



EVALUACIÓN ESPACIAL DE LA RESILIENCIA URBANA FRENTE A INUNDACIONES EN LUJÁN (BUENOS AIRES, ARGENTINA)

*Noelia Principi*¹

(Manuscrito recibido el 23 de septiembre de 2020, en versión final 5 de noviembre de 2020)

Para citar este documento

Principi, N. (2020). Evaluación espacial de la resiliencia urbana frente a inundaciones en Luján (Buenos Aires, Argentina). *Boletín geográfico*, 42(2), 109-126.

Resumen

En las últimas décadas el concepto de resiliencia, entendido como la capacidad para resistir, absorber, adaptarse a y recuperarse de los efectos de un peligro de una forma oportuna y eficiente, ha adquirido una gran popularidad, principalmente vinculado al análisis de riesgos y desastres.

El trabajo presenta una evaluación de la resiliencia urbana frente a inundaciones a partir del posicionamiento teórico-metodológico de Mayunga (2007) que contempla un análisis integral de la resiliencia desde un enfoque basado en el capital humano, físico, económico y social. Para el análisis de los capitales de forma individual se utiliza el Puntaje de Clasificación Espacial (PCE) y a partir de allí se aplica la metodología de tipificación probabilística explicitada por Propin (2003) para realizar la evaluación de la resiliencia, a nivel espacial. El área de estudio es la ciudad de Luján, una aglomeración de tamaño intermedio emplazada históricamente a orillas del río Luján, con problemas recurrentes de inundaciones.

El resultado cartográfico final evidencia diferencias intraurbanas en la distribución espacial de los niveles de resiliencia, que disminuyen desde las áreas centrales de la ciudad hacia la periferia. Además, la asociación espacial con las áreas amenazadas por las inundaciones deja expuesta una gran heterogeneidad respecto a los niveles de resiliencia de la población afectada.

¹ Instituto de Investigaciones Geográficas. Universidad Nacional de Luján. Ruta Nacional N°5 y Avenida Constitución - (6700) Luján, Buenos Aires, Argentina. E-mail: nprincipi@unlu.edu.ar

Se destaca la importancia de esta línea de trabajo de la Geografía Aplicada que permite generar información de base importante para los organismos de planificación y gestión en relación a la toma de decisiones espaciales en el marco del ordenamiento territorial

Palabras clave: Resiliencia urbana, inundaciones, Luján, enfoque basado en el capital, tipificación probabilística, Geografía Aplicada

SPATIAL EVALUATION OF URBAN RESILIENCE LINKED TO FLOODS IN LUJÁN (BUENOS AIRES, ARGENTINA)

Abstract

In recent decades, the concept of resilience, defined as the ability to resist, absorb, adapt to and recover from the effects of a hazard in a timely and efficient manner, has become very popular, mainly in connection to risk and disaster analysis.

This work presents an evaluation of urban resilience against floods based on the theoretical-methodological framework of Mayunga (2007) that contemplates a comprehensive analysis of resilience from an approach based on the human, physical, economic and social capital. For the analysis of individual capitals, the Spatial Classification Score (PCE) is used, and then the probabilistic typification methodology specified by Propin (2003) is applied to carry out the resilience assessment on a spatial level. The study area is the city of Luján, an intermediate-size agglomeration historically located on the banks of Luján River, with recurrent flooding issues.

The final cartographic result shows intra-urban differences in the spatial distribution of the levels of resilience, which decrease from the central areas of the city to the periphery. Furthermore, the spatial association with the areas threatened by floods exposes a great heterogeneity within the levels of resilience of the affected population. It is significant to highlight the importance of this line of work in Applied Geography, since it provides essential information to planning and management local authorities in terms of spatial decision-making in relation to land use planning.

Keywords: Urban resilience, floods, Luján, a capital-based approach, probabilistic typification, Applied Geography

Introducción

El concepto de resiliencia ha obtenido una gran popularidad en las últimas décadas, principalmente vinculado al análisis de riesgos y desastres, donde adquiere una gran relevancia para entender y explicar la relación entre la sociedad y su entorno físico-natural.

La temática está presente en las medidas adoptadas por la “Agenda 2030” de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), donde se encuentran vigentes los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) entre los que se destaca el objetivo 11 “Ciudades y comunidades sostenibles”² que plantea como una de sus metas

aumentar considerablemente el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres, y desarrollar y poner en práctica, en consonancia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030³, la gestión integral de los riesgos de desastre a todos los niveles.

Dentro del análisis de riesgos, la resiliencia puede considerarse como un concepto opuesto al de vulnerabilidad, en tanto ésta última se refiere a las condiciones previas en las que se encuentra una población que para enfrentar la ocurrencia o probabilidad de ocurrencia de algún peligro de origen natural o antrópico (Blaikie, Cannon, Davies & Wisner, 2002; CELADE,2002); la resiliencia se refiere a la capacidad para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de los efectos del peligro de manera oportuna y eficiente (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres [UNISDR], 2009) .

El presente trabajo se apoya en el posicionamiento teórico-metodológico de Mayunga (2007) que contempla un análisis integral de la resiliencia a partir de considerar el enfoque del capital (humano, físico, económico y social). Para el análisis de los capitales de forma individual se utiliza el Puntaje de Clasificación Espacial (PCE), que es una técnica multivariada y a partir de allí se aplica la metodología de tipificación probabilística explicitada por Propin (2003), para realizar la evaluación de la resiliencia urbana, a nivel espacial. En este caso particular, se analiza la resiliencia en relación a las inundaciones que sufre recurrentemente la ciudad de Luján, emplazada a orillas del río homónimo.

En los siguientes apartados se presenta el área de estudio, los aspectos teórico-conceptuales, los aspectos metodológicos, el análisis de los resultados y las conclusiones.

² Resolución 70/1. Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Asamblea General de las Naciones Unidas. 21 de octubre del 2015. Disponible en https://unctad.org/meetings/es/SessionalDocuments/ares70d1_es.pdf

³ Resolución 69/283. Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Asamblea General de las Naciones Unidas. 23 de junio del 2015. Disponible en <https://www.preventionweb.net/files/resolutions/N1516720.pdf>

Área de estudio

El área de estudio es la ciudad de Luján (Provincia de Buenos Aires), una aglomeración de tamaño intermedio de la República Argentina que se representa cartográficamente a través de 87 radios censales⁴ y que, de acuerdo a los datos del último Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2010, cuenta con 78.346 habitantes (Figura 1). La ciudad se origina, a fines del siglo XVII, a orillas del río homónimo. Su mancha urbana actual, es decir, la ciudad desde un punto de vista físico como aglomeración se encuentra separada a 2 km del extremo del corredor Oeste del Gran Buenos Aires (Humacata, 2015) pero, es importante mencionar, que en un trabajo reciente realizado por Buzai y Montes Galbán (2020) se mostraron evidencias que indican que Luján forma parte de la megaciudad Buenos Aires, si se considera su infraestructura gris (espacio adaptado más el sistema de flujos).

El río Luján realiza su recorrido total por la planicie ondulada de la pampa, nace en de la confluencia de la Cañada de Castilla, la Cañada de Rivas y el arroyo Los Leones, atravesando territorios de los partidos de Carmen de Areco, Chacabuco y Suipacha. Realiza un recorrido de 115 kilómetros hasta su desembocadura en el delta del Paraná, y luego 42 km más en dirección noroeste-sudeste hasta su desagüe en el río de la Plata (Lanzelotti & Buzai, 2015; Buzai, Lanzelotti, Paso Viola, & Principi, 2018).

El principal colector en la naciente de cuenca del río Luján es el arroyo Los Leones, en el sur del partido de Carmen de Areco, desde donde inicia su recorrido hacia el partido de Suipacha coincidiendo con la antigua laguna Los Leones, hoy prácticamente desaparecida, situada entre las localidades de Castilla en el partido de Chacabuco y Rivas en el partido de Suipacha. Los rasgos singulares del río Luján son propios de áreas con pendiente escasa o nula. Las cotas fluctúan entre los 46 y 58 m con un valor medio del tramo superior que ronda los 47 m (Paso Viola, 2016).

La ciudad sufre frecuentes inundaciones. Haas (1995) realizó un análisis de documentos históricos (actas capitulares del Cabildo de la Villa de Luján y documentos del Juzgado de Paz), como así también consultó información periodística de medios locales donde encontró registros que le permitieron evidenciar la recurrencia de las inundaciones desde el siglo XIX. En el año 2012, en el periódico local “El Civismo” se realizó una recopilación de las inundaciones ocurridas en los últimos 50 años, remarcando que las de mayor importancia se dieron en los años 1967, 1985, 1993 y 2012, con crecidas del río que superaron los 6 metros por sobre su nivel normal. Al ser una ciudad que sufre frecuentes inundaciones es importante conocer los niveles de resiliencia de la población para recuperarse de estos eventos hidrometeorológicos, y de esta forma avanzar hacia un estudio integral del riesgo desde la Geografía Aplicada con evidente vinculación a la práctica del ordenamiento territorial.

⁴ En promedio un radio censal tiene 300 viviendas.

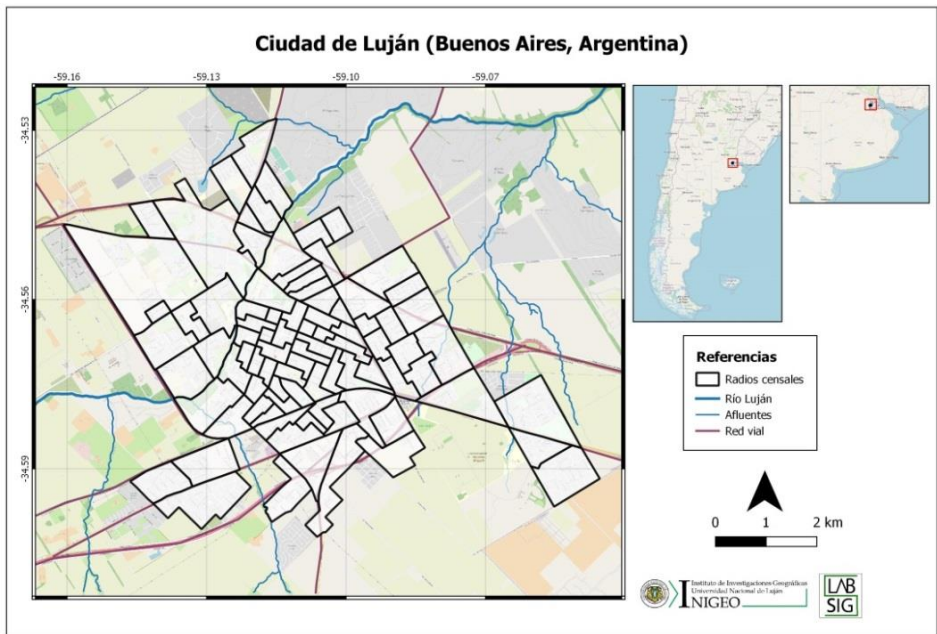


Figura 1. Área de estudio. Fuente: Elaboración propia en base a datos del INDEC (2013) y mapa de base de *Open Street Map* (OSM)

Aspectos teóricos-conceptuales

El abordaje de la resiliencia

La resiliencia, desde un punto de vista ambiental y sistémico, fue definida por primera vez por Holling (1973) en el libro *“Resilience and stability of ecological systems”*, como la capacidad de un sistema socioecológico de soportar perturbaciones en un contexto cambiante. Por su parte, la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR, 2009), la define como la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza, de origen natural o antrópica, para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, incluyendo la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas. De esta forma, para el estudio de la resiliencia urbana se debe considerar la relación entre el componente humano y el componente físico-natural lo que permite analizar la estabilidad y coherencia del sistema a nivel socioespacial.

Siguiendo esta línea, este trabajo se apoya en el posicionamiento teórico-metodológico de Mayunga (2007) que contempla el enfoque basado en el capital

como eje del análisis integral de la resiliencia. Esta perspectiva, utilizada especialmente en campo del análisis de amenazas y desastres, se basa en la exploración de cinco formas principales del capital, relacionadas entre sí pero que pueden medirse de forma independiente, mediante una combinación de diferentes indicadores y luego integrarse.

El *capital humano* se relaciona con las características de la población en las dimensiones de salud, demografía, educación y vivienda. El *capital económico* está integrado por los recursos financieros disponibles y es lo que permite a las personas generar sus medios de vida. De esta forma, puede entenderse que esto aumenta las capacidades para absorber los impactos frente a un desastre, acelerando el proceso de recuperación y favoreciendo la reducción de la vulnerabilidad. Por su parte, el *capital físico* se relaciona con el medio construido conformado por viviendas, edificios públicos, establecimientos comerciales e industriales. El *capital social* se refiere a la estructura organizacional de la comunidad, la confianza entre los habitantes, las normas que la rigen e incentivan o condicionan la cooperación y coordinación para solucionar problemas colectivos. Finalmente, el *capital natural* contiene los recursos bióticos y abióticos del lugar, base material sobre la que se expanden los centros poblados.

En este trabajo, la concepción de resiliencia tiene un enfoque geográfico, es decir, se coloca al espacio geográfico como el escenario donde la resiliencia se hace evidente a partir de analizar las distribuciones espaciales de diferentes indicadores representados en cada capital - humano, social, económico y físico - que permiten evidenciar la capacidad que tendría la población para resistir y recuperarse ante la ocurrencia de inundaciones.

La Teoría de los Sistemas Complejos

El enfoque sistémico de la ciencia permite analizar una realidad que es compleja y que en el caso específico del estudio de la resiliencia se convierte en necesario para poder integrar en el análisis diversas variables físicas y sociales en permanente interrelación. El marco conceptual-analítico que incorpora esta perspectiva es la Teoría de Sistemas Complejos (TSC) propuesta por García (2006) como avance desde la Teoría de los Sistemas (TGS) desarrollada por Bertalanffy (1968) (Bertalanffy, 1976).

Los sistemas complejos que existen en la realidad empírica no tienen límites precisos por eso es necesario realizar recortes, definiendo límites que reduzcan al mínimo la arbitrariedad y considerar las interacciones del sistema que queden fuera del sistema recortado. En este sentido, es importante tener presente que todo conocimiento supone abstraer algunos elementos de la realidad.

Un sistema complejo siempre está constituido por un conjunto de objetos que están en continua interacción y, como totalidad, tiene propiedades que no son la simple adición de las propiedades de los elementos. Además, dentro del sistema es posible identificar subsistemas que se vinculan entre sí. Esto permite establecer jerarquías de subsistemas dentro de un sistema y definir niveles de análisis

correspondientes a los niveles de organización dentro del sistema. Esto facilita el estudio de los sistemas complejos y permite evidenciar que dentro de la complejidad, que no es utilizada aquí como sinónimo de complicación, es posible determinar niveles de análisis, que están en interacción con los otros niveles pero que presentan dinámicas propias importantes de conocer. El nivel de análisis que se utiliza aquí, en concordancia con el objeto de estudio de la Geografía, es espacial.

Cuando abordamos la temática de riesgos desde la Geografía hacemos referencia a un sistema complejo donde interactúan diferentes subsistemas como el físico-natural y el socioespacial, cada uno de ellos con dinámicas propias de funcionamiento que como parte constitutiva del sistema generan cambios que pueden significar el aumento de la vulnerabilidad o de la resiliencia del sistema, es decir, niveles de adaptabilidad que hacen que a pesar de sufrirse cambios o alteraciones menores en el sistema, no se pierde la esencia del sistema sino que se reacomoda a las nuevas características (Principi, 2020). Este trabajo se focaliza en el estudio de la resiliencia, como parte del subsistema socioespacial. Desde el enfoque sistémico, los componentes de la resiliencia se comportan de forma inversamente proporcional a las condiciones de vulnerabilidad existente, esto significa que a menor resiliencia mayor vulnerabilidad y viceversa (Hernández, Vázquez & Palacio, 2019).

En este contexto teórico, se resaltan las capacidades de integración de información geográfica y análisis espacial de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que lo posicionan como una herramienta conceptual y metodológica de gran potencialidad al permitir integrar diferentes indicadores que constituyen la resiliencia urbana.

En el marco de una Geografía Aplicada con importante vinculación al ordenamiento territorial, es posible, y necesario, generar información de base para los organismos de planificación y gestión en relación a la toma de decisiones espaciales tendientes a mejorar las condiciones de vida de la población.

Aspectos metodológicos

Unidad espacial y datos

La unidad espacial con la que se trabaja es el radio censal. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina (INDEC) un radio censal tiene en promedio 300 viviendas, aunque hay que considerar que en el área periférica de las localidades puede descender a 200 viviendas. Esta es la unidad de mayor detalle con la que se cuenta para datos estadísticos oficiales a nivel urbano.

A partir de considerar el enfoque basado en el capital (Mayunga, 2007) se definieron los indicadores para el análisis de la resiliencia en la ciudad de Luján considerando cuatro capitales: humano, económico, físico y social (Tabla 1). Los indicadores seleccionados son considerados de costo, lo que significa que el valor más alto indica mayor desfavorabilidad y por ende menor resiliencia.

CAPITAL	INDICADORES	FUENTES
----------------	--------------------	----------------

Humano	-Personas menores a 14 años	INDEC, Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.
	-Personas mayores a 65 años	
	-Tasa de Analfabetismo	
	-Hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)	
Económico	-Condición de actividad (personas desocupadas)	INDEC, Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.
	-Relación de dependencia	
Físico	-Calidad de los materiales de las viviendas (calidad III y IV)	INDEC, Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.
	-Calidad constructiva de las viviendas (calidad insuficiente)	
	-Centros de atención primaria de la salud y hospital	Digitalización propia en QGIS con base a conocimiento de campo y apoyo en Open Street Map (OSM).
	- Cuartel de bomberos	
	- Comisarías	
Social	-Tenencia de agua	INDEC, Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.
	-Sociedades de Fomento	Digitalización propia en QGIS con base a conocimiento de campo y apoyo en Open Street Map (OSM).

Tabla 1. Indicadores por capital y fuentes. Fuente: Elaboración propia

Para caracterizar al capital humano se seleccionaron cuatro indicadores del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Los dos primeros corresponden a grandes grupos de edades, que indican años cumplidos a la fecha del censo (27 de octubre del 2010). Se seleccionó el grupo de 0-14 años y el de mayores de 65 años, por considerar que son los grupos etarios más vulnerables ante un evento de riesgo y a los que se les deberá proveer de asistencia especial. Además se consideró la tasa de analfabetismo, como el cociente entre el número de personas analfabetas de 10 años o más y el total de la población de 10 años o más, multiplicado por cien, y por último, el indicador de hogares con necesidades básicas insatisfechas (NBI) que contempla aquellos hogares en los cuales está presente al menos uno de los siguientes indicadores de privación: más de 3 personas por cuarto (hacinamiento crítico), vivienda de tipo inconveniente (pieza de inquilinato, vivienda precaria u otro tipo), viviendas que no tienen retrete o tienen retrete sin descarga de agua, hogares que tienen algún niño en edad escolar que no asiste a la escuela, hogares que tienen 4 o más personas por miembro ocupado y en los cuales

el jefe tiene bajo nivel de educación (sólo asistió dos años o menos al nivel primario).

Para el capital económico se consideraron dos indicadores. El primero es la relación de dependencia, que indica la proporción de población potencial no económicamente activa con respecto al total de la población potencialmente activa, lo que expresa el número de personas inactivas que sostiene cada individuo en edad activa. El otro es la condición de actividad, en su categoría “desocupada”, que comprende a la población de 14 años o más que está efectivamente desocupada y que durante las cuatro semanas anteriores al día del censo, realizó acciones tendientes a establecer una relación laboral o inició alguna actividad empresarial (como responder o publicar avisos en los diarios u otros medios, solicitar empleo, registrarse en bolsas de trabajo, buscar recursos financieros o materiales para establecer una empresa, etcétera).

En el capital físico se incluyeron cinco indicadores. Los dos primeros, extraídos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010, corresponden a características físicas de las viviendas. Por un lado, se consideró la calidad de los materiales con que están construidas, teniendo en cuenta la solidez, resistencia y capacidad de aislamiento, así como también su terminación. Se seleccionó la calidad III, que incluye viviendas con materiales poco resistentes y sólidos en techo y en pisos y la calidad IV, que corresponde a viviendas que presentan materiales de baja calidad en pisos y techos. Por otro lado, se utilizó el indicador de calidad constructiva de la vivienda que se determina a partir de la calidad de sus materiales y las instalaciones internas de servicios básicos (agua de red y desagüe) de las que dispone. Se seleccionó la categoría de calidad insuficiente que incluye a las viviendas que no disponen de materiales resistentes, sólidos y con la aislación adecuada y no tienen techo de chapa o fibrocemento y que, además, no cuentan con cañerías en su interior ni inodoro con descarga de agua. Los otros indicadores corresponden a establecimientos considerados críticos al momento de las inundaciones. Se consideraron los Centros de Atención Primaria de la Salud (CAPS) como lugares atención primaria donde se brinda asistencia sanitaria esencial. El Hospital Municipal, el cuartel de bomberos como aquellos que realizan asistencia en los momentos críticos y las comisarías. Para construir cada indicador se calculó la distancia euclidiana a partir de buffers de 500 metros y luego se asoció a la unidad espacial obteniendo valores de 1 a 5 (más cercano a más lejano).

Finalmente, para el capital social se consideraron dos indicadores. El primero, obtenido del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 que consiste en la forma en que el hogar accede al agua que utiliza. Se adoptó la categoría fuera del terreno, que incluye los hogares que acceden a un sistema de suministro de agua que se encuentra fuera de la vivienda y fuera de los límites que ocupa el terreno. El segundo indicador corresponde a la localización de las sociedades de fomento, que son centros de organización barrial que brindan asistencia y acompañamiento a los vecinos (actividades recreativas, comedores comunitarios, apoyo en caso de

inundaciones como centro de evacuados, etcétera.). Para construir este indicador se consideró la distancia a partir de buffers de 500 metros y luego se asoció a la unidad espacial (radios censales), dando valores de 1 a 5 (más cercano a más lejano).

Puntaje de clasificación espacial

El Puntaje de Clasificación Espacial (PCE) es un procedimiento sencillo de análisis multivariado que se basa en la estandarización de los indicadores utilizados con el objetivo de poder combinarlos y luego generar un puntaje síntesis que permita la representación cartográfica. Metodológicamente se siguieron los pasos explicitados en Buzai y Baxendale (2012) y en Buzai (2014).

En primera instancia se obtuvo la Matriz de Datos Originales (MDO) con los datos absolutos de los indicadores a nivel de radio censal, luego fue transformada en una Matriz de Datos Índice (MDI) a partir de calcular la participación porcentual de cada uno de los datos de la variable sobre la variable base global de la cual están extraídas, de esta forma las variables fueron relativizadas respecto del valor total de población, hogares y viviendas, según su origen

Luego, para poder realizar la estandarización de las variables fue necesario calcular las estadísticas descriptivas básicas de los valores mínimos y los valores máximos para cada uno de los indicadores, ya que estos valores son requeridos para el cálculo de los puntajes omega.

Mediante el cálculo del puntaje omega (Ω) se transforman los datos originales hacia un rango de 0 a 1 como valores extremos (1):

$$\Omega = \frac{X_i - X_m}{X_M - X_m} \quad (1)$$

Donde X_i es la medición para la unidad espacial de rango i , X_m es el valor mínimo del conjunto de datos y X_M es el valor máximo del conjunto de datos. Todos los valores originales quedan definidos entre 0 y 1. A partir de esta estandarización se realiza el cálculo del PCE por capital, con cada grupo de indicadores, realizando la sumatoria por grupo y la subsiguiente división por la cantidad de indicadores a considerar (2):

$$PCE = \frac{\sum \Omega}{n} \quad (2)$$

Luego se consideró una categorización de 5 intervalos iguales (considerando los valores máximos y mínimos en cada caso) para cada capital. Se otorga el valor de 1 a los valores de resiliencia muy altos, 2 a los altos, 3 a los valores medios, 4 a los valores bajos y 5 a los valores muy bajos.

Tipificación probabilística

Una vez obtenidos los PCE de cada capital, se procedió a aplicar la tipificación probabilística. Esta es una metodología de análisis multivariado, que permite clasificar y agrupar unidades espaciales por niveles de similitud y que fue explicitada por Propin (2003) y aplicada por Hernández, Vázquez y Palacio (2019) para evaluar la resiliencia turística ante eventos hidrometeorológicos en México.

Una vez definidos los indicadores, que en este caso son los capitales con valores de 1 a 5, se deben conformar códigos, luego analizar la frecuencia de aparición de esos códigos para poder realizar la conexión entre los mismos y a partir de allí revelar las tipologías, o nubes tipológicas que implica la agrupación de las unidades espaciales según diferentes niveles de resiliencia urbana. Los valores oscilan entre 1, para las mejores condiciones, y 5 para las situaciones más desfavorables. Una vez asignados los valores de los radios censales por capital se agruparon los valores de cada indicador para formar códigos de cuatro dígitos (Tabla 2).

Radio censal	Capital Humano	Capital Económico	Capital Físico	Capital Social	Código
64970101	2	2	2	1	2221
64970102	1	2	4	3	1243
64970103	2	2	2	1	2221
64970104	2	3	3	1	2331
64970105	2	4	1	2	2412
64970106	2	1	4	1	2141

Tabla 2. Ejemplo de formación de códigos. Fuente: Elaboración propia

El paso metodológico siguiente fue revisar la frecuencia o repetición de los códigos para luego agruparlos en las nubes tipológicas (Figura 2). Se colocaron subíndices de los valores que se repiten (las nubes se organizaron desde niveles de resiliencia más alta (Nube 1) hasta los niveles de resiliencia más bajos (Nube 5).

A partir de la definición de las nubes tipológicas se agruparon los códigos en función de los valores que representaban cada capital, para tener una mejor representación de la situación. Los códigos respetan el orden de presentación de los capitales, el primer valor del código se asocia capital humano, el segundo al económico, el tercero al capital físico y el último al social (Tabla 3).

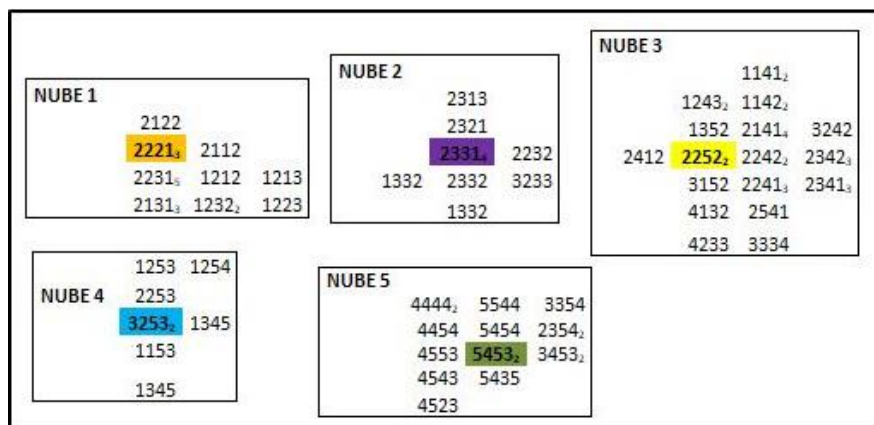


Figura 2. Nubes tipológicas formadas. Fuente: Elaboración propia

Nivel de resiliencia	Capital humano	Capital económico	Capital físico	Capital social
Muy alto	1232,1223	2122, 2112	1213,1212	2221, 2131,2231
Alto	1332,2332,	2232,3233,2313	2313	2321,2331
Medio	3152,3334, 3242	1352,2412,2541, 2342,2341	2252,4132,4233, 1141,1142,2141 2242,2241	1243
Bajo	3253	1345	1153,1254,1253, 2253	1345
Muy bajo	5544,5454	4543,4523,4552	4454,2354,3354, 3453,5453	4444,5435

Tabla 3. Agrupamiento de nubes y códigos por capital. Fuente: Elaboración propia

Debido a la dificultad para interpretar estos datos numéricos, que en algunos casos son heterogéneos, se presentan los mismos resultados de forma cualitativa (Tabla 4). En base a las consideraciones anteriores se obtuvieron cinco grupos de radios censales según el comportamiento espacial conjunto de los cuatro capitales analizados.

Resultados y análisis

Luego de aplicar el PCE para cada grupo de indicadores se obtuvo la cartografía temática correspondiente a la distribución espacial por capital (Figura 3). Para la representación se seleccionó en el SIG el método de intervalos iguales en 5

categorías por cada capital y en tonos más oscuros se representaron las mejores condiciones (valores bajos en los indicadores) y en tonos más claros las condiciones más desfavorables (valores altos en los indicadores).

Nivel de resiliencia	Capital humano	Capital económico	Capital físico	Capital social
Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto
Alto	Muy alto a alto	Alto a medio	Muy alto	Muy alto
Medio	Medio	Muy bajo a medio	Muy bajo a Medio	Medio
Bajo	Medio	Medio	Muy bajo	Muy bajo
Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Bajo a Muy bajo

Tabla 4. Sustitución de valores cuantitativos por cualitativos. Fuente: Elaboración propia.

La distribución espacial del capital humano presenta niveles altos en el centro de la ciudad, decreciendo hacia la periferia, principalmente hacia los sectores del noreste y noroeste del mapa. Por su parte, el capital económico muestra una distribución espacial más heterogénea que se puede asociar con el indicador de relación de dependencia, ya que en su análisis individual presenta valores altos en el centro de la ciudad, asociado al alto porcentaje de población mayor de 65 años, y en áreas periféricas donde el porcentaje de menores de 14 años es elevado. El capital físico evidencia situaciones más favorables en el centro y en un sector del norte de la ciudad y condiciones más desfavorables hacia la periferia urbana. Finalmente, el capital social presenta, al igual que el capital humano, una distribución concéntrica que disminuye favorablemente desde el centro hacia la periferia. Se resaltan tres radios censales, en el suroeste, con niveles muy altos que corresponden a urbanizaciones privadas del barrio Los Girasoles y Valle Verde, incorporadas recientemente al ejido urbano.

El resultado final de la tipificación probabilística, que utilizó como base el PCE por capital (Figura 4) donde evidencia la distribución espacial de los diferentes niveles de resiliencia en la ciudad de Luján. Para mejorar el análisis espacial, se incorporó a la cartografía la capa temática lineal de hidrografía y la capa poligonal correspondiente a la mancha de inundación del río Luján de abril del 2015, proporcionada por la Subdirección de Emergencia y Defensa Civil de la Municipalidad de Luján.

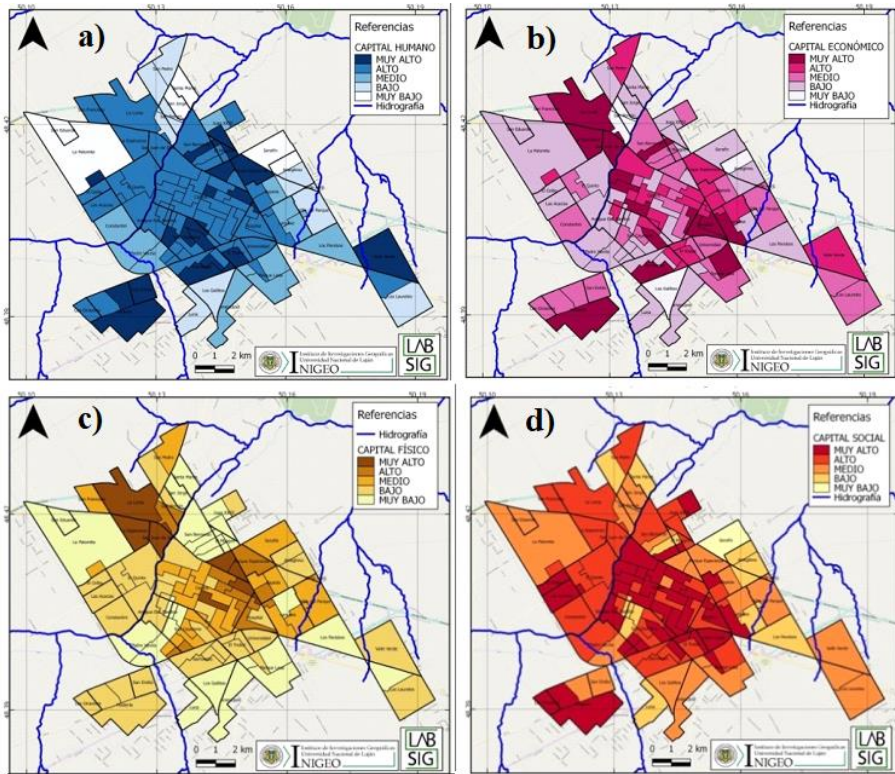


Figura 3. Cartografía temática de cada capital según PCE, ciudad de Luján, Buenos Aires, Radios censales. a) capital humano, b) capital económico, c) capital físico, d) capital social. Fuente: Elaboración propia.

Los niveles de resiliencia disminuyen desde las áreas centrales de la ciudad hacia la periferia de forma significativa. Los niveles altos y muy altos se concentran espacialmente en el centro de la ciudad con un radio censal adicional, al norte de la ciudad, que corresponde al barrio San Francisco, incorporado de forma tardía al ejido urbano con condiciones favorables en todos los capitales, en contraste con las unidades espaciales contiguas.

En el otro extremo, las unidades espaciales que presentan las condiciones más desfavorables de resiliencia, baja y muy baja, se localizan en la periferia de la ciudad hacia los cuatros extremos.

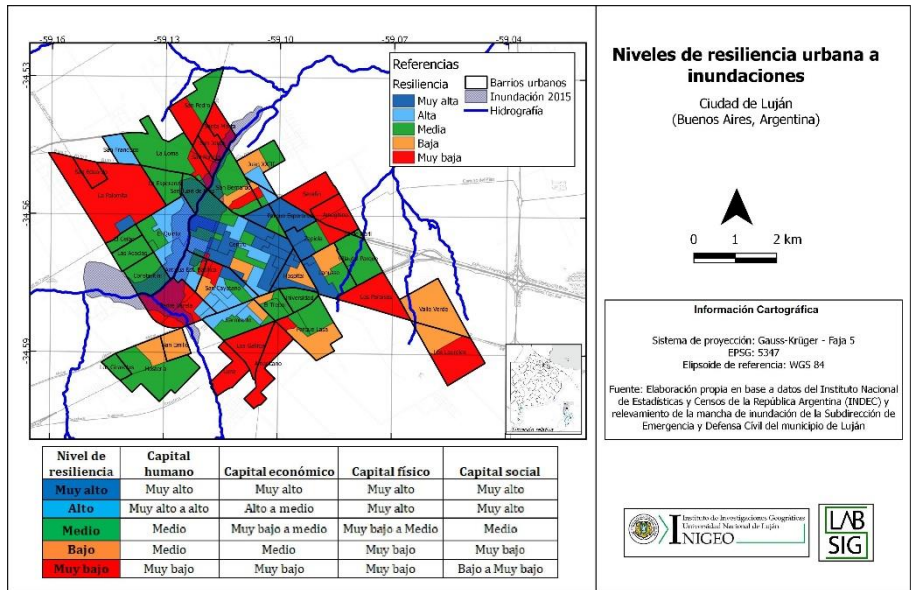


Figura 4. Evaluación territorial de la resiliencia a inundaciones. Ciudad de Luján, Buenos Aires, Argentina Fuente: Elaboración propia.

Los valores son bajos y muy bajos en todos los capitales y, es importante resaltar, que están en zonas de alta amenaza de inundación, por cercanía al río Luján y sus afluentes. En estas situaciones se observan como desventajas importantes la lejanía a las comisarias (existen sólo dos en la ciudad) y al único cuartel de bomberos, ambos localizados en el centro de la ciudad. Es importante focalizar en estas áreas más desfavorecidas de la ciudad para lograr intervenciones que mejoren la calidad de vida de la población y que logren aumentar su resiliencia.

Las situaciones medias son más diversas, en algunos casos presentan condiciones favorables en algunos de los capitales pero condiciones desfavorables en otros o viceversa, por eso es importante analizar de forma individual cada capital y de esta forma poder enfatizar en la mejora concreta del capital que se encuentre en condición más desfavorable y que, por ende, está afectando el nivel de resiliencia general. Al realizar un análisis pormenorizado de los capitales desde un enfoque sistémico es posible focalizar y actuar sobre algún aspecto específico del capital más desfavorable y con esto mejorar de forma sustancial la resiliencia urbana.

La representación espacial de la inundación de abril del 2015 obtenida a partir de un levantamiento *in situ*, realizado por personal de la Subdirección de Emergencia y Defensa Civil de la Municipalidad de Luján, permitió analizar la asociación espacial entre los diferentes niveles de resiliencia y el área expuesta a

inundaciones. Se pudo observar una gran heterogeneidad respecto a las condiciones de resiliencia de la población afectada. Las áreas expuestas al peligro de inundación albergan una población que presenta desde los niveles más altos hasta los más bajos de resiliencia, lo que significa una gran desigualdad al momento de enfrentar, resistir y recuperarse de la ocurrencia de dicho evento.

Por un lado, se inundan sectores céntricos de la ciudad, que constituyen el centro histórico de importancia turística⁵ nacional e internacional, con un nivel de resiliencia alto. Por otro lado, hacia el noreste y suroeste del centro, el área inundable afecta a la población con niveles de resiliencia más bajos de la ciudad, en los barrios Santa Marta, San Fermín, San Jorge y Padre Varela. En unos pocos metros de distancia los niveles de resiliencia difieren significativamente. Además, como se observa en la capa de hidrografía (Figura 4), la ciudad presenta una gran cantidad de cursos de agua, afluentes del río Luján, que durante épocas de crecidas y/o fuertes lluvias producen anegamientos en los barrios que atraviesan y que constituyen áreas de la ciudad donde la resiliencia es muy baja como el caso de los barrios Luna, Los Gallitos y Americano ubicados a orillas del arroyo Gutiérrez. Es importante conocer los sectores que necesitan de una fuerte intervención en materia de política pública para aumentar la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad y de esta forma reducir el riesgo ante inundaciones y/o anegamientos en la ciudad.

Conclusiones

Las metodologías del PCE y la tipificación probabilística, en el marco de las técnicas cuantitativas multivariadas, permitieron caracterizar y determinar áreas con diferentes niveles de resiliencia en la ciudad de Luján.

El mapa final de la distribución espacial de los niveles de resiliencia permitió evidenciar diferencias espaciales intraurbanas poniendo de manifiesto situaciones de heterogeneidad significativas respecto a las condiciones de resiliencia de la población. Su conocimiento, como parte de una etapa diagnóstica de estudio, permite identificar aquellas áreas de la ciudad que presentarían las mayores dificultades al momento resistir, adaptarse y recuperarse de situaciones de peligro como las inundaciones.

Desde el enfoque sistémico y en el marco de una Geografía Aplicada con una importante vinculación la práctica del ordenamiento territorial, se destaca la relevancia de este tipo de trabajo, ya que los resultados obtenidos pueden brindar apoyo técnico-científico a los organismos de planificación y gestión en relación a la

⁵ Luján es una de las ciudades argentinas que recibe más cantidad de turistas cada año, vinculado principalmente al turismo religioso. Allí se encuentra la Basílica Nuestra Señora de Luján que es el centro de peregrinación más importante de la iglesia católica en el país.

toma de decisiones espaciales tendientes a mejorar las condiciones de vida de la población.

El estudio de una realidad que es compleja requiere de un análisis integral al que se puede llegar por medio de estudios sencillos, que permitan ir abordando la problemática de forma cada vez más completa. En este sentido, se resalta la potencialidad de los SIG y el análisis espacial cuantitativo en los estudios de riesgos, desde una perspectiva espacial y sistémica que permite incorporar e integrar una gran cantidad de variables, de índole social y físico-natural, para abordar los aspectos multidimensionales del riesgo.

Bibliografía

- Bertalanffy, L. (1976). *Teoría General de Sistemas*. (Traducido al español de *General System theory: Foundations, Development, Applications*. (1968) New York, USA, George Braziller. Por Juan Almela). México, Fondo de Cultura Económica.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davies, I. & Wisner, B. (2002). *At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. (2° ed.) London, UK, Routedge.
- Buzai, G. D. (2014). *Mapas Sociales Urbanos*. Buenos Aires, Argentina, Lugar Editorial.
- Buzai, G. D. & Baxendale, C. A. (2012). *Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica. Ordenamiento territorial. Temáticas de base vectorial* (Vol. II). Buenos Aires, Lugar Editorial.
- Buzai, G. D. & Montes Galbán, E. (2020). Megaciudad Buenos Aires: Cartografía de su última expansión y conurbación mediante el procesamiento digital de imágenes satelitales nocturnas. *Revista Cartográfica* (100), 215-238.
- Buzai, G. D.; Lanzelotti, S. L.; Paso Viola, F. & Principi, N. (2018). Cartografía analógica y digital para la delimitación regional y el análisis temático: aplicación a la cuenca del río Luján (Argentina). *Revista de Geografía Norte Grande*. (69), 99-119.
- CELADE. (2002). Vulnerabilidad social y sociodemográfica: aproximaciones conceptuales, teórica, y empíricas. En CELADE (Ed.) *Vulnerabilidad sociodemográfica: viejos y nuevos riesgos para comunidades, hogares y personas*. (1-69). Brasilia, Brasil, Publicaciones de las Naciones Unidas. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/13051/S2002632_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- El Civismo. (2012, 7 de noviembre). *Un repaso por las inundaciones de los últimos 50 años*. Recuperado de <http://www.elcivismo.com.ar/notas/14429/>
- García, R. (2006). *Sistemas Complejos*. Barcelona, España, Gedisa.
- Haas, C. (1995). Inundaciones en áreas urbanas e impacto social. El caso de la ciudad de Luján, Buenos Aires. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, (15), 393-399.

- Hernández, M.; Vázquez, V. & Palacio, A.G. (2019). Expresión territorial de la resiliencia turística ante la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos en Los Cabos, Baja California Sur, México. *Estudios y perspectivas en turismo*. Centro de Investigaciones y Estudios Turísticos. CIET., (28), 486-506.
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*. (4), 1-23.
- Humacata, L. (2015). Análisis espacial con Sistemas de Información Geográfica aplicado al eje de crecimiento oeste de la Región Metropolitana de Buenos Aires. En Vidal Koppmann, S. (Comp.), *Metrópolis en Mutación* (179-208). Buenos Aires, Argentina, Café de las Ciudades.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC, 2013). *Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2010*. Base de datos REDATAM. Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina. Buenos Aires, Argentina.
- Lanzelotti S. & G.D. Buzai. (2015). *Delimitación de la cuenca del río Luján, Provincia de Buenos Aires, Argentina*. Informe Técnico N° 1 Proyecto PICT 2014-1388. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/303703478_Delimitacion_de_la_cuenca_del_rio_Lujan_Provincia_de_Buenos_Aires_Argentina
- Mayunga, J. S. (2007). *Understanding and applying the concept of community disaster resilience: A capital-based approach*. A draft working paper prepared for the summer academy for social vulnerability and resilience building, UNU-EHS, Bonn.
- Paso Viola, L. (2016). Origen del Río Luján en el área imbrífera localizada en los partidos de Chacabuco, Suipacha *Revista del Departamento de Ciencias Sociales*, Vol. 3 (1), 17-30.
- Principi, N. (2020). El enfoque sistémico en el análisis de riesgos en Geografía. *Anuario de la División Geografía*. (14), 1-8. Recuperado de <https://adgunlu.wixsite.com/anuario-geografia>
- Propin, F. E. (2003). *Teorías y métodos en geografía económica. Temas selectos de Geografía de México.*, Ciudad de México, México, Instituto de Geografía UNAM.
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR, 2009). *Terminología sobre la reducción del riesgo a desastres*. Ginebra, Suiza. Recuperado de https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf