

ARTÍCULO ORIGINAL**MAPA HIPSOMÉTRICO DE LA CIUDAD DE PILAR, PARAGUAY: UNA
HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN URBANA Y LA GESTIÓN DE
RIESGOS****Miguel Ángel Delpino Aguayo¹, Andrea Celeste Sosa León², Liliana Isabel Ríos Cazal³**

Recibido: 20/ diciembre/ 2023

Aprobado: 29/ abril/ 2024

1 Docente Universitario, Magister en Gestión Ambiental por la Universidad Nacional de Itapúa. Paraguay y Licenciado en Análisis de Sistemas. Profesional dedicado a la aplicación de la Teledetección. Autor y Co-Autor de Artículos Científicos, publicación de libros relacionados con la temática ambiental y el ordenamiento territorial, Paraguay, <https://orcid.org/0000-0002-5211-2720>, mdelpino167@gmail.com

2 Estudiante de la Maestría en Gestión del Agua y Docente de la carrera Ingeniería Ambiental del Instituto de Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias Aplicadas – Universidad Nacional de Pilar, Paraguay, ansosaleon1@gmail.com

3 Estudiante de la Maestría en Gestión del Agua del Instituto de Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias Aplicadas y Técnica del Laboratorio de Ecología Básica y Aplicada, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural – Universidad Nacional de Pilar, Paraguay, lilianarioscazal@gmail.com

Mapa hipsométrico de la ciudad de Pilar, Paraguay: una herramienta para la planificación urbana y la gestión de riesgos

Resumen:

En el artículo “Mapa hipsométrico de la ciudad de Pilar, Paraguay: Una herramienta para la planificación urbana y la gestión de riesgos”, se presenta un estudio sobre el uso de dicho mapa para la planificación urbana y la gestión de riesgos de la ciudad de Pilar, Paraguay. El material se elaboró utilizando datos relevados en el contexto. Se utilizó el software QGIS v3.28.2 para la interpolación de la nube de puntos (geodatos) ajustando la salida a tamaños de celdas de 3m aplicando el método Ponderación de Distancia Inversa (IDW) para la obtención del Modelo Digital de Terreno (MDT). El objetivo consistió en Elaborar un mapa hipsométrico de la ciudad de Pilar, aplicable a la planificación urbana y la gestión de riesgos en el ámbito urbano de la ciudad, a fin de contribuir con la planificación urbana y la identificación de las zonas de riesgo de la ciudad, correspondiente a las áreas por debajo de la cota 56,46msnm, propensas a inundaciones, la identificación de las zonas de acumulación de agua y el sentido de escurrimiento de las aguas. El mapa constituye una herramienta útil para la planificación urbana y la gestión de riesgos por inundaciones, al permitir identificar las zonas de posible afectación, información valiosa para quienes deban tomar decisiones informadas como la comprensión de la topografía de la ciudad, su aplicabilidad ante potenciales riesgos y la planificación urbana.

Palabras clave: planificación urbana, mapa hipsométrico, gestión de riesgo, Pilar.

Yvyra'anga tekoyvuku táva Pilar, Paraguay-gua: Peteî tembipuru tavapy ñembohaperâ ha ojejapo haguâ kyhyjerânguera rembiaporape

Ñemombyky

Ko tembiapo jetypekapyre ojeheróva “ Yvyra'anga tekoyvuku táva Pilar, Paraguay-gua: Peteî tembipuru tavapy ñembohaperâ ha ojejapo haguâ kyhyjerânguera rembiaporape” pe ojehechauka peteî tembiapo pe yvyra'anga jepuru ñembohaperâ távaregua ha oñemohembiaporape haguâ kyhyjerânguera, táva Pilar, Paraguay-pegua. Ko tembiapo ojejapókuri mba'ekuaa oñemono'ôva'ekue upe távaguivoi jepuru rupive. Ojepurukuri peteî okamba'epururâ QGIS v3.28.2 oñemyenyhê haguâ pa'û kytâita aráipe opytáva (yvymba'ekuaa) ojopývo ñesê koty'imboty tuichakuéicha, 3m, oipurúvo tapereko “Ponderación de Distancia Inversa (IDW) oguereko haguâ pe “Modelo Digital de Terreno” (MDT). Ko jetypeka jehupytyvoirâ ha'ekuri pe Yvyra'anga tekoyvuku apo , táva Pilar-pe, ikatúva ojepuru táva ryepy ñembohaperâme, avei, oñemohembiaporape haguâ kyhyjerânguera távapegua, oipytyvôvo tavapy ñembohaperâme oikuaaukávo umi tendakuéra oîhápe kyhyjerâ tavaryepýre, umi ijyvyvore ohupytyhápe 56,46msnm, ikatuha rupi y oñuâmba; avei ohechauka haguâ umi tendakuéra ikatuha rupi ono'ô heta y ha moô gotyopa osyry umi yeta. Pe yvyra'anga ningo ha'e peteî tembipuru momba'epy tavapy ñembohaperâ ha umi kyhyjerânguera tembiaporaperâme oî vove kyhyje yaho'ígui, oipytyvôtagui ojehecha haguâ umi yvyvore ikatúva hoy'upa, ko'â marandu momba'epy umi he'iva'erâme mba'épa ojejapóta, ha'echaichahína umi oikumbýva'erâ táva yvyra'anga, mba'éichapa ojepurúta oîrô katuete kyhyjerâ tuicháva, oñemyesakáva ñembohaperâme.

Ñe'êita karaku: tavapy ñembohaperâ, yvyra'anga tekoyvuku, kyhyjerâ rembiaporape, Pilar.

Hypsometric map of the city of Pilar, Paraguay: a tool for urban planning and risk management

Abstract

In the article “Hypsometric map of the city of Pilar, Paraguay: A tool for urban planning and risk management”, a study is presented on the use of said map for urban planning and risk management of the city of Pilar. Pilar, Paraguay. The material was prepared using data collected in the context of the S.G. Contract. Minister N°19/2020 “Construction of the Expansion of the Pilar Coastal Strip, Department of Ñeembucú-14.9km” facilitated by the Ministry of Public Works and Communications (MOPC) under Law 5282/14. The QGIS v3.28.2 software was used for interpolation of the point cloud (geodata), adjusting the output to cell sizes of 3m applying the Inverse Distance Weighting (IDW) method to obtain the Digital Terrain Model (DTM). The objective was to prepare and make available cartographic material in order to contribute to urban planning and the identification of risk areas of the city, corresponding to areas below the level of 56.46 meters above sea level, prone to flooding, the identification of the areas of water accumulation and the direction of water runoff. The map constitutes a useful tool for urban planning and flood risk management, by allowing areas of possible impact to be identified, valuable information for those who must make informed decisions.

Keywords: Urban planning, Hypsometric map, risk management, Pilar.

Introducción

El relieve es un elemento geográfico fundamental que ejerce una influencia significativa en el desarrollo urbano. Su impacto se manifiesta en diversos aspectos, desde la topografía del terreno, así como en la gestión de riesgos. Este artículo se enfoca en la importancia del relieve en la planificación urbana y la gestión de riesgos en la ciudad de Pilar, utilizando un enfoque multidisciplinario respaldado por datos geospaciales actualizados, como forma de adoptar medidas no estructurales. A lo largo de este trabajo, se destacan las contribuciones del mapa hipsométrico en la toma de decisiones urbanísticas y en la gestión de riesgos y la mitigación de desastres.

El relieve, entendido como la configuración tridimensional de la superficie terrestre, desempeña un papel crucial en la planificación y el desarrollo de las ciudades. En este sentido, las zonas con un relieve escasamente accidentado presentan riesgos que pueden pasar desapercibidos en circunstancias habituales, pero que se vuelven críticos en momentos de condiciones climáticas extremas. Tal como señala la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023), estas áreas pueden ser propensas a inundaciones, encharcamientos, dificultades para la evacuación de las aguas y a procesos de intervención territorial con fines urbanísticos que pueden agravar aún más estos riesgos.

La comprensión detallada del relieve es esencial para anticipar y mitigar estos riesgos. En este sentido, el mapa hipsométrico se presenta como una herramienta útil en la planificación urbana y la gestión de riesgos. Este tipo de mapa permite identificar las zonas con diferentes elevaciones y pendientes en una región específica (López, González, & Ramírez, 2022). Su aplicación abarca desde la identificación de áreas de riesgo hasta la planificación del desarrollo urbano de manera que se minimice la vulnerabilidad ante desastres naturales.

La ciudad de Pilar, ubicada en el XII Departamento de Ñeembucú, en la República del Paraguay, ha sido objeto de estudios relacionados con su relieve y su impacto en el desarrollo urbano. En el año 2005, la Universidad Nacional de Pilar publicó una primera versión de un mapa hipsométrico de la ciudad (se tuvieron tres ediciones, la última en el año 2014), basándose en geodatos recolectados durante un proyecto de desagüe cloacal. Este proyecto, planificado, ejecutado y en funcionamiento en la ciudad, proporcionó una visión valiosa del relieve, aunque limitada, en lo referente al área urbana. Esta primera edición del mapa tenía un alcance territorial relativamente pequeño, abarcando menos del 30% del ejido urbano municipal, que supera las 5000 hectáreas.

Si bien esta primera versión del mapa fue un paso importante en la dirección correcta, la necesidad de datos más completos y actualizados se volvió evidente con el tiempo. Para abordar esta demanda, se realizaron esfuerzos significativos para crear un mapa hipsométrico más completo y preciso.

El artículo aquí presentado marca un hito en la cartografía y la planificación urbana de la ciudad de Pilar. En lugar de limitarse a una porción reducida del territorio urbano, este nuevo mapa hipsométrico abarca un área superior al 95% del área urbanizada del ejido urbano de la ciudad. Su creación fue posible gracias a la colaboración de un equipo multidisciplinario compuesto por académicos de diversas unidades de la Universidad Nacional de Pilar.

La base de datos para este mapa se obtuvo mediante geodatos facilitados por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, en virtud de la Ley 5282/14. Los datos se recolectaron como parte de las actividades relacionadas con el Contrato S.G. Ministro N°19/2020 "Construcción de la Ampliación de la Franja Costera de Pilar, Departamento de Ñeembucú, 14,9 km". Estos datos, obtenidos recientemente, proporcionan una visión más precisa y completa del relieve en el área urbana de la ciudad de Pilar.

Metodología

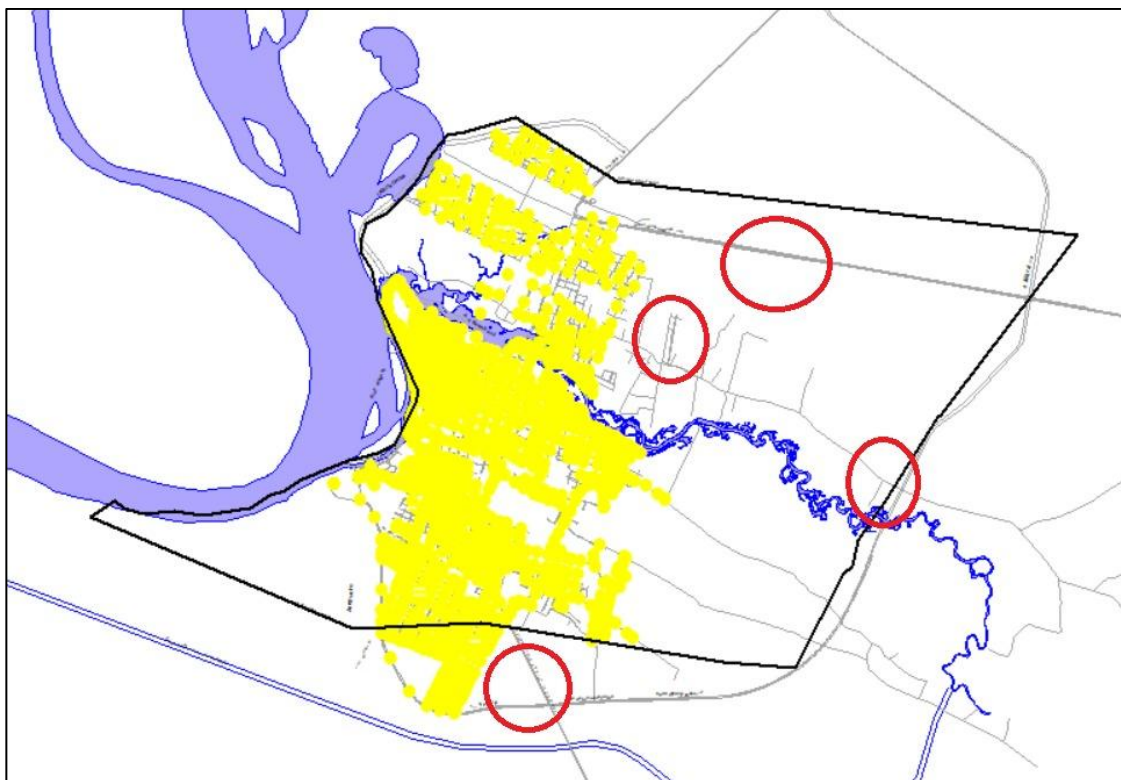
La metodología propuesta para elaborar el mapa hipsométrico de la ciudad de Pilar, a partir de datos provistos por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, es la siguiente:

1. **Recopilación de datos:** El primer paso es recopilar los datos necesarios para elaborar el mapa hipsométrico. En este caso, los datos utilizados corresponden a las ubicaciones de los geodatos y los valores de cotas, expresados en metros sobre el nivel del mar (msnm), almacenados en el campo Elevation, de la base de datos. Los geodatos relevados se aplicaron en las intersecciones de calles o vías.
2. **Preparación de los datos:** Los datos recopilados fueron analizados en su integridad y proyectados al sistema de coordenadas WGS84 UTM 21S. De existir datos inconsistentes con el área geográfica analizada, las mismas serían eliminadas del set de datos.
3. **Elaboración del mapa hipsométrico:** El mapa hipsométrico se elaboró utilizando la opción Surface Interpolate Grid del software QGIS v3.28.2. Se consideraron los siguientes parámetros:
 - Tamaño de celdas de salida del MDT: 3 m
 - Número total de Filas: 1879
 - Número total de Columna: 3779

- Aplicación del método: Ponderación de Distancia Inversa (IDW), que es un método de interpolación que utiliza los valores de las celdas vecinas para estimar el valor de una celda no observada.
 - Number of Neighbors: 12 (número máximo de píxeles vecinos a considerar, a ser utilizadas para la interpolación.)
 - Power: establecido en el valor 2, que define la potencia que se utilizará para ponderar los valores de las celdas vecinas.
 - Barries: No Barries, en que se define si se tendrán en cuenta las celdas obstruidas para la interpolación.

Figura 1.

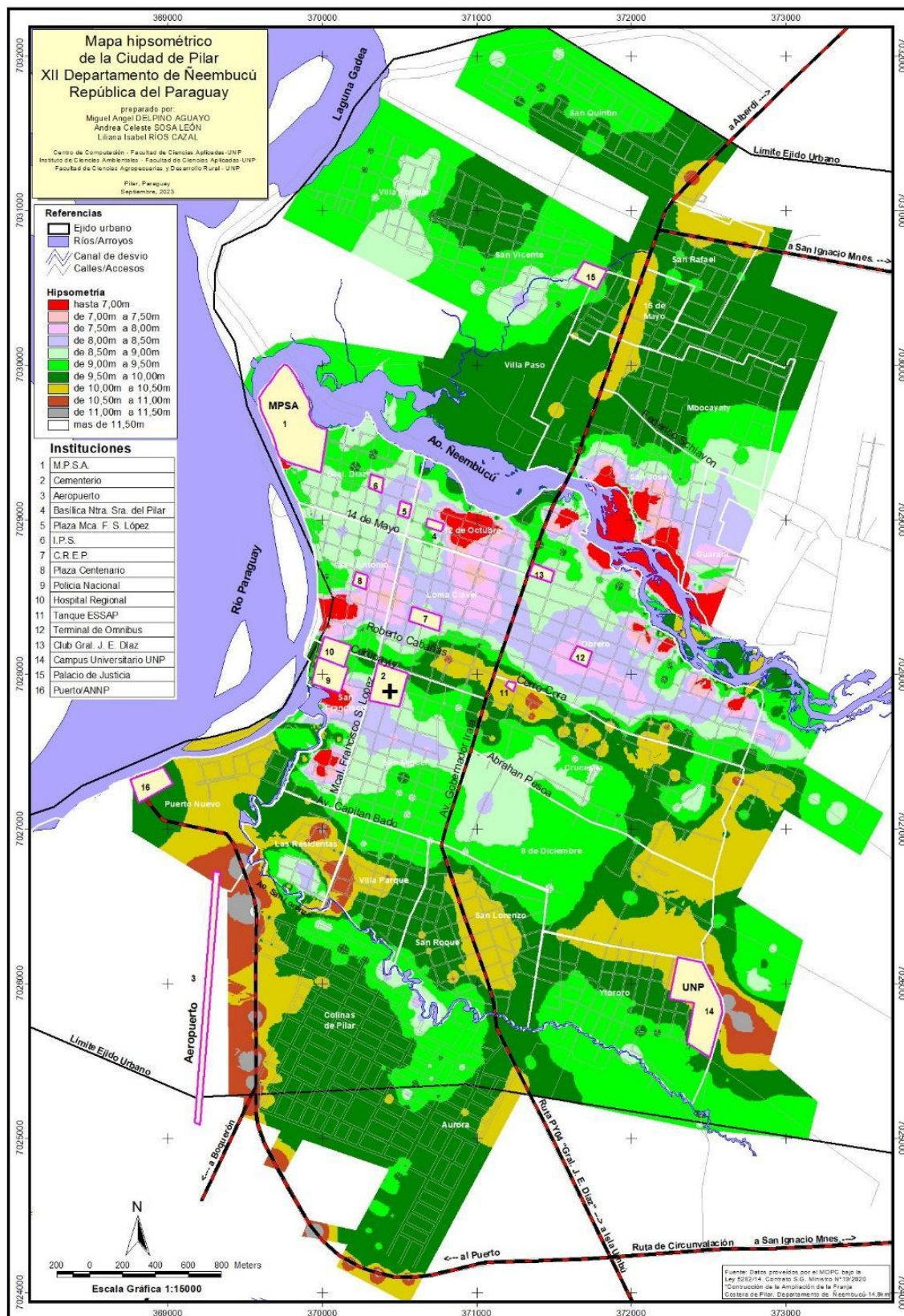
Conjunto de geodatos (puntos) relevados a campo (en color amarillo) correspondientes a coordenadas bajo la Proyección UTM J21S y DATUM WGS84. Las zonas en círculos rojos corresponden a las áreas en no poseen geodatos relevados. Polígono en línea negra corresponde al Ejido Urbano.



4. **Análisis del mapa hipsométrico:** El mismo se analizó a fin de identificar las zonas de mayores riesgos de la ciudad de Pilar ante eventuales situaciones de dificultad de escurrimiento de las aguas acumuladas, zonas de acumulación de aguas y áreas susceptibles a inundaciones. En este caso, se identificaron las zonas inundables a cotas iguales o inferiores a 56,46msnm (10,00m).

Figura 2.

Mapa Hipsométrico de la ciudad de Pilar, la referencia se realiza a partir de la altura del nivel hidrométrico en el Puerto de la ciudad de 0m (cero metros) equivalente a 46,46msnm.



A partir de dichos procedimientos se ha podido elaborar un mapa hipsométrico que representa el relieve de la ciudad de Pilar, el cual permite identificar las zonas de riesgo de inundaciones, encharcamiento y dificultades de escurrimiento de las aguas acumuladas en la ciudad de Pilar.

El mapa hipsométrico permitiría identificar las zonas con diferentes elevaciones y pendientes. Esto sería útil para la planificación urbana, ya que permitiría planificar el desarrollo urbano de manera que se minimicen los riesgos de desastres. En este caso, se identificaron las zonas con una elevación igual o inferior a los 56,46msnm (10,00m), correspondiente a las zonas susceptibles a inundaciones.

El mapa hipsométrico evidencia que la ciudad de Pilar está ubicada en un terreno de escasa pendiente, con un promedio de pendiente igual o inferior al 1%. Mostrándose que las zonas más elevadas de la ciudad, por encima de los 56,46msnm (10,00m), están representados por las zonas en color verde oscuro, los tonos grises y los blancos.

Estos resultados serían útiles a los fines de una planificación urbana, al permitir que las autoridades responsables del bienestar comunitario puedan tomar medidas informadas al propósito de las intervenciones territoriales a fin de mitigar los impactos de determinados eventos y la mitigación de los riesgos, como es el caso de la construcción de infraestructuras en zonas de riesgo.

Resultados, discusión y análisis

La culminación de este estudio sobre la elaboración del mapa hipsométrico de la ciudad de Pilar arroja resultados de gran relevancia para la planificación urbana y la gestión de riesgos en esta comunidad. Los datos recopilados, su preparación, la aplicación de la metodología propuesta y el análisis subsiguiente del mapa hipsométrico han permitido identificar áreas críticas de elevación en la ciudad, lo que tiene importantes implicaciones para la toma de decisiones en el desarrollo urbano y la mitigación de riesgos.

El proceso de obtención de este mapa comenzó con la recopilación de datos, principalmente los valores de cotas expresados en metros sobre el nivel del mar (msnm), almacenados en el campo Elevation de la base de datos utilizada. La calidad y precisión de estos datos son fundamentales para obtener resultados confiables en el mapa hipsométrico. La elección de utilizar valores de elevación en msnm proporciona una referencia estándar que facilita la interpretación y la toma de decisiones basadas en los resultados.

La siguiente etapa crucial fue la preparación de los datos. Esto implicó la conversión y proyección de los datos en el sistema de coordenadas WGS84 UTM 21S. La proyección a un sistema de coordenadas específico es esencial para garantizar la coherencia espacial de los datos y asegurar que todas las mediciones se relacionen correctamente con el terreno físico de la ciudad de Pilar. Este paso es fundamental para obtener un mapa hipsométrico preciso y útil.

La elaboración del mapa hipsométrico en sí misma se basó en la metodología propuesta, que incluyó la aplicación del método de interpolación IDW (Inverse Distance Weighted). El uso de IDW es una elección acertada, ya que es un método robusto que se ha demostrado efectivo en la estimación de valores de elevación en áreas con datos dispersos. Además, IDW ofrece la flexibilidad necesaria para adaptar la interpolación a las condiciones específicas del terreno.

Dentro de la metodología IDW, se consideraron varios parámetros que influyen en la precisión de la interpolación. El parámetro "Nearest Neighbors" es crucial, ya que controla la influencia de las celdas vecinas en la estimación de los valores de elevación. Ajustar este parámetro permite ajustar la sensibilidad de la interpolación y mejorar la precisión.

El parámetro "Power" también desempeña un papel significativo, ya que controla la forma de la superficie interpolada. A través de este parámetro, es posible adaptar la interpolación para que se ajuste mejor a la topografía real de la ciudad de Pilar, lo que aumenta la calidad del mapa hipsométrico resultante.

El tercer parámetro, "Barries", es relevante para tener en cuenta las celdas obstruidas en la interpolación. Esto es particularmente importante en un entorno urbano donde pueden existir obstáculos como edificios o infraestructuras que afecten la distribución de elevaciones.

El análisis del mapa hipsométrico ha arrojado resultados críticos para la ciudad de Pilar. La identificación de las zonas de riesgo con elevaciones inferiores a 56,46 msnm es esencial para la gestión de riesgos y la toma de decisiones en la planificación urbana. Estas áreas identificadas como propensas a inundaciones, encharcamientos y dificultades en el escurrimiento de las aguas acumuladas requieren una atención especial en términos de infraestructura, regulación del uso del suelo y medidas de prevención de desastres.

La metodología empleada en la elaboración del mapa hipsométrico de la ciudad de Pilar ha demostrado ser apropiada y efectiva. Los resultados proporcionan información valiosa para la comunidad local, los planificadores urbanos y los encargados de la gestión de riesgos. Este

mapa no solo mejora la comprensión del relieve en la ciudad, sino que también contribuye significativamente a la toma de decisiones informadas y al desarrollo sostenible de Pilar. Su utilidad se extiende a la identificación de áreas de riesgo, lo que es fundamental para la seguridad y el bienestar de sus habitantes. La combinación de una metodología sólida y un análisis detallado lo convierte en una herramienta esencial en el arsenal de planificación urbana y gestión de riesgos de la ciudad de Pilar.

La disponibilidad de un mapa hipsométrico, obtenido a partir de datos relevados a campo cuyos valores reflejan la realidad, es una herramienta útil para la planificación urbana, ya que permite identificar las zonas de riesgo de potenciales riesgos y desastres.

En el caso de la ciudad de Pilar, el mapa hipsométrico identifica zonas susceptibles de inundaciones, encharcamiento o dificultades en el escurrimiento de las aguas debido a que las mismas se hallan a una altura inferior a los 56,46msnm, por lo que las autoridades deberían tomar medidas para mitigar este riesgo.

Entre las recomendaciones, se pueden mencionar las siguientes:

Que las autoridades eviten la autorización para la construcción de infraestructuras importantes en zonas de riesgo, antes bien, deberían promover la construcción de viviendas resistentes antes este tipo de riesgos o desastres.

Que las autoridades municipales promuevan la realización de campañas de educación para concienciar a la población sobre los riesgos, recomendaciones que resultan útiles para ayudar a las autoridades a mitigar los riesgos en la ciudad de Pilar.

Reflexiones finales y/o conclusiones

La elaboración del mapa hipsométrico de la ciudad de Pilar constituye un paso importante para comprender la topografía de la ciudad y su potencial riesgo ante inundaciones y otros desastres relacionados con la elevación del terreno. Los resultados obtenidos a través de la metodología IDW ha demostrado reflejar la realidad y ajustado para la toma de decisiones en la planificación urbana y la gestión de riesgos.

La identificación de áreas críticas con elevaciones inferiores a 56,46 msnm es fundamental para la toma de decisiones informada particularmente para las autoridades quienes deben considerar las implicaciones de estos hallazgos. Se recomienda tener en consideración este aspecto al momento de autorizar la construcción de infraestructuras importantes en estas

zonas de riesgo. En cambio, se debe fomentar la construcción de viviendas resistentes que puedan hacer frente a posibles desastres, mitigando así los riesgos para la población.

Cobra especial importancia, el aspecto relacionado con la implementación de campañas de educación para concienciar a la población sobre los riesgos identificados y las medidas de prevención recomendadas. La participación de la comunidad es esencial para el éxito de cualquier estrategia de gestión de riesgos, y la conciencia pública puede desempeñar un papel clave en la reducción de la vulnerabilidad ante posibles desastres.

La combinación de un mapa hipsométrico detallado y una estrategia de planificación basada en los riesgos identificados proporciona una base sólida para el desarrollo sostenible de la ciudad de Pilar. Este enfoque no solo mejora la seguridad de los habitantes, sino que también contribuye al bienestar general de la comunidad. La inversión en infraestructuras resilientes y la promoción de prácticas seguras en la construcción son pasos cruciales para garantizar un futuro más seguro y sostenible para la ciudad. En última instancia, este estudio no solo es un ejercicio académico, sino una herramienta práctica para la mejora continua y la resiliencia de la comunidad de Pilar frente a los desafíos del entorno geográfico.

Referencias

- AVILA, José Luís y PERITO (compiladores). 2001. Zonificación de Áreas Inundables del Río Paraguay, Convenio Paraguay-FONPLATA OCT/RC/PAR4-96, Escalas 1:10000 y 1:200000. Diciembre (2000).
- BASABE, P. 1998. Seguimiento y preparación emergente ante posibles inundaciones que pudiera ocasionar el fenómeno “El Niño”. Informe de Misión en el Paraguay. Sistema Nacional de Emergencias (CEN) y PNUD, Asunción, pp. 1-69 + anexos 1 a 3.
- BOSQUE SENDRA, J. 1992. Sistemas de Información Geográfica. Editorial Railp, Madrid, España, pp. 1-390.
- CAÑADA TORRECILLA, María Rosa. 2006. Técnicas de Interpolación espacial deterministas mediante funciones polinómicas, en Sistemas y Análisis de la Información Geográfica: Manual de autoaprendizaje con ArcGIS, MORENO JIMENES, Antonio (Coordinador). Editorial RA-MA, México, pp. 1-895.
- CONTERAS, Julio R. 2003. El valle aluvial del Río Paraguay como “Caja de Resonancia” de la oscilación climática “El Niño”. Historia Paraguaya, Anuario de la Academia Paraguaya de la Historia, Asunción, Volumen XLIII, pp. 545-587.
- CONTRERAS ROQUÉ, Julio Rafael, Andrés Oscar Contreras y Miguel Ángel DELPINO AGUAYO. 2007. Estudios Bioecológicos sobre los humedales del Ñeembucú:

- Desarrollo urbano y antropización creciente del medio Natural en el departamento de Ñeembucú al sur del Río Tebicuary, República del Paraguay, Primera Edición, Fundación de Historia Natural Félix de Azara, Buenos Aires, Argentina, pp.1 - 24.
- DA CRUZ, José, Jorge Próspero ROZÉ, Fernando FRANCIA y Gabriela COB. 2003. Ecología Social de los Desastres. Editorial Coscoroba, Montevideo, Uruguay, pp. 1-163.
- DE BEAUCLAIR SEIXAS, Roberto, Luiz Henrique DE FIGUEIREDO, Claudio Antonio DA SILVA y Paulo Cezar PINTO CARVALHO. 2000. Uma metodologia para geração de modelos de elevação a partir de curvas de nível. Instituto de Matemática Pura e Aplicada, Laboratorio de Visualização e Computação Gráfica, Rio de Janeiro, RJ, pp. 1-6.
- Echecolanea, J. M. (2018). Sistemas de Información Geográfica: Una herramienta clave para la planificación urbana. TecYt, (4). Recuperado a partir de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/tecyt/article/view/22844>.
- GONZÁLEZ ERICO E. 1991. Geomorfología y geología de los humedales de la región Oriental. Limitaciones para su uso y aprovechamiento. La Revista Crítica, Asunción, 2 (4):51-59.
- GRASSI, Benjamín. 2000. "Reducing the Impacts of Environmental Emergencies through Early Warning and Preparedness: The Case of the 1997-98 "El Niño"-Southern Oscillation": Paraguay Country Case Study. Benjamín Grassi. Coordinador Área de Meteorología Facultad Politécnica Universidad Nacional de Asunción Ciudad Universitaria San Lorenzo, Paraguay. 2000. Pp. 1-63.
- HANSEN, K. L. 1989. Gis vs CAD vs DBMS em mapeamento digital: Exemplos Em Engenharia Ambiental. Congresso Brasileiro de Cartografia. Brasília – DF. Anais SBC.
- JUNK, W. K.; P. B. BAILEY y R. E. SPARKS. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems, pp. 110-127, en: D. P. DODGE (Editor): Proceedings of the International Large River Symposium: Canadian Special Publications on Fish and Aquatic Scilure, Volume 106.
- López, C., González, M., & Ramírez, J. (2022). Aplicación del mapa hipsométrico en la planificación urbana de la ciudad de Pilar, Paraguay. Revista de Geografía, 27(2), 1-15.

- MADES. 2018. Mapa de Riesgos de Desastres de la República del Paraguay. Accesado en https://www.sen.gov.py/application/files/9015/9862/5498/Atlas_de_Riesgos_de_Desastres_de_la_Republica_del_Paraguay_2018.pdf, en fecha 18/09/2023.
- NEIFF, Juan José. 1999. El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica, en Ana Inés MALVÁREZ (Editora): Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica. MAB-Oficina de Ciencia y Tecnología de la UNESCO, Montevideo. Pp. 99-140.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). Informe sobre desastres mundiales 2022. Ginebra, Suiza. Accesado en https://www.ifrc.org/sites/default/files/2023-04/2022_WDR_Full_SP_LR.pdf, en fecha 18/09/2023.
- PARISE, M. 2001. Landslide mapping techniques and their use in the assessment of the landslide hazard. Physics and Chemistry of the Earth, Part C: Solar, Terrestrial & Planetary Science, v. 26, n. 9, p. 697-703.
- POPOLIZIO, Eliseo. 1980. La geomorfología en los estudios ecológicos de la llanura. Geociencias IX. Centro de Geociencias Aplicadas. UNNE. Resistencia, Chaco, Argentina.
- ROZE, José Próspero. 2002. Detrás de la Gran Muralla: inundaciones y corporativismo en el Chaco. Pp. 119-132, en: José Da CRUZ, Fernando FRANCIA y Gabriela COB (editores): Ecología Social de los desastres. Ediciones Coscoroba, Montevideo.
- WESTEN, C. J.; M. T. J. TERLIEN. 1996. An approach towards deterministic landslide hazard analysis in GIS. A case study from Manizales (Colombia). Earth Surface Processes and Landforms, v. 21, n. 9, p. 853-868.
- [DGEEC, 2002]. Informaciones cartográficas proveídas por la Dirección General de Estadísticas Encuestas y Censos, correspondientes al Censo General del año 2002.
- [DISERGEMIL, 1994]. Malla y datos cartográficos oficiales de la Dirección del Servicio Geográfico Militar, correspondiente a datos de base obtenidas en sobrevuelos aéreos del año 1994.