del riesgo.

Los Modelos Digitales de Elevación y las herramientas de análisis espacial que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica constituyen un recurso fundamental en los estudios que requieren, como información de base, conocer la configuración topográfica del territorio. Por otro lado, los MDE son un recurso muy eficiente si no se dispone de otra fuente de información topográfica, sumado a esto, el fácil y rápido acceso a los mismos y la diversidad de aplicaciones que pueden llevarse a cabo.

Bibliografía

- Administración Provincial del agua. (2010). Precipitaciones mensuales Provincia del Chaco período 1956-2010. Dirección de estudios básicos.
- Andrade, M.; Lucioni, N.; Iezzi, L. (2012). Factores de riesgo hídrico en el Gran La Plata, Argentina. IX Jornadas Nacionales de Geografía Física Bahía Blanca, 19 al 21 de abril, pp.14- 24, ISBN 978-987-1648-32-0.
- Andrade, M.; Lucioni, N. (2014). Propuesta metodológica para el monitoreo de áreas con riesgo hídrico. Provincia de Buenos Aires, Argentina. III Congreso Internacional de Ordenamiento Territorial y Tecnologías de la Información Geográfica. Campus UNGS. Los Polvorines. Partido de Malvinas Argentinas. Buenos Aires – República Argentina. 15 al 18 de setiembre de 2014.
- Bertoni, J. (Org.). (2004). *Inundaciones Urbanas en Argentina*. Córdoba, Argentina.

- Basterra N.I, Valiente M. A, Glibota G, (2008). Evaluación del riesgo ambiental por inundación con SIG del valle fluvial del Río Paraná próximo a los núcleos urbanos de Resistencia y Corrientes. Centro de Gestión Ambiental y Ecología – CEGAE-UNNE.
Disponible en: <http://www.ign.gov.ar/descargas/sig/Publicaciones%20pdf/27.pdf>
- Burgos, V.; Salcedo, A. (2014). Modelos digitales de elevación: Tendencias, correcciones hidrológicas y nuevas fuentes de información. 2^{do} Encuentro de investigadores en formación de Recursos Hídricos (IFER). Disponible en: <http://www.ina.gov.ar/ifrh-2014/Eje3/3.10.pdf>
- Cabral, M.; Hurtado, M.; Muntz, D.; Sánchez, C. (2014). Cartografía temática como base para el ordenamiento territorial partido de Salliqueló, provincia de Buenos Aires. III Congreso Internacional de Ordenamiento Territorial y Tecnologías de la Información Geográfica, 15 al 18 de septiembre. Buenos Aires, Argentina.
- Contreras, F.; Fantín, M. (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 Núm. 23*, IIGHI – IH- CONICET/UNNE, pp. 97-112, Resistencia, Chaco.
- Contreras, F.; Odriozola, M. (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. Vol. 28*, pp. 83- 94.
- Felicísimo, A. (1994). *Modelos Digitales del Terreno: Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales*. Biblioteca de Historia Natural. Pentalfa Ediciones, Oviedo.
- Felicísimo, A. (1999). La utilización de los MDT en los estudios del medio físico. Disponible en: http://www6.uniovi.es/~feli/pdf/ITGE_150a.pdf
- Felicísimo, A. (2000). Modelos Digitales del Terreno. Topometría y Microgeodesia. Disponible en: <ftp://agrimensura.efn.uncor.edu/pub/trabajosfinales/Trabajo%20Final%20MARTINEZ%20GARCIA/Disco%201/09%20-%20Bibliografia/MDE/M%20D%20T%2001.pdf>
- Ferrando, A.; Francisco, J. (2006). Sobre Inundaciones y anegamientos. *Revista de Urbanismo*, Núm. 15, Departamento de Urbanismo, F.A.U. Universidad de Chile.
- Gómez, C.; Pérez, M.; Prause, J. (2014). Áreas de riesgo de inundación pluvial en la provincia del Chaco. *FACENA*, Vol. 30, pp. 3- 18.
- Guillón, R. (2011). *El Zapallar, tenemos historia*. Librería de la Paz. Resistencia, Chaco, Argentina.
- Odriozola, M.; Meza, J.; Chávez, C.; Contreras, F. (2016). La ciudad de Formosa: una mirada desde los modelos de elevación digital. *Actas del XIV Encuentro de Profesores y Licenciados en Geografía de Formosa. Vol.1*. Universidad Nacional de Formosa. Editorial Universidad Nacional de Formosa. ISBN 978-987- 1604-49-4. Formato CD-ROM.
- Instituto Geográfico Nacional. (2014). Modelo Digital de Elevaciones de la República Argentina - MDE-Ar.
Disponible en: http://www.ign.gov.ar/archivos/Informe_MDE-Ar_45m.pdf
- Lucca, A. (2005). Implicancias de los riesgos naturales en la ubicación de las ciudades

- del oriente chaqueño. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2005, Universidad Nacional del Nordeste. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2005/2-Humanidades/H-012.pdf>
- Natenzon, C. (1995). Catástrofes Naturales, riesgo e incertidumbre. Buenos Aires, FLACSO; diciembre. *Serie Documentos e Informes de Investigación* Núm.197, p. 22.
- Olcina Cantos, J. (2010). El tratamiento de los riesgos naturales en la planificación territorial de escala regional. *Papeles de Geografía* 51-52, pp. 223- 234.
- Paredes Hernández, C.; Salinas Castillo, W.; Martínez Becerra, X.; Jiménez Hernández, S. (2013). Evaluación y comparación de métodos de interpolación determinísticos y probabilísticos para la generación de modelos digitales de elevación. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, Núm. 82*, pp. 118-130.
- Pértile, V. (2012). El fenómeno urbano y la situación en los países latinoamericanos. Emplazamientos urbanos en zonas de riesgos naturales. El caso del Gran Resistencia. *Revista Geográfica Digital*, IGUNNE. Facultad de Humanidades. UNNE. *Año 9, Núm. 18*. Julio- Diciembre.
- Popolizio, E. (1986) Influencia del sistema geomorfológico en las crecientes e inundaciones del nordeste argentino. 2º parte. *Revista Geociencias XIV*, Centro de Geociencias Aplicadas, UNNE, pp. 3 – 33, Resistencia.
- Ribera Masgrau, L. (2004). Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas. *Documento Anales de Geografía* 43, pp. 153 – 151. España.
- Roces, C. (2013). Experiencia de investigación proyectual: Equipamiento educativo y obras complementarias. Barrio Los Silos. Gral. San Martín, Chaco. *ADNEA Revista de Arquitectura y Diseño del Nordeste Argentino. Vol. 1 Núm. 1*, pp.97- 105.
- Seguinot Barbosa, J.; Batista, J.L.; Sánchez Celada, M. (2008). Evaluación de riesgos por inundaciones en los municipios de Carolina y Loiza, Puerto Rico”. *GeoFocus Núm. 8*, pp. 115-138.
- Viand, J.; Gonzales, S. (2012). Crear riesgo, ocultar riesgo: gestión de inundaciones y política urbana en dos ciudades argentinas”. Primer encuentro de investigadores en formación de recursos hídricos. Instituto Nacional del Agua (INA), Ezeiza, 14 y 15 de junio. Disponible en: http://www.ina.gov.ar/pdf/ifrrhh/01_027_Viand.pdf

