



Valle, Martiniano

El riesgo hidrometeorológico en la cuenca del río Luján y su relación con los procesos de transformación territorial : el caso del partido de Pilar



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Argentina.
Atribución - No Comercial - Sin Obra Derivada 2.5
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/>

Documento descargado de RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes de la Universidad Nacional de Quilmes

Cita recomendada:

Valle, M. (2025). *El riesgo hidrometeorológico en la cuenca del río Luján y su relación con los procesos de transformación territorial: el caso del partido de Pilar. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/5529>*

Puede encontrar éste y otros documentos en: <https://ridaa.unq.edu.ar>

El riesgo hidrometeorológico en la cuenca del río Luján y su relación con los procesos de transformación territorial: el caso del partido de Pilar.

TESIS DE MAESTRÍA

Martiniano Valle

martinianovalle@yahoo.com

Resumen

El trabajo analiza el riesgo hidrometeorológico en la cuenca del río Luján (Partido de Pilar) y su relación con los procesos de transformación territorial entre 1990-2020. Mediante un enfoque que combina Sistemas de Información Geográfica, análisis de imágenes satelitales radar y trabajo de campo, se demuestra que la expansión periurbana, especialmente urbanizaciones cerradas y asentamientos informales, ha incrementado la exposición y vulnerabilidad ante inundaciones, agravadas por obras hidráulicas que alteran la capacidad natural de retención del agua. Los resultados revelan un crecimiento del 67-73% de barrios vulnerables en áreas inundables (ej: Agustoni, Río Luján), donde la normativa urbanística histórica ha sido insuficiente para mitigar el riesgo. El trabajo aporta una metodología para evaluar amenazas hídricas en contextos urbanos y evidencia la necesidad de políticas que integren gestión territorial y adaptación al cambio climático.



Maestría en Ambiente y Desarrollo Sustentable

Orientación: Gestión Ambiental

Tesis:

**EL RIESGO HIDROMETEOROLÓGICO EN LA CUENCA DEL RÍO LUJÁN Y
SU RELACIÓN CON LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN
TERRITORIAL: EL CASO DEL PARTIDO DE PILAR.**

Estudiante: Martiniano Valle

Directora: Mg. Adriana Beatriz Pereyra

Co-director: Mg. Adrián Claudio González

MAYO 2025

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis, Adriana Pereyra, siempre cercana, dedicada, comprometida con la profesión y en apoyar a todo su entorno. A mi codirector, Adrián González, excelente persona y colega, con su mirada tan clara de la realidad. A mis dos hijitas, Agustina y Josefina, que han sido y siguen siendo mi mayor impulso profesional y personal.

A Sebastián Portillo, que desde hace años ha colaborado de forma muy valiosa. A Natalia Torchia, referente en la materia, por su aporte de información geográfica y guía. A Paola Ventura, compañera en este largo viaje de maestrandos. A María José Denegri, por brindar datos meteorológicos.

A Francisco Cannito, responsable de la evaluación ambiental en el Municipio de Pilar. A Ramón Pared, un referente de la protección civil en la región y Eduardo Ríos, ambos muy predispuestos para aportar a este trabajo, lo cual es muy valioso porque han sido parte de la historia. A Graciela Capodoglio, por compartir sus archivos únicos y Nicolás Gallino, guardaparque de la Reserva Natural de Pilar.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. PRECISIONES CONCEPTUALES

- 1.1. Introducción
- 1.2. Delimitación del Tema y Escalas de Análisis
- 1.3. Objetivos
- 1.4. Antecedentes y Justificación
 - 1.4.1. Estudios hidrológicos.
 - 1.4.2. El análisis de la vulnerabilidad social.
 - 1.4.3. Cartografía del riesgo
- 1.5. Marco Teórico
 - 1.5.1. El riesgo de desastres.
 - 1.5.2. Inundaciones.
 - 1.5.3. Gestión del riesgo.
- 1.6. Metodología
- 1.7. Área de Estudio - Contexto Territorial
 - 1.7.1. La cuenca del río Luján.
 - 1.7.2. El partido de Pilar.

CAPÍTULO 2. LAS INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO LUJÁN Y EN EL PARTIDO DE PILAR

- 2.1. La problemática en la cuenca del río Luján.
 - 2.1.1. Antecedentes de crecidas históricas.
 - 2.1.2. El modelo hidrológico del Instituto Nacional del Agua (INA).
 - 2.1.3. El Plan de Manejo Integral de la Cuenca del Río Luján.
 - 2.1.4. Análisis de riesgo ante inundaciones del ComiLu.

2.1.5. Demarcación de línea de ribera.

2.2. La problemática en el partido de Pilar.

2.2.1. Procesos de ocupación, transformación y expansión urbana en Pilar.

2.2.2. La construcción del riesgo hidrometeorológico en lo local.

2.2.3. Análisis de riesgo del ComiLu a escala local.

CAPÍTULO 3. EL FENÓMENO PELIGROSO.

3.1. Área inundable a partir de modelos digitales de elevación

3.2. Análisis de crecidas históricas.

3.2.1. Estudio de una crecida con imágenes de radar a través de Google Earth Engine.

3.2.2. Análisis de crecida a partir de imágenes de radar con el uso del programa SNAP de la Agencia Espacial Europea (ESA).

3.2.3. Comparación de las crecidas de 2015 y 2018.

CAPÍTULO 4. LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN TERRITORIAL EN RELACIÓN CON EL RIESGO.

4.1. Impacto de las obras hidráulicas y de la modificación de planicie de inundación.

4.2. La exposición de la población.

4.3. Caracterización de la vulnerabilidad.

4.4. Mapeo de actores sociales.

4.5. Normativa y su impacto en la construcción social del riesgo.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

CAPÍTULO 1. PRECISIONES CONCEPTUALES

En este capítulo inicial se presenta la introducción a la cuestión, a partir de la delimitación en primer lugar del tema de estudio y la escala de análisis, la definición de objetivos, el marco teórico conceptual y una descripción de la metodología utilizada. También se desarrollan los principales antecedentes sobre el tema.

1.1. Introducción

En la década de 2010 eventos extremos en la cuenca del río Luján han generado importantes pérdidas, lo que obligó al traslado de poblaciones afectadas durante las crecidas y ocasiono daños materiales en viviendas e instalaciones alcanzadas. La tendencia creciente de eventos severos a nivel global es atribuida en gran medida a los efectos del cambio climático. La Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres alerta que el riesgo de desastres está aumentando en todo el mundo y señala como ejemplo, que “en los últimos 5 años, el número de personas muertas o afectadas por desastres ha sido mayor que en los 5 años anteriores” (UNDRR, 2022, p. 13). Predicciones negativas también alcanzan a nuestro país, en donde según Claudia Natenzon “las catástrofes continuarán aconteciendo en contextos sociales y espacio-temporales singulares, con una tendencia futura en la que estos eventos se intensificarán de manera significativa” (2015, p. 1). En relación con los excesos hídricos, Camilloni et al. (2020) agregan que, bajo las condiciones de aumento de la temperatura esperadas, las proyecciones indican que “continuarán los cambios en las diferentes componentes del ciclo del agua, aunque con incertidumbres acerca de la ocurrencia de sequías e inundaciones” (p. 394). A nivel de la cuenca del río Luján, este escenario global climático se suma a una realidad local marcada por procesos de transformación del territorio singulares, con importantes cambios en los medios físico y social.

En este trabajo se analiza el riesgo de inundación y su vínculo con procesos de transformación territorial en el área de estudio. Para eso, en el Capítulo 1 se establecen las precisiones conceptuales, a partir de la delimitación del tema, escalas de análisis y la definición de objetivos. Luego se describen los antecedentes del tema y se define el marco teórico, como una primera aproximación al problema y reconociendo que, para

abordar algún fenómeno de la realidad, es necesario conceptualizarla. Así, se presentan el riesgo de desastres, las inundaciones y la gestión integral del riesgo como grandes conceptos ordenadores del capítulo, situando a nuestro problema dentro de un conjunto de conocimientos. Para finalizar el capítulo, se explica la metodología utilizada, se caracteriza el área de estudio y su contexto territorial, que se inicia con la descripción de la cuenca del río Luján, para focalizarse la realidad del distrito de estudio.

En el Capítulo 2 enuncian los antecedentes del problema de inundaciones en la cuenca del río Luján, el fenómeno de expansión urbana y los procesos construcción del riesgo hidrometeorológico en Pilar.

Los siguientes dos capítulos corresponden a los resultados. En el Capítulo 3 se presenta el análisis de la amenaza, que incluye la determinación del área inundable a partir de modelos digitales de elevaciones, un análisis de crecidas históricas y el estudio de los modelos hidrológicos existentes.

El Capítulo 4 se centra en el vínculo entre los procesos de transformación territorial y el riesgo. En primer lugar, se mapean los actores sociales de interés, indagando en su rol e intereses frente al riesgo de inundación. Luego se analiza la evolución de la exposición y se realiza una caracterización de la vulnerabilidad. Por último, se describen dos elementos que impactan en la construcción del riesgo: la normativa aplicable y las obras hidráulicas.

Finalmente, en las conclusiones se resaltan aquellos aspectos significativos del trabajo, sus resultados y nuevos temas para continuar indagando en futuros trabajos.

1.2. Delimitación del Tema y Escalas de Análisis

En este trabajo se propone determinar la evolución del riesgo de inundación en la cuenca del río Luján, en la jurisdicción correspondiente al partido de Pilar. Este análisis considera el estudio de tres componentes: la identificación y clasificación de la amenaza socio natural, la cuantificación del nivel de exposición a esta amenaza y la caracterización de su vulnerabilidad.

Las tres variables se estudian en relación al desarrollo de los procesos de ocupación del espacio, lo que incluye un análisis de las transformaciones territoriales y su vínculo con el grado de exposición a la amenaza y la vulnerabilidad, para finalmente interpretar las interrelaciones entre dichos procesos y las variaciones del riesgo en el período 1990-2020.

Esta periodización escogida es coincidente con el inicio de la urbanización que utiliza relleno para ocupar humedales en la década de 1990, y abarca 30 años hasta diciembre de 2019, fecha final de gestiones tanto provincial como municipal marcadas por la memoria de inundaciones recientes.

De acuerdo con la hipótesis de este trabajo, el riesgo hidrometeorológico en la cuenca del río Luján, específicamente en el Partido de Pilar, ha aumentado significativamente durante el período 1990-2020 debido a la combinación de tres factores clave: la expansión urbana no planificada sobre la planicie de inundación, que incrementa la exposición de la población; la modificación antrópica del territorio (obras hidráulicas, urbanizaciones cerradas y pérdida de humedales), que altera la capacidad natural de retención y escurrimiento del agua; y la vulnerabilidad socioeconómica de las comunidades asentadas en áreas inundables, agravada por la falta de políticas efectivas de ordenamiento territorial y gestión del riesgo."

Para realizar el estudio se considera la elección de la escala local, donde la escala se entiende como un nivel, es decir con una jerarquía respecto a lo regional o global (Valenzuela, 2006). La elección de este distrito responde a:

- Criterios operativos: experiencia previa del equipo de trabajo en la zona, que permite un conocimiento detallado de su dinámica hidrológica y socioambiental, así como acceso a datos primarios y actores locales.
- Relevancia territorial: Pilar concentra sectores críticos de la llanura de inundación del río Luján.

El área de estudio abarca un tramo del río y su planicie de inundación (macro-escala), mientras que la micro-escala se focaliza en barrios vulnerables asentados en dicha zona, identificados por su exposición al riesgo y condiciones socioeconómicas. No se incluyen en el estudio las subcuencas de los arroyos Carabassa, Las Flores, Larena, Burgueño y Pinazo, que presentan condiciones geomorfológicas y socioambientales diferenciadas, lo que requeriría abordajes específicos fuera del alcance de este estudio. Tampoco se incluyen áreas urbanizadas fuera de la llanura de inundación, al no estar sujetas a los mismos procesos de riesgo analizados.

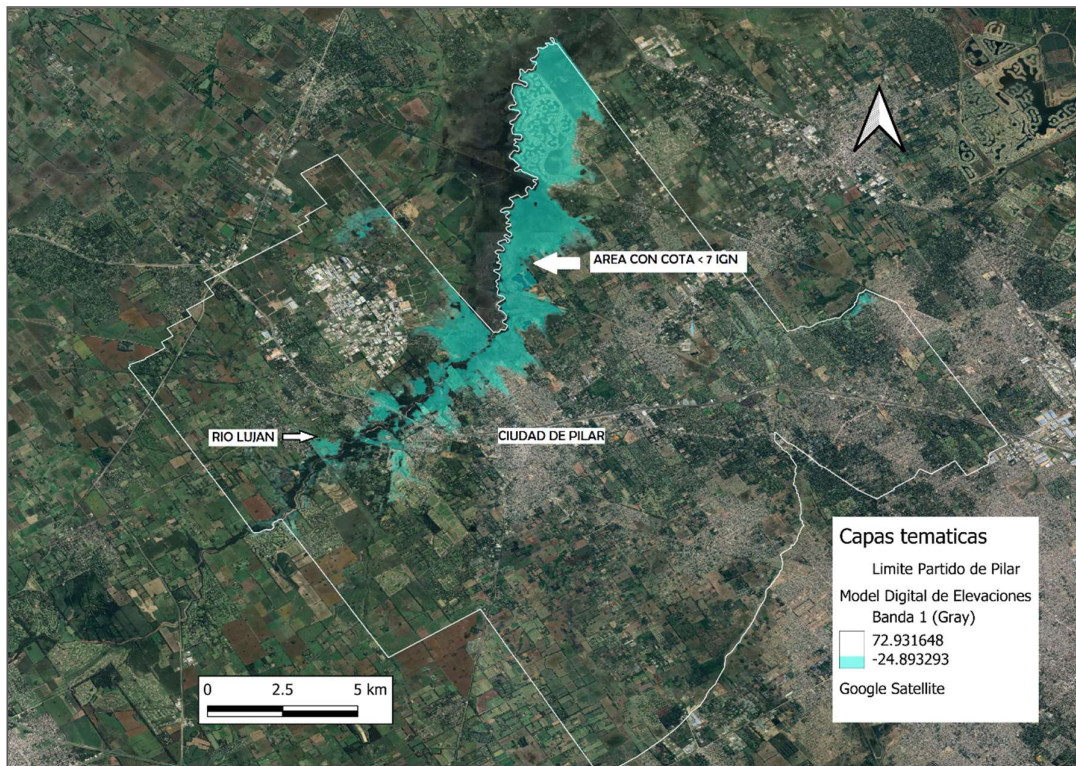


Figura 1. Área de estudio. Río Luján en su paso por Pilar.

Fuente: elaboración propia en base a IGN (Instituto Geográfico Nacional).

1.3. Objetivos

Objetivo general:

- Analizar el riesgo de inundación y su relación con procesos de transformación territorial.

Objetivos específicos:

- Caracterizar el fenómeno peligroso.
- Identificar las dimensiones de la vulnerabilidad y exposición.
- Indagar acerca de las normativas en el área de estudio y su impacto en la construcción social del riesgo.

- Analizar el rol de los actores sociales frente al riesgo de inundación.

1.4. Antecedentes y Justificación.

Los daños ocasionados por eventos hidrometeorológicos severos en la cuenca del río Luján constituyen una problemática de tipo ambiental y como tal es necesario analizarla desde la interdisciplinariedad. Las múltiples dimensiones del ambiente han sido ampliamente estudiadas por diversas disciplinas en este territorio. En este apartado, se describen los trabajos existentes en materias de hidrología, vulnerabilidad social y cartografía del riesgo, que permiten conocer el estado actual del saber en esta materia y las áreas con vacíos de conocimiento que justifican la elección del tema.

1.4.1. Estudios hidrológicos.

El río Luján como parte del fenómeno peligroso y sus consecuencias ha sido objeto de numerosos estudios. El Instituto Nacional del Agua (INA), desarrolló en el año 2005 un modelo hidrológico del río Luján y elaboró un “mapa donde se delimitan zonas con distintos niveles de peligro de inundación en la cuenca del río Luján, permitiendo estudiar el grado de afectación de eventuales inundaciones por crecidas y los riesgos asociados a dichos fenómenos en la población y actividades productivas de la zona” (Reyna, Spalletti y Brea (2005, p.1). La metodología utilizada consistió en la aplicación de modelos hidrodinámicos y procesamiento de los resultados mediante un Sistema de Información Geográfica. El estudio concluye que para la zona de estudio “se aprecia una importante afectación del área urbana para inundaciones provocadas por lluvias de recurrencias altas,” (p. 10) es decir lluvias de una recurrencia de 2 años, agravándose el escenario para recurrencias de 5 o más años.

Goldberg, Jara y Rivero (2014) señalan que la descripción del funcionamiento hidrológico de la cuenca elaborada por INA es sumamente valiosa a la hora de planificar a nivel de cuenca, pero no es suficiente cuando se deben tomar medidas de emergencia ante amenazas puntuales en cuyo caso se requiere necesariamente de información hidrometeorológica en tiempo real. En situaciones de riesgo inminente, los responsables del operativo de emergencia de la ciudad de Luján estiman la altura máxima a la que puede llegar el río a partir del monitoreo continuo de su altura, tanto como de la lluvia

caída en la cuenca. En este sentido, el trabajo de Goldberg et al. (2014) consistió en la elaboración una herramienta que describiera “las características del comportamiento del río Luján durante los eventos de inundación y la obtención de relaciones matemáticas simples que permitan una estimación objetiva de parámetros de crecida del río (altura máxima y velocidad de crecida) en función de variables hidrometeorológicas” (p. 68). El resultado de ello son ecuaciones con las que se puede estimar con anticipación la altura máxima a la que puede llegar el río conociendo los datos de precipitación acumulada en los días anteriores y los valores pronosticados para los siguientes, información que está disponible para el público en general. Los autores concluyen que contar con estimaciones de los aportes de precipitación en toda la cuenca podría mejorar las predicciones, propósito de la Red Pluviométrica de la Cuenca del Río Luján.

En ese mismo año, se elaboró un modelo hidrológico para estimar caudales del río Luján (Sánchez Caro y Bianchi, 2014), con la finalidad de mitigar inundaciones. Hasta ese momento, aún no se contaba con un registro continuo del caudal y con este trabajo pudo ser estimado “a través de modelos hidrológicos calibrados a partir de registros históricos de precipitación y caudal, asumiendo la estacionalidad de la respuesta del sistema”. Se utilizaron datos pluviométricos de las estaciones meteorológicas Gowland y UNLu y una evapotranspiración potencial climática, para estimar el caudal, lo que se contrastó con los niveles medidos en campo. Sánchez Caro y Bianchi (2014) concluyeron que “la contrastación del modelo hidrológico resultó satisfactoria, “pudiéndose simular con un margen de error aceptable el hidrograma de la crecida extraordinaria de octubre-noviembre de 2012” (p.1) herramienta que posibilita anticiparse a crecidas a partir de entonces.

Giordano, Ruggerio, Flores y Bianchi (2016) analizaron las causas de las inundaciones en un área de la cuenca del río Luján y aseguraron que “en términos de volumen de agua precipitado no ha habido variaciones significativas para los máximos anuales acumulados en un día, una semana o una quincena” (p. 14) y que no se ha podido identificar elementos que señalan variaciones significativas en la distribución de los valores máximos anuales de nivel hidrométrico. Excluidos los factores meteorológicos e hidrológicos, surge como factor causal el “ininterrumpido proceso de expansión urbana hacia el cauce y densificación sobre la planicie aluvial,” consistente en un incremento en la dimensión de exposición que “infla el registro de inundaciones” (p. 16).

1.4.2. El análisis de la vulnerabilidad social.

Para determinar las condiciones de la población en relación a una amenaza, distintos trabajos han elaborado y aplicado métodos de valoración. Se destaca el Índice de Vulnerabilidad Social frente a Desastres (IVSD), propuesto por Herrero, Natenzon y Miño (2018) y aplicado para el Área Metropolitana de Buenos Aires. Comprende una serie de variables e indicadores, agrupados en tres dimensiones: condiciones económicas, habitacionales y sociales. Algunos de los indicadores son: estructura de la población, la situación económica, el estado de la atención en salud, las condiciones de la infraestructura de servicios y el nivel educativo de la población.

En este sentido, Cardoso (2017), al analizar los distritos bajo riesgo de inundación en la Provincia de Santa Fe, propone un índice de vulnerabilidad socio ambiental que pretende ser integrador al incorporar dimensiones educativas, demográficas, de condiciones de vivienda, de infraestructura, equipamientos y servicios, pobreza, etc. El índice fue creado a partir de distintos pasos metodológicos: selección de variables, recopilación de datos de fuentes confiables, creación de la matriz de datos, normalización de las variables, cálculo del puntaje de clasificación espacial de costo y beneficio, generación del índice. Este categoriza los niveles de vulnerabilidad en cinco clases y se representa cartográficamente para su análisis.

Lacabana (2021) propuso la aplicación de un índice de vulnerabilidad socioambiental para el partido de Quilmes con el propósito de “obtener metadatos ambientales necesarios para posibles políticas de adaptación y resiliencia al cambio climático,” cuyas variables con más peso son “hogares no conectados a la red de cloacas, hogares con insuficiente calidad de servicios, hogares sin computadoras, hogares sin gas y hogares con insuficiente calidad constructiva” (p. 24) y si bien reconoce las limitaciones del método, sugiere la replicación en otros municipios.

La percepción del riesgo, como aspecto cultural de la vulnerabilidad, ha sido estudiada por Santaliz (2015) en el barrio Río Luján, ubicado sobre la margen izquierda del río Luján, cercano a su intersección con la ruta nacional 8, en el Partido de Pilar. Los resultados del trabajo concluyeron que el problema de las inundaciones es percibido como el de mayor gravedad, debido a que provoca mayor afectación en el desarrollo de sus actividades cotidianas.

En materia de resiliencia, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) presentó un proyecto para la creación de una Red de alerta temprana para productores locales frente a eventos de inundación en la cuenca del Río Luján (Zumalave Rey, Dueñas, y Roca, 2016). El objetivo es que los productores puedan conocer la situación climática en tiempo real y lograr la evacuación, resistir el anegamiento o detener el avance del agua sobre sus cultivos. Mediante esta red se busca además la formación técnica de productores que hoy están aislados institucionalmente y la modificación de prácticas utilizadas para cultivar por otras que puedan adaptarse a las nuevas condiciones ambientales.

1.4.3. Cartografía del riesgo

El análisis de riesgos desde una perspectiva geográfica puede diferenciar según Cardoso (2017) tres grandes enfoques, de acuerdo con el elemento central de interés: el primero abocado al tratamiento de los peligros, como eventos hidrometeorológicos extremos; el segundo, focalizado en la población susceptible (estudios de vulnerabilidad) y; un tercero, que integra peligros y vulnerabilidades asociados a la exposición del territorio. Varios trabajos analizaron el riesgo hidrometeorológico en la cuenca del río Luján centrados en este tercer enfoque. Uno de ellos es la identificación y evaluación del riesgo hídrico poblacional en el partido de Pilar (Miño, 2007), a partir del uso de indicadores que jerarquizan las subcuencas en diferentes grados de riesgo hídrico poblacional en relación a los procesos de inundación y contaminación de aguas subterránea y superficial.

En el caso de la ciudad de Luján, dos trabajos recientes aportan a la cuestión: la aplicación de un modelo cartográfico para generar un mapa de riesgo de inundaciones (Principi, 2022) y una simulación del nivel de agua para escenarios de inundación (Principi, 2023). El modelado cartográfico entre la amenaza y la vulnerabilidad permitió generar cartografía de riesgo a inundaciones como herramienta de apoyo a la planificación territorial. Se identificaron áreas prioritarias de planificación urbana, con los niveles de riesgo más elevados y se elaboró un modelo del crecimiento urbano que permitió detectar una tendencia a expandirse sobre áreas con amenaza de inundación.

La simulación del nivel de agua incluye dos escenarios de inundación, a partir de datos históricos de eventos de inundación en la ciudad de Luján, con el uso de un Modelo de

Elevación Digital Aerofotogramétrico de alta precisión como insumo principal (Principi, 2023). Los resultados de la simulación se integraron a un mapa de vulnerabilidad socioeconómica de la población.

En el área de estudio, la vulnerabilidad asociada a la amenaza hidrometeorológica ha sido estudiada por Valle y Ventura (2023), trabajo en el que se clasificó la población expuesta de acuerdo con la vulnerabilidad socioeconómica, a partir de la creación de un índice que integra los indicadores hacinamiento crítico y porcentaje de NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas).

La cuenca del Luján se caracteriza por un constante crecimiento y transformaciones, realidad que exige actualizar estudios e incorporar una perspectiva de análisis más integral. En este caso, esta investigación propone un abordaje en profundidad con la aplicación de una nueva metodología, de una manera diferenciada respecto a lo mencionado en los antecedentes, al incluir una perspectiva más focalizada, actual y con el uso de sistemas de información, para un sector de la cuenca caracterizado por mutaciones y avance sobre la planicie de inundación.

1.5. Marco Teórico

En este apartado se presenta el marco conceptual o de referencia, como una primera aproximación al problema, con el fin de ubicarlo dentro de un conjunto de conocimientos que permitan abordarlo. Se definen conceptos agrupados en la temática global de riesgo de desastres, las amenazas hidrometeorológicas y la gestión del riesgo.

1.5.1. El riesgo de desastres.

La UNDRR define a un desastre como una “disrupción grave del funcionamiento de comunidades o sociedades en cualquier escala debido a fenómenos peligrosos que interactúan con las condiciones del grado de exposición, la vulnerabilidad y la capacidad, lo que ocasiona uno o más de los siguientes: pérdidas e impactos humanos, materiales, económicos y ambientales” (UNDRR, 2022, p. 14), es decir es un resultado que genera un daño. El riesgo de desastres es una construcción de la sociedad, resultado de las “configuraciones socioespaciales engendradas en tiempos históricos precedentes”

(Natenzon, 2015, p.16), en las que intervienen diversos factores, como la amenaza, la vulnerabilidad poblacional y la exposición al elemento peligroso.

Otros autores definen el riesgo como la “probabilidad de daños que se producen como resultado de la ocurrencia de cualquier fenómeno de origen natural o humano sobre una comunidad vulnerable” (González y Torchia, 2007, p. 2). Este concepto deja implícito que la vulnerabilidad de la población es una condición necesaria para que ese daño se actualice, donde la vulnerabilidad se define como la susceptibilidad o fragilidad de los elementos expuestos.

En este sentido, la vulnerabilidad, es la “propensión o predisposición a que un territorio o comunidad sea afectada negativamente” por esas amenazas (Herrero, A., Natenzon, C. y Miño, M. 2018.). Una definición orientada específicamente a la susceptibilidad e incapacidad de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, distingue “cuatro componentes clave que determinan si, y en qué medida, un sistema es susceptible al cambio climático: la exposición, la sensibilidad, el impacto potencial y la capacidad de adaptación” (GIZ, 2016, p. 20).

La naturaleza de la vulnerabilidad es según Natenzon (2015) compleja, multidimensional y abarca aspectos tales como las “condiciones materiales de vida de la población, los marcos normativos e institucionales que regulan su accionar, así como las carencias y limitaciones en la toma de decisiones” y es “probablemente, la dimensión menos explorada del riesgo (p. 6).”

El otro elemento necesario para que ese riesgo se actualice es la existencia de una amenaza, es decir “un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros” (Renda, 2017). Las amenazas pueden ser de origen natural o antrópico. Herzer (2011) destaca la naturaleza social del problema y resalta que la construcción del riesgo es un proceso social e histórico. En el caso de las amenazas de origen natural, están causadas por un fenómeno natural, definido como toda manifestación de la naturaleza o cualquier expresión que adopta la naturaleza como resultado de su funcionamiento interno (Renda, 2017). Para otros autores como Lavell (1996), las amenazas pueden ser naturales, sicionaturales y antrópicas, enfoque que adoptaremos en esta investigación. Fenoglio (2019) explica que la amenaza se refiere a fenómenos naturales o tecnológicos que potencialmente ponen en peligro la vida y/o las

condiciones de vida de las personas, las propiedades e infraestructura y la productividad económica de una ciudad o región.

Otro de los componentes de la ecuación de riesgos, además de la amenaza y vulnerabilidad, es la exposición, definida por UNDRR (2022) como la “situación en que se encuentran las personas, infraestructuras, viviendas, capacidades de producción y otros activos humanos tangibles situados en zonas propensas a las amenazas” (p.2). Si bien ha sido considerada una dimensión más de la vulnerabilidad, Natenzon (2015) concluye que debe identificarse como un elemento independiente, “en tanto expresión territorial de combinaciones históricas de peligrosidades y vulnerabilidades sociales que configuran así una primera aproximación al riesgo” (p. 4).

La incertidumbre es considerada por algunos autores como un componente del riesgo, que “representa aquellos aspectos que surgen del desconocimiento sobre las otras tres componentes del riesgo: la vulnerabilidad, la peligrosidad y la exposición” (Natenzon, 2015, p. 8), lo que resulta en el inverso del riesgo, ya que no es posible medirlo.

Una vez que ese peligro se materializa, y en función de la magnitud de las consecuencias, puede considerarse un desastre. La Ley Nacional 27.287, por la cual se creó el Sistema Nacional Para la Gestión Integral del Riesgo (SINAGIR), define al desastre como “la interacción entre una amenaza y una población vulnerable que, por su magnitud, crea una interrupción en el funcionamiento de una sociedad y/o sistema a partir de una desproporción entre los medios necesarios para superarla y aquellos medios a disposición de la comunidad afectada.” Esto significa que no todos los eventos alcanzarán nivel de desastre, y en el caso de consecuencias aún mayores, puede clasificarse como catástrofe. Fenoglio (2019) expresa que se utiliza indistintamente el término desastre para referirse a eventos adversos de distinto magnitud y grado de impacto e indica que “se suelen tomar como sinónimos conceptos como emergencia, desastre y catástrofe, que son diferentes en función de la magnitud e intensidad de sus consecuencias y la capacidad de respuesta social e institucional” (p.23).

La gestión del riesgo ha ido evolucionando desde finales del siglo pasado, con una modificación de los paradigmas, partiendo de la visión fiscalista, que estaba centrada en el control del riesgo a partir de acciones estructurales o de ingeniería. El paradigma fiscalista “estuvo asociado a la interpretación de los desastres como eventos emergentes

cuya práctica se traduce en el estudio de la amenaza y medidas de prevención y mitigación”, (Pereyra, 2017, p. 11). El nuevo paradigma de intervención “supera las nociones de prevención y mitigación de desastres para ubicarse en el terreno del riesgo y la gestión de su reducción” (Lavell, 2003, p.20). Mientras que antes de la década de los 1990 la gestión se concentraba en gran medida en la preparación y la respuesta, emergió la necesaria noción del “riesgo como condición social” y de la forma en que se articula con el desarrollo de una sociedad y los procesos sociales (Lavell, 2003, p.21).

En la gestión del riesgo resulta necesario conocer los procesos sociales y los actores involucrados en su construcción. Pereyra (2017) destaca la importancia de “descifrar cuáles son las racionalidades que llevan a los actores sociales a actuar con cierta intencionalidad,” y “sus lógicas de acción, como las interrelaciones que se manifiestan entre ellos” (p. 51) de manera de comprender los intereses y necesidades, en el camino hacia una intervención que integre las realidades de los distintos grupos.

1.5.2. Inundaciones.

Las inundaciones, como una situación de exceso hídrico, constituyen una de las mayores amenazas de origen natural en nuestro país. Camilloni et al. (2020), definen la inundación como un “desborde de agua fuera de los confines normales,” resaltando que son una fuente de riesgo porque “en la mayor parte de las áreas donde ocurren el espacio está poblado u ocupado por actividades productivas” y en muchos casos “el riesgo aumenta porque en estas zonas se asientan poblaciones pobres con alto grado de vulnerabilidad. (p. 394)”

Las inundaciones son clasificadas por Fenoglio (2019) en urbanas o pluviales, también conocidas como anegamientos, las cuales son “originadas por lluvias intensas o abundantes que superan la capacidad de conducción del sistema pluvial urbano” (p.29) y las inundaciones ribereñas o costeras. Estas últimas son típicas de ciudades emplazadas sobre las márgenes de cursos de agua y se producen como consecuencia del desborde de ríos y arroyos.

En el caso de las inundaciones pluviales, son agravadas por la impermeabilización del suelo, debido a que “uno de los impactos más notables de un gran núcleo urbano sobre el ambiente, es la modificación de los parámetros que controlan el escurrimiento del agua

de lluvia” (PNUD, 2014, p.81). Fenoglio menciona como causas de este tipo de inundaciones “no solo por las altas tasas de precipitación, sino también debido a las obstrucciones del drenaje causadas por los escombros y por los bloqueos de alcantarillas y puntos de recolección, a menudo provocado por a la falta de mantenimiento” (2019, p. 28). Las inundaciones ribereñas son “típicas de ciudades ubicadas sobre las márgenes de cursos de agua” (Fenoglio 2019, p.29) y se producen como consecuencia del desborde de ríos y arroyos.

En el caso de la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA), el PNUD (2014), concluye que están originadas por varias causas: lluvias intensas que provocan el desborde de los ríos; las sudestadas, que tienen lugar cuando se producen vientos del sector este o sudeste en el estuario del Río de la Plata; una combinación de lluvias y mareas extraordinarias; y ondas de tormenta, tanto de la plataforma continental como de mar abierto, que pueden elevar el nivel del río.

El relieve es otro factor determinante, siendo las llanuras “un escenario de alta vulnerabilidad ante eventos hidrológicos extremos,” y en el caso de eventos extremos de excedentes hídricos, “la incapacidad del relieve de evacuar volúmenes importantes de agua genera anegamientos vastos y de larga duración” (PNUD, 2014, p. 96). Asimismo, el PNUD (2014) destaca que los sistemas hidrológicos de las llanuras son especialmente sensibles a los cambios artificiales, como rutas o vías de ferrocarril, los cuales producen un impacto significativo en las cuencas hidrográficas.

La presencia de lluvias extraordinarias es un factor importante en ambos tipos de inundaciones y está en discusión si su mayor frecuencia es consecuencia del cambio climático. Este “se refiere a una variación significativa en las propiedades del clima cuando se comparan períodos prolongados” (Fenoglio, 2019, p.18), mientras que la variabilidad climática son las fluctuaciones de las propiedades del clima (temperatura, precipitaciones, etc.) dentro de los límites aceptados como normales.

El inusual calentamiento del planeta durante los últimos 150 años ha sido causado principalmente por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), resultantes de ciertas actividades humanas. Este proceso que continúa es conocido como Cambio Climático, e “implica también un importante Cambio Climático no sólo en temperatura

sino en las otras variables climáticas como la precipitación, los vientos y la humedad” (Barros, 2005, p.7).

En nuestro país, la precipitación y su variabilidad “se toman como la principal amenaza para que se produzca el impacto de una inundación” (Fenoglio, 2019, p.32). Esto se demuestra a partir del dato de aumento significativo del número de días con lluvia por encima de 10 mm por día en todo el país, principalmente en la zona húmeda (Fenoglio, 2019).

A esta realidad se suman las proyecciones sobre escenarios futuros, que presentan según GIZ (2016, p.19) “un alto nivel de confianza de todos los modelos que el clima va a cambiar seriamente si las emisiones de gases de efecto invernadero continúan al nivel actual o incluso si aumentan.”

Para Benzaquen et. al. (2017), un humedal es definido como “un ambiente en el cual la presencia temporaria o permanente de agua superficial o subsuperficial causa flujos biogeoquímicos propios y diferentes a los ambientes terrestres y acuáticos”, y cuyos “rasgos distintivos son la presencia de biota adaptada a estas condiciones, comúnmente plantas hidrófitas, y/o suelos hídricos o sustratos con rasgos de hidromorfismo” (p. 22). Estos prestan servicios ecosistémicos, que se consideran relevantes para la región de estudio, como: la regulación hidrológica; el refugio de biodiversidad; la depuración de aguas; y la expresión de valores culturales, recreacionales y residenciales” (CAF, 2016).

1.5.3. Gestión del riesgo.

La gestión de riesgo de desastres es definida por Lavell como “un proceso social complejo cuyo fin último es la reducción o la previsión y control permanente del riesgo de desastre en la sociedad” (2003, p.16). Esto implica la noción de proceso y no de un producto aislado. En este sentido, Riorda, Fontana y Conrero (2022, p. 39) agregan que la gestión del riesgo de desastres “no puede ser una práctica o acción aislada, sino que debe considerarse como un mecanismo integral y funcional de la gestión del desarrollo”. La evolución conceptual en materia de riesgos alcanza en la actualidad el enfoque sistémico que introduce la Oficina de las Naciones Unidas para La Reducción de Riesgo de Desastres, basado en la noción de que “el riesgo de un resultado adverso de una política,

acción o amenaza puede depender de la forma en que los elementos de los sistemas afectados interactúan entre sí” (UNDRR, 2022, p.16).

Este organismo internacional, en su Informe de Evaluación Global (GAR, por sus siglas en inglés), recomienda tres medidas inmediatas que pueden ayudar a catalizar las transformaciones imprescindibles para abordar el riesgo sistémico: medir lo que valoramos, diseñar sistemas que tengan en cuenta cómo la mente humana toma decisiones sobre el riesgo y reconfigurar los sistemas de gobernanza y financieros para que funcionen en todos los ámbitos y se diseñen en consulta con las personas afectadas.” (UNDRR, 2022, p. 21)

En nuestro país, la gestión del riesgo está enmarcada en la Ley 27.287, sancionada en 2016, por la cual se creó el Sistema Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres (SINAGIR) con el objeto integrar las acciones de los organismos estatales, las organizaciones no gubernamentales y la sociedad civil, orientado a la gestión de riesgos de desastres. En ese marco se instrumenta el Plan Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres (PNRRD 2024-2030) de la República Argentina, que establece los lineamientos que rigen el SINAGIR, en concordancia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 (Marco de Sendai).

El Marco de Sendai es un acuerdo que ofrece a los países acciones para proteger los beneficios del desarrollo contra el riesgo de desastres y se centra en la adopción de medidas que aborden todas las dimensiones del riesgo de desastres (UNDRR, 2022). Asimismo, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), muchos de ellos del Marco de Sendai y el Acuerdo de París impulsa la acción hacia la adaptación global al cambio climático, con herramientas que vinculan la acción climática con la reducción de riesgos en el Marco de Sendai (UNDRR, 2022).

Una de las acciones para la prevención de riesgo de desastres es la elaboración de mapas de riesgo, que consisten en “representaciones cartográficas que permiten visualizar la distribución de determinados riesgos de desastre en un territorio específico” (Renda, 2017). Estos mapas combinan la representación de las amenazas, la exposición y la vulnerabilidad de las comunidades, para clasificar el nivel de riesgo en el espacio seleccionado. Algunas de las limitaciones de esta herramienta son la escasa o ausente

información para la escala local. Para ayudar a contextualizar los datos existentes y resaltar las lagunas de datos críticos, es importante “romper las barreras de la coproducción reconociendo e integrando las necesidades y preocupaciones locales” (UNDRR, 2022, p. 20) y minimizar la incertidumbre.

En este sentido, habiendo presentado el marco teórico conceptual y contextualizado el problema objeto de la investigación, se plantea a continuación la metodología a aplicar en el desarrollo del trabajo.

1.6. Metodología

La metodología diseñada para este trabajo parte de la identificación del tema, la delimitación del problema, así como la definición de escalas de análisis espacial y temporal. El tipo de investigación a desarrollar será tanto cuantitativa como cualitativa. Para ello se realizará en primer lugar el relevamiento, lectura, selección y análisis de fuentes documentales tanto del acervo académico como de producción local. Esta revisión bibliográfica incluye documentos de instituciones tanto de orden municipal, provincial y nacional y de la normativa de regulación urbana, para describir los procesos históricos de construcción territorial, su vinculación con el riesgo e indagar acerca de las normas de planificación territorial y su impacto en la construcción del riesgo hidrometeorológico. Para analizar el rol de los actores sociales frente al riesgo de inundación se relevan fuentes bibliográficas, sitios web y artículos periodísticos.

El análisis cuantitativo se realiza con el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), en primer lugar, para la determinación del área bajo amenaza de inundación, a partir del uso de imágenes de modelo digital de elevaciones, mediante las cuales se obtienen las curvas de nivel del área de estudio. En este punto también se proyecta cuantificar las superficies cubiertas de agua por el río Luján en diferentes periodos hidrológicos mediante el uso de imágenes satelitales procesadas en la plataforma Google Earth Engine.

Para la caracterización de la vulnerabilidad se aplica el cálculo de un índice que integre sus dimensiones, para lo que será necesario obtener información geográfica. Las principales fuentes de las capas temáticas utilizadas son Instituto Geográfico Nacional (IGN), el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), el ReNaBaP (Registro

Nacional de Barrios Populares), incorporándose las capas desde la página de Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA). El programa a utilizar será QGIS, la aplicación de SIG más usada en la actualidad, que está construida sobre software libre y de código abierto.

Se cuantificará la evolución de la exposición y el crecimiento urbano con el uso de información satelital y la aplicación del programa Google Earth Pro y Google Earth Engine para cálculo de superficies ocupadas por distintos usos del suelo y determinación de áreas impermeabilizadas.

Por último, y una vez analizada, depurada la información y confrontada con el problema de investigación, se elaborará una memoria escrita con los resultados, para finalmente realizar su divulgación.

1.7. Área de Estudio - Contexto Territorial

Se describe a continuación la unidad geográfica de estudio, definida como el área perteneciente a la cuenca del río Luján correspondiente al partido de Pilar. Se caracterizará en primer lugar la cuenca del río Luján, cuya realidad es imprescindible abordar para contextualizar la problemática, y luego el partido de Pilar, distrito administrativo que ha sido definido como recorte espacial de estudio.

1.7.1. La cuenca del río Luján.

La Cuenca del río Luján se encuentra al noreste de la Provincia de Buenos Aires, abarcando una superficie de 3.778 Km² (Buzai y Lanzelotti, 2019). El curso del río tiene dirección noroeste-sudeste y una longitud aproximada de 115 km hasta su desembocadura en el Río Paraná a través del Canal Santa María (Buzai y Lanzelotti, 2019).

La cuenca abarca los partidos de Campana, Carmen de Areco, Chacabuco, Escobar, Exaltación de la Cruz, General Rodríguez, José C. Paz, Luján, Malvinas Argentinas, Mercedes, Moreno, Pilar, San Andrés de Giles, Suipacha y Tigre (Dirección Provincial de Hidráulica, 2019). Esta área está dividida en tres tramos (Buzai y Lanzelotti, 2019):

- Cuenca superior: extendida desde las nacientes, en el partido de Suipacha, hasta la localidad de Jáuregui en el partido de Luján, pendiente media de 0,45m/km.

los interfluvios que separan a las cuencas fluviales principales quedan representados por áreas planas, las que son consideradas derivadas del desmantelamiento fluvial de una anterior Planicie Loésica (CAF, 2016). La llanura de inundación tiene un piso plano, con baja inclinación en su perfil longitudinal y “durante el evento de inundación, la totalidad de esta superficie, las geoformas que se encuentran en ella y los niveles de terraza inferior situados sobre los laterales del valle, quedan bajo el agua” (CAF, 2016, p.12).

El río Luján es un típico curso de agua de llanura, con un caudal medio de 5,4 m³/s, con velocidad de escurrimiento baja y régimen de alimentación a través del agua freática, salvo cuando se producen precipitaciones en la cuenca (ComiLu, 2021a). Las precipitaciones anuales oscilan alrededor de los 1000 mm (Buzai y Lanzelotti, 2019) ocasionando crecidas rápidas y pronunciadas, las que son más frecuentes en los meses de primavera y otoño (Goldberg et al., 2014). Los valores mínimos se registran entre junio y septiembre y los máximos entre noviembre y abril (Dirección Provincial de Hidráulica, 2019). ComiLu señala a las precipitaciones como una de las causas de las inundaciones, que sumado a las características del río provoca que, “ante lluvias intensas, el agua llegue rápidamente al cauce principal, por lo que éste eleva su caudal y por lo tanto, su nivel de manera abrupta, ocupando entonces la planicie natural de inundación” (2024, p.6).

La vegetación ribereña original de la cuenca está compuesta por diversas comunidades vegetales diferentes entre sí: selva marginal, bosques, pajonales, matorrales y vegetación del borde de lagunas, ríos y arroyos. Los ambientes ribereños, que se caracterizan por tener una alta diversidad biológica han sufrido, altos niveles de deterioro debido al uso intensivo del río y sus costas y a la explotación de las tierras aledañas por lo que la fauna autóctona se encuentra, en general, modificada en cuanto a su diversidad y reducida respecto al número de individuos (CAF, 2016).

1.7.2. El partido de Pilar.

El partido de Pilar se ubica en el sector noroeste de la RMBA. De acuerdo con el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022 presenta una población total de 395.072 habitantes y una densidad poblacional de 1024 hab/km² (INDEC, 2022a). La ciudad de Pilar es la cabecera del partido, ubicada aproximadamente en el kilómetro 53 de la autopista Panamericana. La superficie total de Pilar es de 385,45 km², dividida en

15 localidades, siendo las localidades de mayor importancia Manuel Alberti, Villa Rosa, Presidente Derqui y Del Viso, mientras que Manzanares, La Lonja, Fátima, Zelaya y Villa Astolfi, tienen menor cantidad de población (Municipalidad de Pilar, 2018).

El río Luján atraviesa el partido de Pilar de Oeste a Norte. Son varios los arroyos afluentes del Luján en este partido: Carabassa, Las Flores, Burgueño, Pinazo y Larena, algunos de los cuales reciben descargas industriales y sus desbordes generan inundaciones. De acuerdo con la subdivisión de la cuenca establecida en el punto anterior, Pilar pertenece tanto al tramo superior como al tramo medio de la cuenca, siendo el punto de división el cruce con la Ruta Nacional 8.

El territorio de Pilar está caracterizado por una alta densidad de cursos de agua y líneas de drenaje temporarias (Valle, 2004). Las zonas entre cursos de agua presentan poco desnivel del terreno propiciando áreas de inundación por crecidas y por anegamiento pluvial. El partido corresponde al tercer cordón de la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA) y puede considerarse como un fragmento discontinuo de la misma (Batalla, 2016). Mantiene amplios sectores rurales, con una urbanización creciente, incluyendo la tipología de urbanización cerrada. La actividad industrial se destaca por la presencia del Parque Industrial homónimo, desarrollado en la década del '70, con una superficie de 900 ha, el que se encuentra en la actualidad consolidado y casi en su totalidad construido.



Figura 3. Partido de Pilar en la RMBA: situación relativa. Imagen satelital de 2023.

Fuente: elaboración propia con Google Earth.

El proceso de metropolización del partido se inició desde la fundación de la ciudad cabecera. Desde sus orígenes Pilar ha integrado una unidad urbana mayor, primero como espacio urbano periférico y luego conformando un espacio al límite de la mancha urbana correspondiente al área metropolitana (Sanguinetti, 2007). El 90% de la población se concentra en áreas urbanas y casi el 20% fue ocupado por emprendimientos privados, específicamente conjuntos residenciales cerrados, equipamientos comerciales y de servicios Vidal-Koppmann (2007). Si bien en la actualidad aún mantiene sectores con uso rural, “Pilar dejó atrás su histórico paisaje rural, de características agropecuarias y fruti hortícolas, pasando a ser un partido con un uso del suelo preponderantemente urbano o semi urbano” (Correa Roselló, 2015, p.19).

La autopista Panamericana, ruta nacional N°8, constituye la principal vía de conexión de la ciudad. Atraviesa el partido de este a oeste y a partir del km 57 se convierte en Autovía en dirección a la ciudad de Pergamino. Una segunda vía de conexión en importancia es la ex ruta 8, que en la actualidad es una avenida que atraviesa toda el AMBA con adoptando distintos nombres en su trayecto. La línea de Ferrocarril General San Martín vincula la ciudad con la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, siendo un medio de transporte importante por la cantidad de personas que diariamente se trasladan en él.

Otras rutas de importancia son las rutas provinciales N° 26, que conecta las localidades de Del Viso (Pilar) con Maquinista Savio en Escobar, la Ruta N° 25, con dos tramos, uno hacia Escobar otro a Moreno y la Ruta N° 28 en dirección a Genera Rodríguez.

Desde el punto de vista socioeconómico y según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001 (Dirección Provincial de Estadística, s.f.), el porcentaje de viviendas deficitarias era de 37,3 y el porcentaje de hogares con NBI era de 20,8. El 21% de las viviendas contaban con agua corriente de red pública y el 13,5% con desagüe cloacal a red pública. El porcentaje de viviendas con hacinamiento crítico era de 7,7. Según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010, el porcentaje de Hogares NBI había descendido ese año a 13% (ICO-UNGS, sf.). En el año 2022, la población en viviendas particulares con provisión de agua por red pública (agua corriente) era de 126.298 y la población en viviendas particulares en los que el desagüe del inodoro del baño es a red pública (cloaca) 79.747 (INDEC, 2022b). Sobre un total de 393.614 habitantes, eso resulta 32% de cobertura de agua corriente y 20% de población con cloacas.

En este contexto territorial descripto, con características y elementos singulares tanto para la cuenca hidrográfica en su totalidad como para el área de estudio, se presenta la problemática de las inundaciones, lo que será desarrollado en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO 2. LAS INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO LUJÁN Y EN EL PARTIDO DE PILAR

En este capítulo se presentan a nivel cuenca los antecedentes de crecidas, la problemática de inundaciones y los estudios que han realizado algunos organismos competentes: el modelo hidrológico del Instituto Nacional del Agua (INA), el Plan de Manejo Integral propuesto por la Provincia, el análisis de riesgo del Comité de Cuenca del río Luján (ComiLu) y la demarcación de línea de ribera de la Autoridad del Agua (ADA).

En segundo lugar, se presenta la problemática desde lo local, con la caracterización del fenómeno de expansión urbana y los procesos construcción del riesgo hidrometeorológico en Pilar y una reseña del análisis de riesgo del ComiLu a escala barrial.

2.1. La problemática en la cuenca del río Luján.

2.1.1. Antecedentes de crecidas históricas.

Se tienen registros de desbordes del río Luján desde hace más de 50 años. El Cuerpo de Bomberos de Luján mantiene una base de datos histórica con información sobre la altura del río y la elevación o cota del IGN obtenida a través de un hidrómetro ubicado en el centro de la ciudad de Luján (Principi, 2023). Dentro del período de estudio se destacan las crecidas de los años 1993, 2014 y 2015, las cuales superaron los 5 m, sobre una altura base 11,6 respecto del 0 de IGN. A continuación, se presenta una tabla con datos históricos de altura del río Luján en la ciudad homónima:

Fecha	Altura hidrométrica (sobre una altura 11.6 IGN)
25/03/1991	3.68
27/11/1993	5.23
01/11/2012	5.12
30/11/2014	5.32
12/08/2015	5.43

Figura 4: Datos históricos de altura del río Luján en la ciudad homónima.

Fuente: Elaboración propia en base a Principi (2023) y Goldberg et al. (2014).

La tendencia de mayores crecidas a partir de la década de 1980 fue también evidenciada por ComiLu (2021a), a partir de un gráfico que ilustra los eventos extremos registrados en la ciudad de Luján por un período de 5 años, desde principio del siglo XIX hasta la actualidad:

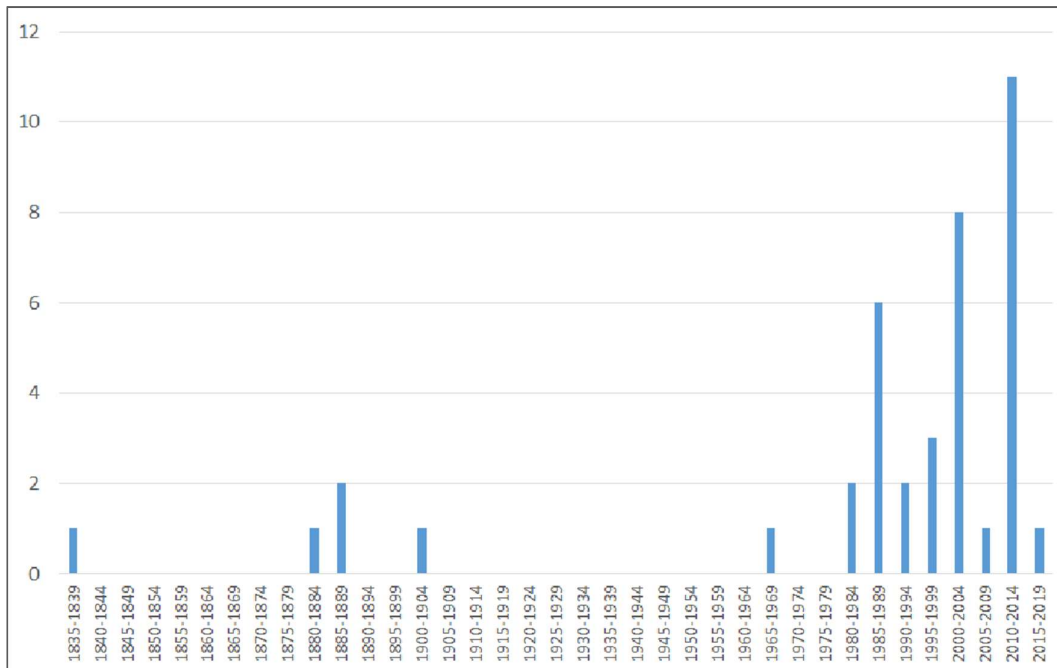


Figura 5. Eventos extremos registrados en la ciudad de Luján por un período de 5 años.

Fuente: ComiLu (2021a)

De acuerdo con los registros de las autoridades provinciales (DPH, 2023) estos son los antecedentes de inundaciones en la cuenca:

- Octubre 1967: Altura escala local 5.85 m
- Mayo 1985: Altura escala local 6.25 m
- Noviembre 1985: Altura escala local 6.40 m
- Septiembre 2010: s/d
- Noviembre 2012: Altura escala local 5.12 m
- Febrero 2014: Altura escala local 4.59 m

Los registros de inundaciones, pese a la variabilidad interanual asociada a ciclos húmedos y secos, muestran un patrón estacional claro: las crecidas más significativas se concentran en otoño y primavera, impulsadas por la concurrencia de lluvias intensas y un déficit en la radiación solar.

Se tuvo acceso a la base a datos de Estación Agrometeorológica - CIDEPA - UNLu, a partir de la cual se elaboró el siguiente gráfico de Promedio Mensual de Precipitaciones, que explica un aspecto relativo a la estacionalidad de las crecidas:

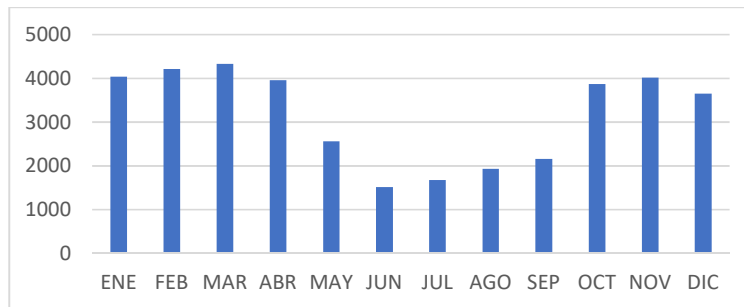


Figura 6: Promedio Mensual de Precipitaciones 1988-2023 (mm). Fuente: elaboración propia en base a datos de Estación Agrometeorológica - CIDEPA - UNLu. (2024)

2.1.2. El modelo hidrológico del Instituto Nacional del Agua (INA).

En el capítulo primero se señaló como antecedente de importancia el estudio realizado por el INA hace ya casi 20 años (Reyna, Spalletti y Brea, 2007). El trabajo aportó un modelo hidrodinámico para el cálculo de los niveles máximos asociados a recurrencias

de 2, 5 y 100 años y un sistema de información Geográfica para determinar las zonas de riesgo de un área en particular.

Los resultados del estudio mostraron las ciudades de Mercedes, Luján y Pilar respectivamente, con las distintas zonas de peligro de inundación, pudiéndose apreciar una “importante afectación del área urbana para inundaciones provocadas por lluvias de recurrencias altas”. En el caso del partido de Pilar, esboza las áreas bajo riesgo hídrico para cada una de las 3 recurrencias, como se muestra en la siguiente figura:

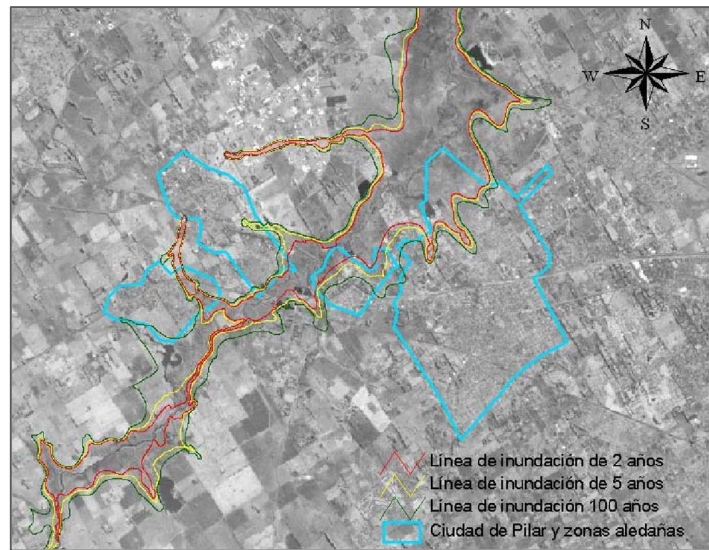


Figura 7. Identificación de zonas bajo riesgo hídrico en la ciudad de Pilar.

Fuente: Reyna, Spalletti y Brea (2007).

Este estudio sirvió como antecedente, y fue actualizado con la publicación de resultados del análisis del riesgo ante inundaciones (ComiLu, 2024), el cual informa una reducción del área bajo amenaza para las distintas recurrencias.

2.1.3. El Plan de Manejo Integral de la Cuenca del río Luján.

El Proyecto de Implementación del Plan de Manejo Integral de la Cuenca del río Luján (PMICL) presentado en el año 2015 tiene como finalidad “prevenir las crecidas, manejar controladamente los caudales y moderar el efecto de las inundaciones en la cuenca del río Luján” (ComiLu, 2021a, p. 17). El Plan incorpora medidas del tipo estructural y no

estructural, siendo la ampliación del cauce del río Luján una de las medidas de mayor implicancia en la cuenca, además de reemplazo de puentes e instalación de reservorios. Uno de los mayores impactos ambientales del PMICL es la pérdida de servicios ecosistémicos al ensanchar y canalizar el río. En la Memoria Descriptiva del Proyecto de Adecuación del Tramo Medio del río Luján (Tramo FFCC Belgrano Norte – Ruta Provincial N°6), la Dirección Provincial de Hidráulica (DPH, 2019b) señala que como parte de la incorporación de la noción ambiental en el diseño de las obras, se ha definido la extensión de la ampliación del cauce bajo el precepto de minimizar la exposición de la sociedad a los eventos de inundación, a la vez que permita mantener pulsos de crecida que sustentan los ecosistemas de humedales y la diversidad biológica imperante en su valle de inundación, siendo la aplicación más acabada de esta medida “la no ampliación del cauce natural aguas abajo del FFCC Belgrano Norte” (p 4). Se indica que “la supresión completa del evento de inundación, no sería una medida sustentable, por cuanto la gestión del riesgo debe realizarse a través del control adecuado del evento y de la minimización de la vulnerabilidad del receptor” (DPH 2019, p 4). De esta manera, y con la finalidad de mantener los corredores biológicos, se ha “incorporado en el diseño de las obras proyectadas el principio de mantenimiento de las condiciones actuales de inundabilidad de las áreas a ser destinadas como humedales” adoptando como criterio de obra “no intervenir este sector con acciones de canalización del tramo que transcurre entre las vías del ferrocarril Belgrano Norte (aguas arriba del Complejo San Sebastián) y el Canal Santa María.” Esta medida persigue “la conectividad biológica desde las Reservas implementadas y en proyecto de Pilar y Exaltación de la Cruz y de Otamendi” (p. 4). Se presenta a continuación una selección de medidas surgidas del PMICRL, para un evento pluvial de 25 años de recurrencia (DPH, 2024), clasificadas en estructurales o de ingeniería y no estructurales o blandas:

Medidas Estructurales:

- Dragado del canal Santa María en una longitud de 7 km.
- Canalización del río Luján desde el puente Las Tropas hasta el Puente del FF Gral. Belgrano Norte en una longitud de 37 km.
- Canalización en la localidad de olivera 4.8 Km

- Canalización del cauce en la ciudad de Mercedes, en una longitud de 6,3 km.
- Ampliación y/o reconstrucción de 9 puentes (3 ferroviarios – 6 carreteros) y la construcción de alcantarillas aliviadoras en puentes.
- Construcción de 7 áreas de retención temporal de excedentes hídricos.

Medidas no Estructurales:

- Implementación de sistemas de alerta temprana.
- Ley de uso del suelo que preserve humedales.
- Zonas de relocalización de viviendas de población afectada
- Participación de comité de cuenca
- Medidas sustentables para el mantenimiento de las márgenes del río.

En el año 2021 se elaboró la Actualización del Plan de Manejo Integral de la Cuenca del río Luján (PMICL), con el objetivo de “ampliar el alcance del plan original a fin de abrir la posibilidad a la incorporación de nuevas obras y medidas en el territorio de la cuenca” (ComiLu, 2021, p. 17). El esquema propuesto de Componentes para implementar el PMICL, es el siguiente:

- Obras de conducción, ampliación del cauce, desagües pluviales urbanos, equipos y obras complementarias
 - Sistema de Alerta Temprana (SAT) y medidas complementarias
 - Obras de provisión de agua potable y cloacas, plantas de tratamiento de líquidos cloacales y obras complementarias.
 - Gestión ambiental y de ordenamiento del territorio: incluye demarcación de las líneas de ribera y determinación de las zonas inundables sujetas a restricciones; adecuación de los planes de ordenamiento territorial.

Asimismo, en la Actualización del Plan Integral (ComiLu, 2021a) también se han definido los lineamientos estratégicos:

- Disminución de la peligrosidad hídrica: Colaborar en mitigar las inundaciones en las zonas aledañas al río Luján y sus principales afluentes al mismo tiempo que se realizan acciones piloto para mejorar desagües pluviales urbanos.

- Prevención de la ocupación de las riberas y zonas de inundación: Consolidar las riberas del río Luján y sus principales afluentes, posibilitando el acceso a disfrutar del uso recreativo sin contacto directo y pretendiendo prevenir su ocupación formal e informal.

- Mejoramiento de la calidad del agua: respecto a obras de redes cloacales, agua y plantas de tratamiento. ComiLu logró avanzar en los procesos de licitación y de elaboración de proyectos en la cuenca (ComiLu, 2024)

- La disminución de la vulnerabilidad social: Indica que se ha iniciado un proceso de articulación con los municipios, brindando asistencia técnica para la revisión de Planes de contingencia ante inundaciones. También señala que “se está completando la validación territorial de los indicadores que componen los factores de la fórmula del Riesgo” (ComiLu, 2024 p. 10)

El estado de las obras, de acuerdo con la página web de la Dirección Provincial de Hidráulica (DPH, 2024) a la fecha 29/05/2024 es la siguiente:

- Adecuación del Cauce del Canal Santa María: aumento de sección en sus 7,1 km de longitud (CAF, 2016) iniciada en 2017, en ejecución a May-24.

- Puentes:

- ✓ Puentes Ferroviarios. Puente Ferrocarril Línea Mitre (Campana), a ser ampliado (DPH, 2019a); Puente Ferrocarril Gral. Urquiza (Pilar), a ser demolido y vuelto a construir (DPH, 2019a); Puente Ferrocarril Línea Belgrano Norte (Pilar), a ser ampliado (DPH, 2019a). Iniciadas 25/03/2019.

- ✓ Puentes vecinales. En el partido de Mercedes: Puente Vecinal Del Cañón; Pasarela Municipal (Balneario Municipal); Puente Calle 43 (Puente Amarillo). Iniciadas

25/03/2019. En el partido de Luján: Puente Vecinal acceso a Goldney – Olivera; Puente Vecinal Ruta 34 "De Los Huesos;" Puente Vecinal Calle Dr. Real (calle Gogna). Iniciadas 25/03/2019. En los tres casos la obra consiste en a ser demolidos y vueltos a construir (DPH, 2019a)

● Adecuación del Cauce del río Luján. “Adecuación del Cauce del Tramo Medio río Luján – Tramo FFCC Belgrano Norte – Ruta Provincial N°6”. Para un sector de este tramo la ampliación alcanza un ancho total promedio de sección de 110m, según la web de DPH. Iniciadas 1/09/2020.

Otras obras del PMICRL según DPH (2019a), de las que no se informa estado de avance en la página web del organismo: a) Áreas de Retención Temporaria de Excedentes Hídricos (ARTEH), en cada uno de los siguientes arroyos: Los Leones, Moyano, Leguizamón, Grande, del Oro y dos sobre el río Luján; b) reemplazo de compuertas por presas inflables en Luján y Mercedes; c) Puente Ferrocarril Línea Mitre ramal Victoria-Capilla del Señor (Pilar) y; d) Puente Ruta Nacional N° 9 (Campana y Escobar).

En este sentido, se adjunta una tabla informativa sobre los avances del PMICRL a la fecha, según datos publicados en la página web de la Dirección Provincial de Hidráulica y consulta a otras fuentes:

OBRA	AVANCE SEGÚN DPH	SEGÚN CONSULTA
Adecuación del Cauce del Canal Santa María	iniciada en 2017, en ejecución a May-24	Obra finalizada
Puentes Ferroviarios	Iniciadas 25/03/2019.	Los puentes de Belgrano, Urquiza y Mitre no se cambiaron, no se hizo ningún puente de ferrocarril. Tampoco el de ruta 9
Puentes vecinales	Iniciadas 25/03/2019	Avance parcial
Adecuación del Cauce del Tramo Medio río Luján – Tramo FFCC Belgrano Norte – Ruta Provincial N°6	Iniciadas 1/09/2020	no se hizo a 110 m el ancho del río, con rectificación se amplió a 50 o 60 m. Solo se hicieron obras de remoción (dragado y extracción de material de la ribera).
Áreas de Retención Temporal de Excedentes Hídricos	no se informa estado de avance	No se tienen registros de que se hayan hecho obras de ARTEH

Figura 8. Avances de las obras del PMICRL a noviembre de 2024. Fuente: elaboración propia.

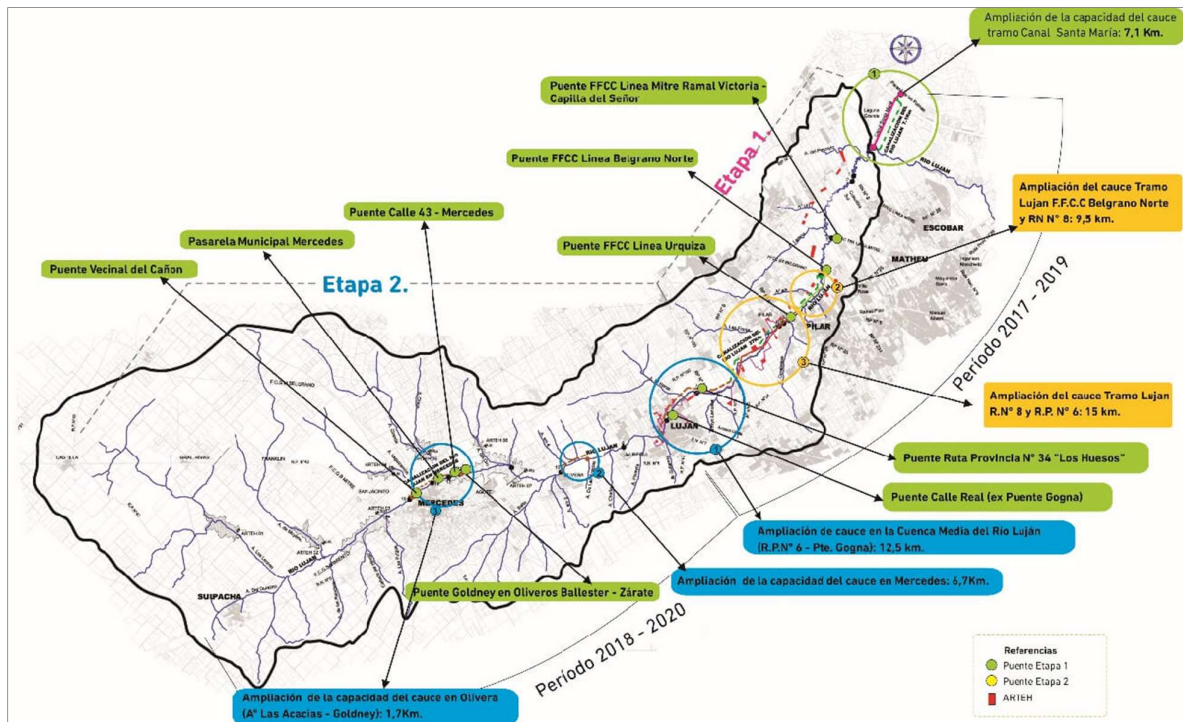


Figura 9. Obras surgidas del Estudio Plan Integral y Proyecto Obras de Regulación y Saneamiento río Luján. Fuente: DPH (2024)

Se consultó a referentes de la Reserva Natural de Pilar sobre el avance de las obras del PMICRL. Al 14/06/2024, el ensanchamiento del cauce no alcanzó los 110 m. Únicamente se amplió a 50 o 60 m, estrechándose a 16 metros a la altura del puente del Ferrocarril Belgrano. Los puentes ferroviarios del Belgrano, Urquiza y Mitre no se cambiaron, y a la fecha no se ha modificado ningún puente de ferrocarril. No se han realizado cambios en el puente vehicular sobre la ruta 9. Las obras realizadas a la fecha consistieron en remoción, es decir dragado y extracción de material de la ribera. No se tienen registros de que se hayan hecho obras de retención temporaria, ni de cambios en la norma que demarca la línea de ribera.

2.1.4. Análisis de riesgo ante inundaciones del ComiLu.

En el año 2023, la Provincia de Buenos Aires a través de la Subsecretaría de Recursos Hídricos del Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos, puso a disposición la

página web de riesgo hídrico. La noticia informaba que, con esta nueva herramienta, se podría “ver mapas de peligrosidad, puntos de monitoreo, mapas de pendientes, monitoreo participativo, recomendaciones para municipios, entre otras herramientas” (Subsecretaría de Recursos Hídricos, 2023).

La página web permitía al momento de su lanzamiento realizar consultas sin tener conocimientos de sistemas de información geográficos, pudiendo identificar con los tonos de amarillo a rojo los lugares que son más propensos a sufrir inundaciones. A la fecha no se encuentra un enlace para su consulta, si bien pueden descargarse las capas temáticas y visualizarlas en Google Earth o QGIS. La imagen siguiente muestra la vista de la página en la sección correspondiente a Mapas de peligrosidad Luján. La escala de colores corresponde a los niveles de peligrosidad muy bajo (verde), medio (amarillo), moderado (naranja) y muy alta (rojo):

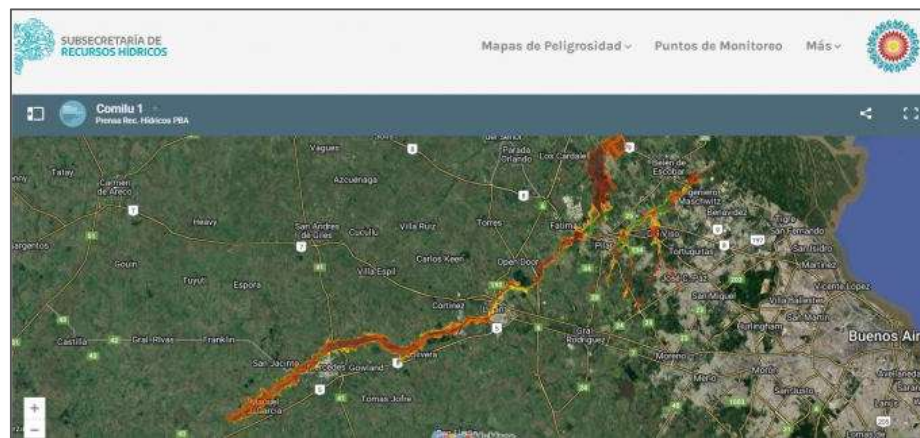


Figura 10. Página web de riesgo hídrico: Mapas de peligrosidad Luján.

Fuente: <https://riesgohidrico.ada.gba.gov.ar/>

En simultáneo con la publicación de esta página, el Comité de Cuenca del río Luján publicó el documento titulado “Avances en el Análisis del Riesgo ante inundaciones en la Cuenca del río Luján,” el cual “expone los avances en el diseño de una evaluación del riesgo a escala local, que incorpora y amplía la metodología actualmente utilizada por el Comité de Cuenca del río Luján (ComiLu), se nutre y compara otras metodologías utilizadas” y “se propone adoptar una fórmula del riesgo incluyendo los factores:

Amenaza, Vulnerabilidad, Exposición y Capacidad, ampliando las fuentes de datos con el propósito de incluir la visión de actores locales” (ComiLu, 2024, p. 4)

Se explica a continuación la metodología utilizada para analizar los cuatro factores mencionados:

- a) Peligrosidad en función de la Recurrencia (Amenaza). Utiliza modelos hidrodinámicos que predicen los tirantes en el cauce y las áreas afectadas de la llanura de inundación. “La utilización de la recurrencia como variable para analizar la amenaza, alerta no solo de ciertos límites en la modelación, sino también del déficit de información que momentáneamente se posee sobre el conocimiento del factor de análisis ante un evento de crecida, la cual se encuentra asociada a diferentes variables, tales como: la velocidad del agua en cada área, los tirantes máximos alcanzados, la probabilidad de ocurrencia del fenómeno, el tiempo de permanencia del agua y otros” (ComiLu 2024, p 26). Para la elaboración del Mapa de Amenaza se espacializaron en el territorio, y a nivel radio censal, cuatro niveles de amenaza ante inundaciones:

- Muy Alta: Recurrencia hasta 25 años
- Alta: Recurrencia entre 25 y 100 años
- Moderada: Zona de Influencia
- Baja: Área fuera de la Zona de Influencia

- b) Análisis de la Vulnerabilidad. Se identificaron 23 indicadores, los cuales informan los atributos para medir y conocer el nivel de vulnerabilidad de la cuenca. Los 23 indicadores están incluidos en 4 dimensiones:

- 4 indicadores de la dimensión social.
- 7 indicadores de la dimensión económica.
- 5 indicadores de la dimensión física.
- 7 indicadores de la dimensión ambiental.

- c) Análisis y mapa de la exposición. Para esto se utilizaron 6 indicadores, algunos con información disponible para el nivel de radio censal y otros a escala de partidos. El resultado de este mapa muestra un nivel muy alto de exposición para la población en el área cercana al curso del río Luján en el partido de Pilar, siendo el único partido de la cuenca con este resultado.
- d) Análisis y mapa de capacidad. Estudiada con el uso de 15 indicadores. En este mapa, Suipacha, Luján, Pilar y Escobar presentan los valores más altos de capacidad, clasificados como “moderada”.

Se detallan a continuación los indicadores utilizados:

- Amenaza: el único indicador utilizado fue la recurrencia.

- Vulnerabilidad (agrupados según dimensión):
 - 4 indicadores de la dimensión social: Personas con discapacidad; Población 0 a 14; Población 65 o más; Inasistencia escolar - NBI 4;

 - 7 indicadores de la dimensión económica: Capacidad de subsistencia de los hogares - NBI 5; Condición de actividad de las personas; Posesión de teléfono celular; Régimen de tenencia respecto de la vivienda; Ramas de actividad económica local; Acceso a red pública de desagües cloacales; Combustible utilizado principalmente para cocinar;

 - 5 indicadores de la dimensión física: Condiciones de hacinamiento - NBI 3. Vivienda inconveniente - NBI 1; Material predominante techos; Material predominante de la cubierta exterior del techo; Servicio regular de recolección de residuos;

 - 7 indicadores de la dimensión ambiental: Procedencia del agua para beber y cocinar; Tipo de disposición final de residuos; Proximidad a efectores de

salud; Tiene baño / letrina; Tiene botón, cadena, mochila para limpieza inodoro; Índice de Calidad de Agua; Índice de Macroinvertebrados de Ríos Pampeanos (IMRP).

● Exposición:

- Localización de las viviendas particulares y colectivas respecto a la peligrosidad por inundación fluvial para un escenario de recurrencia de 100 años;
- Localización de la infraestructura y los bienes productivos con respecto a la peligrosidad por inundación fluvial para un escenario de recurrencia de 100 años;
- Localización de los ecosistemas con respecto a zonas a la peligrosidad por inundación fluvial para un escenario de recurrencia de 100 años;
- Transporte de mercancías peligrosas;
- Regulación del uso de agroquímicos;
- Proximidad a basurales remanentes.

● Capacidad:

- Nivel educativo;
- Utilización de sistemas de monitoreo;
- Participación de la Defensa Civil en el comité de cuenca;
- Participación de la población en las actividades del municipio;
- Áreas específicas del gobierno local vinculadas al riesgo de desastres;
- Actores locales vinculados al riesgo de desastres;
- Relación entre los actores locales y las áreas específicas del gobierno local vinculadas al riesgo de desastre;
- Existencia de trabajos de investigación sobre riesgo de desastre;
- Conocimiento de la población sobre el riesgo de desastre;
- Alcance de capacitaciones para las áreas específicas del gobierno local vinculadas al riesgo de desastre;

- Elaboración e institucionalización de los instrumentos de la planificación territorial;
- Difusión y acceso a los instrumentos de la planificación territorial;
- Existencia de código de edificación municipal y de códigos de zonificación municipal o de ordenamiento urbano;
- Cumplimiento del código de edificación municipal y de códigos de zonificación municipal o de ordenamiento urbano;
- Tratamiento de residuos reciclables.

Para el análisis y mapa del riesgo se integraron los 4 factores mencionados utilizando esta fórmula:

$$\text{Riesgo de desastre} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad} * \text{Exposición} / \text{Capacidad}$$

El resultado es el mapa con 4 niveles de riesgo para toda la cuenca que se muestra aquí:

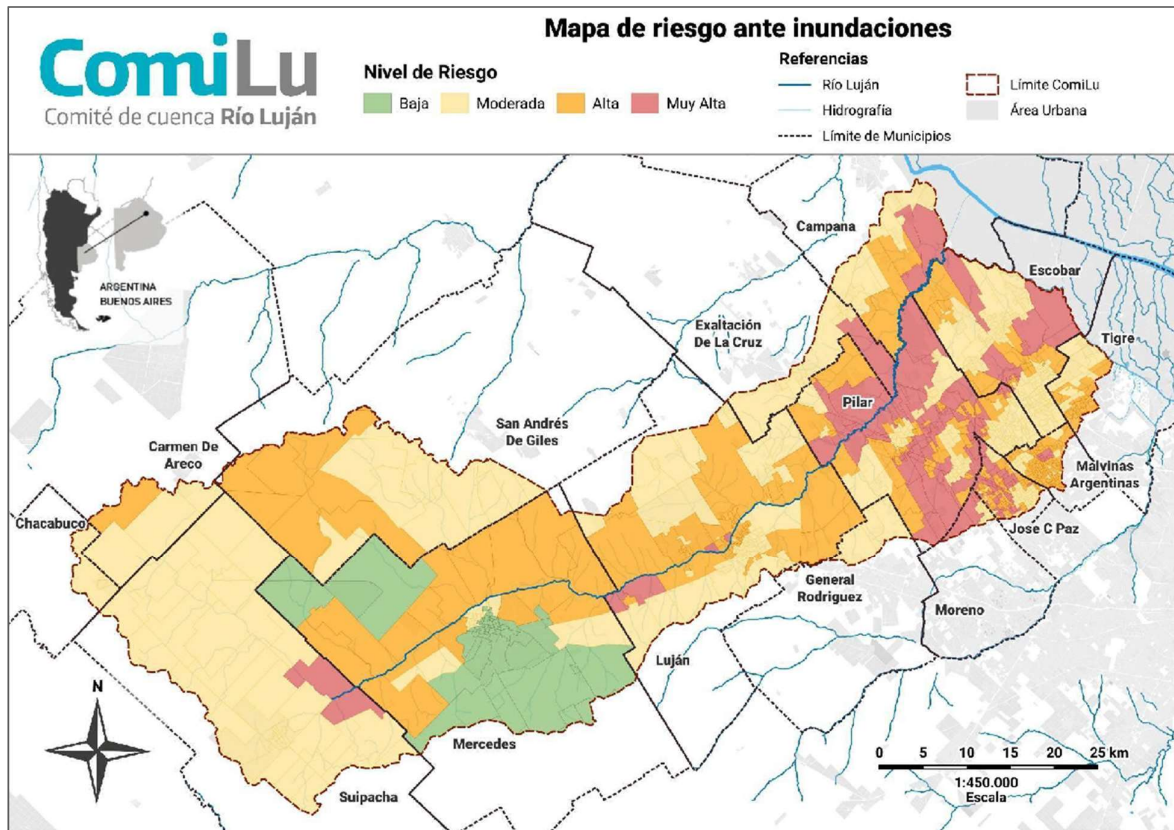


Figura 11. Mapa de riesgo ante inundaciones. Fuente: ComiLu (2024).

El trabajo señala algunos de los próximos desafíos, para continuar enriqueciendo el análisis, como diferenciar en la planicie de inundación las áreas que tienen distintos niveles de amenaza y que están dentro de un mismo radio censal, actualizar los indicadores con los datos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022, incluir los mapas para cada uno de los indicadores que componen los factores de Riesgo, ampliar las categorías de los indicadores de proximidad; incluir los datos brindados por los municipios, consolidar una misma metodología para otras cuencas. Algunas de estas consideraciones serán abordadas más adelante en el desarrollo de este estudio.

2.1.5. Demarcación de línea de Ribera.

La línea de ribera es definida por la Autoridad del Agua (ADA) como “una sucesión de puntos que determinan las altas mareas normales o las crecidas medias ordinarias”, entendiéndose a una crecida media ordinaria a “aquella que surja de promediar los máximos registrados en cada año durante los últimos cinco años” (ADA, s.f.). La finalidad de la

demarcación es delimitar el dominio del bien público del bien privado, para preservar el primero, en nuestro caso la ribera del río Luján. La competencia para demarcar la línea de ribera es de la Autoridad del Agua, según lo establece el Código de Aguas de la Provincia de Buenos Aires, ley 12257.

De acuerdo con lo informado por ComiLu en el Documento de Respuestas de la Consulta Pública correspondiente al Proyecto de Adecuación del Tramo Medio del río Luján (ComiLu, 2021b), el Comité se encontraba participando activamente del proceso, con el trabajo de 4 agrimensores para trabajar en ADA específicamente sobre este tema. En la respuesta, ComiLu informó que “la tarea se dividió en sectores bajo criterios de criticidad o peligro de ocupación,” entendiendo que “las áreas de la cuenca baja eran las más tensionadas por el mercado inmobiliario y por ende con peligro de ser ocupadas por desarrollos urbanos,” por lo que en esa fecha se estaba “trabajando en la demarcación de la Línea de Ribera definitiva para la cuenca baja sin obra y provisoria (hasta que termine la obra) para las parcelas linderas a las obras”.

Por ejemplo, y según se indica en el documento de actualización del Plan de Manejo Integral de la Cuenca del río Luján (ComiLu 2021a), en su Anexo III.4.11- Delimitación de la Línea de ribera y saneamiento de títulos, el en el área donde se emplaza la mega urbanización San Sebastián la línea de ribera ya ha sido preliminarmente demarcada. En la siguiente figura se muestra esta demarcación, en la que puede observarse de color celeste la línea de ribera preliminar y a una distancia de 100 metros aproximadamente se visualiza el terraplén divisorio, a partir de donde inician las modificaciones del suelo, mientras que el espacio entre la línea y el terraplén se configura el área de uso restringido, pero de propiedad privada:



- 1- EJE DEL RÍO
- 2- ESTIMACIÓN DE MÁRGENES DEL RÍO
- 3- LÍNEA DE RIBERA PRELIMINAR
- 4- LÍMITE DE PARCELA

Figura 12. Delimitación de línea de ribera en cercanías de la urbanización San Sebastián.

Fuente: ComiLu (2021a) Anexo III.4.11 Delimitación de la Línea de ribera y saneamiento de títulos.

La definición de la línea de ribera se vincula con las restricciones al uso del suelo. ComiLu (2021b) señala que es necesario definirlas, lo cual también es facultad del ADA. Sin embargo, la Ley de Conservación de Desagües Naturales sí establece restricciones, al prohibir que se modifique el uso actual de la tierra y únicamente permitir la ejecución de obras y acciones que sean necesarias para su actual destino o explotación. En el documento, ComiLu informa acerca de propuestas relacionados a esta temática que está llevando a cabo, que incluyen “proyecto de Macrozonificación Ambiental del Territorio de la Cuenca, el Estudio para la Identificación, Caracterización y Propuesta para una Red de Áreas Naturales Protegidas, y los proyectos de Paseos Ribereños” (p. 17). En este aspecto deben tenerse en cuenta las facultades de los municipios, que son quienes deben regular el uso del suelo en sus territorios.

2.2. La problemática en el partido de Pilar.

La problemática de las inundaciones es abordada desde la escala local y para ello se describen los procesos de ocupación, transformación y expansión urbana, la construcción del riesgo hidrometeorológico en Pilar y por último una reseña del análisis de riesgo elaborado por el ComiLu en barrios situados dentro del área de estudio.

2.2.1. Procesos de ocupación, transformación y expansión urbana en Pilar.

El origen y evolución urbana de Pilar ha sido estudiado por Correa Roselló (2015) describiendo cómo el pueblo en su crecimiento urbano vuelve a urbanizar los mismos terrenos que fueron el motivo de su traslado. A partir de 1970, los espacios libres fueron ocupados por el crecimiento de los antiguos barrios o por urbanizaciones privadas, o asentamientos marginales en terrenos fiscales, muchos en zonas inundables. El autor resalta de manera implícita que el riesgo hídrico se ha construido socialmente, a partir de procesos ocurridos desde el comienzo de la urbanización en el área de estudio. Finalmente concluye que las inundaciones recurrentes están estrechamente ligadas al desarrollo de procesos históricos como la creación y ampliación de los primeros barrios a mitad de siglo pasado, la posterior proliferación de urbanizaciones cerradas y la instalación de población en áreas marginales.

La expansión y la consolidación del Parque Industrial Pilar es otro de los procesos estudiados en el territorio en un contexto de reestructuración heterogénea del sector Industrial argentino (Briano, 2015). El trabajo describe el proceso de periferización de las actividades industriales urbanas y la dualización económica urbana tanto a nivel industrial e inmobiliario, donde coexisten espacios segregados y autosegregados que se presentan de un modo desordenado, desarticulado y disfuncional. El autor muestra implícitamente de qué manera las transformaciones ambientales producidas han tenido profundas consecuencias sobre la población, desde inundaciones recurrentes hasta conflictos de planificación urbana. Por último, concluye que el fenómeno de conflictividad que aparece con fuerza en Pilar con el crecimiento urbano e industrial en simultáneo, ya ocurría con anterioridad en el centro de la metrópoli, funcionando como una de las causas de la periferización industrial.

Una mirada acerca de la historia ambiental y los procesos de construcción territorial a nivel de cuencas hidrográficas de la provincia de Buenos Aires ha sido expuesta por Miraglia (2013). Este trabajo describe cómo el crecimiento urbano y el avance de las fronteras agropecuarias o intensificación de las prácticas agrícolas y ganaderas, se transformaron en los principales factores de transformación territorial a principios del siglo pasado. Este proceso de transformación ambiental tiene consecuencias en las cuencas hídricas, principalmente inundaciones y contaminación química de cursos de agua. La autora propone un modelo teórico metodológico en la aproximación al estudio del territorio.

Vidal-Koppmann (2019), se refiere a la periferia metropolitana de Buenos Aires como escenario de conflictos durante el siglo pasado, vinculado con la movilidad, pobreza y desigualdades socio territoriales y analiza la relación entre conglomerados de urbanizaciones cerradas, corredores de alta velocidad y aparición de centralidades externas al tejido suburbano. Bajo la mirada de la autora, las desigualdades sociales y territoriales de una periferia metropolitana difusa y en constante expansión, se ven potenciadas por circuitos de movilidad selectivos y fragmentados, dando como resultado dos modelos de planificación opuestos, el ordenamiento territorial metropolitano frente al urbanismo de mercado.

2.2.2. La construcción del riesgo hidrometeorológico en lo local.

El área geográfica de estudio ha sufrido intensas transformaciones desde la mitad del siglo pasado, pasando de ser un territorio principalmente rural a formar parte del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA). Se trata de un área periurbana, entendida como espacio donde conviven una heterogeneidad de usos, con una fuerte especulación inmobiliaria sobre la tierra y donde el potencial de conversión del territorio rural en urbano es un escenario permanente (Barski, 2018).

Para Briano (2015), el partido de Pilar ha sido escenario de una proliferación de urbanizaciones cerradas, instalación de población en áreas marginales, radicación de uno de los parques industriales más importantes del país, modificación del centro urbano y mejora sustancial de la infraestructura de transporte.

Las transformaciones ocurridas dejaron profundas consecuencias sobre la población, desde inundaciones recurrentes hasta conflictos de planificación urbana, por

incompatibilidad de usos del suelo. Correa Roselló (2015) destaca que en el desarrollo urbano de Pilar se ha reincidido en errores de localización, planificación y trazado urbano, resaltando que “no es posible estudiar la problemática social y urbanística actual de Pilar, sin su análisis histórico, mediante cortes en el tiempo que nos permita apreciar los errores y aciertos del pasado, determinar cómo era su paisaje original y como el hombre lo fue modificando; conformando las distintas fases de nuestro análisis, para finalmente confluir en el presente y así poder inferir su probable evolución urbanística, social y ambiental” (p. 2).

Los procesos en el área de estudio están marcados por los excesos hídricos desde sus inicios, que obligaron al traslado del pueblo original hacia su ubicación definitiva en 1818. El primer asentamiento, conocido por los locales como “Pilar viejo”, se ubicaba en el km 57 de la ruta nacional 8, ocupando la planicie de inundación del río Luján, a unos 1300 metros del curso de agua.

Durante la etapa de creación de barrios iniciada en 1947 y finalizada en 1970, se ocuparon áreas inundables. Posteriormente, en la década del 70, se produciría la erradicación de las villas de emergencia de la ciudad de Buenos Aires, trasladando a los desalojados hacia sectores más inundables o con menor valor del área metropolitana.

La década del 80 estuvo marcada por un crecimiento urbano limitado a la creación de barrios cerrados, ampliación de barrios abiertos existentes o aparición de asentamientos informales. Durante este período se desarrolló un ciclo hidrológico húmedo, con frecuentes inundaciones en el AMBA. En el año 1985, la crecida del río era tal que permitía ver la planicie de inundación cubierta de agua desde la Panamericana a la altura del actual acceso de vehículos livianos al Parque Industrial (calle Petrel). El mes de noviembre, el río Luján alcanzó la altura máxima de 6.40 metros en la ciudad de Mercedes (Goldberg et al., 2014).

Los barrios y pueblos privados que utilizan técnicas de relleno y terraplenes para avanzar sobre áreas inundables arriban en la década del 90. El barrio San Sebastián, por ejemplo, “con más del 60% de la superficie por debajo de la cota 7.5 msnm” (Pintos y Sgroi, 2013, p.28) siendo que “de las 1100 ha., 900 estaban por debajo de la cota de inundación natural (p.37).

La configuración actual de la cuenca responde a múltiples agentes transformadores, entre los cuales la presión periurbana constituye solo uno, y no el más antiguo. El trazado de las líneas férreas que lo atraviesan y puentes vehiculares que impactan sobre el normal escurrimiento, son anteriores a las urbanizaciones. Este aspecto ha sido incorporado en el PMICRL, con propuestas que incluyen ampliación e incluso la demolición y nueva construcción de puentes ferroviarios y de ampliación de la sección del cauce debajo de puentes.

Esta investigación pretende aportar elementos que contribuyan a un mejor análisis del impacto de estos fenómenos, especialmente al considerar aspectos particulares de la vulnerabilidad, cuyo enfoque resulta poco abordado por otros trabajos en esta área.

2.2.3. Análisis de riesgo del ComiLu a escala local.

En este capítulo se ha realizado una reseña del documento publicado por el ComiLu (2024), el cual aporta un análisis de riesgo de inundaciones para la cuenca del río Luján. En este apartado nos centraremos en los resultados de este trabajo para la escala local, especialmente en las características del riesgo en el barrio “río Luján,” localizado dentro de nuestra área de estudio, cercano al puente de la Ruta Nacional 8, perteneciente al partido de Pilar. Se trata de un barrio abierto que, si bien ocupa parcialmente la planicie de inundación, cuenta con fraccionamiento aprobado según puede observarse en la página web de CartoARBA (2024).

Los resultados de la evaluación para esta área son:

Barrio río Luján

Población: 710 Habitantes

Hogares: 178

Superficie en Ha: 104.16

Densidad poblacional: 6.82

Recurrencia: 10 años

PELIGROSIDAD: A

Nivel de amenaza: Muy alta – Recurrencia menor a 25 años

Nivel de Vulnerabilidad: Alta

Nivel de Exposición: Muy alta
Capacidad: Moderada

A continuación, se presenta el mapa que ilustra los resultados de la valoración de riesgo correspondientes al barrio río Luján:



Figura 13. Resultado de la valoración de riesgo para el barrio río Luján. Las líneas delimitan polígonos por nivel de riesgo. El área con mayor opacidad señalada corresponde al nivel de riesgo “MA” (Muy Alto). Fuente: ComiLu (2024).

Los resultados de niveles de amenaza, vulnerabilidad, exposición y capacidad se obtuvieron luego de analizar una selección de indicadores. A continuación, se presentan los valores correspondientes al barrio río Luján, los cuales fueron extraídos de las planillas de Excel que son parte del documento (ComiLu, 2024):

Barrio río Luján - Indicadores de vulnerabilidad, exposición y capacidad.

Indicadores de Vulnerabilidad:

- Dimensión social. El 24,81 % o más de la población tiene de 0 a 14 años; más del 89,30 % de la población no tiene 65 y más años; el 0,14% o más de los hogares tienen al menos un niño en edad escolar (6 a 12 años) que no asiste a la escuela;
- Dimensión económica. El 0,45% o más de los hogares están constituidos por cuatro o más personas por miembro ocupado y tienen un jefe que no ha completado el tercer grado de escolaridad primaria; más del 64,13% de las personas se encuentra en condición de ocupado; más del 74,54% de los hogares cumplen con la condición que la vivienda y/o la vivienda junto con el terreno pertenece a alguno/s de los integrantes del hogar; el 35,06% o más de los hogares utilizan gas a granel (zeppelin), gas en tubo, gas en garrafa, electricidad, leña o carbón u otro;
- Dimensión física. En el 24,91 % o más de los hogares la procedencia del agua para beber y cocinar es de perforación con bomba a motor, perforación con bomba manual, pozo, transporte por cisterna o agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia; el 51,58% o más de los hogares no tiene acceso a la red pública de desagües cloacales; el 1,53% o más de los hogares hay más de 3 personas por cuarto, es decir hay hacinamiento crítico; viviendas se encuentran a menos de 2000 metros (inclusive) de un efector de salud; el 2,80% o más de las viviendas son habitaciones de inquilinato, hotel o pensión, viviendas no destinadas a fines habitacionales, viviendas precarias y otro tipo de vivienda; el 1,25% o más de los hogares presentan pisos de tierra o ladrillo suelto u otro; el 4.69% o más de los hogares tienen como material predominante de la cubierta exterior del techo chapa fibrocemento o plástico, chapa de cartón, caña, palma, tabla o paja con o sin barro u otro; el 6,28% de las viviendas o más no poseen servicio de recolección regular de residuos;

- Dimensión ambiental. En el partido se realiza disposición final, de por lo menos un porcentaje de los residuos en basural a cielo abierto; el 1,74 % o más de los hogares no tiene baño / letrina; el 10,72 % o más los hogares no tiene botón, cadena, mochila para limpieza inodoro; La calidad del agua es Regular; El Índice de Macroinvertebrados de Ríos Pampeanos (IMRP) informa contaminación moderada y débil.

Indicadores de Exposición:

- Las viviendas particulares y colectivas y los establecimientos educativos se encuentran contenidos dentro del área de recurrencia de 100 años, inclusive; la infraestructura y de los bienes productivos se encuentran contenidos dentro del área de recurrencia de 100 años, inclusive; los humedales se encuentran contenidos dentro del área de recurrencia de 100 años, inclusive; el municipio no realiza controles de los vehículos que transportan mercancías peligrosas; el municipio no tiene normativa de uso y aplicación de productos químicos de uso agrícola; viviendas que en menos de 500 metros (inclusive) no se registran la existencia de basurales remanentes.

Indicadores de Capacidad:

- El 83,97% o más de las personas, poseen un máximo nivel de instrucción inicial, primario y secundario (completo o incompleto); como sistemas de monitoreo se utilizan 6 alternativas o más; la Defensa Civil local no participa (de ningún encuentro) del Comité de Cuenca; no hay presupuesto participativo en el que la ciudadanía participa en el presupuesto municipal; baja cantidad de áreas específicas vinculadas al riesgo de desastres (9 o menos áreas); alta cantidad de organizaciones vinculadas al riesgo de desastres (entre 15 y 19 organizaciones); entre el 51% y el 75% del total de los actores locales vinculados al riesgo de desastres tienen relación con áreas específicas del gobierno local vinculadas al riesgo de desastres; existen estudios de algunas de las amenazas y vulnerabilidades vinculadas con el territorio; en los últimos 3 años se registran campañas, talleres y/o actividades que abordan entre 6 y 3

temas; entre el 26% y el 50% de los servicios vinculados al riesgo de desastres han recibido capacitaciones para reforzar y actualizar conocimientos; Protocolo ante eventos hidrometeorológicos aprobado por el Consejo Deliberante; Plan de Emergencias Municipal aprobado por Consejo Deliberante; Plan de Ordenamiento Territorial aprobado por Consejo Deliberante; el Protocolo ante eventos hidrometeorológicos no cuenta con ninguna estrategia de difusión y acceso, o no existe dicho Protocolo; existen normas de ordenamiento urbano y de normas de edificación; se realizan inspecciones en una baja cantidad de viviendas colectivas e infraestructura socioeconómica (menos del 25%) para dar cumplimiento a alguno de los códigos municipales; el Municipio cumple con por lo menos una o dos de las acciones señaladas para tratamiento de reciclables;

Los indicadores descriptos explican los niveles resultantes de vulnerabilidad, exposición y capacidad correspondientes al barrio: alta, muy alta y moderada respectivamente. Teniendo en cuenta el nivel de amenaza, que para el barrio es muy alto, por estar situado dentro de la zona de recurrencia menor a 25 años, se aplicó finalmente la fórmula que integra las cuatro variables estudiadas: “(Amenaza * Vulnerabilidad * Exposición) / Capacidad”, dando como resultado un nivel de riesgo Muy Alto para el barrio en cuestión.

CAPÍTULO 3. EL FENÓMENO PELIGROSO.

En este capítulo se presenta el análisis de la amenaza hidrometeorológica, que incluye la determinación del inundable a partir de modelos digitales de elevaciones, y dos estudios de crecidas históricas con el uso de Google Earth Engine y la plataforma de aplicaciones para el satélite Sentinel denominada “Sentinel Application Platform” (SNAP) de la Agencia Espacial Europea, para concluir realizando una comparación entre ambas técnicas y sus limitaciones.

3.1. Área inundable a partir de modelos digitales de elevación

Como parte de un trabajo antecedente (Valle y Ventura 2023), se generó la capa temática con las curvas de nivel a partir de información geográfica del IGN. Si bien no reemplaza a las líneas de recurrencia obtenidas por los modelos hidrológicos, la cota es una variable fundamental al momento de delimitar el área bajo amenaza de inundación.

El procedimiento para la obtención de las curvas de nivel consistió en la aplicación de los siguientes pasos:

- Generación de una capa raster a partir de una imagen radar, el Modelo Digital de Elevación (MDE). El archivo con el MDE se descargó desde la página web del IGN. El recorte espacial de cada archivo no coincide con el área de estudio, por lo que fue necesario descargar 3 archivos para cubrir el partido de Pilar. Luego se agrega en el mapa la capa ráster generada, coloreando únicamente las áreas con altura < a 11 m IGN, lo que se muestra en la figura que se presenta más adelante.

- Creación de una capa vectorial correspondiente a las curvas de nivel. Se realizó mediante extracción de curvas de nivel de la imagen raster, con lo que se obtuvo una capa que contiene todas las curvas de nivel del partido de Pilar con una equidistancia de 10 m.

- Definición del área con cota menor a 10 m IGN. El valor que poseen las curvas de nivel (altitud) permite recortar y seleccionar las áreas con potencial de amenaza de inundación. Esto se realizó mediante consulta en el archivo de la capa temática, seleccionando curvas

con elevación igual a 10 m, como se observa en la figura que se presenta más abajo. El área coincide con la obtenida con la imagen raster, delimitando el área bajo amenaza.

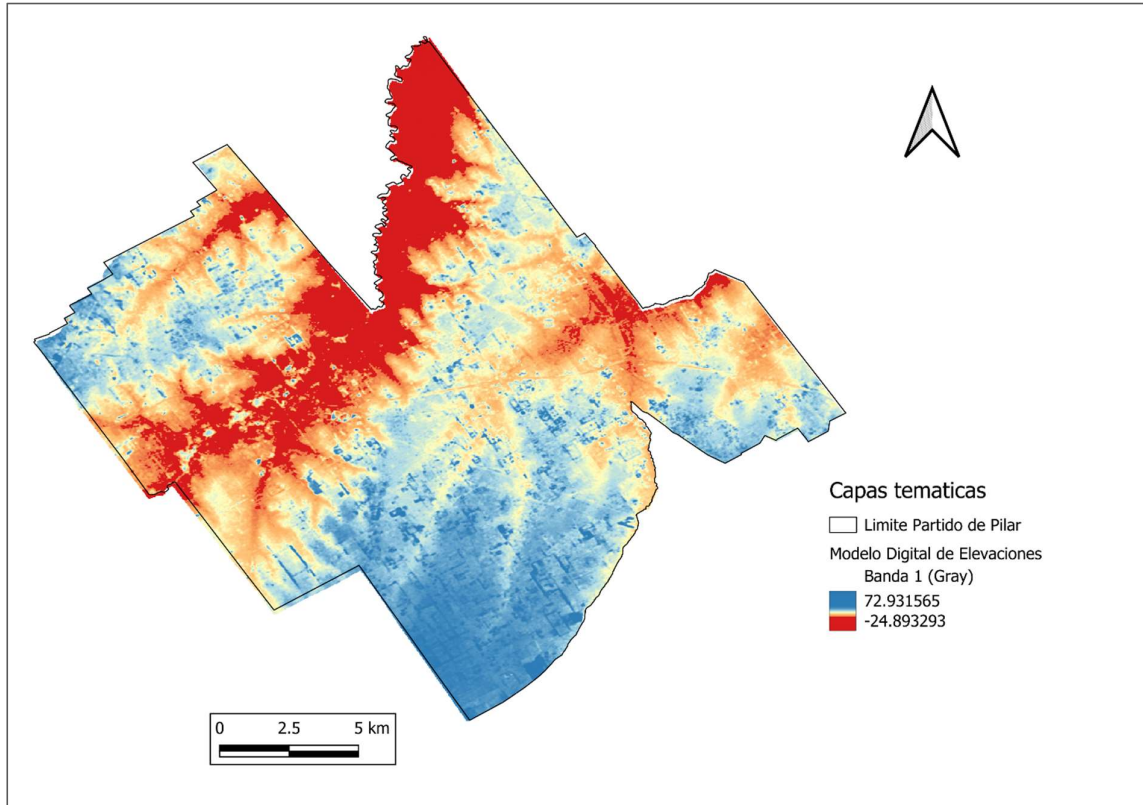


Figura 14. Modelo Digital de Elevaciones. En rojo se muestran las áreas con cota menor a 10 m. Fuente: elaboración propia con datos de IGN (2024).

3.2. Análisis de crecidas históricas.

En este apartado se incluyen dos estudios de crecidas históricas en el área de análisis, con el uso de Google Earth Engine y la plataforma SNAP de la Agencia Espacial Europea (ESA). En ambos casos se trabaja a partir de imágenes radar del satélite Sentinel 1, perteneciente al programa Copernicus de la ESA. Finalmente, se concluye realizando una comparación entre ambas técnicas y sus limitaciones.

3.2.1. Estudio de una crecida con imágenes de radar a través de Google Earth Engine.

El primer método para estudio de una crecida se realizó mediante el programa Google Earth Engine, el cual a diferencia de QGIS u otras aplicaciones, no se descarga a una computadora, sino que se utiliza en línea, utilizando ordenadores de Google. Google Earth Engine es “una potente plataforma web para el procesamiento en la nube de datos de teledetección a grandes escalas” cuya “ventaja radica en su velocidad de cálculo, ya que el procesamiento se subcontrata a los servidores de Google” ONU-SPIDER (2024a). Otras ventajas de la plataforma son la posibilidad de uso gratuito, y que no es necesario descargar las imágenes satelitales.

La extensión de la inundación se determina con un enfoque de detección de cambios en los datos del Radar de Apertura Sintética (SAR) instalado en el satélite Sentinel-1, perteneciente al Programa Copernicus de la Agencia Espacial Europea (ESA). El uso de imágenes de radar tiene la ventaja de que no es interferido por las nubes, y no necesita de la luz solar, por lo que puede capturar imágenes nocturnas.

Para el estudio se aplicó el método propuesto por la Plataforma de las Naciones Unidas de información obtenida desde el espacio para la gestión de desastres y la respuesta de emergencia (ONU-SPIDER, por su sigla en inglés). Esta organización, cuyo objetivo es “asegurar que todos los países y organizaciones regionales e internacionales tengan la capacidad de desarrollar y acceder a todos los tipos de información obtenida desde el espacio con el fin de apoyar el ciclo completo de gestión de desastres” ONU-SPIDER (2024b), ha creado un procedimiento para mapeo de inundaciones y sus impactos que puede ser aplicado utilizando imágenes radar del satélite europeo Sentinel-1, las cuales son de acceso libre, y Google Earth Engine (ONU-SPIDER, 2024a).

Cabe destacar que para la aplicación de este método es necesario el uso de una imagen anterior y otra posterior a la crecida, ya que compara las respuestas del suelo a la señal de radar emitida por el satélite.

El resultado es la obtención de un mapa de extensión de inundaciones para evaluar las áreas afectadas. El evento analizado es la crecida generada por el temporal del domingo 29 de abril de 2018, donde según un artículo periodístico (Página 12, 2018) el partido de Pilar fue uno de los más afectados y “más de cien personas debieron ser evacuadas por el desborde del río Luján”. Si bien esta crecida no fue de las más importantes del período analizado, tal como se puede ver en la tabla presentada en el capítulo 2, se tomó como

caso de estudio por encontrarse disponible la información satelital, lo cual depende de varios factores, entre ellos la frecuencia de paso del satélite.

El evento provocó una crecida en el río entre los días 29 de abril y 3 de mayo, según las mediciones registradas por las estaciones de la red Hidrométrica del río Luján. Si bien no se cuentan con estaciones de medición en el área de estudio, en la estación Jáuregui el 30 de abril el río alcanzó los 5 m. En la estación de ruta 9 se produjo ascenso del nivel, aunque no tan marcado. En la imagen que se presenta a continuación se observan los niveles registrados durante este evento para las estaciones de la cuenca:

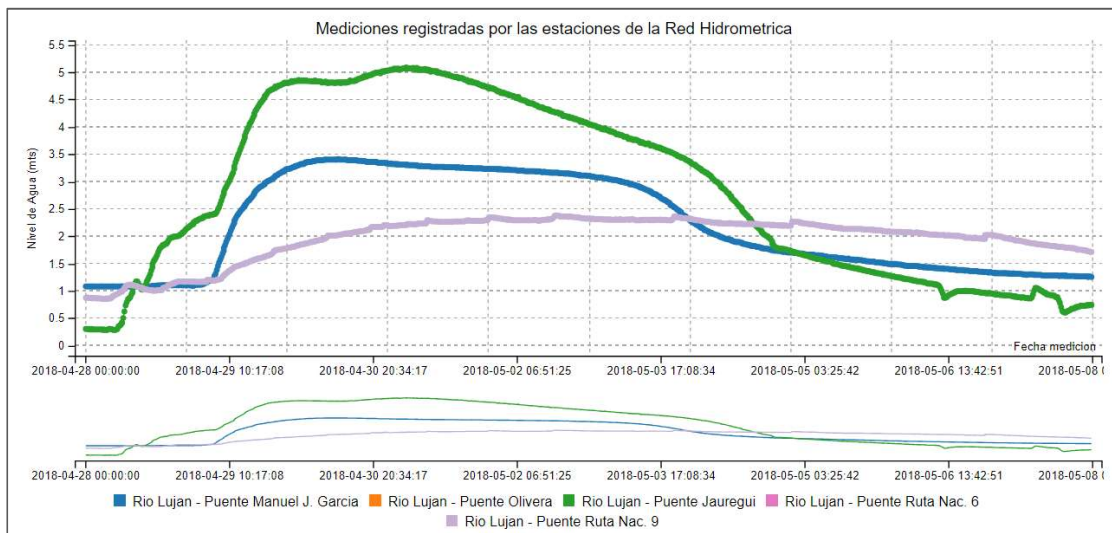


Figura 15. Mediciones registradas por las estaciones de la Red Hidrométrica durante el evento del 29/04/2018. Fuente: <https://redhidro.unlu.edu.ar/>

A continuación, se explican los pasos aplicados para el procedimiento:

a) Selección del área de estudio.

Para definir la extensión del procesamiento espacial se utilizó la capa temática que delimita el partido de Pilar. Eso es lo que recomienda el método para el estudio de áreas diferenciadas, como cuencas hidrográficas, o un tramo de la cuenca como en este caso.

b) Selección del marco de tiempo y de los parámetros del sensor.

Aquí se definieron los períodos previos y posteriores a la inundación. Se establecen períodos en lugar de una sola fecha, lo que permite seleccionar los mosaicos necesarios para cubrir el área de interés, teniendo en cuenta que las imágenes de Sentinel-1 se obtienen como mínimo cada 12 días para cada punto de la tierra.

El período para buscar la imagen anterior a la crecida inicia el 20 y finaliza el 25 de abril de 2018. Para el período posterior, que en realidad es durante la crecida, se seleccionó el rango de fechas 28/4/2018 a 7/05/2018, momento coincidente con la crecida, según los registros. En la imagen siguiente se muestra lo explicado, donde “before” y “after flood” indican antes y después de la inundación:

```
var before_start= '2018-04-20';  
var before_end='2018-04-25';  
  
// Now set the same parameters for AFTER the flood.  
var after_start='2018-04-28';  
var after_end='2018-05-07';
```

Figura 16. Script (código) de Google Earth Engine para definición de las fechas previas y posteriores a la inundación. Fuente: Google Earth Engine.

Además, como usuario se puede elegir entre polarización "VH" y "VV" para realizar el análisis. Algunos SAR “pueden emitir y recibir tanto en H (Horizontal) -perpendicular al plano de incidencia-, como en V (Vertical) -paralela al plano de incidencia-. Combinándolas entre transmisión y recepción se obtienen 4 combinaciones: HH, HV, VH, y VV” (CONAE, 2023). El método de ONU-SPIDER recomienda usar "VH" para el mapeo de inundaciones, ya que “es más sensible a los cambios de la superficie terrestre,” (2024^a, p. 4) lo que puede ser útil para delimitar las aguas libres de la superficie terrestre como por ejemplo un cuerpo de agua extenso que se formó luego de una inundación.

El satélite tiene dos direcciones de paso, "DESCENDING" (descendente) y "ASCENDING" (ascendente). Al comparar dos imágenes (una antes y otra

después de la crecida), ONU-SPIDER advierte que es necesario seleccionar la misma dirección de paso para evitar señales de falso positivo producidas por las diferencias del ángulo de visión. En nuestro caso, el área de estudio está mayormente cubierta en modo descendente, por lo que se seleccionó esta opción. Con el objeto de verificar si el área de estudio está cubierta por imágenes satelitales de acuerdo con los parámetros seleccionados, se verificó previamente consultando en la función "Layers" (capas) en la esquina superior derecha del visor de mapas y se seleccionó "After Flood" (después de la inundación) al igual que "Before Flood" (antes de la inundación), con resultado positivo, por lo cual se continuó con el proceso.

- c) Ejecución del script o código. Este paso consistió simplemente en indicar al sistema que ejecute las instrucciones explicadas.

- d) Visualización de los resultados. Google Earth Engine (GEE) muestra los resultados en pantalla. En azul se observan las áreas inundadas, lo que corresponde con la planicie de inundación del río Luján, principalmente en el sector norte, es decir aguas debajo de la ciudad de Pilar. La extensión estimada del área inundada es de 1142 ha, sin afectación de áreas urbanas, según informa el sistema. Como veremos más adelante, cuando analicemos otra crecida, se puede comprobar que es un evento de magnitud menor, lo que coincide con los registros de crecidas históricas mencionadas. La siguiente figura muestra la captura de pantalla de GEE, tal como se ve luego de aplicar los pasos señalados:

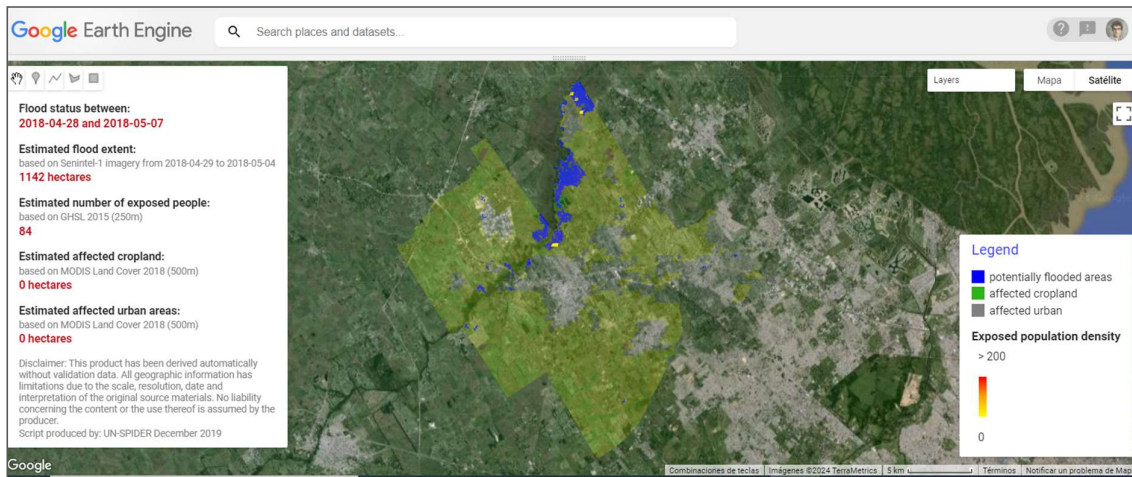


Figura 17. Crecida de mayo del 2018: Visualización de los resultados (Captura de pantalla de GEE). Fuente: Elaboración propia con el uso de GEE y datos de ESA Copernicus (2024).

- e) Exportación de producto. Los datos fueron exportados en formato vectorial para analizarlos en conjunto con toda la información disponible del proyecto, dentro del programa QGIS. En la figura siguiente se observa la nueva capa temática generada “Inund-May18-UN-GEE_vec”. El archivo fue nombrado así por haber sido creado siguiendo el método de ONU-SPIDER con el uso de Google Earth Engine. En este caso la mancha de la crecida estudiada se observa de color amarillo, en conjunto con otras capas temáticas, en el entorno del QGIS, del cual se realizó captura de pantalla:

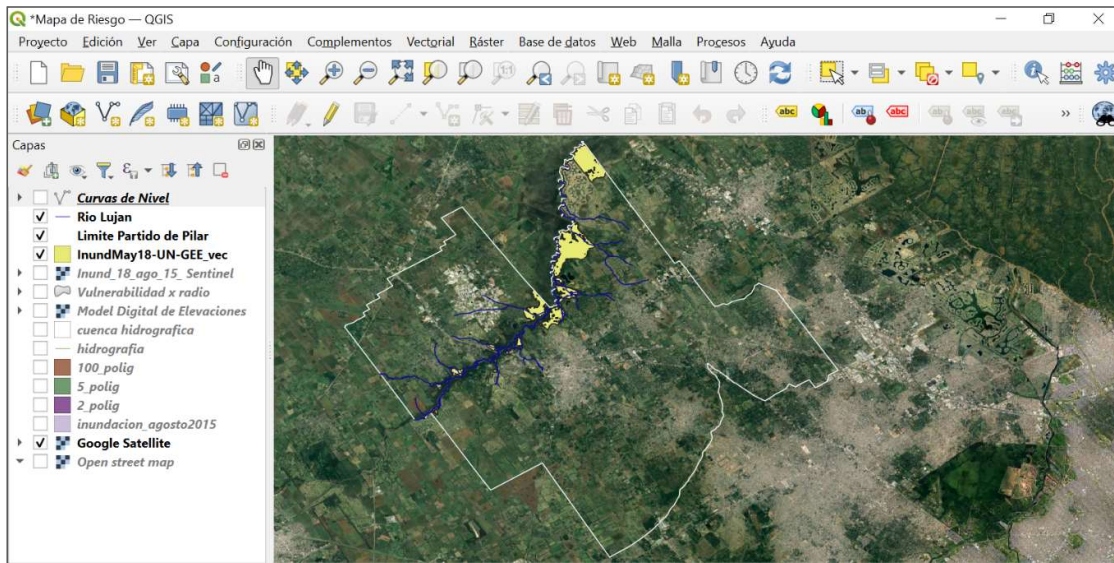


Figura 18. Crecida de mayo de 2018. Captura de pantalla de QGIS.

Fuente: Elaboración propia con datos de ESA Copernicus y Google (2024).

- f) Al ejecutar el script de Google Earth Engine aplica una serie de pasos de procesamiento, los cuales se realizan de forma automática: filtrado, preprocesamiento, detección de cambio, refinamiento de la capa de la extensión de inundaciones y cálculo de área de la extensión de inundaciones. Si bien no se explican acá, estos pasos son importantes para considerar cuáles son las limitaciones del análisis.

En la siguiente figura se resumen los datos correspondientes al análisis de este evento:

Fecha de la crecida	Entre el 29/04/2018 y el 03/05/2018
Superficie inundada en el área de estudio	1142 ha
Altura registrada del río	5 m en Jáuregui el 30/4 según Red Hidrométrica
Método	ONU-SPIDER (2024a)
Tipo de imagen	SAR (radar)
Satélite	Sentinel 1 – Copernicus (ESA)
Software de procesamiento	Google Earth Engine

Figura 19. Resumen del análisis de la crecida. Fuente: elaboración propia (2024).

3.2.2. Análisis de crecida a partir de imágenes de radar utilizando el programa SNAP de la Agencia Espacial Europea (ESA).

La Agencia Espacial Europea diseñó una plataforma de aplicaciones para el satélite Sentinel denominada “Sentinel Application Platform” (SNAP). Este sistema permite un modo alternativo para estudiar las imágenes, con ventajas y desventajas respecto a Google Earth Engine, que se usó en el punto anterior. En este caso es necesario descargar la aplicación, siendo necesario una computadora con capacidad de procesamiento, pero con la ventaja de no necesitar ejecutar complejos códigos o “scripts.”

Al igual que en el punto anterior, para este estudio de caso se utilizará una imagen obtenida por el Radar de Apertura Sintética (SAR) instalado en el satélite Sentinel-1, perteneciente al Programa Copernicus de la Agencia Espacial Europea (ESA).

El método aplicado también ha sido propuesto por la Plataforma de las Naciones Unidas de información obtenida desde el espacio para la gestión de desastres y la respuesta de emergencia (ONU-SPIDER, 2024c).

El evento estudiado corresponde a la crecida del 18 de agosto del 2015. Si bien en la página de la Red Hidrométrica del río Luján no se muestran registros para este período, la crecida si fue documentada por Principi (2023), como se detalló en el Capítulo 2. Un artículo publicado por el medio periodístico Urgente 24 (2015) informó la pérdida de una vida en la ciudad de Pilar a causa del evento, y en Lujan el daño alcanzó “entre 6.000 y 8.000 afectados por las inundaciones,” incluyendo 1.600 autoevacuados y 500 evacuados.

A continuación, se presentan los pasos realizados para la aplicación de la técnica de detección de espejos de agua, utilizando imágenes Sentinel 1:

- a. Descarga del producto. La imagen utilizada se obtuvo del portal de datos Alaska Satellite Facility, perteneciente a la Universidad de Alaska Fairbanks (<https://search.asf.alaska.edu/>). Previamente es necesario registrarse en National Aeronautics and Space Administration (NASA). Se descargó del catálogo la imagen del 18 de agosto de 2015, 9.14am. Los datos y nombre de archivo del producto utilizado son:

Sentinel-1 IW Level-1 GRD.

S1A_IW_GRDH_1SSV_20150818T091444_20150818T091508_007315_00A0
A9_43E4.

- b. Selección del área de interés. Se realizó un recorte de la imagen satelital, para trabajar sobre el área de interés, a partir de estas coordenadas:

-59.1341 O

-58.7737 E

-34.5380 S

-34.2571 N

- c. Procesamiento de la imagen.

- Calibración. Para esto se creó un nuevo producto con valores calibrados del coeficiente de retrodispersión (backscatter, es decir la energía reflejada).

- Filtrado. Se aplicó un filtrado de punto para disminuir el ruido speckle en la imagen, es decir un defecto que la corrompe.

- Proyección. Se proyectó en terreno utilizando un modelo de elevación digital (DEM por su sigla en inglés) que descarga SNAP. Esto posibilita que la imagen pueda abrirse en QGIS.

- Conversión a dB. Según sugiere CONAE (Nemiña y Zajc, 2024) “Conviene siempre explorar las imágenes en dB pues es una medida más natural para nuestro ojo”. Este proceso se ejecutó sobre una de las bandas de la imagen: sigma_0_VV.

La imagen resultante luego de la ejecución de estos pasos se muestra a continuación:

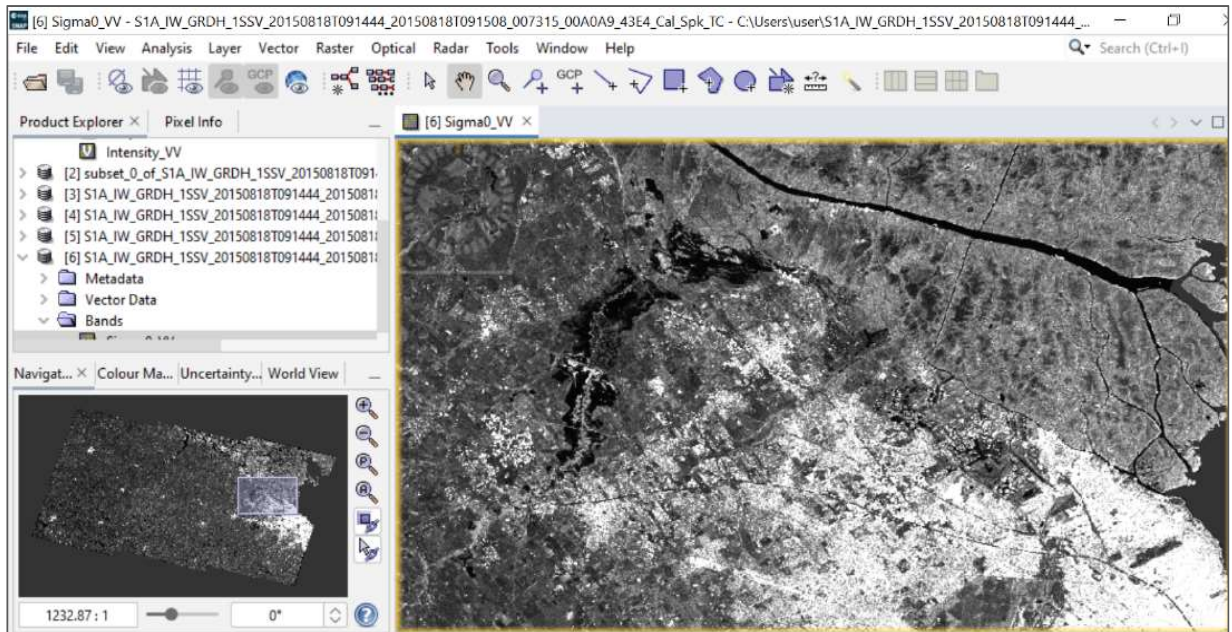


Figura 20. Captura de pantalla de SNAP con la imagen Sentinel 1B del 18/08/2015. A la derecha el delta del Paraná, y la ciudad de Buenos Aires. Fuente: Elaboración propia con el uso de SNAP y datos de ESA Copernicus (2024).

Claramente se identifican cuerpos de agua, vegetación y ciudades, y es notoria la crecida del río Luján, especialmente aguas debajo de la ciudad de Pilar, con la ocupación de grandes extensiones de superficie.

La imagen que se muestra sólo contiene la banda VV, por lo que no puede compararse el coeficiente de retrodispersión con la banda VH u otras. Por ese motivo, tampoco puede seleccionarse la polarización que separe mejor las zonas con y sin agua. De todas maneras, la imagen resultante permite distinguir con claridad esa condición del suelo. La imagen ilustra la dimensión de la crecida, que fue una de las mayores en lo que va del siglo, alcanzando los 5,43 m en la ciudad

de Luján (Principi, 2023), altura que hasta la fecha no ha sido superada por nuevos eventos.

- d. Análisis. Luego se calculó el histograma de la imagen, y se identificó un valor por debajo del cual el coeficiente de retrodispersión o energía reflejada corresponde a agua (0.2).

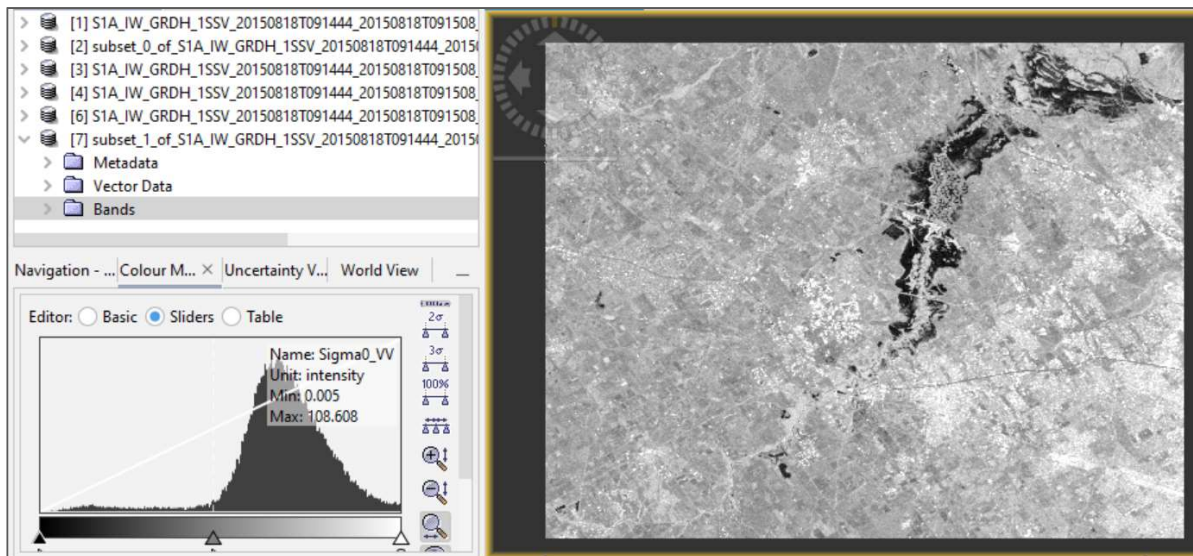


Figura 21. Histograma de la imagen con los valores de los coeficientes de retrodispersión. Los valores a la izquierda corresponden al agua. Fuente: Elaboración propia con el uso de SNAP y datos de ESA Copernicus (2024).

- e. Obtención del mapa de zonas inundadas. Para esto se utilizó la herramienta “Band math”, con la que se pueden hacer operaciones matemáticas. Se aplicó esta expresión:

$$\text{Sigma0_VV} < 0.02$$

Donde “Sigma0_VV” es la banda sobre la que se realiza el cálculo, y “0.02” el valor del coeficiente de retrodispersión por debajo del cual se considera agua.

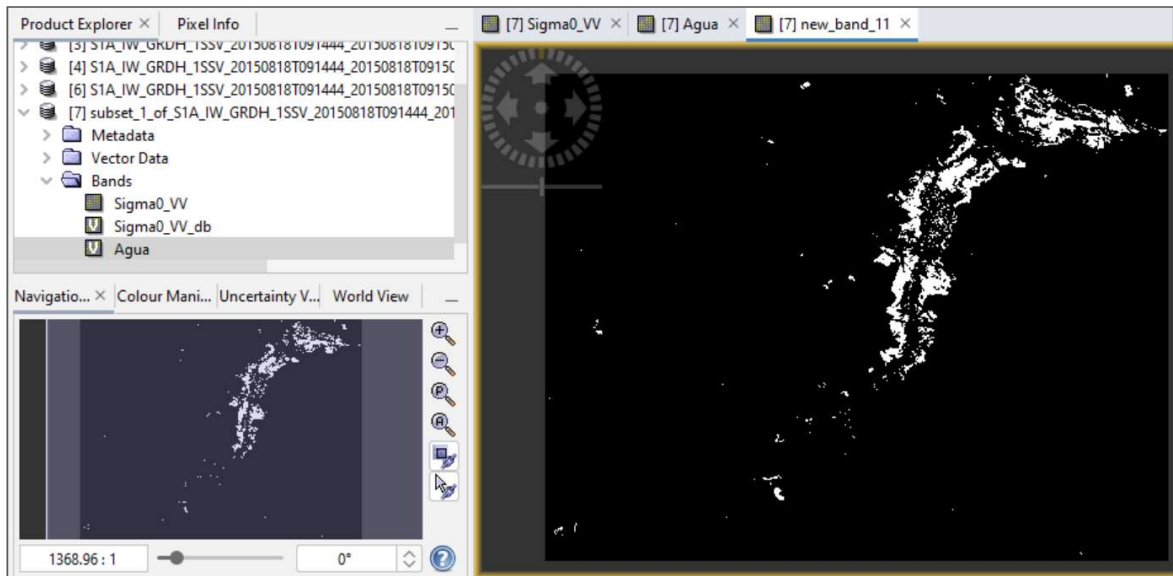


Figura 22. Mapa de zonas inundadas. Las áreas blancas corresponden a píxeles con coeficiente de retrodispersión menor al umbral. Fuente: Elaboración propia con el uso de SNAP y datos de ESA Copernicus (2024)

- f. Exportación del mapa. El resultado se exporta como archivo raster formato “GeoTiff,” para poder ser abierto en QGIS, donde puede visualizarse con otras capas temáticas, y realizarse otros análisis. A continuación, se observa la crecida en el entorno de QGIS, superpuesta a la imagen satelital y otras capas temáticas:

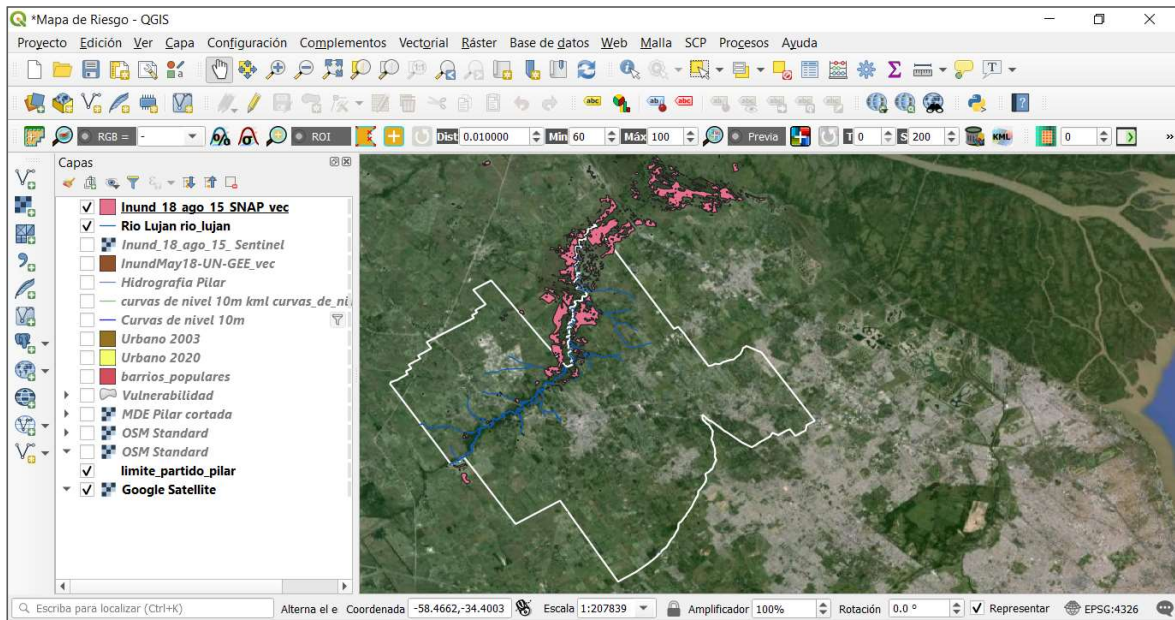


Figura 23. Crecida de agosto de 2015. Captura de pantalla de QGIS.

Fuente: Elaboración propia con datos de ESA Copernicus y Google (2024).

En la siguiente tabla se resumen los datos correspondientes al análisis de este evento:

Fecha de la crecida	18/08/2015
Superficie inundada	727 ha
Altura registrada del río	5.43 m el 12 de agosto Principi (2023)
Método	ONU-SPIDER (2024c) y CONAE (Nemiña y Zajc, 2024)
Tipo de imagen	SAR (radar)
Satélite	Sentinel 1 – Copernicus (ESA)
Software de procesamiento	SNAP

Figura 24. Resumen del análisis de la crecida.

Fuente: elaboración propia con datos de Principi (2023).

3.2.3. Comparación de las crecidas de 2015 y 2018.

Luego de analizados dos eventos de inundación por métodos diferentes, con el uso de dos plataformas de información, se comparan metodológicamente los procedimientos, distinguiendo las ventajas y desventajas de ambos métodos. Ambos utilizan imágenes

radar, lo que permite observar la crecida en los días en que el cielo nublado impide captar el suelo con imágenes que utilizan el rango visible. El procedimiento con Google Earth Engine es más sencillo, en el caso de utilizarse scripts o códigos ya propuestos por algún ente reconocido, como se utilizó en este caso. El uso del programa SNAP es intuitivo, y su uso es similar al de otras aplicaciones de uso común, con una interfaz sencilla, pero con la desventaja de que los procesos demoran muchos minutos, o algunos no son posibles con computadoras básicas.

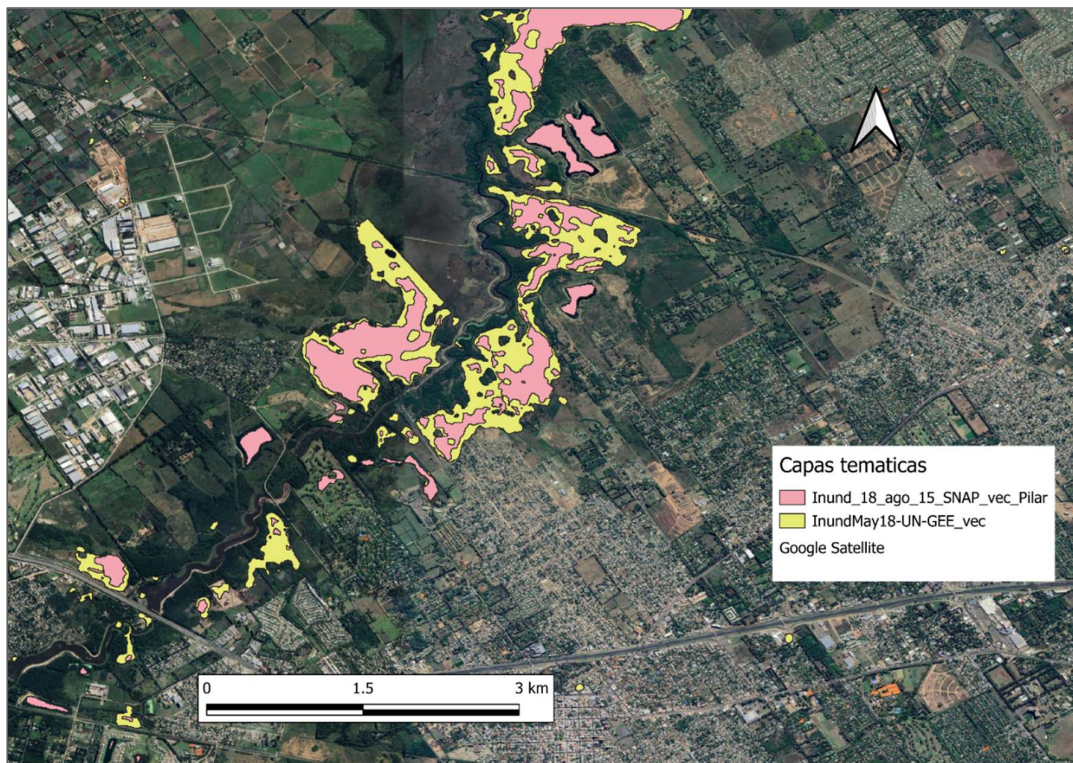


Figura 25. Comparación de inundaciones de 2015 y 2018.

Fuente: Elaboración propia con datos de ESA Copernicus y Google (2024).

En cuanto a las características de los eventos, el de abril de 2018 ocupa más extensión, alcanzando 1142 ha en el área de estudio, con una altura registrada del río 5 m en Jáuregui el 30/4 según Red Hidrométrica. Mientras que la inundación de agosto de 2015 mantenía inundadas solo 727 ha al momento de la pasada del satélite, si bien los datos de los registros indican que en agosto de 2015 se produjo una crecida de las más importantes, alcanzando los 5.43 m el 12 de agosto Principi (2023).

Esto nos muestra las limitaciones de la técnica, especialmente por la frecuencia de paso del satélite Sentinel 1, que, en caso de no ocurrir en el momento de mayor crecida, no ilustra con precisión su alcance. Ante esta limitación, se adoptó una estrategia metodológica alternativa para asegurar la precisión temporal requerida en el análisis. Se complementó la información satelital con datos obtenidos mediante un relevamiento aéreo, realizado en una fecha más cercana al pico del evento. Esta aproximación permitió compensar las restricciones asociadas a la resolución temporal del satélite.

CAPÍTULO 4. LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN TERRITORIAL EN RELACIÓN CON EL RIESGO.

Este capítulo se centra en el vínculo entre los procesos de transformación territorial y el riesgo. En primer lugar, se analiza el impacto de las obras hidráulicas y de la modificación de planicie de inundación, ejecutadas principalmente por el estado provincial y desarrolladores urbanísticos respectivamente. Luego se aborda la evolución de la exposición poblacional en el área bajo amenaza y se realiza una caracterización de la vulnerabilidad de la población expuesta. Se incluye en el capítulo un mapeo de los actores sociales de interés, indagando en su rol e intereses frente al riesgo de inundación. Por último, se describe la normativa local que tuvo vigencia en el periodo de análisis y su impacto en la construcción del riesgo.

4.1. Impacto de las obras hidráulicas y de la modificación de planicie de inundación.

El período de estudio está marcado por la ejecución de proyectos de obras y actividades en la cuenca con significativo impacto ambiental en el área de trabajo. Se trata de proyectos que se desarrollaron o se encuentran aún en desarrollo dentro de los límites geográficos de la cuenca, aunque solo algunos se emplazaron en el ámbito de estudio, pero dada su magnitud y la escala de su impacto, también se incluyen en el análisis.

Proyectos de obras y actividades con ocupación de planicie de inundación:

- Mega urbanización San Sebastián: ocupó más de 600 ha por debajo de la cota 7.5 msnm” (Pintos y Sgroi, 2013), con la construcción de un terraplén que lo separa del río a una distancia de 100 m.
- Pilará: ocupa una superficie de 380 has, en las cuales construyó lagunas artificiales. Es atravesado por el arroyo Carabassa, y se encuentra a 800 m del río Luján en su punto más próximo.
- Estancias del Pilar: radicado sobre la margen derecha del río, comenzó a construirse en el año 2008. Con viviendas construidas a menos de 100 m del curso de agua, tiene más de la mitad de su superficie por debajo de la cota 11.

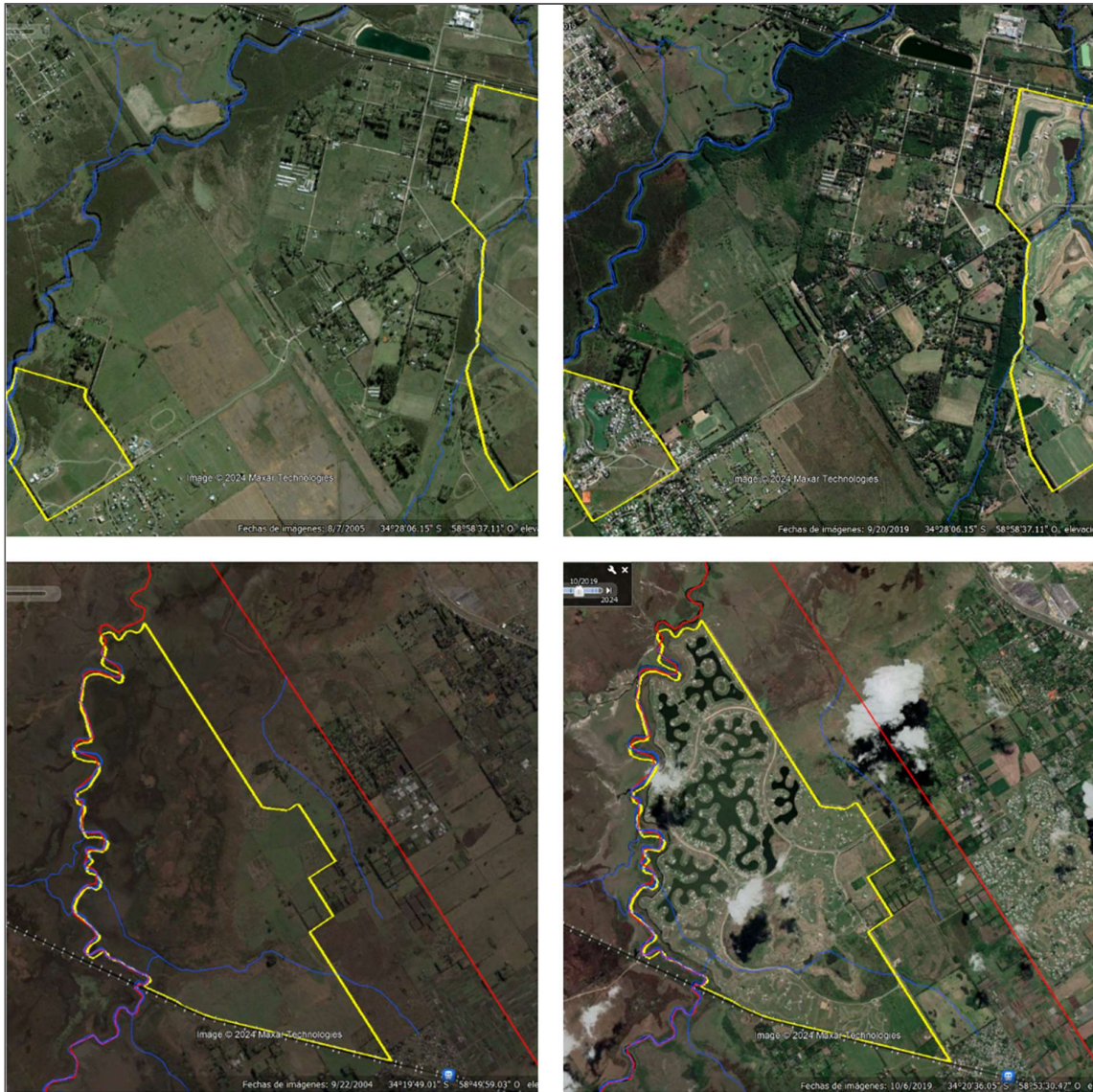


Figura 26. Humedal antes y después de su ocupación por urbanizaciones. Arriba: antes y después de radicarse Estancias del Pilar (al oeste) y Pilara (al este). Abajo: antes y después de San Sebastián. Fuente: elaboración propia con imágenes históricas de Google Earth (2024).

Obras como parte del PMICRL, con impacto positivo en el riesgo de inundaciones, al mejorar la capacidad de conducción del río, lo que reduce la probabilidad e intensidad de los eventos. El Estudio de Impacto Ambiental del proyecto (DPH, 2019a) reza que su función es la de “reducir los efectos ambientales adversos, maximizar los beneficios y asegurar la selección de una solución ambientalmente sustentable” (p. 15), bajo el

concepto de que “el impacto negativo por excelencia de un evento de inundación es la afectación de la población, entonces la medida por excelencia es la obra que permite minimizar el evento” (p. 17).

- Adecuación del Cauce del río Luján (ampliación de la traza): pérdida de humedales y hábitats naturales. La remoción de comunidades vegetales y de los suelos reduce la biodiversidad del río (DPH, 2019a). Alteración del corredor fluvial biológico del río.
- Adecuación del Cauce del Canal Santa María: pérdidas de hábitats existentes en el río y en sus márgenes. Alteración del corredor fluvial biológico del río.
- Puentes ferroviarios y vehiculares: interrupciones temporales del tránsito y actividades económicas.

4.2. La exposición de la población.

Se ha analizado a la amenaza y los distintos factores que la afectan, desde climáticos, hasta modificaciones hidrológicas como las enunciadas más arriba. Sin embargo, para que el riesgo se presente es condición la existencia de un elemento expuesto, susceptible de sufrir daños. En el área de estudio el elemento de mayor importancia expuesto a la amenaza son comunidades asentadas sobre la planicie de inundación del río, situación que se ha acrecentado durante el periodo de análisis.

Se analiza la evolución de la urbanización en áreas inundables, a través de la comparación de imágenes de Google Earth de 2003 y 2020. Este crecimiento ha sido analizado en un trabajo anterior (Valle y Ventura, 2023), donde se determinó que el Barrio río Luján, en julio de 2003, contaba con menos de 50 casas emplazadas por debajo de la cota 10 IGN, y para noviembre de 2022 ese número se multiplica por 6.

Otros de los barrios con notable expansión hacia la planicie de inundación es Agustoni. Al igual que el barrio Río Luján, es un barrio abierto con fraccionamiento aprobado según puede observarse en la página web de CartoARBA (2024).

La imagen correspondiente a julio de 2003 muestra que el espacio por debajo de la cota 10 IGN se encontraba casi enteramente libre de edificaciones, y en 20 años, el crecimiento urbano en este espacio alcanzó aproximadamente 50 manzanas densamente pobladas, en un espacio que fue alcanzado por la inundación de agosto de 2015, (Valle y Ventura, 2023). A continuación, se presenta un mosaico de imágenes que ilustra este proceso en los dos barrios mencionados:



Figura 27: Evolución de la exposición. Arriba: B° río Luján: comparación imágenes 2004 - 2019. Abajo: B° Agustoni: comparación imágenes 2003-2020. Fuente: Google Earth (2024).

El procedimiento se realizó a través de los siguientes pasos:

- a. Urbanización en área inundable en el año 2003. Se creó una capa temática vectorial en Google Earth, que delimita el área urbanizada correspondiente a los 5 barrios localizados dentro de la zona con cota menor a 11: Agustoni, Luchetti, río Luján, Los Grillos y Manantial. Se utilizó la imagen histórica del año 2003 para definir la extensión del área. La capa fue denominada “urbano 2003.”
- b. Urbanización en área inundable en el año 2020. Con el mismo procedimiento que en el punto anterior, pero usando la imagen satelital de Google Earth correspondiente al año 2020, se creó la capa denominada “urbano 2020.” Se muestra a continuación el mapa con ambas capas, donde se aprecia en color fucsia el crecimiento de los 5 barrios hacia el río:

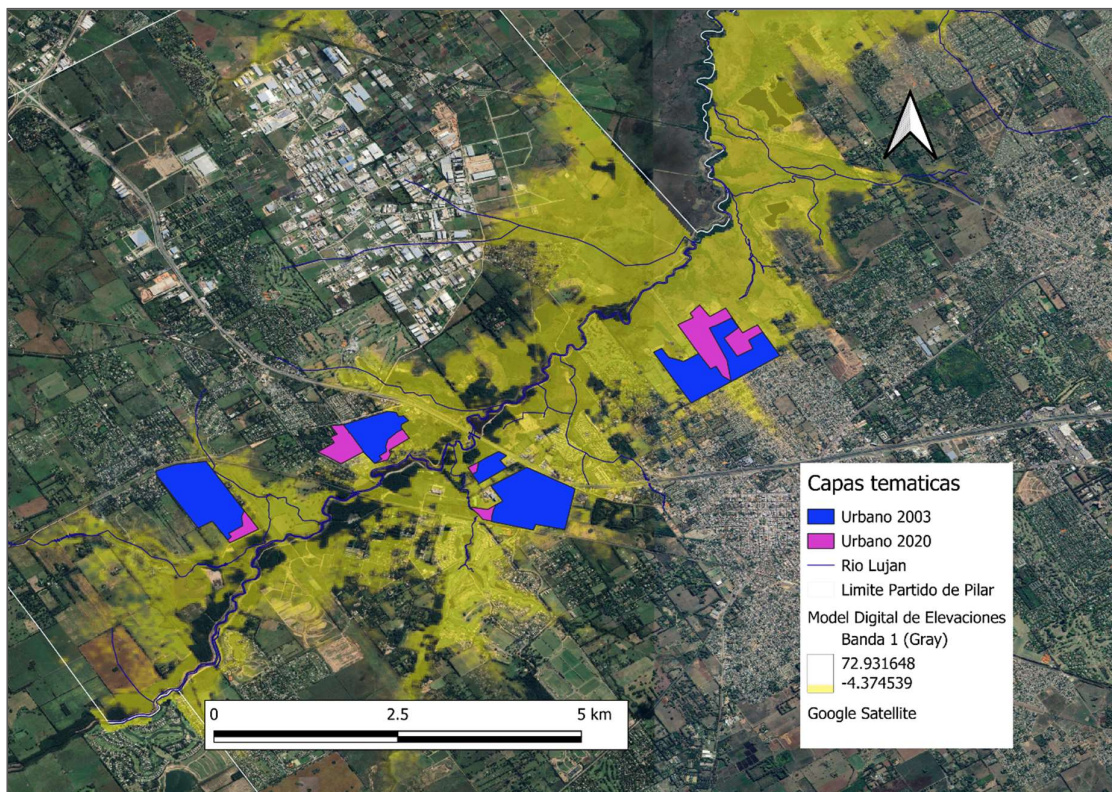
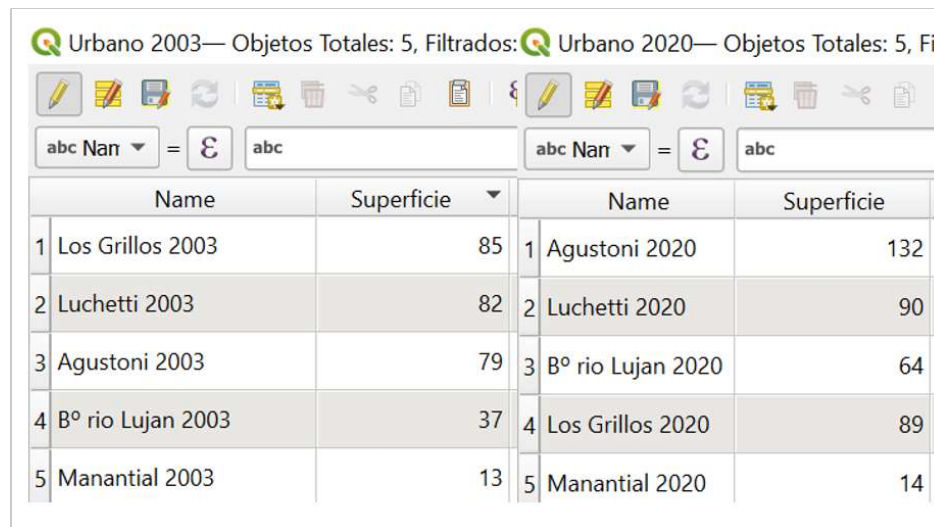


Figura 28. Evolución de áreas urbanas en áreas inundables entre 2003 y 2020. Fuente: elaboración propia con datos de IGN y Google (2024).

- c. Cálculo de superficie urbanizada. El archivo vectorial creado en Google Earth con formato “kmz” fue exportado a QGIS, para realizar el cálculo del área utilizando la función “área” de la calculadora de campos. El área resultante se calcula en

metros, por lo que se aplica conversión a hectáreas dividiendo el resultado por 10.000. Se muestra a continuación la captura de pantalla de QGIS con el resultado del cálculo, donde puede verse por ejemplo que el barrio Agustoni pasó de 79 a 132 ha urbanizadas en el período analizado:



Urbano 2003— Objetos Totales: 5, Filtrados:		Urbano 2020— Objetos Totales: 5, Fi	
Name	Superficie	Name	Superficie
1 Los Grillos 2003	85	1 Agustoni 2020	132
2 Luchetti 2003	82	2 Luchetti 2020	90
3 Agustoni 2003	79	3 B° rio Lujan 2020	64
4 B° rio Lujan 2003	37	4 Los Grillos 2020	89
5 Manantial 2003	13	5 Manantial 2020	14

Figura 29. Superficie de cada barrio en 2003 y 2020 (en ha). Tablas de atributos de las capas de barrios del año 2003 y 2020 (unidas en una sola imagen).

Fuente: Elaboración propia en QGIS (2024).

- d. Determinación del crecimiento. Se calculó en el programa Excel el porcentaje de crecimiento de cada barrio. Los barrios que más se extendieron ocupado la planicie de inundación fueron Agustoni y Barrio río Luján, con un crecimiento del 73% y 67% respectivamente, como se ve en la figura siguiente:

	Sup. 2003 (en Hectáreas)	Sup. 2020 (en Hectáreas)	% de crecimiento
Río Luján	37	64	73
Agustoni	79	132	67
Luchetti	82	90	10
Manantial	13	14	8
Los Grillos	85	89	5

Figura 30. Porcentaje de crecimiento de cada barrio.

Fuente: elaboración propia con datos de Google Earth (2024).

- e. Gráfico de crecimiento. La tabla anterior se presenta como gráfico de barras. Allí puede observarse que los barrios Los Grillos y Luchetti si bien ocupan aproximadamente 80 ha cada uno en el área bajo amenaza, no han crecido significativamente en el periodo de análisis.

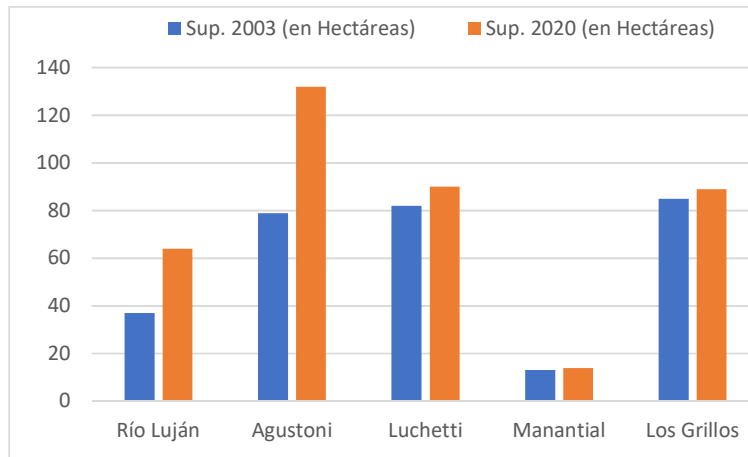


Figura 31: Crecimiento urbano en el período 2003-2020. Superficie urbanizada por barrio (en ha). Fuente: elaboración propia (2024).

Se realizó un relevamiento fotográfico en el mes de septiembre de 2024, con el objetivo de ilustrar la exposición en la actualidad, lo que se muestra en la siguiente figura:



Figura 32: Relevamiento fotográfico barrio río Luján: A la izquierda, vivienda que avanza sobre bosque de acacias negras en la planicie de inundación del río. A la derecha: vista del río hacia el sur, con viviendas asentadas luego del albardón. Fuente: relevamiento propio (2024).

4.3. Caracterización de la vulnerabilidad.

Como parte de un trabajo antecedente (Valle y Ventura 2023), se creó el Índice de Vulnerabilidad Total (IVT), siguiendo los pasos de Manual para elaboración de mapas de riesgo de la Secretaría de Protección Civil de la Nación (Renda et al., 2017), y partir de datos de INDEC por radio censal. El trabajo consistió en la aplicación de los siguientes pasos:

- Selección de barrios. En el estudio se seleccionaron los barrios densamente poblados ubicados en área bajo amenaza, (Luchetti, río Luján, Los Cerrillos, El Manantial, San Jorge, Carabassa y Agustoni), excluyendo a las urbanizaciones cerradas.
- Determinación de indicadores. Los dos indicadores usados fueron hacinamiento crítico y porcentaje de NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas).
- Clasificación de indicadores. Con el uso de Qgis se realizó la clasificación del porcentaje de hacinamiento crítico y del porcentaje de NBI. Ambos indicadores se clasificaron en valores alto (10) medio (5) bajo (1).
- Cálculo del índice. Se obtuvo a partir del promedio de los dos indicadores clasificados. Los valores resultantes de IVT se agruparon en tres clases: vulnerabilidad baja, media y alta.
- Datos de ReNaBaP. Se incorporaron los datos de vulnerabilidad generados por el Registro Nacional de Barrios Populares, el cual reúne información sobre las villas y asentamientos de Argentina

El resultado del trabajo demostró que los barrios en área bajo amenaza con mayor vulnerabilidad son Luchetti, río Luján y Agustoni, con una IVT muy alta según análisis de datos censales. Estos barrios han sido registrados recientemente por el ReNaBaP,

confirmando la vigencia de condiciones socioeconómicas vulnerables. Cabe aclarar que los datos que se obtienen para el IVT provienen de radios censales, unidad espacial que no es congruente con los barrios, sino con las áreas que utiliza INDEC para sus censos.

En cuanto a los resultados de análisis de vulnerabilidad de COMILu (2024), como se explicó en el Capítulo 2, indicaron nivel de vulnerabilidad muy alto para el barrio Luchetti, y alto para los barrios río Luján y Agustoni, obtenidos a partir del uso de indicadores de vulnerabilidad, exposición, y capacidad.

A continuación, se muestra una vista parcial de la tabla de análisis de vulnerabilidad elaborada por ComiLu (2024), incluida como una pestaña de la planilla de datos que forma parte del conjunto de datos para el análisis de riesgo de inundaciones:

Análisis de Vulnerabilidad																
Nivel de Vulnerabilidad	Referencia															
Muy Alta																
Alta																
Moderada																
Baja																
Departamento	Nivel de Vulnerabilidad	#V04	#V05	#V08	#V09	#V10	#V11	#V12	#V13	#V14	#V15	#V16	#V17	#V18	#V19	#V20
		Inasistencia escolar NBI 4	Capacidad de subsistencia de los hogares - NBI 5	Régimen de tenencia respecto de la vivienda	Ramas de actividad económica local	Procedencia del agua para beber y cocinar	Acceso a red pública de desagües cloacales	Combustible utilizado principalmente para cocinar	Condiciones de hacinamiento - NBI 3	Proximidad a efectores de salud	Vivienda inconveniente - NBI 1	Material predominante ante techos	Material predominante de la cubierta exterior del techo	Servicio regular de recolección de residuos	Tipo de disposición final de residuos	Tiene baño / letrina
A - AGUSTONI	3	4	4	1	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4
A - RIO LUJAN	3	4	4	1	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4
A - LUCHETTI	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Figura 33. Análisis de vulnerabilidad. Vista parcial de Indicadores para los 3 barrios seleccionados. Fuente: ComiLu (2024) Anexo 5 - Conjunto de datos para el análisis del riesgo ante inundaciones. Dic. 2023

La mayor vulnerabilidad para el barrio Luchetti se explica por el indicador “Proximidad a efectores de salud,” donde se clasifica en el nivel 4 (Viviendas que se encuentran a más de 2000 m de un efector de salud, en este caso una sala de salud), mientras que los barrios Agustoni y río Luján tienen una sala de salud a menos de 2000 m. Para los otros indicadores de vulnerabilidad, como “Inasistencia escolar,” “capacidad de subsistencia de los hogares,” “procedencia del agua para beber y cocinar,” “acceso a red pública de desagües cloacales,” “combustible utilizado principalmente para cocinar,” “condiciones de hacinamiento,” “proximidad a efectores de salud,” “vivienda inconveniente,” y “material predominante techos” los tres barrios comparten el nivel más alto, con lo que

podemos concluir que se trata de tres urbanizaciones muy susceptibles en general, y particularmente ante eventos hídricos extremos.

4.4. Mapeo de actores sociales.

El objetivo de este trabajo es analizar el riesgo hidrometeorológico a nivel de cuenca, y si bien el riesgo es un concepto que alude a la probabilidad de ocurrencia de un evento, en el pasado han ocurrido eventos de inundaciones con daños, por lo que el riesgo se ha actualizado sobre la sociedad, constituyéndose en una problemática ambiental que ha resultado en diversas estrategias de gestión.

Una de esas estrategias de gestión es el denominado Plan de Manejo Integral de la Cuenca del río Luján (PMICRL), elaborado por el Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos de la Provincia de Buenos Aires, al que ya nos hemos referido anteriormente. Es aquí donde surge la necesidad de mapear los actores que tienen interés en un proyecto o plan, como es en este caso.

El mapeo no es un fin en sí mismo, sino un medio para otro fin, es decir que la información que se recopila debe ser funcional a una estrategia posterior de vinculación con los actores (Ortiz M.A., Matamoro V. y Psathakis J., 2016). Los actores sociales pueden ser personas, grupos u organizaciones que tienen interés en un proyecto o programa, mientras que son considerados actores claves aquellos que pueden tener mucha influencia sobre el proyecto (Ortiz, et al, 2016).

Tapella (2023) señala que el mapa de actores “no solo consiste en elaborar un listado de posibles actores de un territorio, sino conocer sus acciones y los objetivos del por qué están en el mismo y cuáles son sus perspectivas respecto a una intervención pasada o por venir” (p1).

En el marco de la evaluación ambiental de proyectos, Frassetto (2018) agrega que la identificación y análisis de actores hace posible determinar tipos de actores, perfil social, niveles de conflictividad e influencia, intereses y representatividad social, además de permitir “visualizar el escenario social de aplicación del proyecto, anticipar las demandas de información esperables por parte de los diferentes actores y sectores sociales, y definir posibles conflictos y responsables de su prevención o gestión” (p. 32), sirviendo como

insumo para evaluar impactos sobre receptores sensibles, definir programas de relación con la comunidad, y seleccionar las modalidades de comunicación más adecuadas.

Con esta finalidad se elabora el Mapa de Actores Clave (MAC) del proyecto de adecuación del tramo medio río Luján, el cual se desprende del mencionado PMICRL, para lo cual se utilizan como guía los pasos propuestos por Tapella (2023), como se explica a continuación:

Paso 1: Propuesta inicial de clasificación de actores. Se enumeran de forma preliminar un grupo de actores claves a tener en cuenta en la evaluación.

A) El Comité de cuenca del río Luján (ComiLu).

El ComiLu está conformado por un Directorio, los Municipios donde se desarrolla la cuenca y el Consejo Consultivo Honorario. Este último se conformó con el fin de garantizar la participación comunitaria a través de representantes de usuarios de servicios, entidades intermedias, profesionales, organizaciones no gubernamentales y el sector académico universitario, con la función de asesorar al Directorio, de forma no vinculante, pero con la facultad de realizar propuestas (ComiLu 2021a).

Estas son las organizaciones que se han inscripto para integrar el Consejo Consultivo Honorario (ComiLu 2021a):

- Asociación Argentina de Limnología (AAL)
- Asamblea Delta y río de la Plata
- Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (AIDIS Argentina)
- Biblioteca Popular y Casa de la Cultura Estación Manzanares
- Mutual de Arquitectos del Distrito V Arkhos
- Consorcio de Propietarios del Parque Industrial Pilar
- Cámara Empresaria del Parque Industrial Pilar (C.E.P.I.P.)

- S.O.S. Hábitat
- Defensoría del Pueblo de Pilar
- Vecinos en Defensa de Los Cardales y río Luján
- Fundación Mano Amiga
- Comedor Confiar Pilar
- Asociación para la protección del Patrimonio Natural Pilar
- Asociación Ambientalista Los Talares
- Centro de Estudios Políticos Económicos y Sociales
- Asociación Ambientalista del partido de Escobar
- Universidad Nacional de Moreno (UNM)
- Fundación Biosfera
- Universidad Nacional de Luján (UNLU)
- Asociación Civil Inundados de Luján
- Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales
- Asociación Civil para todos porque es de todos
- Unión Industrial de la Provincia de Buenos Aires (UIPBA)
- Universidad Nacional de General Sarmiento
- La Colina Villa de Campo
- Colegio de Ingenieros Distrito VII de la Provincia de Buenos Aires
- Colegio de Arquitectos de la Provincia de Buenos Aires Distrito V

B) Actores gubernamentales.

Dentro de los actores institucionales gubernamentales se observa en los últimos años una tendencia de avance de organismos relacionados con la obra pública en detrimento de organismos con funciones ambientales. Un ejemplo de esto es el área de los municipios

que integra el comité de cuenca, principalmente áreas vinculadas con la obra pública. En la primera década del milenio los participantes de los municipios pertenecían principalmente a las áreas ambientales de las comunas. En el ámbito provincial, se ha notado un declive en el protagonismo del ex OPDS y la Autoridad del Agua, y un ascenso de las dependencias que gestionan las obras hidráulicas.

Se mencionan a continuación los actores más relevantes. Las denominaciones de las dependencias han cambiado en el período de estudio, por lo que algunos nombres no se corresponden con el actual:

Nacionales:

- Instituto Nacional del Agua (INA): realizó un modelo hidrológico de la cuenca, con líneas de recurrencia de crecidas para 2, 5 y 100 años.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS).

Provinciales:

- Dirección Provincial de Hidráulica (DPH): impulsora del PMICRL
- Autoridad del Agua (ADA): responsable de delimitar la línea de ribera, determinar las restricciones de uso al otorgar la factibilidad hidráulica a las actividades.
- Ministerio de Ambiente (MA) / ex Organismo Provincial para el Desarrollo Sustentable (OPDS): otorgó la Declaración de Impacto Ambiental al proyecto de adecuación del tramo medio en el año 2020.

Municipales:

- Secretaría de Obras Públicas: ejecutora de proyectos de obras de desagües pluviales de escala barrial.
- Defensa Civil: participa del sistema de alerta temprana, y gestión de crisis.

- Subsecretaría de Ambiente: Otorgó la Declaración de Impacto Ambiental a las urbanizaciones cerradas radicadas en el humedal.

C) Organizaciones No Gubernamentales (ONGs) y otros.

- Asociación Patrimonio Natural de Pilar: gestiona la Reserva Natural de Pilar. Sitio donde se modifican los alcances de las obras para preservar el corredor biológico.
- Universidad Nacional de Luján (UNLu): institución académica con mayor aporte al conocimiento científico de la cuenca.
- Desarrolladores inmobiliarios: Desarrolladora Inmobiliaria Eidico, ejecutora del mega emprendimiento San Sebastián.
- Cámara Empresaria Del Parque Industrial Pilar (CEPIP)
- Asamblea Socio Ambiental Campana (ASAC)
- Vecinos en Defensa de Los Cardales y río Luján: Vecinos del Humedal
- Asociación Civil Inundados de Luján
- Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS)
- Medios: se destacan El Civismo (Luján), El Diario Regional (Pilar)

Paso 2: Identificación de funciones y roles de cada actor. Funciones de los actores respecto del programa. Análisis de los actores. Se agrupó a los actores clave según se visualizaban como:

- Categoría A: A favor o en contra: 1) a favor de la intervención (predominan relaciones de confianza y colaboración mutua), (2) indecisos o indiferentes o (3) en contra de la intervención (predominan relaciones de conflicto con el programa o proyecto).
- Categoría B: nivel de poder o influencia que determinados actores tienen respecto de otros actores: (1) alto poder, (2) poder medio o (3) bajo poder.

Paso 3: Elaboración de la Matriz del MAC. Tabla de doble entrada indicando a los actores identificados según su grado de poder (alto, medio, bajo) y su posición respecto a la propuesta de intervención (a favor, indiferentes y opuestos). Se presenta a continuación la tabla, donde puede observarse que la cantidad de actores se ha reducido, centrando el análisis a aquellos que resultan clave por su nivel de influencia en el proyecto:

SECTOR	ACTOR	JURISDICCIÓN	POSICIONAMIENTO - RELACIÓN PREDOMINANTE	CAPACIDAD DE INFLUENCIA - JERARQUIZACIÓN DE SU PODER
Clasificación de los diferentes actores sociales en un espacio preciso	Conjunto de personas, grupos o instituciones con intereses específicos que se vinculan con una intervención	Alcance geográfico	Afines u opuestos: 1. a favor 2. Indiferente 3. en contra	Capacidad del actor de limitar o facilitar las acciones 1. alto 2. Medio 3. bajo
Sociedad Civil	Universidad Nacional de Luján (B)	Regional	En contra	Bajo
	Asociación Patrimonio Natural (A)	Cuenca	En contra	Bajo
Gobierno Provincial	DPH (C)	Provincial	A favor	Alto
	Comité de cuenca del río Luján (D)	Cuenca	A favor	Bajo
	Autoridad del Agua (E)	Provincial	A favor	Medio
	OPDS / MA (F)	Provincial	A favor	Bajo
Gobierno local	Subsecretaría de Ambiente y Secretaría de Obras Públicas Municipal (G)	Partido	A favor	Bajo
Sector Privado	Desarrolladores (E)	Regional	A favor	Medio

Figura 34: Matriz del Mapa de Actores Clave.

Fuente: elaboración propia en base a Tapella (2023)

Paso 4: Representación gráfica del MAC. Se elaboró el siguiente gráfico, que ilustra cómo se ubican los actores según el interés que tienen respecto al proyecto, y el grado de poder para influir en él. Se identificaron aquellos actores con medio o alto poder de incidencia, ya sea que se encuentren a favor o en contra del proyecto. En el gráfico se reconocen las relaciones entre actores: Relación fuerte de confianza, coordinación y trabajo conjunto, relación débil, superficial, con poca coordinación y relación de conflicto.

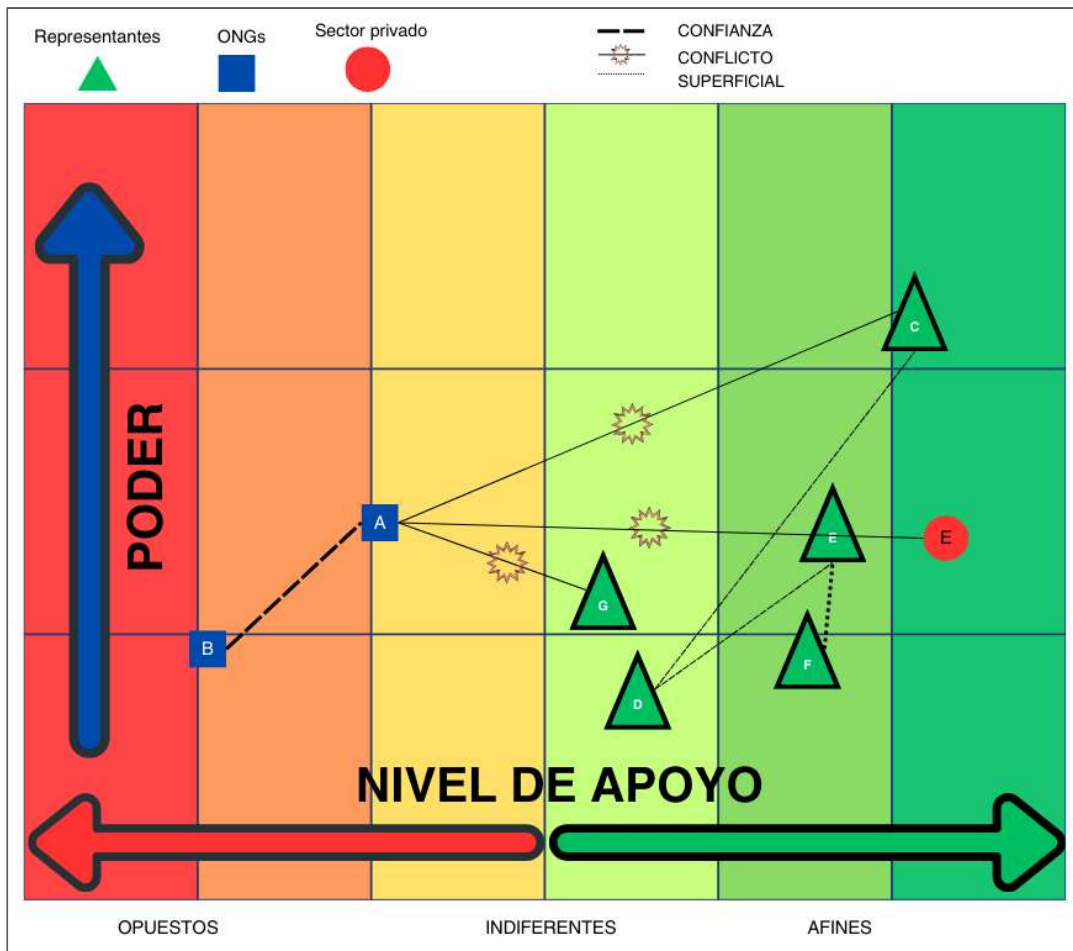


Figura 35. Mapa de actores: representación gráfica. A: Asociación Patrimonio Natural; B: Universidad Nacional de Luján; C: DPH; D: ComiLu; E: ADA; F: OPDS / MA; G: Municipio; E: Desarrolladores. Fuente: elaboración propia en base a Tapella (2023).

4.5. Normativa y su impacto en la construcción social del riesgo.

En este capítulo se han analizado los procesos de transformación territorial, como el impacto de las obras hidráulicas sobre el río y su dinámica, los efectos de la transformación de humedales a manos de empresas desarrolladoras y el crecimiento de la exposición a la amenaza a través de la extensión de los barrios populares hacia áreas inundables. Estos sucesos han sido condicionados por un marco legal que los propició, condicionó o en algunos casos omitió la regulación. En este apartado se analiza la influencia de la normativa en estos procesos, y cómo las autoridades se han apoyado en esta herramienta para la gestión del riesgo.

En primer lugar, se explicarán los aspectos destacados del Código de Ordenamiento Territorial actualmente vigente, sancionado en 2023. Seguidamente se explicarán los aspectos relevantes del anterior Código que tuvo vigencia en el período 2018-2023. Por último, se hará mención a algunos aspectos regulatorios del primer código del municipio, que tuvo vigencia desde 1985 hasta 2018, y a otras normas con impacto en el riesgo de inundaciones.

El Código de Ordenamiento Territorial (COT) del año 2023.

Elaborado conjuntamente entre la Provincia de Buenos Aires, el Consejo Federal de Inversiones y Municipio de Pilar, fue presentado en marzo de 2023, y sancionado en abril de ese año por el Honorable Concejo Deliberante, previa Audiencia Pública realizada este mes. Posteriormente, el COT fue convalidado de manera definitiva por el gobierno de la Provincia de Buenos Aires, en diciembre de 2023 (Pilar a Diario, 2023).

Algunos aspectos que se destacan de la norma, en relación a los objetivos de este estudio son:

- Prohíbe habilitación de loteos en la zona bajo cota de inundación, según lo determine la Dirección de Hidráulica del Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires (artículo 129);
- Define que la altura de la cota 0,00 de vereda nunca puede ser menor a la cota máxima de inundación (artículo 130);

- Inclusión de una línea que demarca la planicie de inundación en el Plano con delimitación de zonas. Como se puede ver en el plano que se muestra a continuación, parte de los barrios estudiados en el capítulo 3 se encuentran dentro de esta área.

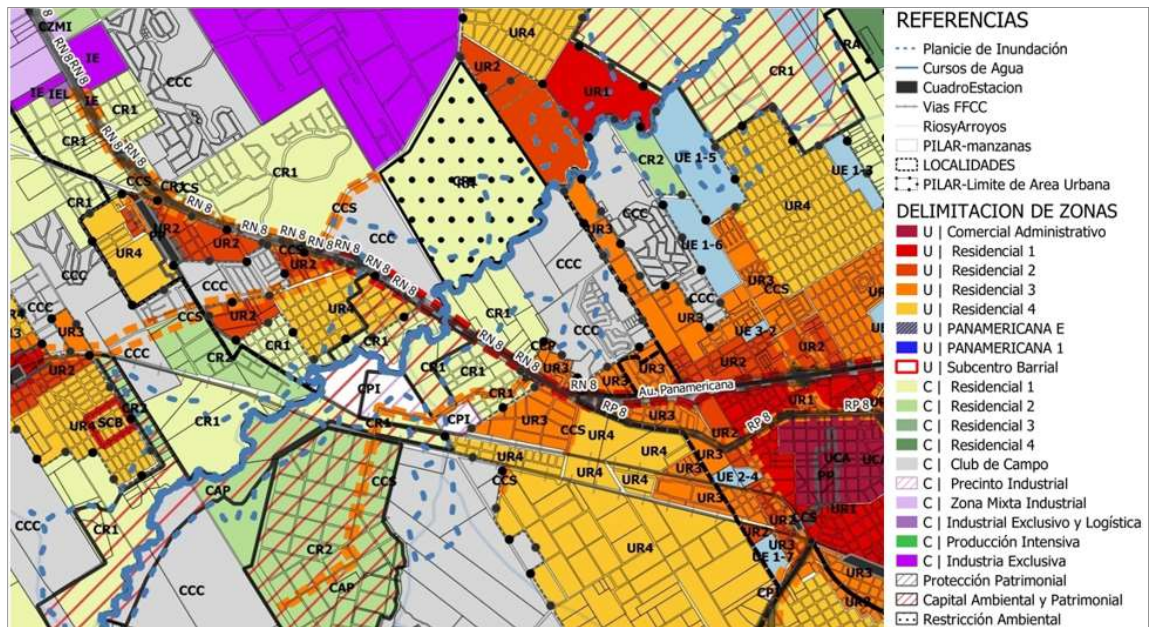


Figura 36. COT: Plano de delimitación de zonas. Vista de zona de planicie de inundación.

Fuente: <https://pilar.gov.ar/cot>

- Se creó una Zona de restricción ambiental (artículo 130). En la figura que antecede puede observarse que parte de esta zona de restricción ocupa la planicie de inundación del río, sobre la margen izquierda, aguas debajo de la ruta 8. En el Anexo 6 – Cuadro de usos, se indican las actividades permitidas en este sector. En esa zona no se permiten industrias de ninguna categoría.

El Código de Ordenamiento Territorial (COT) del año 2018.

El COT sancionado en 2018 actualizó la primera norma que regulaba la zonificación del partido de Pilar, con vigencia durante 33 años. Al momento de la entrada en vigencia de esta nueva ordenanza, la temática de inundaciones se encontraba en un lugar prioritario

de la agenda local. Los años recientes habían sido marcados por eventos de excesos hídricos de los que se ha hecho referencia en capítulos anteriores, entre los que se destacan los de noviembre de 2014, agosto de 2015 y abril de 2018.

En ese contexto, este COT planteó algunas regulaciones novedosas en materia de riesgo hídrico, respecto a la ordenanza 10/85 que la antecede:

- Establecimiento de una Zona Protección Especial Planicie de Inundación (ZPEPI). Esta zona había sido delimitada entre las líneas que se señalan a ambos márgenes del río Luján en el plano de zonificación que forma parte del Anexo C del COT y es idéntica a la planicie demarcada en el COT de 2023. En esta Zona solo se permitían construcciones permanentes sobre palafitos sobre la cota 7,5 m IGN. Otras exigencias del COT para las parcelas dentro de esta zona: mantener permeable la superficie del terreno; habilitar solo los caminos de acceso necesarios, garantizando el libre escurrimiento; prohibición de refulados y movimiento de suelos; obligación de compensar hidráulicamente a los establecimientos ya instalados. Dentro de esta zona se permitía el uso residencial, turístico, hotelería, y recreativo.

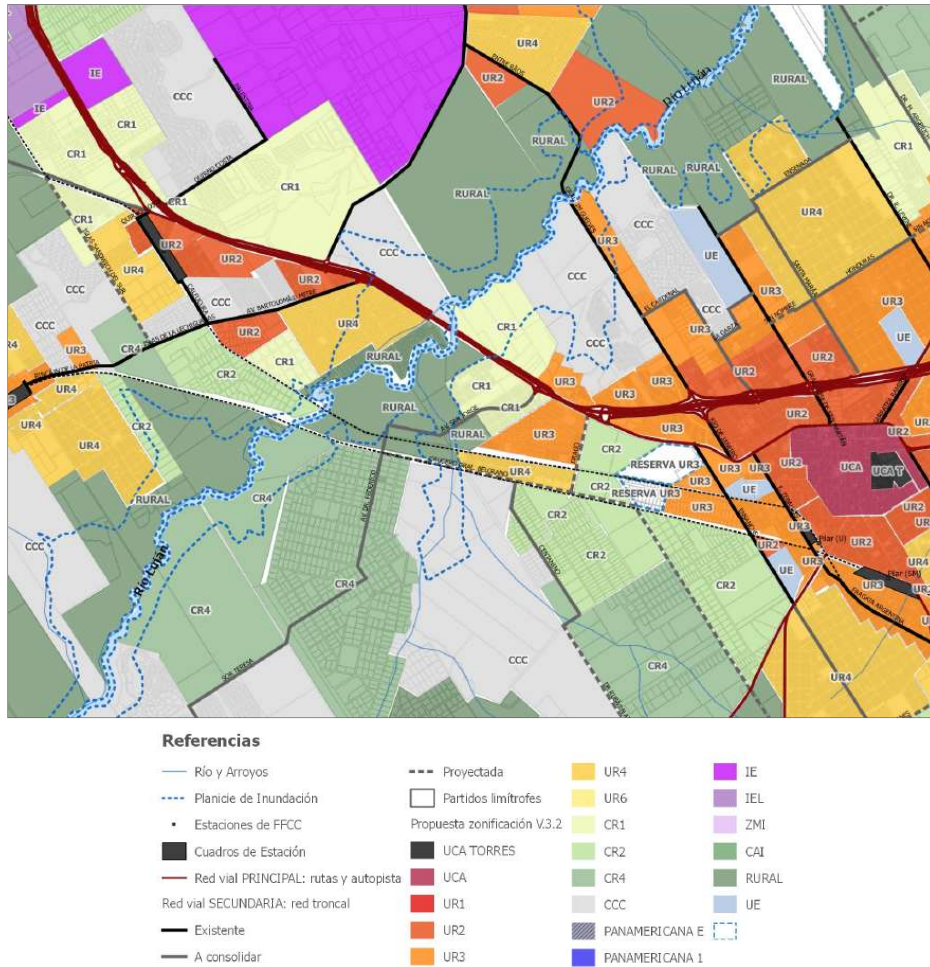


Figura 37. Plano de Zonificación del COT 2018. Dentro de la línea punteada puede observarse la ZPEPI, que incluye parte de los barrios estudiados. Fuente: Municipalidad de Pilar.

- Creación de la Zona de Protección de Arroyos. Con un ancho de Esta Zona tendrá un ancho de 15 m desde cada margen de cada arroyo del partido que no se encuentre bajo jurisdicción de alguna autoridad provincial en la materia, destinada a Camino de Ribera (sin embargo, de acuerdo a la normativa, todos los arroyos son de jurisdicción de la Provincia). En esta zona se prohibió edificar, y solo se admitían usos de esparcimiento.
- Camino de Ribera. Definido como el “camino adyacente a los ríos de dominio y exclusivo uso público destinado al esparcimiento social,” donde solo se admiten

obras y concesiones de finalidad pública. El objetivo era promover el uso recreativo a través de estas acciones: instalar accesos peatonales y bicisendas; reforestación con especies nativas; incorporar equipamientos;

El Código Zonificación (CZ) del año 1985.

El año 1985 se sancionó la Ordenanza 10/85, la que fue la primera norma de ordenamiento territorial del Partido, y reguló la zonificación de actividades y usos hasta el año 2018, es decir prácticamente todo el período de estudio de este trabajo. Al igual que el COT de 2023, ya definía que la altura de la cota 0,00 de vereda nunca podía ser menor a la cota máxima de inundación (Título 3).

Si bien no tenía referencias específicas a manejo del riesgo hídrico, áreas de protección ambiental, o demarcación de áreas inundables, este Código estableció los lineamientos de urbanización, fijando áreas urbanas y rurales, densidades de población permitidas, y tamaños de parcelas, aspectos de importante influencia en la construcción de riesgo hídrico.

El CZ dividió al partido en distritos de uso del suelo, y asignó a cada distrito indicadores urbanísticos a cumplir, como densidad poblacional, Factor de Ocupación del Suelo (FOS) que indica el porcentaje de la superficie del predio que se puede impermeabilizar, altura permitida de edificación, dimensiones mínimas de las parcelas y los metros de frente mínimos.

Recordemos ahora los 5 barrios analizados más arriba, los cuales se emplazaron dentro de la zona con cota menor a 11. Estos se localizaron en los distritos Urbano Residencial 6 (UR6) y Urbano Residencial 4 (UR4) del CZ, extendiéndose algunas viviendas hacia el distrito Rural en el caso del Barrio Agustoni. En la figura siguiente se muestra el Mapa de Usos del Suelo del CZ, con la capa “Urbano 2020” superpuesta (extensión en el año 2020 de los 5 barrios en zonas inundables):

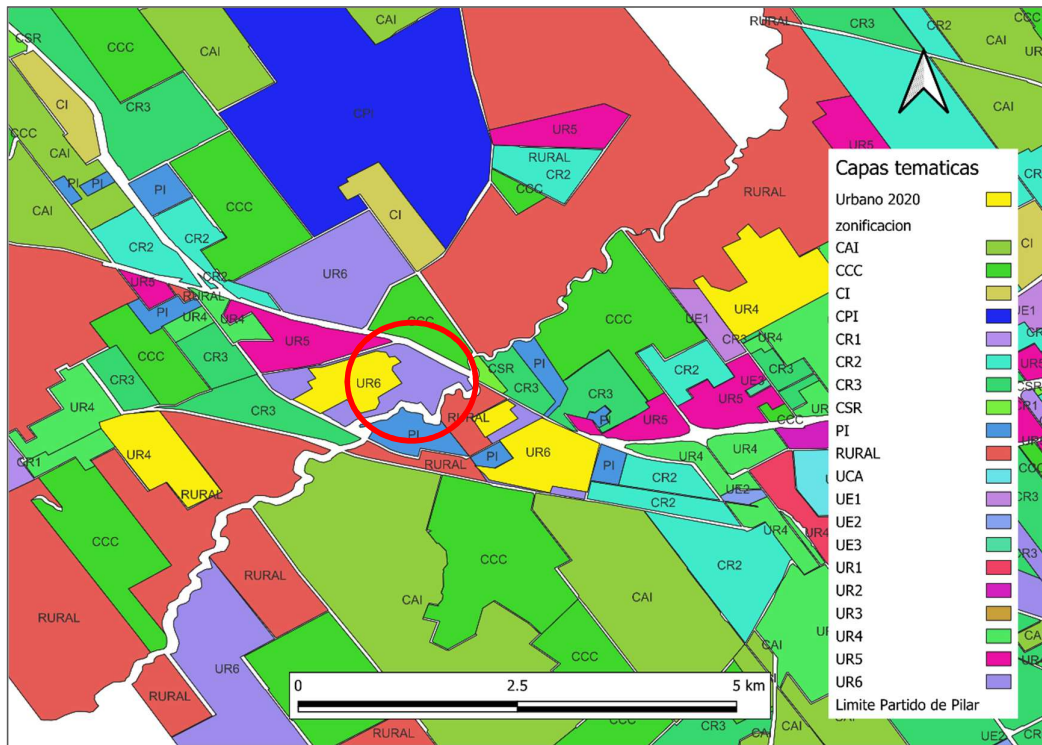


Figura 38. Código de Zonificación de 1985: Mapa de usos. En amarillo: barrios vulnerables del año 2020, sobre distritos UR4 y UR6. Con círculo rojo se marca el Barrio río Luján. Fuente: elaboración propia en QGIS con datos de Google Earth y Municipalidad de Pilar (2024).

En el caso del barrio río Luján (marcado con círculo rojo en la figura que antecede), inició su desarrollo dentro del distrito Urbano Residencial 6 (UR6), que tiene los siguientes indicadores:

Indicadores urbanísticos distrito UR6:

- Densidad neta máxima: 80 hab/ha,
- FOS: 0,5
- Altura máxima: 2 plantas
- Frente mínimo: 20 m²
- Superficie mínima: 800 m²

Como se explicó en el Capítulo 2, este barrio alcanzó una población de 710 habitantes en una superficie de 104 ha, resultando una densidad poblacional de 6.82 Hab/Ha, es decir sustancialmente menor a la permitida por el CZ, por lo tanto, este aspecto se encuentra en cumplimiento de la norma. Sin embargo, en cuanto a los indicadores de frente mínimo y superficie mínima de parcela, al consultar la plancheta catastral en la página de información cartográfica de la Agencia de Recaudación de la Provincia de Buenos Aires (ARBA Carto), se observa que el fraccionamiento de lotes excede los límites de los indicadores para el distrito UR6. Se analizó una manzana del barrio río Luján ubicada contigua al río (Circunscripción III, Sección D, Manzana 28), y se comprobó que por ejemplo la parcela 17 tiene una superficie de 475m², es decir menor a la mínima autorizada de 800m². Se presenta en la siguiente figura la plancheta catastral de la manzana señalada:

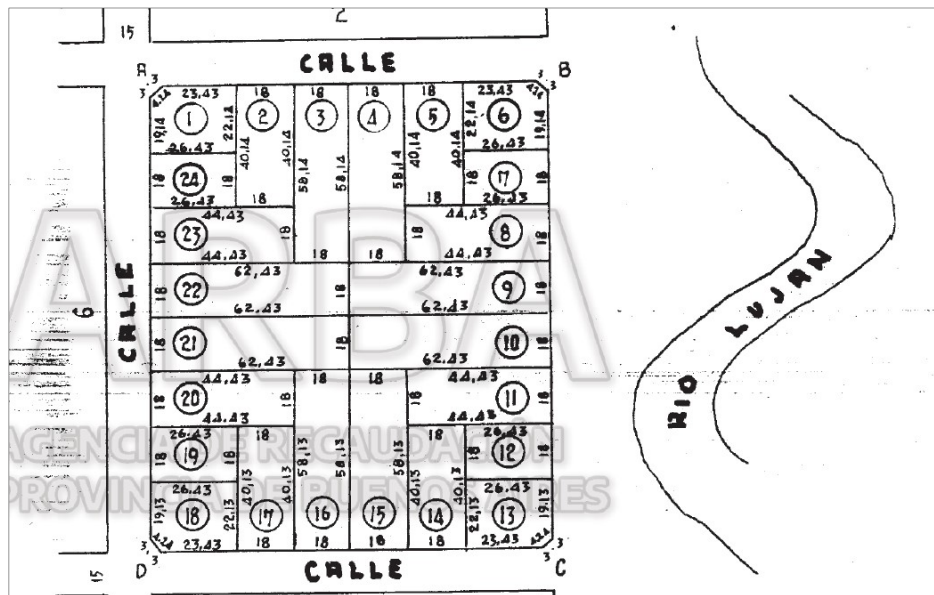


Figura 39. Plancheta catastral correspondiente a una manzana en el barrio río Luján.

Fuente: Carto ARBA (2024)

Algunas de las parcelas en esta manzana exceden el límite de superficie mínima, lo que resulta en mayor cantidad de viviendas expuestas a la amenaza, y una mayor impermeabilización del suelo. Asimismo, el CZ que reguló los fraccionamientos desde

1985 hasta 2018 tampoco estableció restricciones en la planicie de inundación, lo que permitió loteos como es de la manzana ejemplificada, situación que no pueden revertir nuevas normas como los COT de 2018 y 2023, por los derechos adquiridos de quienes ya se radicaron allí previamente.

Decreto 2294/11: Proyecto hidráulico.

Es necesario mencionar esta norma promulgada en 2011, que exige para todo proyecto a desarrollarse en terrenos debajo de la cota 15 IGN y/o en parcelas mayores a 3.000m² de la zona urbana o 7.500 m² de zona complementaria, contar con "proyecto hidráulico aprobado" y registrado por la oficina de hidráulica a fin de "resolver el tema hidráulico de su parcela, sin alterar las condiciones anteriores a la construcción del nuevo emprendimiento", el cual debe ser presentado por un profesional con incumbencia en ingeniería hidráulica.

Esta materia también es regulada por normativa provincial, en la que tiene competencia la Autoridad del Agua, y ha sido utilizada por la autoridad municipal para introducir exigencias que compensen el impacto por impermeabilización de suelo y movimientos de suelo en proyectos urbanos, comerciales e industriales.

Resolución OPDS 29/09. Aprobación ambiental de proyectos con impacto hídrico.

En el año 2009, en un contexto de disputas por el uso del agua, con casos conflictivos de emprendimientos urbanos sobre la planicie de inundación en el área de estudio, en la cuenca baja del río Luján y también en el delta del Paraná, la autoridad ambiental provincial resolvió introducir una modificación al procedimiento de emisión de las Declaraciones de Impacto Ambiental bajo el marco de la ley 11.723. Así, estableció que "todo proyecto que conlleve tareas u obras de tipo endicamiento, embalses y/o polders, dragados, refulados (...), canales de navegación, excavaciones, creación de lagunas, derivación de cursos de agua, desagües naturales, alteración de cotas de nivel en superficies asociadas a valles fluviales (...)", serían sometidas a proceso de Evaluación de Impacto Ambiental por los municipios como era usual, pero antes la OPDS debía emitir opinión vinculante.

Hasta ese momento, la competencia para aprobación de Estudios de Impacto Ambiental correspondientes a proyectos urbanos se mantenía exclusivamente en los municipios, y a partir de esta norma la autoridad provincial acrecentó su nivel de intervención en estos procesos.

Hasta aquí se han mencionado las normas locales con mayor influencia en el riesgo de inundación en el período de estudio. Por último, también cabe destacar otras normas de importancia, como por un lado la Resolución de OPDS que declaró ambientalmente apto el proyecto adecuación del tramo medio río Luján – Tramo FFCC Belgrano Norte – Ruta Provincial N° 6 (RESO-2020-350-GDEBA-SSFYEAOPDS), y la determinación de línea de ribera que se encuentra elaborando ADA, y que ya ha delimitado en algunos sectores, como el área donde se emplaza la mega urbanización San Sebastián, si bien a la fecha no se conoce que la demarcación haya sido publicada con nivel de Resolución.

Si bien el marco legal en el período de estudio ha influido en los procesos de transformación, no resultó una causa determinante, sino un elemento dentro de un contexto propicio para el crecimiento de la exposición, y la alteración de la planicie de inundación. Ante esto surgen las obras del estado provincial como acción para la reducción de riesgos, las cuales son principalmente estructurales y por lo tanto no están exentas de impactos ambientales.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha analizado el riesgo de inundación y su vínculo con procesos de transformación territorial en el área de estudio. Como resultado se analizó la amenaza, se determinó el área inundable a partir de modelos digitales de elevaciones, a partir de las crecidas históricas y el estudio de los modelos hidrológicos existentes. Se estudió el vínculo entre los procesos de transformación territorial y el riesgo, el que consistió en primer lugar en el mapeo de los actores sociales de interés, el análisis de la evolución de la exposición, la caracterización de la vulnerabilidad y la descripción de dos elementos con impacto en la construcción del riesgo, como las obras hidráulicas y la normativa relacionada con la materia.

El análisis de la amenaza a partir del estudio de crecidas históricas con el uso de Google Earth Engine y la plataforma de aplicaciones SNAP de la Agencia Espacial Europea, ha permitido gracias al uso de imágenes radar, la observación de las crecidas en los días en que el cielo nublado impide captar el suelo con imágenes que utilizan el rango visible. Una comparación entre ambas técnicas demuestra que el procedimiento con Google Earth Engine es más sencillo, al permitir el uso de scripts ya elaborados por algún ente reconocido. El uso del programa SNAP es intuitivo y similar al de otras aplicaciones de uso común, pero con la desventaja de que los procesos demoran más tiempo. En cuanto a las características de los eventos, el de 2018 ocupó más extensión, alcanzando 1142 ha en el área de estudio, con una altura registrada del río 5 m en Jáuregui, mientras que la inundación de 2015 anegados solo 727 ha, si bien los datos de los registros indican que en agosto de 2015 se produjo una crecida de las más importantes, que alcanzó los 5.43 m. Las obras estructurales del Plan Maestro Integral de la cuenca, y las urbanizaciones que se localizan sobre la planicie de inundación han causado impactos tanto beneficiosos como negativos. Las acciones de adecuación del cauce producen impacto positivo al minimizar el riesgo de inundaciones, al mejorar la capacidad de conducción del río, lo que reduce la probabilidad e intensidad de los eventos. Sin embargo, implican la remoción de comunidades vegetales y de los suelos con el efecto de pérdida de humedales y hábitats naturales, reducen la biodiversidad del río y alteran el corredor fluvial biológico del río. Por otro lado, la construcción de urbanizaciones privadas con ocupación de planicie de inundación por debajo de la cota 7.5 m, que incluyen relleno de áreas bajas, construcción

de un terraplén de separación y construcción de viviendas a menos de 100 m del curso de agua, impactan negativamente al reducir la capacidad de retención de excedentes hídricos del río.

En el área de estudio el elemento más significativo expuesto a la amenaza son poblaciones radicadas sobre la planicie de inundación, situación que se ha acrecentado durante el período objeto de estudio. La evolución de la urbanización en áreas inundables, a través de la comparación de imágenes de Google Earth de 2003 y 2020, concluyó que los barrios que más se extendieron ocupando la planicie de inundación fueron Agustoni y Barrio río Luján, con un crecimiento del 73% y 67% respectivamente.

El espacio por debajo de la cota 10 IGN se encontraba al principio del período de análisis casi enteramente libre de edificaciones para el caso del barrio Agustoni y alcanzó en 20 años aproximadamente 50 manzanas densamente pobladas. El barrio río Luján contaba con menos de 50 casas emplazadas por debajo de la cota 10 IGN, y multiplicó por 6 ese valor en el período objeto de estudio.

La caracterización de la vulnerabilidad a partir del Índice de Vulnerabilidad Total (IVT) indicó que los barrios en área bajo amenaza con mayor vulnerabilidad son Luchetti, río Luján y Agustoni, con una IVT muy alta según análisis de datos censales. Estos barrios han sido registrados recientemente por el ReNaBaP, lo que confirma la vigencia de condiciones socioeconómicas vulnerables. Asimismo, los resultados de análisis de vulnerabilidad de ComiLu, coincidieron en indicar un nivel de vulnerabilidad muy alto para el barrio Luchetti, y alto para los barrios río Luján y Agustoni, obtenidos a partir del uso de indicadores de vulnerabilidad, exposición, y capacidad.

El análisis de los actores sociales se centró en aquellos que resultan más relevantes por su nivel de influencia en el proyecto. A partir de la elaboración de un Mapa de Actores Clave y su representación gráfica, se identificaron los que resultan con mayor poder de incidencia, ya sea que se encuentren a favor o en contra, y se evaluó el rol de los representantes institucionales en tanto ejecutores y facilitadores de las transformaciones territoriales con o sin mirada de la gestión del riesgo. La Asociación Patrimonio Natural y la Universidad Nacional de Luján se muestran como los más influyentes, con una posición crítica. Entre los actores afines al proyecto, se evidencia el avance de organismos provinciales relacionados con la obra pública (DPH) en detrimento de organismos con funciones ambientales (Ministerio de Ambiente y ADA). Se destaca el rol de los

desarrolladores urbanos como actores privados, con nivel de poder medio y relaciones de conflicto con ONGs.

El incremento de la exposición en áreas inundables es el resultado de dinámicas complejas, donde han intervenido múltiples actores con responsabilidades diferenciadas. Por un lado, los desarrolladores inmobiliarios privados han promovido urbanizaciones cerradas en zonas de riesgo, aprovechando vacíos normativos o la valorización del suelo periurbano. Por otro lado, actores informales (como ocupadores ilegales o intermediarios) facilitaron la expansión de barrios vulnerables en áreas no aptas, muchas veces en respuesta a la falta de políticas accesibles de vivienda. Sin embargo, el Estado (tanto a nivel provincial como municipal) ha jugado un papel central al permitir, regular u omitir acciones frente a estos procesos.

Los procesos de transformación territorial han sido condicionados por un marco normativo que los propició, limitó o condicionó. El Código de Zonificación de 1985 (CZ) fue la primera norma de ordenamiento territorial del partido, y reguló la zonificación de usos y actividades hasta la sanción de su reemplazo en el año 2018, es decir prácticamente todo el período de estudio de este trabajo. Si bien no tenía referencias específicas en materia de gestión del riesgo hídrico, áreas de protección ambiental, o demarcación de áreas inundables, este Código estableció los lineamientos de urbanización, fijando áreas urbanas y rurales, densidades de población permitidas, y tamaños de parcelas, aspectos de importante influencia en la construcción de riesgo hídrico.

Sin embargo, el Código de Zonificación de 1985 presentaba limitaciones estructurales para abordar los desafíos actuales. Diseñado en un contexto donde las variaciones hidrometeorológicas eran menos extremas y la presión urbana sobre áreas inundables era incipiente, carecía de herramientas para gestionar fenómenos como la intensificación de precipitaciones o los cambios acelerados en el uso del suelo. Estas deficiencias evidencian la necesidad de marcos normativos dinámicos, capaces de integrar proyecciones climáticas y mecanismos de revisión periódica.

Para el caso del barrio río Luján, radicado sobre el distrito Urbano Residencial 6 (UR6), los indicadores urbanísticos han sido parcialmente exitosos en ordenar el crecimiento, ya que la densidad poblacional prevista en 1985 aún no fue alcanzada. Sin embargo, en cuanto al indicador superficie mínima de parcela para el distrito UR6, al consultar planchetas catastrales se observó fraccionamientos de lotes que exceden los límites del indicador, con parcelas de 475m², es decir menor a la mínima autorizada de 800m², lo

que resulta en mayor cantidad de viviendas expuestas a la amenaza, y una mayor impermeabilización del suelo.

Asimismo, el CZ que reguló los fraccionamientos desde 1985 hasta 2018 tampoco estableció restricciones en la planicie de inundación, lo que permitió parcelamiento a una distancia menor a 30 m del curso de agua, situación que no pueden revertir nuevas normas como los nuevos Códigos de Ordenamiento Territorial de 2018 y 2023, por los derechos adquiridos de quienes ya se radicaron allí previamente.

Los resultados de este trabajo permiten alcanzar algunas conclusiones generales. En primer lugar, que si bien las obras de adecuación del río actúan como mitigación frente al aumento del riesgo de inundaciones que incrementó la ocupación de la planicie de inundación, no reducen el impacto de pérdida de hábitat y biodiversidad, sino que por el contrario lo incrementan. Por otra parte, se evidencia la necesidad de implementar algunas acciones en materia de gestión del riesgo hídrico, como la instalación de instrumentos que permitan monitorear el nivel de los cursos de agua y su evolución ante situaciones meteorológicas adversas, la implementación de un sistema de alerta temprana y plan de contingencia de manera integrada para la cuenca, y la determinación de la línea de ribera con definición de restricciones al uso en áreas contiguas.

En el plano científico, con la mirada centrada en próximas producciones, los avances en materia de evaluación del riesgo deberán incorporar los datos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022 para caracterizar la vulnerabilidad, junto con la correlación de datos espaciales entre barrios y radios censales. Asimismo, será clave examinar la evolución de la amenaza en el contexto de los cambios del sistema territorial, utilizando registros de crecidas recientes. Por lo tanto, este trabajo se constituye en una base para que sea actualizado más adelante, de modo de analizar los cambios que se manifiesten en el territorio, ante el inminente creciente urbano e intensificación del uso del suelo. Asimismo, y como otra posible línea de trabajo, será de gran utilidad el estudio de los saberes y necesidades locales para su incorporación en el diseño de un sistema de alerta temprana a nivel cuenca. Si bien existe un sistema, este requiere de una mayor socialización de su existencia y la introducción de mecanismos de internalización por parte de la comunidad para el ajuste a las demandas locales.

BIBLIOGRAFÍA

- Alsina, G.; Borello, J. y Miño, L. (eds.) (2007). Diagnóstico ambiental del partido del Pilar. Año 2002. Instituto del Conurbano, Universidad Nacional de General Sarmiento. Los Polvorines, Buenos Aires, Argentina.
- Autoridad del Agua (s.f.). Línea de Ribera. Recuperado el 24/06/2024 de <https://ada.gba.gov.ar/linea-de-ribera/>
- Barros, V. (2005). Cambio Climático. En V. Barros, Menéndez, A., y Nagy, G. (2005). El Cambio Climático en el Río de la Plata. Recuperado de http://www.cima.fcen.uba.ar/~lcr/libros/Cambio_Climatico-Texto.pdf
- Barsky, A. (2018). “El espacio periurbano como interfase urbano-rural y la afectación del cinturón productivo”. En: Foro Regional. Los desafíos de la gestión territorial rural. Luján de Cuyo, Mendoza. INTA Ediciones.
- Batalla, MR (2016). *La integración ambiental del territorio. Las urbanizaciones y lo privado en el caso del Partido de Pilar*. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Quilmes. Bernal, Buenos Aires, Argentina.
- Benzaquen, L., D.E. Blanco, R. Bo, P. Kandus, G. Lingua, P. Minotti y R. Quintana. (editores) (2017). *Regiones de Humedales de la Argentina*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Fundación Humedales/Wetlands International, Universidad Nacional de San Martín y Universidad de Buenos Aires.
- Briano L.E. (2015) *La expansión y la consolidación del parque Industrial pilar en un contexto de Reestructuración heterogénea del sector Industrial argentino (1991–2007)*. Tesis de maestría. Universidad Nacional de San Martín. San Martín, Buenos Aires, Argentina.
- Buzai G. D. y Lanzelotti S. (2019) Atlas de geografía humana de la cuenca del río Luján. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Impresiones Buenos Aires Editorial.

- CAF - Banco de Desarrollo de América Latina, (2016). Plan de Manejo Integral de la Cuenca del río Luján. Informe Ambiental y Social de Evaluación. Recuperado de: https://www.caf.com/media/6755/ias-lujan-arg_mm_ja-v12.pdf
- Camilloni, I., V. Barros, S. Moreiras, G. Poveda y J. Tomasella, (2020): Inundaciones y sequías. En Moreno, J.M., C. Laguna-Defior, V. Barros, E. Calvo Buendía, J.A. Marengo y U. Oswald Spring (eds.). *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos*. McGraw-Hill, Madrid, España (p. 391-417).
- Cardoso, M. M. (2017). Estudio de la vulnerabilidad socio-ambiental a través de un índice sintético. Caso de distritos bajo riesgo de inundación: Santa Fe, Recreo y Monte Vera, Provincia de Santa Fe, Argentina. *Caderno de Geografia*, vol. 27, núm. 48, enero-marzo, 2017, p. 156-183 Pontificia Universidade Católica de Minas Gerais Belo Horizonte, Brasil.
- CartoARBA (2024). *ARBA Carto*. Agencia de Recaudación Provincia de Buenos Aires. Recuperado de <https://carto.arba.gov.ar/cartoArba/>
- Castro, J. D. (2021). *Pilar, de campo a ciudad*. Ed Dunken. Buenos Aires.
- Castro, H. (2013). La cuestión ambiental en geografía histórica e historia ambiental: tradición, renovación y diálogos. *Revista de Geografía Norte Grande*, 54.
- ComiLu (2021a). Actualización del Plan de Manejo Integral de la Cuenca del río Luján. Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos de la Provincia de Buenos Aires, Subsecretaría de Recursos Hídricos; Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 24/06/2024 de <https://www.gba.gob.ar/comilu/antecedentes>
- ComiLu (2021b). Proyecto de Adecuación del Tramo Medio del río Luján Etapa II A y Etapa II B / Partido de Luján. Informe Final de Consulta Pública Virtual. Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos de la Provincia de Buenos Aires, Subsecretaría de Recursos Hídricos; Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 24/06/2024 de <https://www.gba.gob.ar/comilu/antecedentes>
- ComiLu (2024), “Avances en el Análisis del Riesgo ante inundaciones - diciembre 2023”, Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos de la Provincia de Buenos

- Aires, Subsecretaría de Recursos Hídricos; Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 24/06/2024 de <https://www.gba.gov.ar/comilu/antecedentes>
- Correa Roselló, D. G. (2015). *Origen y evolución urbana de Pilar*. Tesis doctoral. Universidad del Salvador. Buenos Aires.
- Correa Roselló, D. G. (2017). Origen y evolución urbana de pilar. En: *Jornadas de Geografía*. Universidad Del Salvador, Facultad de Historia Geografía y Turismo, Buenos Aires. Recuperado de: http://geousal.usal.edu.ar/archivos/geousal/docs/pilar_jornada_de_geografia_usal_10_abr_2017_daniel_correa.pdf
- DPH (2019a). Evaluación de Impacto Ambiental y Social adecuación del cauce del tramo medio río Luján – tramo FFCC Belgrano Norte – Ruta Provincial N°6. Recuperado el 24/06/2024 de: https://www.minfra.gba.gov.ar/web/Compartida/EIA_Lujan_Adecuacion_TramoMedio.pdf
- DPH (2019b). Adecuación del cauce del tramo medio río Luján – Tramo FFCC Belgrano Norte – Ruta Provincial N°6: Memoria Descriptiva. Provincia de Buenos Aires Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica. Dirección Provincial De Hidráulica. Recuperado el 24/06/2024 de: https://www.gba.gov.ar/comilu/estado_obras/adecuaci%C3%B3n_del_cauce_de_l_r%C3%ADo_luj%C3%A1n
- DPH (2024). Hidráulica: Cuenca del río Luján. Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos, Subsecretaría de Recursos Hídricos. Recuperado el 5-7-2024 de https://www.gba.gov.ar/hidraulica/conurbano_y_area_metropolitana/cuenca_rio_lujan
- Frassetto, A. (2018). Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
- Fenoglio, E. P. (2019) Inundaciones urbanas y cambio climático: recomendaciones para la gestión. – 1º ed. mejorada. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

- GIZ (2016). El libro de la Vulnerabilidad. Concepto y lineamientos para la evaluación estandarizada de la vulnerabilidad. GIZ (Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo), Adephi y EURAC. Bonn, Alemania.
- González, S. y Torchia, N. (2007). Aportes para la elaboración del marco conceptual. Programa Nacional de Reducción del Riesgo de Desastres y Desarrollo Territorial. Proyecto PNUD.
- Goldberg, S., Jara, S. y Rivero, L. 2014. “Una herramienta para estimar la altura del río frente a riesgos de inundación en la ciudad de Luján.” En C.T. Carballo y S. Goldberg (Dir), *Comunidad e información ambiental del riesgo. Las inundaciones y el río Luján* (pp. 65-80). CABA. Editorial Dunken.
- Herrero, A., Natenzon, C. y Miño, M. (2018). Vulnerabilidad social, amenaza y riesgo frente al Cambio Climático en Aglomerado del Gran Buenos Aires. CIPPEC: Programa de Ciudades, Área de Desarrollo Económico. Documento de Trabajo N° 172. Buenos Aires.
- Herzer, H. (2011). Construcción del riesgo, desastre y gestión ambiental urbana. Perspectivas en debate. En: *REDESMA. Revista virtual*. Vol. 5 (2). Recuperado el 15/06/2024 de: <http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rvr/v5n2/a08.pdf>
- ICO-UNGS. Observatorio del Conurbano Bonaerense (s.f.). Hogares y porcentaje de hogares con al menos un indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas según jurisdicción. Región Metropolitana de Buenos Aires. Años 2001 y 2010. Recuperado el 15/06/2024 de <http://observatorioconurbano.ungs.edu.ar/wp-content/uploads/004-Hogares-y-porcentaje-con-NBI-por-departamento.-2001-2010.pdf>
- Dirección Provincial de Estadística (s.f.). Pilar: Información básica. Recuperado el 15/06/2024 de <https://www.estadistica.ec.gba.gov.ar/dpe/Estadistica/Censo/partidos/pilar/pilar.htm>
- INDEC (2022a). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022. Resultados provisionales. Recuperado el 28/05/2024 de https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/poblacion/cnphv2022_resultados_provisionales.pdf

- INDEC (2022b). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022: condiciones habitacionales de la población, los hogares y las viviendas / 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos - INDEC, 2023. Libro digital, PDF - (Censo nacional de población, hogares y viviendas 2022; 4)
- Lacabana, P. (2021). Gradiente de vulnerabilidad socioambiental en el Partido de Quilmes, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Geográfica*, (164), 39-62. DOI: <https://doi.org/10.35424/regeo.164.2022.1041>
- Lavell, A. (2003). La gestión local del Riesgo. Nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica. Programa Regional para la Gestión del Riesgo en América Central: CEPREDENAC-PNUD. Recuperado de: http://www.desenredando.org/public/libros/2006/ges_loc_riesg/gestion_riesgo_espanol.pdf
- Miño, M. L. (2007). *Identificación y evaluación del riesgo hídrico poblacional frente a la problemática de las inundaciones en el Partido Del Pilar, Provincia de Buenos Aires*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de General Sarmiento.
- Miraglia, M. (2013). *La historia ambiental y los procesos de construcción territorial de dos cuencas hidrográficas de la provincia de Buenos Aires (1776 y 2006)*. Tesis de doctorado. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Filosofía y Letras. Buenos Aires.
- Municipalidad de Pilar (2018). Boletín estadístico municipal - Pilar en números - Gobierno De La Municipalidad de Pilar. Recuperado el 28/05/2024 de https://www.pilar.gov.ar/docs/Estadisticas_de_Pilar.pdf
- Natenzon, C. E. (2015). "Presentación." En: Natenzon, Claudia E. y Diego Ríos – editores–. *Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades. Aportes desde la Geografía y otras ciencias sociales para casos argentinos*. Buenos Aires, Imago Mundi, p. IX-XXV; ISBN 978-950-793-205-2.
- Nemiña, F. y Zajc, T. (2024). *Teledetección SAR: Nivel Introductorio - Guía Práctica*. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la República Argentina. Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). Unidad de Formación Masiva.

ONU-SPIDER: Plataforma de las Naciones Unidas para la gestión de catástrofes y la respuesta a emergencias (2024a). Mapeo Rápido de Inundaciones y sus Impactos Utilizando Datos SAR de Sentinel-1 y Google Earth Engine. Recuperado el 17/06/2024 de <https://www.un-spider.org/es/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-google-earth-engine-flood-mapping/step-by-step>

ONU-SPIDER: Plataforma de las Naciones Unidas para la gestión de catástrofes y la respuesta a emergencias (2024b). Oficina de Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Exterior - UN-SPIDER: Portal de conocimiento. Recuperado el 17/06/2024 de: <https://www.un-spider.org/es>

ONU-SPIDER: Plataforma de las Naciones Unidas para la gestión de catástrofes y la respuesta a emergencias (2024c). Paso a Paso: Práctica Recomendada - Mapeo de Inundaciones. Recuperado el 17/06/2024 de <https://www.un-spider.org/es/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-flood-mapping/step-by-step>

Ortiz, M.A., Matamoro V. y Psathakis J., (2016). Guía para confeccionar un mapeo de actores. Bases conceptuales y metodológicas. Fundación Cambio Democrático. Recuperado de <https://cambiodemocratico.org.ar/wp-content/uploads/2017/03/Gu%C3%ADa-para-confeccionar-un-Mapeo-de-Actores.pdf>

Página 12 (1/05/2018). Denuncian una puesta en escena del macrista Ducoté. En el agua, pero lejos de los inundados. *Página 12*. Recuperado de <https://www.pagina12.com.ar/111769-en-el-agua-pero-lejos-de-los-inundados>

Pereyra, A. B. (2017). Territorio, riesgo y vulnerabilidad ambiental. 1a ed. Universidad Virtual de Quilmes. Bernal, Buenos Aires.

Pilar a Diario (23/12/2023). La Provincia convalidó el Código Urbano de Pilar. *Pilar a diario*. Recuperado de <https://www.pilaradiario.com/politica/la-provincia-convalido-el-codigo-urbano-pilar-n5449942>

Pintos, P. A., y Sgroi, A. M. (2013). Efectos del urbanismo privado en humedales de la cuenca baja del río Luján, provincia de Buenos Aires, Argentina. Estudio de la

- megaurbanización San Sebastián. AUGMDOMUS, 4, 25-48. Recuperado de <https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/432>
- PNUD. (2014). Documento país 2014. Riesgo de Desastres en Argentina. PNUD- Cruz Roja Argentina- Proyecto DIPECHO VII. CABA.
- Poggi, Carlos N. (1987). Introducción a la realidad y pautas programáticas para una acción municipal desarrollista. Movimiento de Integración y Desarrollo, Distrito Pilar. Pilar, Buenos Aires.
- Principi, N. (2022). Cartografía de riesgo a inundaciones como herramienta de apoyo a la planificación territorial. Aplicación a la ciudad de Luján (Argentina). *Revista Geográfica Digital*, (19) 37, 42-59. DOI: <https://doi.org/10.30972/geo.19375202>
- Principi, N. (2023). Simulación del nivel de agua para escenarios de inundación. Aplicación a Luján (Buenos Aires). *Boletín geográfico*, 45, <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s2313903x/s6ka2x4kb>
- Renda E.; Rozas Garay, M.; Moscardini, O., & Torchia, N. (2017). Manual para la elaboración de mapas de riesgo. Programa Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD; Argentina: Ministerio de Seguridad de la Nación. 1a Ed ilustrada. Buenos Aires.
- Reyna, J., Spalletti, P., y Brea, J. D. (2007). Riesgo de inundaciones en el río Luján. Laboratorio de Hidráulica. Instituto Nacional del Agua (INA). Recuperado de <https://repositorio.ina.gob.ar/bitstreams/9eea5ff7-a948-4bd3-bc90-86592bcaec7/download>
- Riorda, M., Fontana, S. y Conrero, S. (2022). La política del riesgo. Construcción social, liderazgo y comunicación. Ed. La Crujía. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Sánchez Caro, A., y Bianchi, J. (2014). Modelación hidrológica a paso diario de la cuenca del río Luján, Provincia de Buenos Aires. En: *2º encuentro de investigadores en Formación en recursos hídricos*. Ezeiza, Buenos Aires.
- Sanguinetti, J. S. (2007). *Vulnerabilidad social: un estudio desde el municipio de Pilar*. Tesis de Maestría. FLACSO. Sede Académica Argentina, Buenos Aires.

- Santaliz, M. J. (2015). *Percepción Ambiental de la población del Barrio Río Luján*. Tesis de Licenciatura. Universidad Del Salvador. Facultad De Historia, Geografía y Turismo. Pilar.
- Sgargi, O.P; Castagneto, R. G. y Figueroa T. A. (1980). Partido del Pilar. Pasado-presente- futuro. Ed. Telas Argentinas SRL. Pilar, Bs As.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos (2023). Recursos Hídricos. La Provincia lanza la web de Riesgo Hídrico. Recuperado el 9/07/2024 de https://www.gba.gov.ar/infraestructura/noticias/la_provincia_lanza_la_web_de_riesgo_h%C3%ADdrico
- Tapella, E., (2023). El mapeo de actores claves: una herramienta al servicio de la Evaluación Participativa. 1a ed. Rivadavia, San Juan, Argentina. Recuperado de <https://evalparticipativa.net/wp-content/uploads/2023/06/MAPEO-DE-ACTORES-CLAVES-E.TAPELLA-EVALPARTICIPATIVA.pdf>
- UNDRR (2022). Oficina de las Naciones Unidas para La Reducción de Riesgo de Desastres. GAR. Informe de Evaluación Global sobre Reducción de Riesgo de Desastres. Nuestro mundo en peligro: Transformar la gobernanza para un futuro resiliente. Ginebra. UNDRR.
- Urgente 24 (18 de agosto de 2015). Suman 5 los muertos por las inundaciones. Urgente 24. Recuperado de <https://urgente24.com/243283-suman-5-los-muertos-por-las-inundaciones>
- Valenzuela, C. O. (2006). Contribuciones al análisis del concepto de escala como instrumento clave en el contexto multiparadigmático de la Geografía contemporánea. *Investigaciones Geográficas*. N°59, p.123-134. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México.
- Valle, M. y Ventura, P. 2023. Evaluación del riesgo hidrometeorológico en el río Luján. El caso del partido de Pilar. En: *IV Congreso Internacional de Geografía Urbana*. Universidad Nacional de Luján. Buenos Aires.
- Valle, Martiniano (2004). *Análisis de la localización de las estaciones de servicio en el Partido de Pilar (Provincia de Buenos Aires)*. Tesis de la Licenciatura en Información Ambiental. Universidad Nacional de Lujan. Lujan, Buenos Aires.

- Vidal-Koppmann (2007). *Transformaciones socio-territoriales de la región metropolitana de Buenos Aires en la última década del siglo XX. La incidencia de las urbanizaciones privadas en la fragmentación de la periferia*. Tesis de doctorado en ciencias sociales. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- Zumalave Rey, B, Dueñas, J, Roca M. J. (2016). Alerta temprana de inundaciones para productores De la cuenca del río Luján: experiencias en la Estación Experimental Agropecuaria AMBA, INTA. En: *3° Encuentro de investigadores en Formación en Recurso Hídricos*. Ezeiza, Buenos Aires.