



SEDE EDUCATIVA UNIVERSITARIA ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR



TRABAJO FINAL INTEGRADOR

Umbrales de Precipitaciones y Alertas de Inundaciones en la Provincia de Buenos Aires

Autor: Rubén Andres GUERRERO

Año: 2025

INDICE

1. RESUMEN.....	3
2. INTRODUCCIÓN.....	4
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
4. OBJETIVOS.....	6
5. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
6. METODOLOGÍA.....	9
7. DESARROLLO Y ANÁLISIS.....	11
8. CONCLUSIONES.....	14
9. ANEXOS	15
10. BIBLIOGRAFÍA	21

1. Resumen

El presente Trabajo Final Integrador aborda la problemática de las precipitaciones intensas y su relación con los anegamientos e inundaciones en distintos partidos de la Provincia de Buenos Aires. A partir del análisis de datos históricos, bibliografía especializada y fuentes oficiales como el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el Instituto Nacional del Agua (INA), la Autoridad del Agua (ADA) y organismos de cuenca como ACUMAR y COMIREC, se establecen umbrales prácticos de precipitación capaces de anticipar situaciones de riesgo hídrico.

El propósito del estudio es desarrollar una herramienta de alerta temprana basada en umbrales de lluvia, considerando factores como la intensidad, la duración, la humedad antecedente del suelo y los condicionantes geográficos e hidrológicos. Para ello, se elaboran fichas de riesgo por cuenca (Reconquista, Matanza–Riachuelo, Luján y Salado), una tabla comparativa y un prototipo funcional de aplicación web que integra estas variables.

En mi puesto de trabajo, este tipo de problemática representa un aspecto crítico dentro del análisis y la toma de decisiones operativas. Por este motivo, el presente trabajo también contempla la posibilidad de integrar el sistema desarrollado al SIGEA (Sistema de Información Geográfica del Ejército Argentino), que ya opera con bases de datos geoespaciales y herramientas SIG que permitirían potenciar la eficiencia y el alcance de la aplicación.

El trabajo constituye así una primera aproximación académica y operativa hacia un sistema de monitoreo y alerta temprana que, una vez validado con organismos competentes, podría integrarse al ámbito institucional para fortalecer la gestión del riesgo hídrico en la Provincia de Buenos Aires.

2. Introducción

Las precipitaciones intensas y los eventos de inundación constituyen uno de los fenómenos naturales de mayor impacto socioambiental en la Provincia de Buenos Aires. La combinación entre sistemas atmosféricos de gran escala, condiciones locales del suelo, características geomorfológicas y niveles variables de urbanización genera un escenario complejo, donde un mismo volumen de lluvia puede producir efectos muy diferentes según la cuenca hídrica y el estado previo del terreno. En este contexto, la identificación de umbrales críticos de precipitación —aquellos valores que, al superarse, aumentan significativamente la probabilidad de anegamientos— se convierte en una herramienta fundamental para la gestión del riesgo hídrico. Desde la perspectiva operativa, esta problemática adquiere especial relevancia en el ámbito en el que desempeño mis funciones. El análisis del ambiente geográfico y meteorológico forma parte central de las tareas de apoyo a la planificación, la evaluación del terreno y la toma de decisiones. La posibilidad de anticipar eventos de inundación mediante umbrales validados permite no solo optimizar la respuesta ante emergencias, sino también fortalecer las capacidades propias de movilidad, despliegue, logística y apoyo a la comunidad en situaciones críticas. La Provincia de Buenos Aires presenta además un entramado hidrológico altamente sensible, conformado por cuencas como el Reconquista, el Matanza–Riachuelo, el Luján y el Salado, cada una con comportamientos propios, niveles de intervención humana distintos y múltiples antecedentes de eventos severos. Estudios como los de Cellone, Borzi y Carol (2023) y el clásico trabajo de Scarpati y Benítez (2005) han demostrado que, más allá de la magnitud de la precipitación, la humedad antecedente del suelo y las condiciones urbanas de drenaje son factores críticos para la generación de anegamientos. Estos aportes científicos permiten construir un marco conceptual robusto en el cual se apoya este trabajo.

El presente TFI surge entonces de la necesidad de integrar información meteorológica, hidrológica y geoespacial para obtener umbrales de precipitación aplicables al territorio bonaerense, con el objetivo de generar alertas tempranas más eficientes. Como complemento práctico, se desarrolla un prototipo de aplicación que permite cargar milímetros precipitados, duración del evento, partido afectado y condiciones amplificadoras (como sudestada o saturación del suelo), generando automáticamente un nivel de alerta.

A su vez, este trabajo explora la posibilidad de articular dicha herramienta con el SIGEA (Sistema de Información Geográfica del Ejército Argentino), una plataforma institucional que integra datos geoespaciales de todo el país y que, por su infraestructura tecnológica, representa un entorno ideal para la incorporación futura del sistema de umbrales aquí propuesto. Esta integración

permitiría ampliar el valor operativo del proyecto, facilitando su uso en análisis territoriales, despliegues, evaluaciones de riesgo y apoyo a la comunidad.

En síntesis, esta introducción presenta el contexto geográfico, institucional y conceptual que fundamenta la elaboración del presente TFI, cuyo propósito final es contribuir al fortalecimiento de las capacidades de monitoreo, análisis y respuesta frente a eventos de precipitaciones intensas y posibles inundaciones en la Provincia de Buenos Aires.

3. Planteamiento del Problema

Las inundaciones y los anegamientos por precipitaciones intensas representan uno de los riesgos ambientales más frecuentes y de mayor impacto en la Provincia de Buenos Aires. La combinación entre eventos de lluvia de corta duración pero alta intensidad, cuencas urbanizadas con drenaje limitado, suelos saturados y fenómenos amplificadores como sudestadas o repuntes del Río de la Plata provoca que numerosos partidos bonaerenses ingresen recurrentemente en situaciones de emergencia. Sin embargo, a pesar de la frecuencia de estos episodios, la determinación de umbrales prácticos de precipitación aplicables a cada cuenca o municipio continúa siendo un desafío, debido a la variabilidad geoambiental y a la ausencia de un sistema operativo unificado.

En el ámbito en el que desempeño mis funciones, esta problemática se observa de manera directa. La disponibilidad de información hidro-meteorológica confiable y oportuna condiciona tanto la planificación operativa como la capacidad de respuesta ante eventos que puedan afectar la movilidad, las comunicaciones, el despliegue y eventualmente el apoyo a la población civil. La ausencia de un sistema que integre umbrales de lluvia, variables hidrológicas y factores amplificadores dificulta la anticipación efectiva de escenarios de riesgo, especialmente en cuencas críticas como el Reconquista, el Matanza–Riachuelo, el Luján y el Salado.

Actualmente existen múltiples fuentes oficiales de información —SMN, INA, ADA, ACUMAR, COMIREC— pero no están integradas en una herramienta única que permita evaluar rápidamente si un evento de precipitación supera umbrales relevantes para un territorio específico. Tampoco existe un mecanismo estandarizado que facilite la incorporación de estos umbrales al análisis geoespacial institucional. Esto limita la capacidad operativa para generar alertas tempranas en tiempo real y dificulta la toma de decisiones basada en evidencia.

En este marco, surge la necesidad de desarrollar un sistema que permita identificar, parametrizar

y aplicar umbrales de precipitación prácticos por cuenca y por partido, integrando variables meteorológicas, hidrológicas y geográficas. A su vez, se plantea explorar la factibilidad de incorporar esta herramienta al SIGEA (Sistema de Información Geográfica del Ejército Argentino), lo que permitiría centralizar la información y ampliar su utilidad en actividades de análisis, planificación y apoyo operativo.

El problema central de investigación puede sintetizarse del siguiente modo:

¿Cómo definir y aplicar umbrales de precipitación por cuenca y partido en la Provincia de Buenos Aires para anticipar eventos de inundación, y de qué manera estos umbrales pueden integrarse en una herramienta operativa geoespacial que fortalezca la capacidad de análisis y respuesta en el ámbito donde desempeño mis funciones?

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema de umbrales de precipitación capaz de anticipar eventos de inundación en distintos partidos de la Provincia de Buenos Aires, integrando variables meteorológicas, hidrológicas y geoespaciales, y evaluar su potencial incorporación al SIGEA para mejorar la capacidad de análisis, planificación y respuesta operativa.

4.2 Objetivos Específicos

1. Relevar y sistematizar datos históricos de precipitaciones e inundaciones registrados por organismos nacionales y provinciales (SMN, INA, ADA, ACUMAR, COMIREC), incorporando también experiencias documentadas en distintas provincias del país.
2. Determinar umbrales críticos de precipitación por cuenca y por partido, considerando la saturación del suelo, el relieve local, la urbanización y los factores amplificadores como sudestadas o crecidas de cursos de agua.
3. Diseñar y desarrollar un prototipo funcional de aplicación digital que permita evaluar, de manera simple y operativa, la superación de umbrales de precipitación y generar alertas tempranas orientadas a la toma de decisiones.
4. Analizar la factibilidad de integrar el sistema de umbrales al SIGEA, explorando sus capacidades geoespaciales, su arquitectura de datos y los beneficios operativos de contar con una herramienta que unifique información para todo el país.
5. Evaluar el impacto operativo del sistema en actividades de planificación, movilidad, logística y

apoyo a la comunidad, proponiendo mejoras escalables que permitan su futura implementación institucional.

5. Fundamentación Teórica

5.1 La precipitación como variable meteorológica crítica

La precipitación es uno de los componentes fundamentales del ciclo hidrológico y uno de los fenómenos atmosféricos que mayor impacto tiene sobre la dinámica territorial. Su estudio no se limita a los milímetros acumulados, sino a su intensidad, duración, distribución espacial y frecuencia. Un mismo acumulado puede producir efectos totalmente distintos según la cuenca y el estado previo del suelo. Este concepto es clave para entender por qué la anticipación debe construirse a partir de umbrales territoriales específicos.

En meteorología operativa, el SMN define valores umbrales para eventos intensos, pero estos no contemplan las diferencias entre cuencas urbanas, mixtas o rurales. Esta falta de especificidad hace que los pronósticos no siempre reflejen la magnitud del riesgo real en cada municipio. Por ello, este TFI propone un enfoque territorializado, donde la lluvia es interpretada según su impacto esperado en cada cuenca.

5.2 Hidrología en territorios planos: el rol del suelo antecedente

La Provincia de Buenos Aires se caracteriza por su relieve extremadamente plano. Esta condición inhibe el escurrimiento natural y hace que el estado del suelo antes del evento (humedad antecedente) determine si una precipitación producirá o no un anegamiento. Investigaciones recientes, como las de Cellone, Borzi y Carol (2023), demuestran que un suelo previamente saturado multiplica el impacto de lluvias moderadas.

En la práctica operativa esto se observa de forma clara: muchas inundaciones no se explican por la lluvia del día del evento, sino por la acumulación de días previos. Una precipitación de 40 mm puede ser inocua un día, y crítica al siguiente, dependiendo de la capacidad de infiltración. Este concepto fundamenta la inclusión del acumulado semanal como variable en el sistema de umbrales.

5.3 Urbanización, impermeabilización y vulnerabilidad creciente

La urbanización transforma profundamente la dinámica hidrológica. El incremento de superficies impermeables —asfalto, techos, veredas— reduce la infiltración y acelera el escurrimiento superficial. Scarpati y Benítez (2005) demostraron que la impermeabilización modifica el tiempo de respuesta de las cuencas, incrementando la probabilidad de inundaciones rápidas.

Este patrón es especialmente evidente en cuencas como Reconquista y Matanza–Riachuelo, donde la densidad urbana es tan alta que lluvias de intensidad moderada ya producen anegamientos. Por eso, los umbrales aquí son más bajos que en cuencas rurales o mixtas. El drenaje urbano, además, suele estar sobreexigido, lo que agrava la situación.

5.4 Umbrales de precipitación como herramienta operativa

El concepto de “umbral” es central en este trabajo. Un umbral operativo es un valor de referencia que, al superarse, indica un incremento significativo del riesgo. La literatura y la experiencia operacional muestran que los umbrales deben considerar múltiples ventanas temporales (1, 3, 6, 12, 24 y 48 h) y factores amplificadores (sudestada, crecida del río, saturación del suelo).

La relevancia de este enfoque es que permite pasar de un pronóstico general (“lloverán 80 mm”) a una acción concreta (“80 mm superan el umbral crítico de la cuenca del Reconquista; es necesario activar alerta”). La anticipación deja de ser genérica y se vuelve geoespecífica.

5.5 Antecedentes históricos como validación

Los eventos históricos analizados —La Plata 2013, Areco 2009, norte bonaerense 2015, inundaciones del Salado 2003, Comodoro 2017, NEA 2019— evidencian que las inundaciones severas suelen repetirse bajo patrones de precipitación similares. Esta recurrencia permite validar los umbrales definidos. Si un evento previo generó inundaciones con determinado valor, ese valor debe considerarse crítico para futuras alertas.

Sin embargo, estos datos, aunque existen en múltiples organismos, no se integran de manera operativa. En SIGEA se registran eventos pasados, pero el sistema no utiliza esa información para anticipar futuros escenarios. Esto representa una brecha que el presente TFI busca cubrir.

5.6 Dimensión geoespacial: SIG y SIGEA

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) permite integrar datos espaciales, visualizar tendencias y comprender el territorio de manera integral. El SIGEA, utilizado institucionalmente, es el entorno ideal para alojar el sistema de umbrales porque ya tiene capas de cuencas, rutas, unidades, infraestructura y registros históricos.

La integración entre los umbrales propuestos y el SIGEA permitiría generar alertas automáticas basadas en datos en tiempo real, colocando sobre el mapa los partidos que superan valores críticos. Esta capacidad transformaría al SIGEA de un sistema de archivo a una herramienta predictiva, aumentando sustancialmente su valor operativo.

6. Metodología

6.1 Relevamiento de fuentes oficiales y científicas

El primer paso metodológico consistió en identificar, recopilar y sistematizar información proveniente de organismos especializados en meteorología, hidrología y gestión ambiental. Se revisaron documentos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el Instituto Nacional del Agua (INA), la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires (ADA), ACUMAR y COMIREC. También se incluyeron estudios académicos como los de Cellone, Borzi y Carol (2023) y Scarpati & Benítez (2005), los cuales aportan fundamentos claves para comprender la dinámica de inundaciones en territorios urbanos y rurales. Este relevamiento permitió construir una base conceptual sólida para el desarrollo de umbrales territoriales de precipitación.

6.2 Identificación de variables críticas para los umbrales

A partir de la bibliografía y de la experiencia operativa se seleccionaron las variables que determinan si una precipitación puede producir anegamientos. Entre ellas: intensidad (mm/h), acumulados en 1, 3, 6, 12, 24 y 48 horas, humedad antecedente del suelo, nivel de impermeabilización urbana, pendiente, tipo de cuenca, capacidad de drenaje, saturación previa y factores amplificadores como sudestadas, crecidas o mareas altas. Estas variables fueron integradas para construir umbrales prácticos diferenciados por cuenca.

6.3 Construcción de fichas por cuenca y tabla comparativa

Con base en los datos recopilados se elaboraron fichas completas para las cuencas del Reconquista, Matanza–Riachuelo, Luján y Salado. Cada ficha incluyó: partidos afectados, umbrales preliminares, factores amplificadores, tiempos de respuesta hidrológica y antecedentes históricos relevantes. Posteriormente se construyó una tabla comparativa que sintetiza las diferencias operativas entre cuencas urbanas, mixtas y rurales. Esta tabla servirá también como insumo para el desarrollo de la aplicación.

6.4 Desarrollo del prototipo digital

Mientras avanzaba la fase teórica se desarrolló un prototipo funcional en JavaScript. El objetivo fue validar la lógica de umbrales y comprobar su aplicabilidad operativa. El prototipo permite ingresar milímetros precipitados, duración del evento, partido afectado y condiciones amplificadoras (como sudestada o saturación). A partir de estos parámetros, la herramienta determina automáticamente el nivel de alerta. Aunque la intención era abarcar toda la provincia, por cuestiones de tiempo y carga de datos se realizó una version inicial para tres municipios, demostrando la viabilidad del método.

6.5 Observación operativa del SIGEA

Un punto clave de la metodología fue analizar cómo se utiliza actualmente el SIGEA en el ámbito institucional. Se observó que el Sistema registra eventos pasados (inundaciones, incendios, tormentas, etc.) pero no emplea esos datos para anticipar futuros escenarios. La información existe, pero queda archivada. Esta observación permitió orientar el diseño de este TFI hacia una herramienta que transforme el SIGEA en un sistema predictivo, capaz de generar alertas cuando un evento actual replica condiciones históricas de riesgo.

6.6 Validación conceptual mediante antecedentes históricos

Los umbrales definidos fueron comparados con eventos reales de La Plata 2013, Areco 2009, norte bonaerense 2015, inundaciones del Salado 2003, Comodoro Rivadavia 2017 y eventos recientes en el NEA y Buenos Aires. Esta comparación demostró que los umbrales propuestos coinciden con los valores que provocaron inundaciones significativas, validando así la coherencia del modelo.

6.7 Enfoque metodológico integrado

La metodología combina análisis cualitativo, cuantitativo, geoespacial y operativo. Se emplearon datos oficiales, revisión bibliográfica, procesamiento conceptual de umbrales, construcción de herramientas prototipo y análisis dentro de un sistema institucional como el SIGEA. Este enfoque mixto asegura que los resultados no solo sean académicamente sólidos, sino también aplicables a la práctica y útiles para la toma de decisiones a nivel operativo.

7. Desarrollo y Análisis

7.1 Análisis general del riesgo hídrico en la Provincia de Buenos Aires

La Provincia de Buenos Aires presenta una vulnerabilidad hidrológica estructural determinada por factores geomorfológicos, hidrológicos y urbanos. Su relieve plano dificulta el escurrimiento natural del agua, generando acumulación incluso en eventos de lluvia moderada. La saturación previa del suelo y la variabilidad espacial en la capacidad de drenaje hacen que los impactos sean distintos en cada partido. Este comportamiento diferenciado explica por qué un mismo evento de precipitación puede provocar anegamientos en áreas urbanas densas (como Matanza o Tres de Febrero) mientras que en zonas rurales el agua demora más en acumularse o es absorbida con mayor facilidad. La combinación de urbanización acelerada, cursos de agua entubados y obras de drenaje sobreexigidas contribuye a explicar gran parte de los eventos de inundación registrados en los últimos años.

7.2 Análisis por cuencas

7.2.1 Cuenca del Río Reconquista

Cuenca altamente urbanizada con uno de los drenajes más sensibles del AMBA. Su respuesta es extremadamente rápida debido a la impermeabilización. Con lluvias de 50–70 mm ya se observan anegamientos importantes, y superando los 100 mm pueden producirse desbordes y cortes de accesos. Factores amplificadores incluyen marea alta y sudestada.

7.2.2 Cuenca Matanza–Riachuelo

Una de las cuencas más vulnerables del país. Las lluvias de 40–60 mm generan anegamientos, y más de 90 mm en pocas horas producen inundaciones generalizadas. La pendiente nula y el impacto directo de las mareas convierten esta cuenca en prioritaria para sistemas de alerta temprana.

7.2.3 Cuenca del Río Luján

Cuenca extensa de respuesta lenta. La precipitación en la cuenca alta es determinante para prever crecidas entre 12 y 48 horas después. Eventos de 90 mm en cuenca alta producen crecidas significativas río abajo. Presenta recurrencia histórica de inundaciones.

7.2.4 Cuenca del Río Salado

La cuenca más extensa de la provincia. Su respuesta es lenta, pero sostenida: acumulados de 120 mm o más en períodos cortos producen desbordes que afectan zonas rurales y ciudades intermedias. La saturación del suelo es un factor determinante.

7.3 Tabla comparativa de cuencas

Cuenca	Umbral de Alerta	Riesgo Alto	Factores Amplificadores	Tiempo de Respuesta
Reconquista	50–70 mm	>100 mm	Sudestada, Marea alta	0–12 h
Matanza– Riachuelo	40–60 mm	>90 mm	Mareas >3m	0–8 h
Luján	40–60 mm (cuenca alta)	>90 mm (cuenca alta)	Lluvias combinadas	12–48 h
Salado	>50 mm	>120 mm	Saturación prolongada	3–7 días

7.4 Antecedentes históricos de inundaciones

Los eventos históricos de inundación permiten validar los umbrales propuestos. Entre los más relevantes se encuentran:

- La Plata 2013: más de 300 mm en pocas horas provocaron anegamientos masivos.
- Areco 2009: crecida súbita tras lluvias moderadas en cuenca alta.
- Norte bonaerense 2015: lluvias persistentes generaron saturación del suelo y desbordes múltiples.
- Salado 2003: evento prolongado que afectó miles de hectáreas rurales.
- Comodoro Rivadavia 2017: caso extremo de lluvia intensa en zona árida.
- Eventos 2025 en Buenos Aires: precipitaciones superiores a 150 mm causaron miles de afectados.

Estos episodios muestran que cuando un valor de precipitación supera un umbral crítico, el impacto se repite de forma consistente, justificando la necesidad de un sistema predictivo.

7.5 Prototipo funcional desarrollado

Se desarrolló un prototipo digital en JavaScript capaz de evaluar niveles de alerta en función de los umbrales establecidos. El usuario puede ingresar milímetros precipitados, duración del evento, partido afectado y condiciones amplificadoras. La herramienta genera automáticamente el nivel de alerta. Este prototipo permite validar el modelo y sirve como base para futuras mejoras e integración institucional.

The screenshot shows a web application titled "Alerta por Lluvias · Umbrales prácticos + Escurrimiento – PBA". Below the title is a subtitle: "Prototipo v2 — Integra umbrales (24 h) con infiltración/escurrimiento y capacidad de drenaje por partido".

The main interface is divided into two sections: "Parámetros del evento" and "Resultado".

Parámetros del evento: This section contains four input fields: "Partidos" (a dropdown menu showing "José C. Paz"), "Lluvia acumulada (mm)" (a text input with "100"), "Duración (h)" (a text input with "48"), and "Tipo de evento" (a dropdown menu showing "Estratiforme (uniforme)"). Below these fields are two buttons: "Calcular" (in blue) and "Limpiar" (in grey).

Resultado: This section displays the results of the calculation. It starts with "José C. Paz · Cuenca: Reconquista". Below this, it shows "Evento: 100.0 mm en 48 h (estratiforme) · P_{eq24}: 50.0 mm". Then, it displays three risk levels: "Riesgo por umbrales: Por retraso de umbrales" (in a green box), "Riesgo por demanda: Demanda moderada" (in an orange box), and "Riesgo final: Moderado" (in an orange box).

At the bottom, there are three columns of data:

- Umbrales prácticos (24 h):** A list of thresholds: "Amarillo ≥ 99.0 mm/24h" and "Naranja ≥ 111.0 mm/24h".
- Detalle hídrico:** A list of hydrological details: "Infiltración básica (tasa × t): 100.0 mm (tasa 3.5 mm/h)" and "Infiltración SCS (P, Q): 39.0 mm (CN=85)".
- Parámetros del partido:** A list of party parameters: "Suelo: Arcilloso", "CN: 85", and "T: 5 h".

Figura 1. Prototipo del sistema de umbrales desarrollado por el autor.

7.6 Integración del sistema al SIGEA

El SIGEA dispone de información histórica valiosa sobre inundaciones, anegamientos, incendios y otros eventos de interés institucional. Sin embargo, actualmente funciona como repositorio y no como sistema predictivo. La integración del sistema de umbrales permitiría transformar estos registros en alertas anticipadas basadas en patrones recurrentes.

Una integración adecuada permitiría:

- Visualizar en tiempo real qué partidos superan umbrales críticos.
- Superponer capas de lluvia, saturación, rutas y unidades.
- Activar avisos automáticos cuando un evento replica condiciones históricas.
- Mejorar la capacidad de despliegue y apoyo a la comunidad.

Esta integración convertiría al SIGEA en una herramienta operativa predictiva, incrementando su valor estratégico.

8. Conclusiones

El desarrollo de este Trabajo Final Integrador permitió evidenciar que la precipitación, aunque constituye el detonante inmediato de los anegamientos e inundaciones, no es el único factor que determina la magnitud del impacto. La condición del suelo, el grado de urbanización, la capacidad de drenaje y las características propias de cada cuenca operan como moduladores que transforman un mismo evento meteorológico en escenarios muy distintos según el territorio.

El análisis de cuencas —Reconquista, Matanza–Riachuelo, Luján y Salado— demuestra la necesidad de adoptar umbrales de precipitación diferenciados. Un umbral único para toda la provincia no solo sería ineficaz, sino que podría conducir a interpretaciones erróneas en la toma de decisiones operativas. La evidencia histórica de inundaciones severas en Buenos Aires y en el interior del país confirma que ciertos valores de precipitación se repiten como condiciones críticas, y que cuando ello ocurre, los efectos suelen ser recurrentes.

El prototipo desarrollado durante este trabajo, aunque inicial, valida conceptualmente la posibilidad de transformar los umbrales en una herramienta operativa útil. La capacidad de ingresar milímetros, duración, partido y condiciones amplificadoras constituye una base funcional que puede ampliarse, perfeccionarse y escalarse a nivel provincial o nacional.

Asimismo, el análisis del SIGEA evidencia una brecha crítica: el sistema almacena datos históricos valiosos, pero no los convierte en alertas anticipadas. Este trabajo demuestra que la integración del sistema de umbrales al SIGEA permitiría transformar una Plataforma histórica en una herramienta predictiva, facilitando la planificación operativa, la movilidad, la logística y el apoyo a la comunidad.

Finalmente, las conclusiones apuntan a un objetivo mayor: mejorar la capacidad institucional de anticipación frente a eventos hidrometeorológicos severos. Un sistema que unifique datos, los interprete mediante umbrales y los integre a un entorno geoespacial constituye un avance significativo en la gestión del riesgo hídrico en la Provincia de Buenos Aires y en el ámbito operativo donde desempeño mis funciones.

9. Anexos

Anexo B – Mapas oficiales de cuencas

Figura B1 – Cuenca Matanza–Riachuelo (ADA)

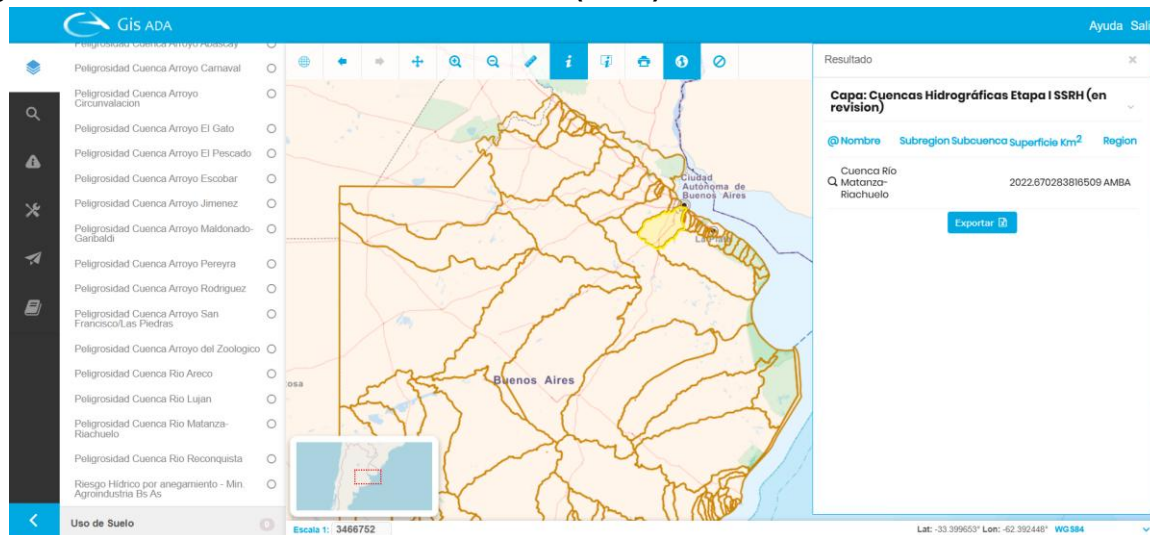


Figura B1 – Delimitación oficial de la Cuenca Matanza–Riachuelo. Fuente: GIS ADA.

Figura B2 – Cuenca del Río Reconquista (ADA)

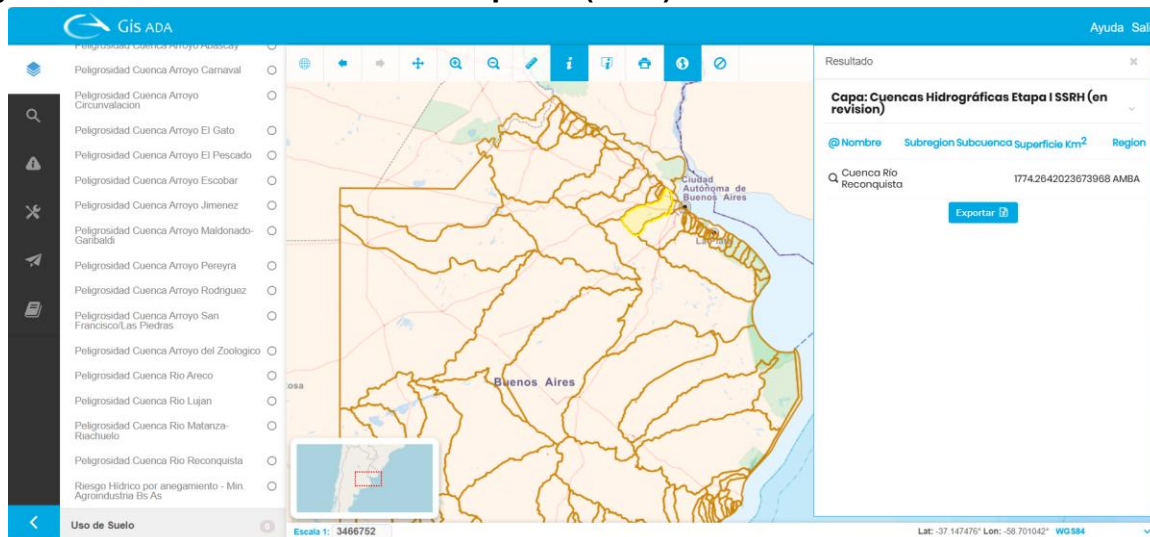


Figura B2 – Delimitación oficial de la Cuenca del Río Reconquista. Fuente: GIS ADA.

Figura B3 – Cuenca del Río Luján (ADA)

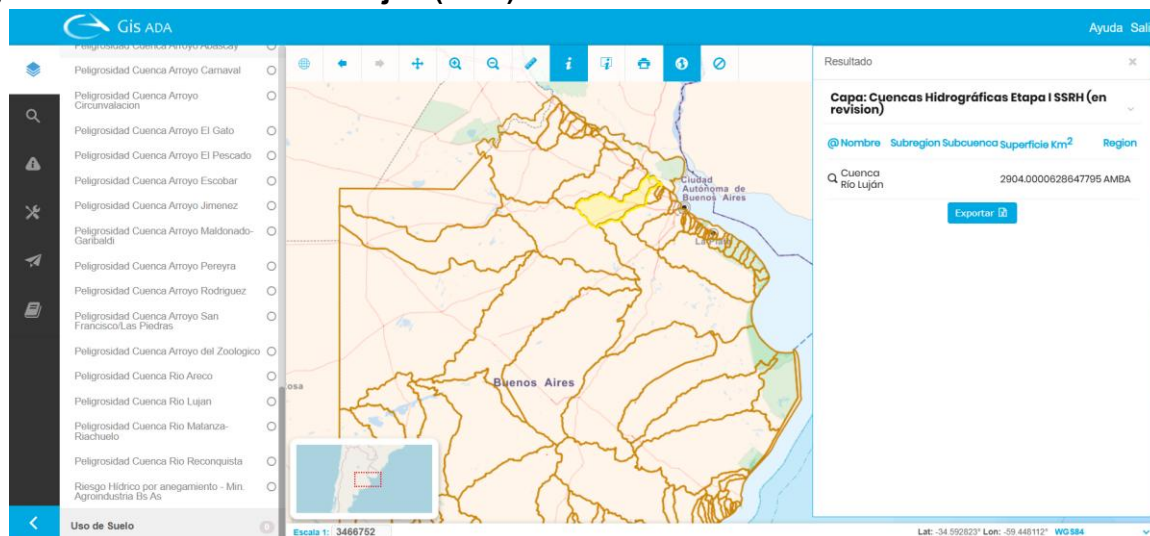


Figura B3 – Delimitación oficial de la Cuenca del Río Luján. Fuente: GIS ADA.

Figura B4 – Cuenca del Río Salado (PBA)

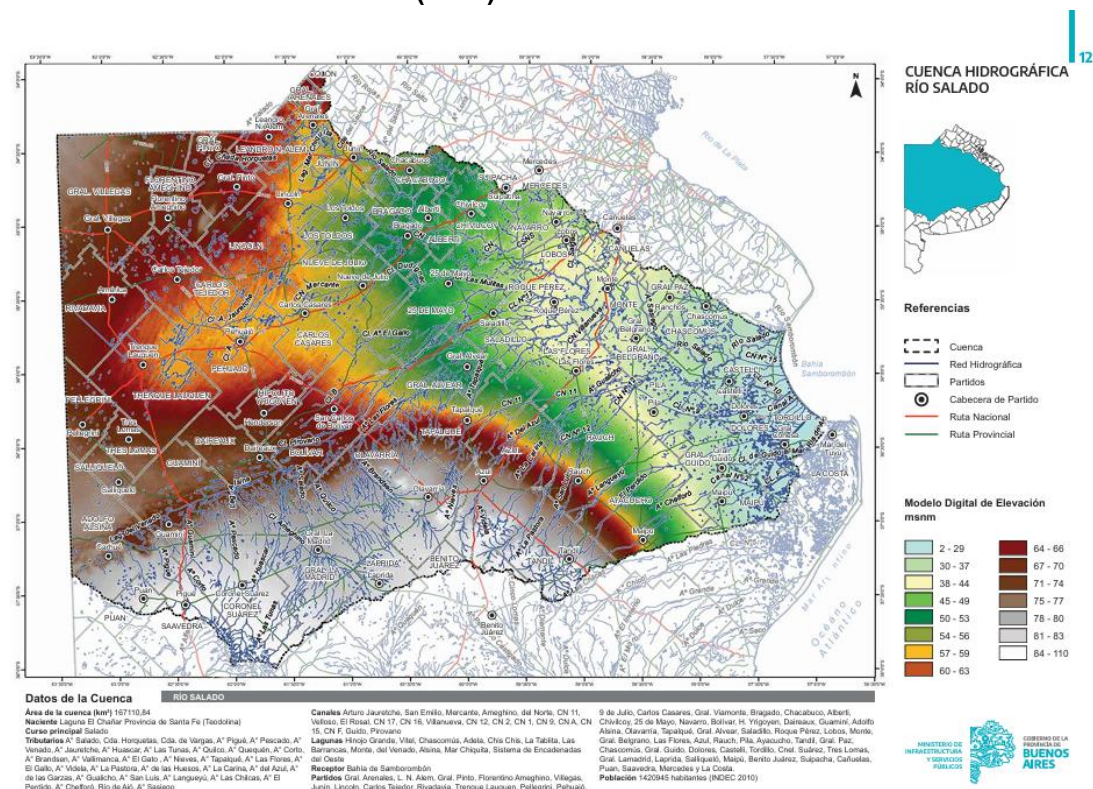


Figura B4 – Cuenca Hidrográfica del Río Salado. Fuente: Ministerio de Infraestructura y Servicios Públicos, Gobierno de la Provincia de Buenos Aires.

Anexo C – Fotografías de inundaciones en Argentina

Figura C1 – Inundación en el AMBA



Figura C1 – Vista aérea de inundaciones en el área metropolitana de Buenos Aires.

Figura C2 – Inundación en zona urbana



Figura C2 – Inundación en ciudad del interior con vías principales anegadas.

Figura C3 – Crecida en zona serrana



Figura C3 – Daños por crecida súbita en región serrana (Sierras Chicas, Córdoba).

Figura C4 – Inundación extendida en llanura



Figura C4 – Inundaciones generalizadas en zonas bajas de la Provincia de Buenos Aires.

Figura C5 – Inundación en Patagonia



Figura C5 – Vehículo semienterrado por inundación y barro en ciudad patagónica (Comodoro Rivadavia).

Anexo E – SIGEA y dimensión geoespacial

Figura E1 – SIGEA: Información meteorológica

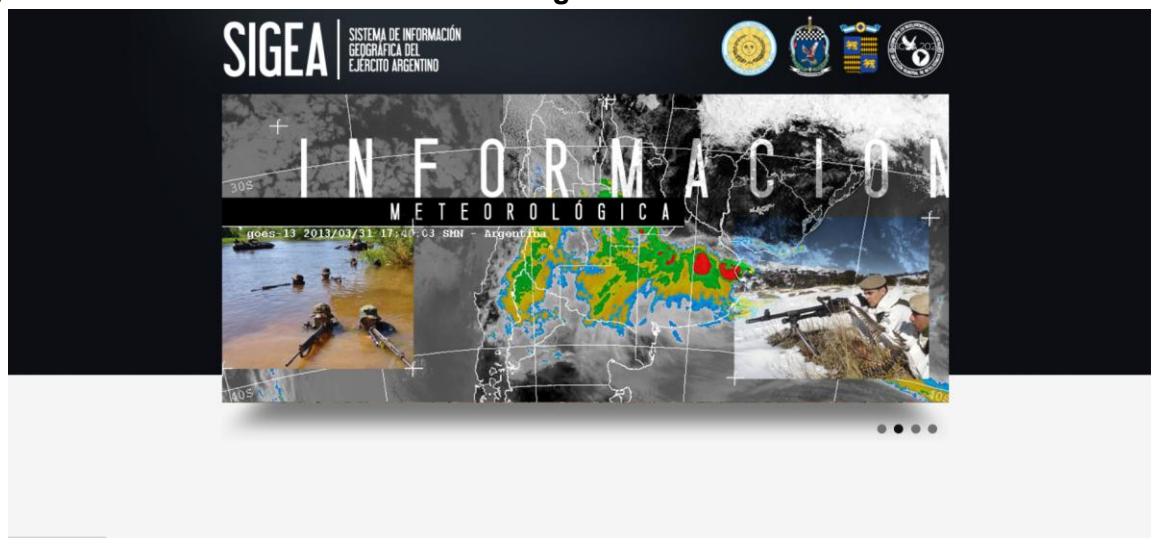


Figura E1 – Pantalla institucional de SIGEA con productos de información meteorológica.

Figura E2 – SIGEA: Servicios IDE



Figura E2 – Representación de servicios IDE y capas geoespaciales en SIGEA.

10. Bibliografía

Cellone, C., Borzi, S., & Carol, E. (2023). Estudios de hidrología urbana y procesos de saturación en cuencas densamente urbanizadas.

Scarpati, O., & Benítez, A. (2005). Variabilidad climática e inundaciones en la llanura pampeana. Revista de Geografía.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Datos y reportes de precipitación.
<https://www.smn.gob.ar>

Instituto Nacional del Agua (INA). Informes de monitoreo hidrológico.

Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires (ADA). Mapa de Riesgo Hídrico Provincial.

ACUMAR. Informes técnicos de la Cuenca Matanza–Riachuelo.

COMIREC. Documentos sobre la Cuenca del Río Reconquista.

Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. Atlas de cuencas y regiones hídricas.