

APORTES PARA UNA CARTOGRAFÍA DE RIESGO DE INUNDACIÓN Y LA REPRESENTACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN GRAN LA PLATA, BUENOS AIRES.

David Schomwandt**1

Nora Claudia Lucioni**2

María Isabel Andrade**3

RESUMEN

El riesgo es una construcción social. Esto no ha sido tenido suficientemente en cuenta en la gestión de áreas con recurrente fenómenos de exceso hídrico. Por otra parte, la vulnerabilidad social se define por las condiciones sociales, económicas, culturales e institucionales de una sociedad, previas a la ocurrencia de un evento catastrófico que la predispone para sufrir o evitar daños.

El presente trabajo resume los resultados de una exhaustiva tarea de procesamiento y análisis de información espacial referente a las condiciones del entorno físico y su componente social del Gran La Plata.

El principal resultado es la expresión cartográfica obtenida a partir del análisis espacial multivariado, el cual es propuesto como herramienta en la valoración y gestión del riesgo, al lograr establecer una zonificación con la ayuda de la combinación de mapas de niveles de peligrosidad, vulnerabilidad y exposición. La línea de investigación que se persigue en este trabajo considera a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en combinación con la teledetección, una herramienta fundamental al momento de desarrollar modelos de exposición y vulnerabilidad en el área de estudio.

Palabras claves: vulnerabilidad, riesgo hídrico, sensores remotos, SIG.

¹ Centro de Investigaciones Geográficas. IdIHCS. Facultad de Humanidades y Ciencias de Educación. Universidad Nacional de La Plata. schomwandt@gmail.com

² Centro de Investigaciones Geográficas. IdIHCS. Facultad de Humanidades y Ciencias de Educación. Universidad Nacional de La Plata. noraclucioni@gmail.com

³ Centro de Investigaciones Geográficas. IdIHCS. Facultad de Humanidades y Ciencias de Educación. Universidad Nacional de La Plata. miandrade1911@gmail.com

INTRODUCCIÓN

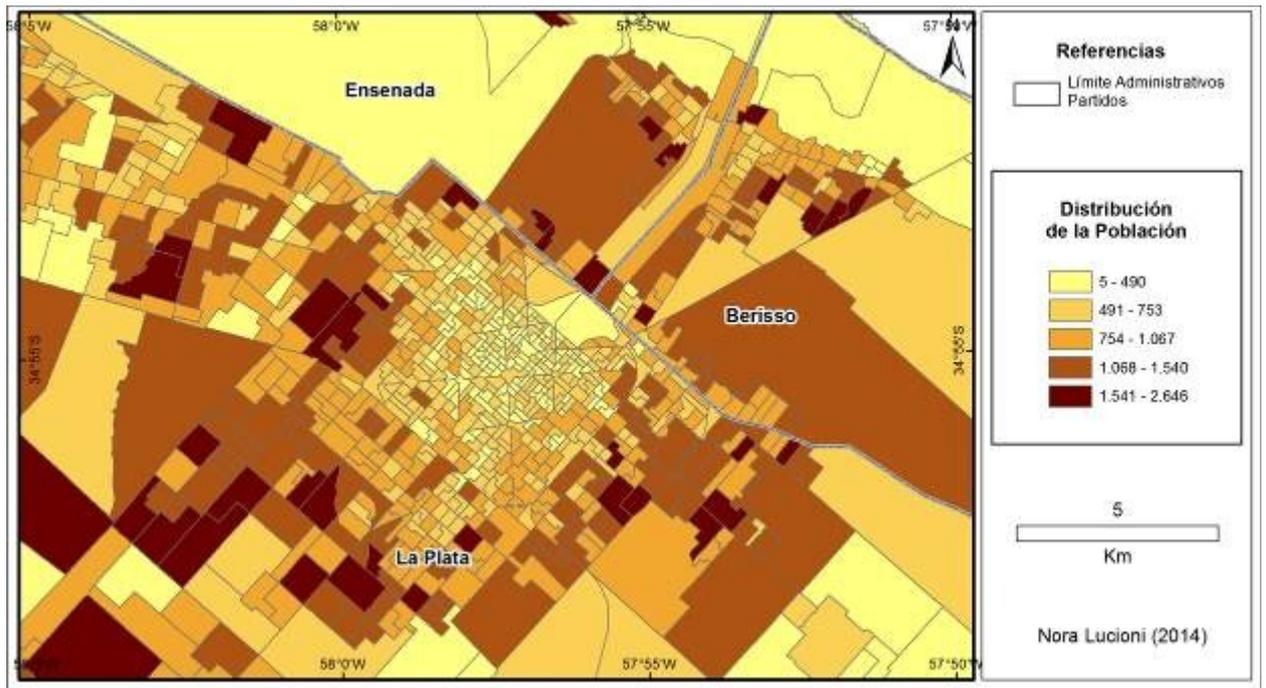
El área de estudio se localiza en el Gran La Plata la cual es una pequeña porción que conforma parte del extremo oriental de la llanura pampeana, sometida históricamente a eventos hidrológicos extremos tanto de déficit como de excedentes hídricos (Figura 1).

El aglomerado de Gran La Plata está integrado por los Partidos de Berisso, Ensenada y La Plata, en la Provincia de Buenos Aires, Argentina (Figura 2).

Figura 1: Área de estudio.



Figura 2: Distribución de la población por radio censal según INDEC (2010) de los Partidos del Gran La Plata.



El objetivo del trabajo es la obtención de una cartografía preliminar riesgo de inundación del Gran La Plata a partir de relacionar los agentes naturales y el entorno social que derivan del proceso de inundación mediante la utilización de herramientas de análisis espacial e información proveniente de los sensores remotos.

El marco de análisis de este trabajo, consiste en el tratamiento de las inundaciones desde la Teoría Social del Riesgo, según la cual se estudian los riesgos a determinados eventos "catastróficos" desde el reconocimiento que el abordaje realizado por la ciencia "normal" es insuficiente para el tratamiento de estas temáticas. Entendemos por ciencia "normal" aquella que responde al paradigma vigente. La visión reduccionista que ésta aplica deja afuera problemas importantes y/o manipula técnica o cuantitativamente variables de difícil cuantificación, como por ejemplo la incertidumbre (Funtowicz y Ravetz, 1993). La existencia de problemas ambientales reales, concretos, que afectan a una población real y concreta, suponen la búsqueda de herramientas metodológicas en un nuevo estilo de actividad científica que tenga en cuenta que lo "normal" puede ser la incertidumbre y la impredecibilidad.

La recurrencia del fenómeno de inundación en el área de estudio, no se debe sólo a causas naturales, sino también a factores antrópicos. Entre los factores naturales más relevantes se destacan: las características geomorfológicas, rasgos topográficos, el régimen de precipitaciones, topografía del terreno plana, de muy bajo gradiente de pendiente y suelos hidromorfos de muy baja permeabilidad. Entre los factores antrópicos, pueden citarse: impermeabilización de la superficie natural junto con las modificaciones en el drenaje natural, con la consecuente pérdida en la capacidad de captar y almacenar

agua de lluvia de los suelos por deterioro físico; el diseño de una infraestructura vial, que canaliza el flujo de agua y que a su vez condiciona el movimiento del agua en superficie; la construcción de canales de manera anárquica, sin un criterio integral sobre el funcionamiento hidrológico regional; ocupación de los valles de inundación y la inexistencia de una gestión integral del riesgo de inundaciones (Liscia, 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

Las investigaciones más recientes que consideran a la cartografía del riesgo como herramienta en el análisis de la vulnerabilidad, se han centrado en definir, cuantificar y analizar la población expuesta a amenazas de índole ambientales (Andrade, 2009). La metodología que se expone en este trabajo pretende alcanzar la expresión cartográfica como herramienta útil en la valoración y gestión del riesgo al establecer una zonificación con la ayuda de la combinación de mapas de niveles de peligrosidad, vulnerabilidad y exposición. Esta línea de investigación considera a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en combinación con la teledetección, una herramienta fundamental al momento de desarrollar modelos de exposición y vulnerabilidad en el área de estudio.

La construcción de una cartografía preliminar de riesgo de inundación del Gran La Plata se realizó a partir del tratamiento de sus componentes básicos definidos como:

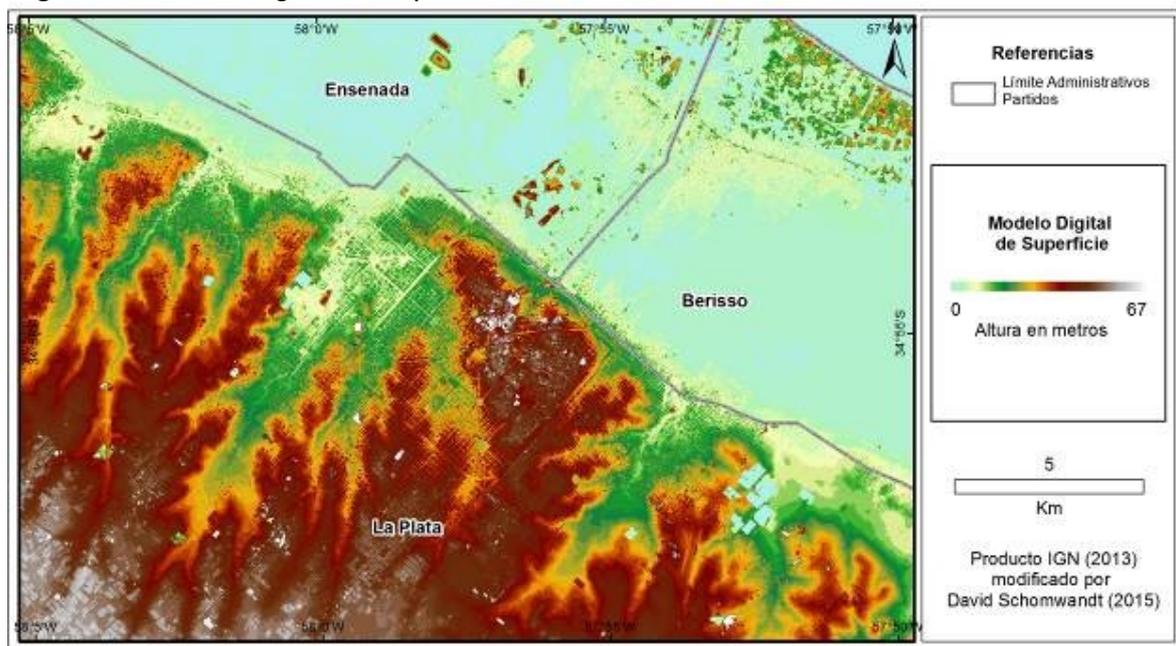
- Peligrosidad es el potencial de peligro inherente a los fenómenos naturales que puede agudizarse por acciones humanas. En este trabajo se identifica la peligrosidad teniendo en cuenta la red hidrográfica superficial, la altimetría del área, los usos de suelos y las obras de infraestructura que afectan el escurrimiento.
- Exposición: hace referencia a la distribución territorial de las personas y bienes que pueden verse afectados ante un evento catastrófico. La exposición precisa la interrelación entre peligrosidad y vulnerabilidad. Su construcción se elabora mediante la interpretación cartográfica y teledetección de usos de suelo y población afectada, para identificar áreas críticas.
- Vulnerabilidad: es la capacidad de hacer frente a un evento catastrófico. Se haya condicionada por la situación socioeconómica previa a la ocurrencia del evento.

El trabajo se apoyó en información fotogramétrica proveniente del Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2013). Un producto fue el Modelo Digital de Terreno (MDT) de resolución espacial de 7 metros al cual fue ajustado espacialmente de acuerdo a las modificaciones (correcciones geométricas) de los datos de geolocalización del *header*. Luego, el MDT fue cortado de acuerdo al polígono del área de interés, los Partidos de Gran La Plata. A

partir del mismo, se obtuvo el modelo de dirección del flujo (*flow direction*) basado en la metodología descrita por Jenson *et al.* (1988).

El segundo producto provisto por el IGN fue un mosaico fotogramétrico, en color natural e infrarrojo, de 0,40 metros de resolución espacial. Este último sirvió como base para la construcción en detalle del entramado urbano ajustado por captura de puntos GPS en terreno (Figura 3).

Figura 3: Modelo Digital de Superficie.



Una vez registrada la información vectorial se extrajeron los valores de altura del MDT y los valores de dirección de flujo, ambos coincidentes con las intersecciones de los ejes calles. De esta manera se excluyó la topografía edilicia, las alturas asociadas al proceso de verticalización de la ciudad y sólo se concentró en los valores de cotas del trazado vial urbano. Con ello se obtuvieron las variaciones topográficas y las direcciones de flujo de la totalidad del entramado urbano del Gran La Plata. Como sub productos se obtiene la red de drenaje relativa y las sub cuencas de drenajes correspondientes al MDT de cotas por intercepción de eje de calle (Figura 4).

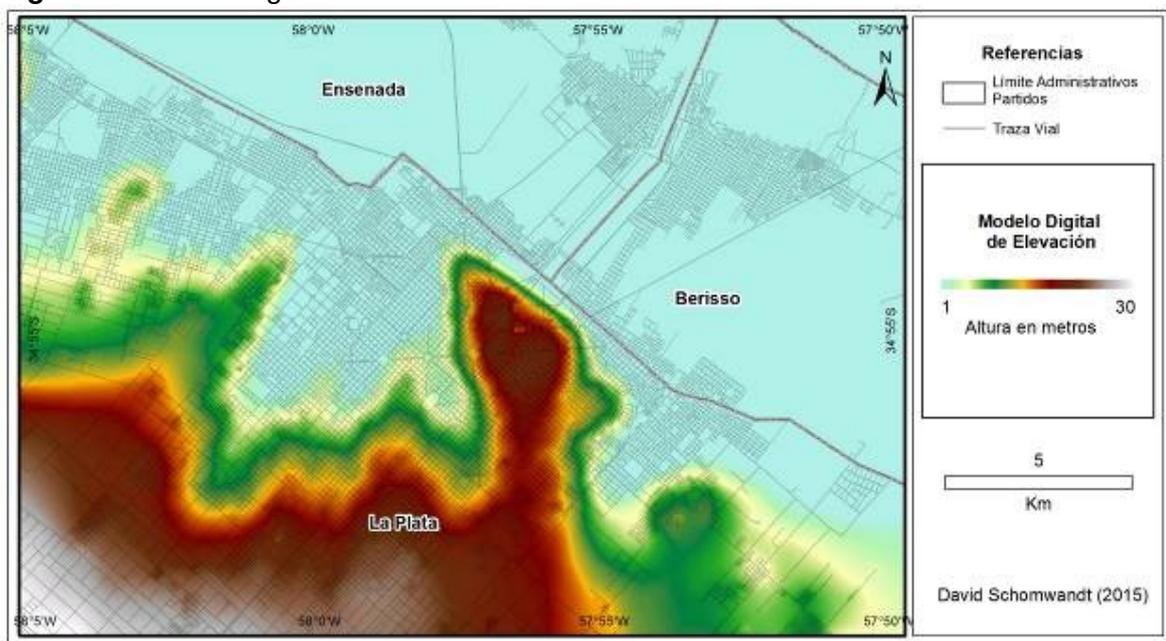
A fin de tener una aproximación del lapso de tiempo de las áreas anegadas, se utilizó teledetección como método indirecto. La imagen Landsat 8 del día 13 de abril de 2013 capturada 11 días posteriores al fenómeno de inundación en Gran La Plata sirvió como indicador de áreas anegadas.

Por otra parte, se gestionó la información geoespacial de radios censales actualizados al 2014 y se procesaron los datos provenientes del último Censo Nacional de Población,

Hogares y Viviendas 2010 publicados por el INDEC con la finalidad de obtener una caracterización socioeconómica de la población con riesgo de inundación.

Específicamente se capturaron los indicadores sociodemográficos provenientes del Censo 2010 en el sistema REDATAM+SP para sumarlos a los datos trimestrales de la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) del INDEC y vincularlos a nivel de radio censal del aglomerado Gran La Plata. Luego se procedió a la ejecución de una serie de mapas que expresan indicadores sociodemográficos con la finalidad de estudiar el impacto del evento de inundación del 2 de abril de 2013 ocurrido tras las fuertes precipitaciones sobre los distintos niveles socioeconómicos de la población.

Figura 4: Modelo Digital de Elevación.



CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA

Desde el punto de vista de la geología regional, el área de estudio se localiza en la porción oriental de la Llanura Chaco-pampeana (Russo *et al.*, 1979). En torno a las características estratigráficas más destacables, la Formación Ensenada es la unidad más antigua aflorante reconocible en la región y está constituida principalmente por limos arcillo-arenosos y arcillas limo-arenosas castañas con niveles de paleosuelos superpuestos junto con niveles de carbonatos, toscas o calcretes, donde se destacan discontinuidades. Su génesis es definida como planicie eólica, contiene fauna de vertebrados de edad mamífero ensenadense (Pleistoceno medio). Mediante discordancia se deposita por encima la Formación Buenos Aires, es de litología y color semejantes a la Formación Ensenada constituida esencialmente por sedimentos loésicos de

composición limosa poco heterogéneo, con carbonato de calcio en forma de concreciones de diversas formas de aspecto terroso y muy friable (Riggi *et al.*, 1986).

Asociados a los valles fluviales de la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA)⁴ está presente la Formación Luján, para el Miembro Guerrero se reconoce un rango temporal comprendido entre los 21.000 y 10.000 años (Tonni *et al.*, 2003), edad obtenida sobre dataciones en moluscos de agua dulce y restos óseos de megamamíferos. Recientes trabajos amplían aún más el rango entre 32.000 y 10.000 años, dataciones obtenidas sobre conchillas provenientes del río Luján (Toledo, 2005).

La ingresión pleistocena superior ha dejado depósitos marinos costeros (cordones litorales y canales de marea) que se encuentran a lo largo de toda la planicie del río de la Plata. Según Pereyra (2004), el cual realizó una descripción geomorfológica de la RMBA asociada al Pleistoceno-Holoceno, afirma que la evolución del terreno está controlada fundamentalmente por tres factores: a las oscilaciones del nivel del mar, los depósitos loésicos y la formación de suelo. Este autor señala la formación de varias unidades geomórficas a partir de la interacción de estos factores a lo largo del tiempo y las agrupa en: "planicie loésica", depósitos fluviales que incluyen "valles fluviales, laterales de valle, terrazas y planicies aluviales" y las unidades poligenéticas que comprende "planicies poligenéticas" del Río de la Plata, barranca marginal y el delta del Paraná.

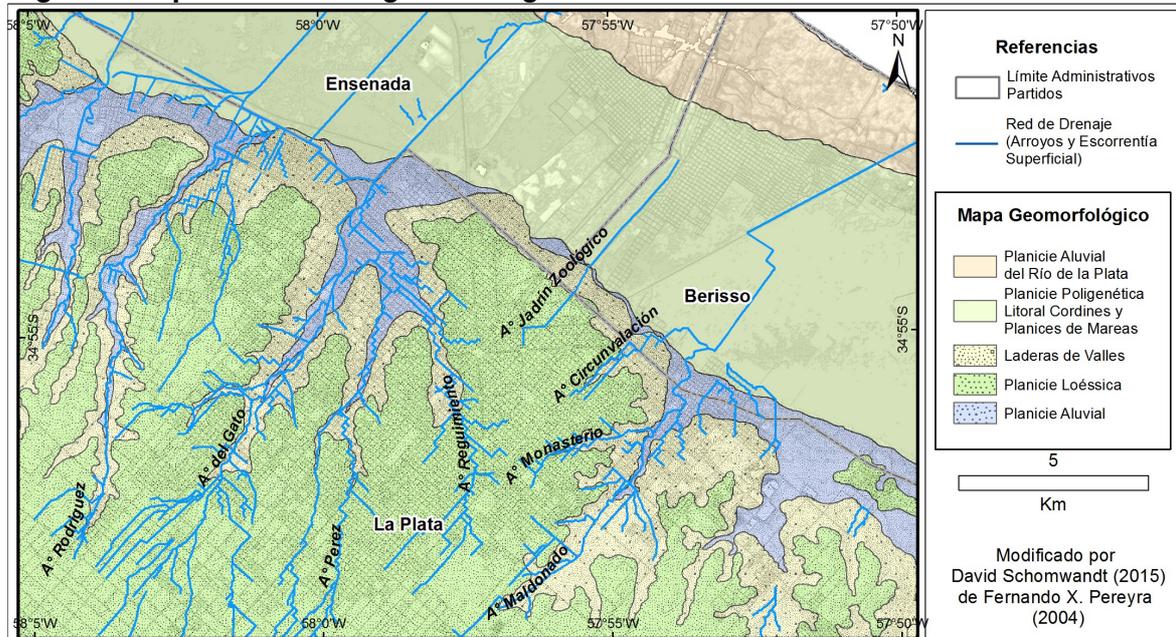
Por otra parte, Yrigoyen (1993) y posteriormente Pereyra (2004) destacan que uno de los rasgos más característicos de toda la RMBA, es el escarpe de erosión que afecta a la planicie loésica debido a la "transgresión Belgranense"; también documentada por Ameghino en su trabajo publicado en el año 1889. El escarpe mencionado se extiende con rumbo noroeste-sudeste y exhibe un desnivel que suele superar los 10 metros respecto a la planicie del Río de la Plata. Esta barranca se puede observar en la Ciudad de Buenos Aires desde Parque Lezama, continuando por Plaza Francia, hasta el barrio de Belgrano. Esta morfología es posible trazarla también en los Barrios de Flores y

⁴ Se entiende por RMBA las siguientes jurisdicciones: a) Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CBA), con un área de 200 km² y una población actual de alrededor de 2,9 millones de habitantes; b) Conurbano Bonaerense (CB), conformado por 24 partidos (o municipios) que forman la 1° y 2° corona de la aglomeración: Alte. Brown, Avellaneda, Berazategui, E. Echeverría, Ezeiza, Florencio Varela, Gral. San Martín, Hurlingham, Ituzaingó, José C. Paz, La Matanza, Lanús, Lomas de Zamora, Malvinas Argentinas, Merlo, Moreno, Morón, Quilmes, San Fernando, San Isidro, San Miguel, Tigre, Tres de Febrero y Vicente López, con un área de 3.680 km² y una población actual aproximada de 9,9 millones de habitantes; y c) el resto de la RMBA o 3ª corona, integrada por 16 partidos: Berisso, Brandsen, Campana, Cañuelas, Ensenada, Escobar, Exaltación de la Cruz, Gral. Las Heras, Gral. Rodríguez, La Plata, Luján, Marcos Paz, Pilar, Pte. Perón, San Vicente y Zárate, con un área aproximada de 15.800 km² y una población actual de 2,1 millones habitantes. En conjunto, la RMBA comprende un área de 19.680 km² y una población actual aproximada de 14,8 millones habitantes. La expresión AMBA (Área Metropolitana de Buenos Aires), se utiliza para denominar al conjunto CBA+CB, y la expresión RMBA (Región Metropolitana de Buenos Aires), para el conjunto total de la aglomeración (Ciccolella, 2012: 43).

Mataderos continuando hacia el sur de manera menos representativa hasta llegar a la localidad de Quilmes en donde el rasgo propio de barranca cobra relevancia y se interna con menor resalto topográfico hasta el Gran La Plata.

La Figura 5 hace referencia al Mapa Geomorfológico, en ella se puede observar las características generales de la red de drenaje natural junto con las principales trazas viales que en la actualidad se estructuran como parte de esa red. De acuerdo a Fidalgo y Martínez (1983) la totalidad de La Plata y Gran La Plata estaría definida dentro de la denominada Pampa Ondulada. De acuerdo a Hurtado *et al.* (2006), en el área del Gran La Plata, la totalidad del sistema de drenaje con vertiente al Río de la Plata exhibe los rasgos morfológicos de la Pampa Ondulada, evidenciados en las ondulaciones producidas por la alternancia de interfluvios y planicies de inundación, dicha característica puede ser observada entre los arroyo del Gato, Pérez y Regimiento, como por ejemplo.

Figura 5 Mapa Geomorfológico del Aglomerado de Gran La Plata.



CARACTERIZACIÓN DE LAS CUENCAS LOS ARROYOS DEL GATO Y MALDONADO

El ejido urbano fundacional de La Plata se encuentra gobernado, desde el aspecto hídrico, por las cuencas del arroyo del Gato, Maldonado y subcuencas complementarias de vertiente del Río de la Plata. La principal característica de estos arroyos, es que desaguan en la planicie costera y no en el Río de la Plata. Esto se debe a que entre los 5 metros s.n.m. y la costa del Río de la Plata se produce un cambio de pendiente regional, la cual se hace mínima (menor a 0,03 %), dando lugar a que los arroyos pierdan energía y sus cursos se hagan divagantes y generando bañados (Hurtado *et al.*, 2006).

La cuenca del arroyo del Gato es una de las más extensas del aglomerado del Gran la Plata, la más densamente poblada y concentra el mayor porcentaje de las actividades industriales y florihortícolas de la región. Es colindante, en el sector noreste, con el sistema que forman los arroyos Rodríguez – Don Carlos y, en el sector sur, con la cuenca del arroyo del Zoológico y la del Maldonado. En cabecera comparte su divisoria de aguas con la cuenca del Río Samborombón. La cuenca involucra en extensión a más de la mitad del casco fundacional de la ciudad de La Plata; en el sector noreste de la región se encuentran las localidades de Tolosa, Ringuélet, José Hernández y Manuel Gonnet; hacia el norte se encuentra el Barrio Hipódromo de La Plata; hacia el sudoeste, se encuentran las localidades José Hernández, San Carlos y Los Hornos; Altos de San Lorenzo en el extremo sur y, finalmente, yendo hacia la cabecera de la cuenca se suman los centros comunales de Melchor Romero, Lisandro Olmos, parte de Abasto y Etcheverry entre las más importantes. La longitud total del curso principal es de aproximadamente 25 km, repartida por 18 km en el partido de La Plata y 7 km en el partido de Ensenada. El arroyo del Gato recibe el aporte de dos tributarios mayores, los arroyos Pérez, Regimiento y Jardín Zoológico, que cruzan entubados y en diagonal por debajo de la trama urbana de la ciudad de La Plata. Al llegar a la planicie Costera, al este de la localidad Ringuélet, es canalizado para que sus aguas desemboquen en el Río de la Plata (Liscia *et al.*, 2013).

La cuenca del arroyo Maldonado nace en cotas próximas a los 20 metros s.n.m, de carácter permanente y presenta una extensión de 8 km. Se extiende al sudeste de la trama urbana de la ciudad de La Plata, comprende las localidades de San Lorenzo y Villa Elvira (Partido de La Plata) y desagua en el Partido de Berisso. En la parte alta de la cuenca se concentra principalmente toda la actividad florihortícola; mientras que aguas abajo se asienta la población. Tiene como afluente el arroyo Monasterio que desagua en su margen izquierda. Los excedentes hídricos de la cuenca drenan hacia una zona de bañados naturales por una red no muy densificada de canales naturales y artificiales que conducen a su destino final en las aguas del Río de la Plata (Hurtado *et al.*, 2006).

CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

Las grandes llanuras constituyen un escenario de suma fragilidad ante eventos hidrológicos extremos, tanto de déficit como de excedentes hídricos. En este último caso, la incapacidad del relieve para evacuar volúmenes importantes de agua suele concurrir, junto a otros factores, a la ocurrencia de vastos anegamientos que tienen a la persistencia como rasgo fundamental. La llanura pampeana es la comarca de estas características más representativa en la Argentina. Con un período de lluvias por encima de la media histórica secular, persistente desde inicios de la década de los años 70, han entrado en crisis sistemas exorreicos (cuenca del Río Salado-Vallimanca), endorreicos

(cuenca de las Lagunas Encadenadas del Oeste) y arreicos (región del noroeste, nordeste pampeano y sur santafecino), junto con una mutación progresiva del régimen climático desde semiárido, en algunas de ellas, a subhúmedo-húmedo (Hernández *et al.*; 2003).

La región del Gran La Plata se encuentra dentro del clima templado húmedo, de acuerdo a la *clasificación de Köppen*. Esto determina que el que el verano sea más fresco y el invierno menos riguroso, es decir, no existen grandes amplitudes diarias ni anuales de temperatura. Sólo en el sector occidental de la provincia se registran condiciones de mayor amplitud térmica. Se encuentra influida por la acción de masas de aire, tanto del sur como del norte, que ejercen su influencia durante todo el año. En general, la diferencia térmica entre el mes más cálido y el mes más frío es de 12-13°C en la región oriental, y superior a 16°C en el centro y el oeste de la provincia. La temperatura media anual oscila entre valores de 18°C al norte y 14°C al sur.

Las precipitaciones en la cuenca del Plata tienen su máximo durante el verano y su mínimo durante el invierno. Las inundaciones en la cuenca deben su ocurrencia a dos factores. Uno de ellos es el derrame de grandes volúmenes de agua causados por precipitaciones intensas en la alta cuenca. A esto se suma el efecto de las precipitaciones intensas que tiene lugar localmente.

Desde la década del setenta, la región en estudio, transita un ciclo húmedo. El efecto climático global está gobernado por la acción de los mares, Pacífico y Atlántico y también por la actividad volcánica, procesos naturales de acción prolongada en el tiempo, que no coinciden con los ciclos húmedos menores a 40 años. El efecto climático global genera corrientes húmedas en la atmósfera que descargan precipitaciones en diferentes zonas geográficas del mundo, siendo la "pampa húmeda", una de ellas (Ventimiglia *et al.*, 2003). Otro fenómeno que favorece al riesgo de inundaciones es el de la sudestada que afecta principalmente a la zona del Río de La Plata, sur de la provincia de Entre Ríos y nordeste de la provincia de Buenos Aires, y está acompañada por lluvias. La sudestada genera siempre una creciente del río sobre la margen Argentina del estuario. Los vientos generalizados del sector este-sudeste hasta el sector sud-sudeste ejercen un efecto de fricción sobre las aguas del río de la Plata, que es opuesta al sentido en que las mismas drenan. La acción de estos vientos se traduce en una acumulación de agua oceánica en la desembocadura del río. Tal acumulación de agua reduce la pendiente de descarga del río, de modo tal que las aguas provenientes de los cursos superiores se ven dificultadas en su drenaje natural, provocando un aumento en el nivel de las mismas. La intensidad de la creciente dependerá de la duración y la magnitud de la sudestada y de las lluvias que se produzcan en la zona. También se intensificará si los ríos Paraná y Uruguay bajan en creciente (Berri, 2001)

LA INUNDACIÓN DEL 2 DE ABRIL DE 2013 EN LAS CIUDADES DE LA PLATA, BERISSO Y ENSENADA

El evento de inundación ocurrido el 2 de abril de 2013 tuvo su origen por fuertes precipitaciones sobre el aglomerado del Gran La Plata, en combinación con el factor de que la tormenta no se trasladó, no hubo viento, y se produjeron tres tormentas simultáneas. Según Liscia *et al.* el evento se relacionó con: “una situación generalmente conocida como de baja segregada o un vórtice ciclónico en niveles medios y altos con una importante advección de aire caliente y muy húmedo” (2013). Esta clase de fenómeno meteorológico dificulta la realización precisa de pronósticos con detalle de su localización.

El fenómeno registró un valor récord histórico diario de precipitación con 181.0 mm, acontecimiento que superó al ocurrido el 14 de mayo de 1980 con 155.1 mm, asociado también a precipitaciones intensas, dentro del periodo 1956-2013. La estación automática de la Universidad de La Plata registró más de 300 mm entre las 9 de la mañana del 2 de abril y las 9 de la mañana del 3 de abril (Del Cueto, 2013).

En cuanto a las causas antrópicas se desprenden las siguientes consideraciones, comunes a las cuencas de los arroyos Maldonado y del Gato: 1) Los estudios hidrológicos anteriores no han sido integrales a todo el sistema; 2) las obras hidráulicas sólo se abocaron a obras de conducción; 3) los planes de alerta y contingencia fueron insuficientes; y 4) la red de estaciones meteorológicas en la región del gran La Plata es escasa (Liscia *et al.*, 2013).

CARACTERIZACIÓN SOCIODEMOGRÁFICA

El crecimiento relativo de la población en el Gran La Plata en el período intercensal 2001/2010, presentó valores similares en los tres municipios, registrándose en Berisso y en La Plata, un incremento levemente inferior al promedio de la provincia (Tabla 1).

Tabla 1: Cantidad de población por partido y crecimiento poblacional, según INDEC (1991, 2001, 2010)

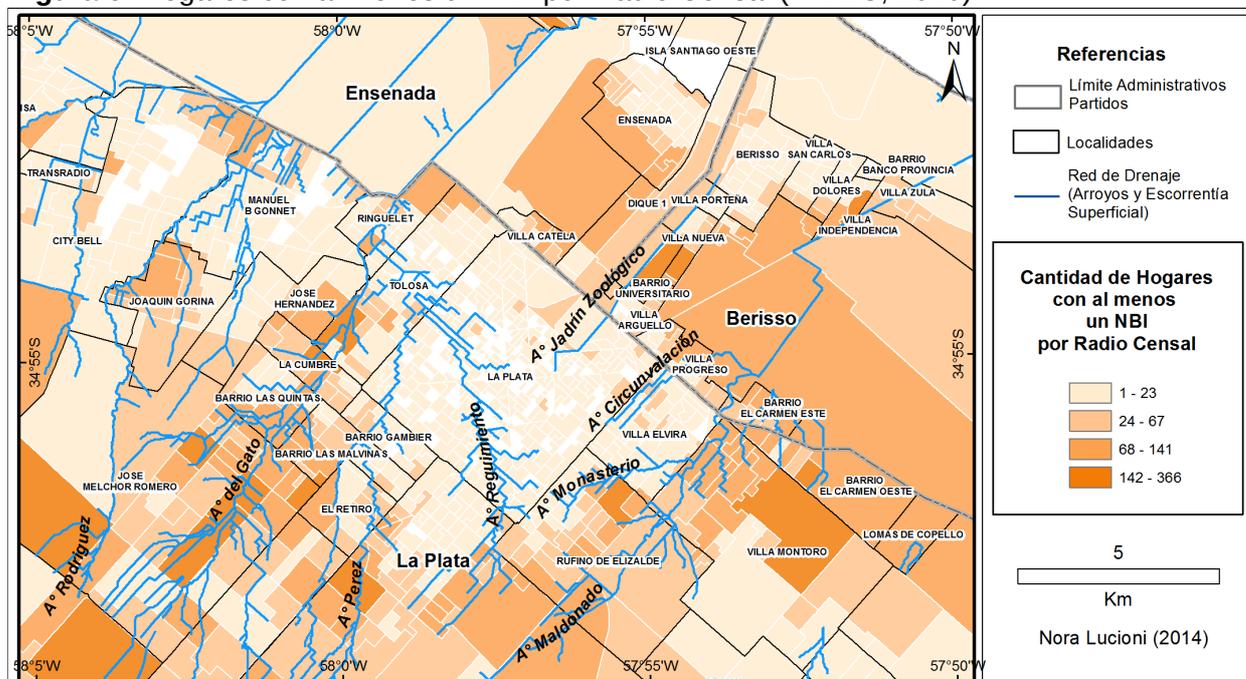
Partidos	Población Censo 2010	Población Censo 2001	Población Censo 1991	Variación Porcentual 01/2010 (%)	Variación Porcentual 91/2001 (%)
Berisso	88.123	79.862	74.761	10,34	6,4
Ensenada	55.629	51.241	48.237	8,56	5,9
La Plata	649.613	571.416	542.984	13,68	5,0
Provincia	15.323.425	13.760.969	12.594.984	11,35	8,5

El municipio de La Plata cuenta con 649.613 habitantes y 265.677 viviendas particulares. En 1991 el total de viviendas era de 158.076, lo que da cuenta del crecimiento de la capacidad habitacional del partido: en 20 años la cantidad de viviendas se incrementó en

un 68%. A grandes rasgos podemos decir que la población con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), extraído del sistema REDATAM+SP, se concentra principalmente en zonas de la periferia del partido, destacándose Olmos, El Peligro, Arturo Seguí, Romero y Abasto, localidades que registran fuertes incrementos de la población que no ha sido acompañada con el aumento de los servicios básicos. Según los datos del Censo Nacional de Población 2010, el partido de Berisso cuenta con 88.123 habitantes y 30.688 viviendas particulares; y el Partido Ensenada cuenta con 55.629 habitantes y 19.975 viviendas particulares.

Los hogares con al menos un indicador de NBI como está expresado en la Figura 6, son hogares en los cuales está presente al menos uno de los siguientes indicadores de privación: 1) Hacinamiento: Hogares que habitan viviendas con más de 3 personas por cuarto (hacinamiento crítico); 2) Vivienda: Hogares que habitan en una vivienda de tipo inconveniente (pieza de inquilinato, vivienda precaria u otro tipo); 3) Condiciones sanitarias: Hogares que habitan en viviendas que no tienen retrete o tienen retrete sin descarga de agua; 4) Asistencia escolar: Hogares que tienen algún niño en edad escolar que no asiste a la escuela; 5) Capacidad de subsistencia: Hogares que tienen 4 o más personas por miembro ocupado y en los cuales el jefe tiene bajo nivel de educación (sólo asistió dos años o menos al nivel primario).

Figura 6: Hogares con al menos un NBI por Radio Censal (INDEC, 2010)

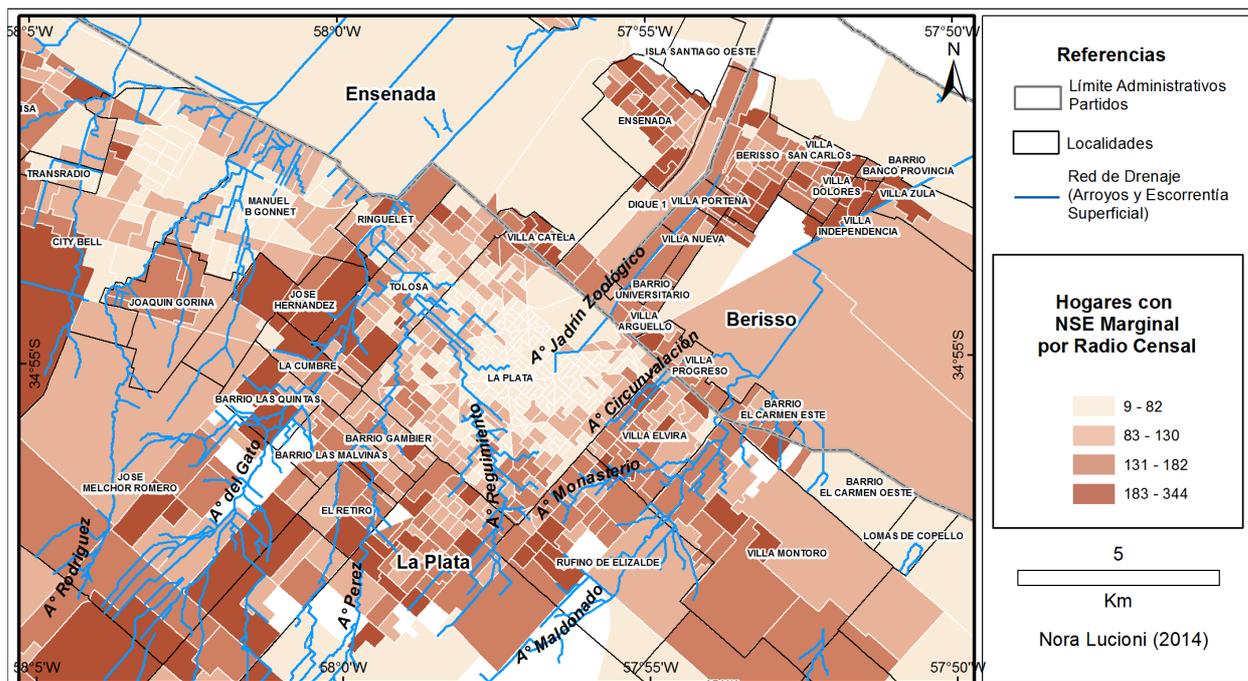


Por otra parte, con la finalidad de actualizar el indicador de NBI a la fecha de afectación del último evento de inundación del 2 de abril del 2013, se accedió a la base de datos con

los provenientes del último trimestre de 2013 de la Encuesta Permanente de Hogares (EPH). En este sentido la fusión de las dos bases de datos de información se obtuvo un índice que combina la posición de las personas en las siguientes dimensiones: nivel educacional y ocupacional del principal sostén del hogar y de posesiones materiales del hogar. El nivel educacional mide el máximo nivel alcanzado por el Principal Sostén del Hogar (PSH) en términos de ciclos de la educación formal: primario, secundario, terciario no universitario, universitario, postgrado. El nivel ocupacional mide la posición ocupacional en términos de una jerarquía de posiciones ocupacionales. Los tipos de ocupación se dividen en dos grandes grupos: cuentapropistas y en relación de dependencia. La primera categoría abarca trabajadores autónomos y empleadores de personal en empresas muy chicas, mientras que la segunda recorre todas las posiciones desde empleo doméstico hasta alta dirección, tanto del sector público como del sector privado. El índice asigna puntajes directamente relacionados con la jerarquía del tipo de trabajo que realiza el PSH. Las posesiones materiales consisten en un índice que incluye los siguientes ítems: televisión a control remoto, refrigerador con *freezer*, lavarropas automático, secarropas, equipo de video, *freezer* independiente, aire acondicionado, teléfono, computadora personal, tarjeta de crédito del PSH, automóvil. El índice otorga un puntaje a cada ítem excepto automóvil, y un puntaje separado a la posesión de automóvil.

En la siguiente Figura 7 se representan los hogares con Nivel Socioeconómico (NSE) marginal con la finalidad de relacionar su localización con los valles de inundación de valles de inundación de los arroyos Regimiento, Pérez y del Gato.

Figura 7: Hogares con Nivel Socioeconómico (NSE) marginal por radio censal (EPH, 2013)



Los tres municipios presentan condiciones sociodemográficas similares. Asimismo, es importante destacar que en los tres municipios los porcentajes más elevados de población con NBI, se concentran en las periferias de los núcleos urbanos, coincidiendo esto, con las zonas de mayor crecimiento demográfico de las últimas décadas

Resultados y discusión

Luego del evento del 2 de abril de 2013 y mediante el estudio de: la red hidrográfica superficial, la altimetría, los usos del suelo, la infraestructura urbana y el procesamiento de los datos sociodemográficos del INDEC (2010) y del EPH (2013), se llegaron a los siguientes resultados:

- 1) La localización espacial de las áreas anegadas coincide en gran parte con los valles de inundación de los arroyos Regimiento, Pérez y del Gato como señala la Figura 8a y detallada en los perfiles topográficos de la Figura 8b. El área de afectación impactó sensiblemente a la población de menores recursos económicos.
- 2) El evento de inundación afectó un alto porcentaje de la población de bajo NSE localizados en la periferia de la Ciudad de La Plata como también a los hogares con alto NSE localizados dentro del casco histórico de la misma (Figura 9).
- 3) La construcción del mapa de riesgo de inundación (Figura 10).

En virtud al análisis de escorrentía superficial derivado del MDT se verifica que el entramado urbano de la Ciudad de La Plata impide el drenaje natural de la zona. Por otra

parte, se ha incrementado el coeficiente de impermeabilidad debido al incremento de la superficie construida de la Ciudad y a la disminución de las superficies absorbentes debido a la pavimentación progresiva de calles y embaldosado de veredas. Esto hace suponer que la zona sigue vulnerable a eventos extraordinarios similares al ocurrido en el año 2013.

Figura 8a: Localización espacial de áreas anegadas al 13 de abril de 2013.

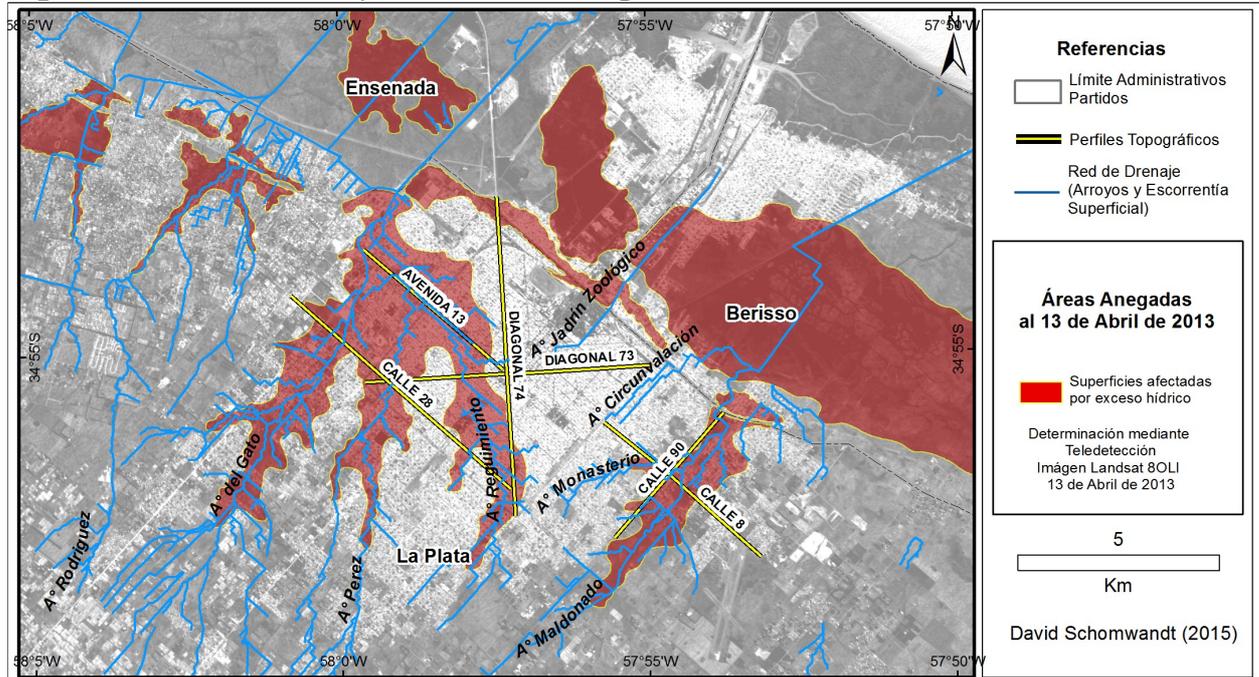
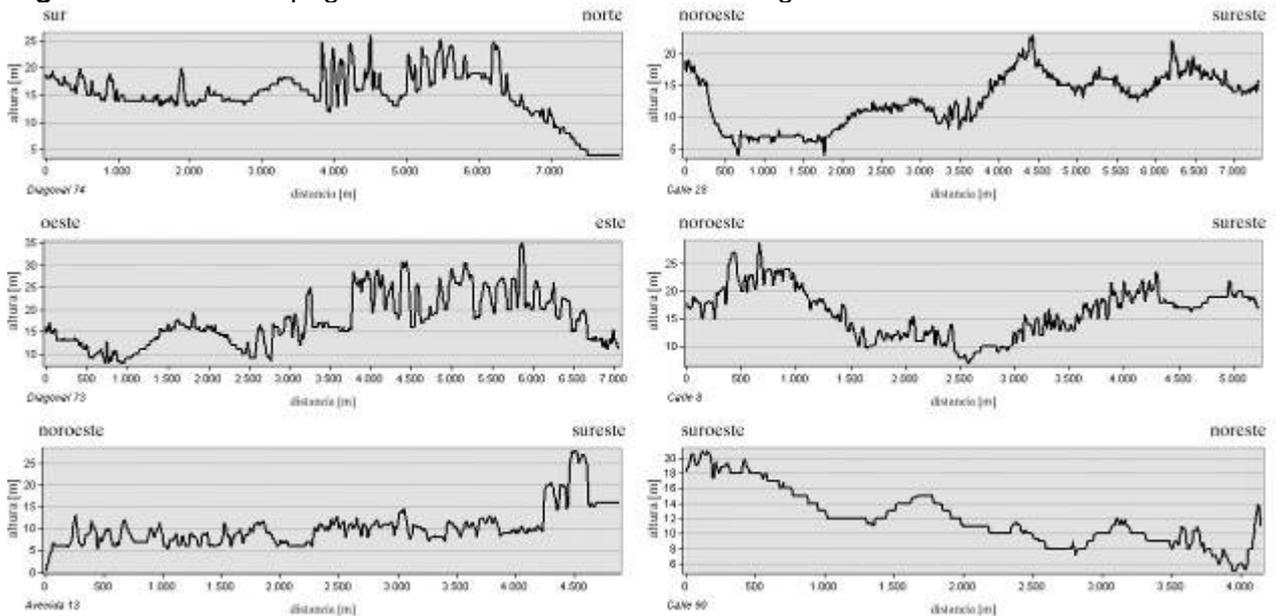
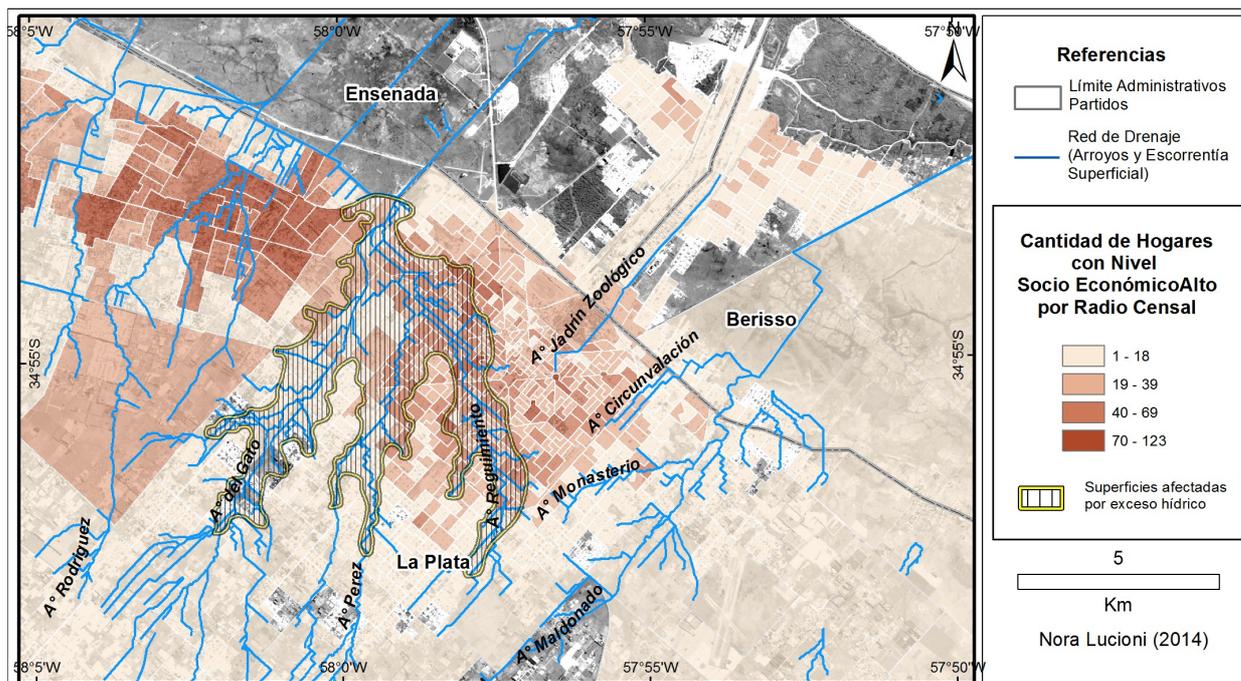


Figura 8b: Perfiles topográficos asociados a las áreas anegadas al 13 de abril de 2013.



Los perfiles trazados sobre la “Avenida 13” y “Calle 28” demuestran los bajos naturales en la cual está asentada la población residente al oeste de la “Diagonal 74”. También señalan que los boulevares que circunvalan el caso histórico se encuentran elevados, los cuales impidieron el drenaje de las aguas, días después del evento.

Figura 9: Localización espacial de áreas anegadas al 13 de abril de 2013 sobre áreas de hogares con Nivel Socioeconómico “Alto” por Radio Censal (EPH, 2013).



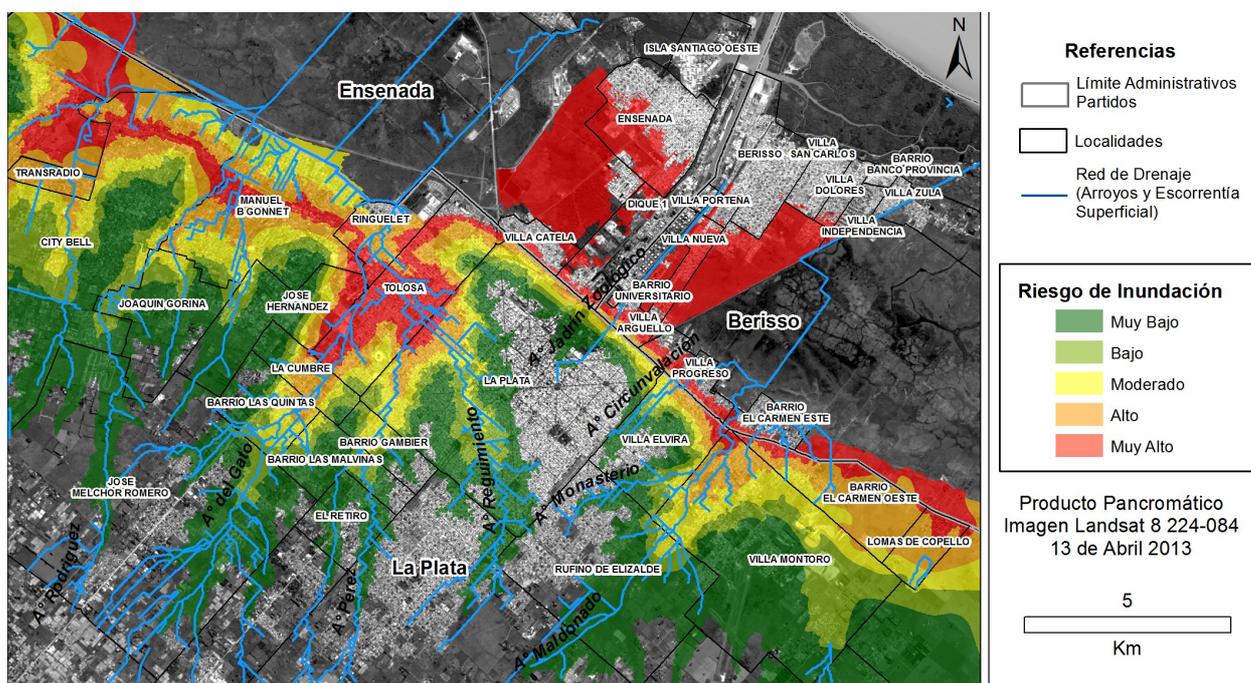
Mediante la interpretación de la distribución de indicadores sociodemográficos provenientes del último Censo 2010, se procedió a calcular la población expuesta a eventos de inundación. Las mismas fueron agrupadas por nivel de criticidad “Alto” y “Muy alto” (Tabla 2). Cabe aclarar que las áreas clasificadas como “Muy alto” reúne el criterio de áreas de menor cota relativa, asociadas a cauces y planicies de inundación actualmente urbanizadas o en proceso de estarlo (Figura 10).

Tabla 2. Población afectada con alto riesgo de inundación según datos censales INDEC (2010)

Partido	% Población	% Hogares	% Hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)	% Población desocupada	Riesgo
BERISSO	22,49	21,29	37,63	24,50	Muy alto
ENSENADA	21,23	20,53	21,02	22,77	Muy alto
LA PLATA	7,16	7,03	4,87	7,41	Muy alto
Partido	% Población	% Hogares	% Hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)	% Población Desocupada	Riesgo
BERISSO	2,70	3,06	1,91	2,38	Alto
ENSENADA	0,24	0,24	0,25	0,18	Alto
LA PLATA	11,06	10,73	9,53	11,11	Alto

Por último, en el trabajo de Andrade *et al.* (2012), publicado previamente al evento de inundación de abril de 2013, ya alertaba que el casco fundacional de la Ciudad de La Plata se concentraba la mayor heterogeneidad sociodemográfica asociada con valores de alto riesgo de inundación.

Figura 10: Mapa de Riesgo de inundación calculadas al 13 de abril de 2013.



Reflexiones finales

La metodología aportó información sobre la modificación del sistema de drenaje natural debido al proceso de la urbanización, esto a su vez derivó, gracias a las técnicas de análisis espacial, en la construcción de la cartografía en detalle de las áreas de riesgo de inundación producidas por exceso de precipitaciones en el Gran La Plata.

Se realizó un análisis de las relaciones existentes entre los cambios producidos por el proceso de urbanización sobre la cuenca y la ocurrencia de los eventos de inundación, y esto dio como resultado una cuantificación de las áreas expuestas a ser anegadas o inundadas por el exceso de precipitación.

Deriva de estas dos primeras conclusiones la creación de modelos predictivos con la finalidad de evaluar el riesgo hídrico en base a datos de percepción remota, estudios multitemporales y complementados con trabajo de campo de los sectores de peligrosidad natural ocupados por la expansión urbana en la actualidad y considerando las posibles expansiones urbanas en un futuro cercano.

Un aporte que esta investigación pretende llegar hacer a futuro es colaborar con la cartografía de gestión de emergencias, la misma es de fuerte carácter aplicativo por cuanto que su finalidad es la utilización en los procesos operativos de intervención ante la ocurrencia de desastres naturales.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE, M.I., 2009. "Escasez de agua, vulnerabilidad e incertidumbre". *EGAL*. (Encuentro de Geógrafos de América Latina). 3 al 7 de abril de 2009.
- ANDRADE, M.I.; LUCIONI, N. y IEZZI, L., 2012. "Factores de riesgo hídrico en el Gran La Plata, Argentina". *Actas IX Jornadas nacionales de Geografía Física*. Bahía Blanca, 19 al 21 de abril.
- BERRI, G., 2001. "Hidrometeorología de las inundaciones en la Argentina y en el AMBA". En: KREIMER, A., KULLOC, D. y VALDÉS, J. (ed.) *Inundaciones en el Área Metropolitana de Buenos Aires*. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial, Washington, D.C., EE.UU.
- CICCOLELLA, P., 2012. "Revisitando la Metrópolis Latinoamericana más allá de la globalización". En: *Buenos Aires procesos metropolitanos*. Revista Iberoamericana de urbanismo. Nº 8. Barcelona-Buenos Aires-Palma de Mallorca.
- DEL CUETO, M.S., 2013. "Los factores que influyeron en la inundación de La Plata: las lluvias extremas". En: *Hábitat y Territorio. Cátedra Libre. Planificación estratégica, desarrollo humano y ocupación del espacio en el Proyecto Nacional J. D. Perón*. (Último ingreso en marzo 2015).
- ENCUESTA PERMANENTE DE HOGARES (EPH), 2013. *Mercados de trabajo, principales indicadores*. Resultados último trimestre de 2013. INDEC.
- FIDALGO, F. Y MARTINEZ, R. 1983. "Algunas Características Geomorfológicas dentro del Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires". *Revista Asociación Geológica Argentina* 38 (2): 263 – 279.
- FUNTOWICZ, S. y RAVETZ, J., 1993. "Riesgo global, incertidumbre e ignorancia". En *Epistemología política*. Ciencia con la gente. Buenos Aires, CEAL, pp. 11-42.
- HERNÁNDEZ, M.; GONZÁLEZ, N.; CABRAL, M.; GIMÉNEZ, J. y HURTADO, M., 2003. "Importancia de la caracterización física del riesgo hídrico en la llanura húmeda". En: Mamola, Gabellone y Hernández, *Inundaciones en la región pampeana*. Editores. EDULP. La Plata, Argentina.
- HURTADO, M.; GIMENEZ, J.; CABRAL, G.; da SILVA, M.; MARTÍNEZ, O.; CAMILIÓN, M.C.; SÁNCHEZ, C.; MUNTZ, D.; GEBHRD, J.; FORTE, L.; BOFF, L.; CRINCOLI, A.; y LUCESOLI, H., 2006. *Análisis Ambiental del Partido de La Plata. Aportes al Ordenamiento Territorial*. Instituto de Geomorfología y Suelos. Centro de Investigaciones de Suelos y Aguas de Uso Agropecuario (CISAUA). Convenio Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Naturales y Museo Universidad Nacional de La Plata.
- INDEC, 1991. *Censo Nacional de Población y Viviendas 1991*. Argentina.
- INDEC, 2001. *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001*. Argentina.
- INDEC, 2010. *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Datos definitivos a nivel de radios censales*. Argentina.

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN), 2013. *Vuelos fotogramétricos del Gran La Plata con la Cámara Microsoft Vexcel UltracamXP*.

JENSON, S. y DOMINGUEZ, J., 1988. "Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis". *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Vol. 54, N° 11, november 1988, pp. 1593-1600.

LISCIA, S., 2013. *Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada*. Facultad de Ingeniería. Universidad de La Plata, Buenos Aires, Argentina.

LUCIONI, N., 2014. *Procesamiento de indicadores demográficos y socioeconómicos del Gran La Plata a partir de datos provenientes del INDEC a nivel de radios censales*. Centro de Investigaciones Geográficas (CIG). IDIHCS. Facultad de Humanidades y Ciencias de Educación. Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Argentina. Inédito.

PEREYRA, F.X., 2004. "Geología urbana del área metropolitana bonaerense y su influencia en la problemática ambiental". *Revista Asociación Geológica Argentina [online]*. vol.59, n.3, pp. 394-410.

RIGGI, J., FIDALGO, F., MARTÍNEZ, O. y PORRO, N., 1986. "Geología de los Sedimentos Pampeanos en el Partido de La Plata". *Revista Asociación Geológica Argentina* 41(3-4): 316-333.

RUSSO, A., FERELLO, R. y CHEBLI, G., 1979. "Llanura Chaco Pampeana". *Actas Segundo Simposio de Geología Regional Argentina*. Academia Nacional de Ciencias 1, pp. 139-183, Córdoba.

SCHOMWANDT, D., 2015. *Mapa geomorfológico, Mapa de Riesgo de inundación y Modelos de Elevación y Superficie del Aglomerado del Gran La Plata*. Centro de Investigaciones Geográficas (CIG). IDIHCS. Facultad de Humanidades y Ciencias de Educación. Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Argentina. Inédito.

TONNI, E., HUARTE, R., CARBONARI, J. y FIGINI, A., 2003. *New radiocarbon chronology for the Guerrero Member of the Luján Formation (Buenos Aires, Argentina): palaeoclimatic significance*. *Quaternary International*, 09-110: pp. 45-48.

TOLEDO, M.J., 2005. "Secuencias Pleistocenas "lujanenses" en su sección tipo: Primeras dataciones C14 e implicancias estratigráficas, arqueológicas e históricas, Lujan-Jáuregui, provincia de Buenos Aires". *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60 (2): 417-424.

VENTIMIGLIA, L.; CARTA, H. y RILLO, R., 2003. "Inundaciones: un problema para todos". En: Mamola, Gabellone y Hernández, *Inundaciones en la región pampeana*. Editores. EDULP. La Plata, Argentina.

YRIGOYEN M., 1993. "Morfología y Geología de la Ciudad de Buenos Aires". *Actas Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería* 7: 7-38. Buenos Aires.