

# Las inundaciones en la Región Metropolitana Bonaerense (RMBA): causas, efectos y mitigación. Una revisión crítica\*

**Fernando X. Pereyra\*\***

## Resumen

Se analizan las causas de las inundaciones en la Región Metropolitana Bonaerense (RMBA). Este fenómeno constituye el principal factor de peligrosidad natural de la región. En las últimas décadas sus impactos han aumentado significativamente, lo que, en general, ha sido atribuido a las influencias del cambio climático. Sin embargo, en la presente contribución se analizan otras posibles causas, esencialmente relacionadas con la ocupación del espacio. La ausencia de planes de ordenamiento territorial y la ineficacia y escasez de las medidas de mitigación implementadas hasta el presente es notoria. Las medidas adoptadas, casi exclusivamente de tipo estructural, han mostrado sus limitaciones. Por otro lado, es evidente la falta de medidas no-estructurales de mitigación, las cuales podrían ser más eficientes en sus resultados. Esta cuestión plantea la necesidad de realizar una revisión crítica de las políticas implementadas así como un cambio de paradigma. Finalmente, se proponen algunas medidas y acciones prioritarias a ejecutar en consonancia con lo planteado.

**Palabras clave:** Inundaciones – Región Metropolitana Bonaerense – Causas – Mitigación

\*Recibido 10/2/16. Aceptado 13/3/16

\*\*Doctor en Ciencias Geológicas (UBA). Profesor Departamento de Ciencias Ambientales (UNDAV). Dirección de Geología Ambiental y Aplicada, Servicio Geológico-Minero Argentino (SEGEMAR)..

## Abstract

The article analyzes the causes of flooding in the Buenos Aires Metropolitan Region (RMBA). This phenomenon is the main factor natural hazard in the region. In recent decades, its impact has increased significantly, a fact that has been generally attributed to the influences of climate change. However, the present contribution analyzes other possible causes, primarily related to the occupation of space. The absence of spatial management plans, and inefficiency and lack of mitigation measures implemented to date is notorious. The measures taken so far, almost exclusively of a structural kind, have shown their limitations. On the other hand, it is clear the lack of non - structural mitigation measures, which may be more efficient in their results. This question raises the need for a critical review of the policies implemented and a paradigm shift in them. Finally, the article points out some measures and priority actions to advance in line with its arguments.

**Keywords:** Floods – Buenos Aires Metropolitan Region – Causes – Mitigation

## Resumo

Analisam-se as causas das inundações na Região Metropolitana Bonaerense (RMBA). Este fenómeno constitui o principal factor de peligrosidad natural da região. Nas últimas décadas tem aumentado significativamente os impactos das mesmas, facto que tem sido em general atribuído às influências da mudança climática. No entanto, na presente contribuição analisam-se outras possíveis causas, essencialmente relacionadas à ocupação do espaço. A ausência de planos de ordenamento territorial e a ineficácia e escassez das medidas de mitigação implementadas até o presente é notória. As medidas tomadas até o presente, quase exclusivamente de tipo estrutural, têm mostrado suas limitações, por outro lado, é evidente a falta de medidas não-estruturais de mitigação, as quais poderiam ser mais eficientes em seus resultados. Esta questão propõe a necessidade de realizar uma revisão crítica das políticas implementadas e uma mudança de paradigma nas mesmas. Finalmente, propõem-se algumas medidas e acções prioritárias a executar de acordo com o proposto.

**Palavras-chave:** Inundações – Região Metropolitana Bonaerense – Causas – Mitigação

## Introducción

En la Región Metropolitana Bonaerense (RMBA), que incluye a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, el Gran Buenos Aires, el Gran La Plata y poblaciones que integran la Tercera Corona y ciudades aledañas, viven más de 15 millones de personas (más de un tercio de la población de Argentina) según los datos del censo de 2010, constituyendo una de las diez primeras áreas urbanas del mundo. Dada su localización geológica y latitudinal, la región no presenta grandes peligros naturales, siendo las inundaciones y anegamientos la

principal causa de peligrosidad. Es posible plantear que directa o indirectamente, casi la mitad de la población se ve afectada de una u otra forma por las inundaciones. Diversos aspectos naturales y antrópicos coadyuvan para ocasionar esta situación. El objetivo de la presente contribución es analizarlos, a la vez que plantear posibles líneas de acción. En los últimos años ha aumentado la conciencia sobre esta problemática, si bien es poco lo que se ha avanzado en su abordaje. Se plantean, en la percepción de las inundaciones, una serie de aspectos, no todos correctos. Por un lado, existe la percepción de que en los últimos años ha aumentado la frecuencia de los eventos y la magnitud de los impactos. Esto es solo parcialmente verdadero ya que no hay una profundidad temporal de datos que permita aseverarlo. En la historia de la región han ocurrido numerosos eventos de grandes magnitudes desde el comienzo de la ocupación europea, si bien los efectos eran menores, puesto que también era mucho menor la población existente y la directamente expuesta. Por otro lado, con la consolidación en el imaginario popular de la idea de cambio climático, existe la tendencia a visualizar al clima y sus efectos como más imprevisible y agresivo. Debe destacarse que la magnitud y el origen del cambio climático o la variabilidad climática, es motivo aún de controversia y, en particular su origen antrópico o natural, dista de estar resuelto. Las causas y la ocurrencia en el tiempo geológico de fenómenos como la variación de los gases de efecto invernadero, la formación y variación del agujero de ozono o la ocurrencia de fenómenos como el Niño y la Niña no son todavía totalmente conocidos. Tampoco se ha demostrado la ocurrencia de mayores inundaciones en la región dada la ausencia de datos históricos que vayan más allá de unos pocos cientos de años. Es más, el concepto de cambio climático puede llevar a un determinismo inmovilizante ante la supuesta inevitabilidad de los fenómenos peligrosos. O sea, puede afirmarse que la percepción de una mayor incidencia de las inundaciones es probablemente más resultado del aumento poblacional y de la urbanización en general que de variaciones significativas en la dinámica natural.

La localización de asentamientos humanos, su estructura interna y funcionamiento están fuertemente influenciados por los factores ambientales, particularmente, por la configuración del terreno. Un manejo poco efectivo de las tierras en zonas urbanas resulta en una generalizada degradación de suelos, agua y paisaje, ocupación de áreas riesgosas, pérdida de espacios verdes y de tierras agrícolas. Los impactos de la urbanización sobre los cursos fluviales (geología y geomorfología fluvial) son múltiples y significativos, lo que puede extenderse a todos los aspectos relacionados con la hidrología (superficial y subterránea). A su vez, tal como es ampliamente conocido, las ciudades poseen un impacto directo, si bien local, sobre el clima, lo cual a su vez repercute también sobre el ciclo hidrológico.

Las inundaciones son fenómenos geológicos y geomorfológicos naturales comunes y recurrentes, parte integrante del ciclo fluvial de denudación de las áreas continentales. Los ríos aportan más del 90% de los sedimentos a los océanos provenientes de la erosión de los continentes. A su vez, junto con el agua subterránea y excluyendo las masas de hielo, conforman la principal (y más disponible) fuente de aprovisionamiento de agua dulce en el mundo. Las inundaciones no son eventos climáticos, son fenómenos geológicos. Esta consideración no implica no reconocer la influencia del clima, ni de los aspectos hidrológicos, pero permite una visión más abarcativa y por lo tanto más correcta como forma de aproximación a la problemática. Es una tesis de esta contribución

señalar que en buena medida la falta de soluciones efectivas es producto, sobre todo, del desconocimiento del fenómeno en todos sus aspectos, causalidades, interrelaciones, complejidades y efectos, por parte de quienes las proponen. No es tanto la falta de obras sino las obras y acciones realizadas hasta el presente la causa de la falta de soluciones más efectivas.

¿Qué implica decir que las inundaciones son un fenómeno geológico-geomorfológico? Implica, en primer lugar, reconocer una mayor complejidad del fenómeno, a la vez que verlo como algo natural, recurrente y habitual. Los aspectos geológicos, como por ejemplo los materiales superficiales (ya sea rocas o sedimentos), su granulometría, resistencia, heterogeneidad; la presencia de estructuras geológicas (aflorantes o en profundidad, activas o inactivas); la hidrogeología, el relieve y la configuración del paisaje (pendientes, geoformas, etc.); el tipo y naturaleza de los suelos presentes en una zona (permeabilidad, capacidad de almacenamiento, etc.) son múltiples y sus influencias e interrelaciones, variadas y complejas.

Asimismo, implica tomar en cuenta que cada río tiene su propia historia geológica; que ha atravesado en su evolución diferentes cambios en los factores condicionantes (como cambios de clima, variaciones del nivel del mar o cambios geológicos) los que han dejado su impronta en los cursos fluviales. Estos cambios y esta historia no es algo alejado o necesariamente muy distante en el tiempo. Basta con pensar que en los últimos 10.000 años el nivel del mar varió numerosas veces, lo que implicó que los cursos principales de la RMBA debieron adaptarse a las fluctuaciones y sus efectos son claramente visibles en todos los cursos e influyen de una u otra forma en la dinámica de las inundaciones actuales. Por lo dicho precedentemente y no menos importante, reconocer la individualidad o particularidad de cada curso fluvial, lo que no implica desconocer generalidades para todo el sistema fluvial.

Consecuentemente, el abordaje de la problemática necesita de un estudio más pormenorizado y abarcativo de cada curso fluvial, que excede el marco de la aproximación exclusivamente ingenieril-hidráulica. A la vez, implica reconocer que a partir de la individualidad de cada curso, resultado de su particular evolución geológica-geomorfológica, las soluciones no necesariamente serán generales ni excluyentes. Por último, es necesario tener en cuenta las múltiples influencias de las diversas actividades humanas, en particular la urbanización, en la geomorfología fluvial (Gregory, 2006).

## **El funcionamiento del sistema fluvial**

Conocer los principales aspectos de la dinámica fluvial es imprescindible, tanto para comprender el fenómeno de las inundaciones como para abordar tareas de mitigación de los impactos. Los ríos constituyen el elemento básico de transporte y acumulación de materiales en la superficie terrestre. Este aspecto implica, en primera instancia, considerar que los ríos no son tubos ni caños que llevan agua. Durante períodos de tiempo relativamente largos, y mientras no se modifiquen aspectos regionales o globales que los controlan (variaciones del nivel del mar, ascensos tectónicos, etc.), los cursos fluviales tienden a mantener un equilibrio dinámico entre trabajo erosivo realizado, la carga transportada y el material depositado, lo que se materializa en un arreglo específico de

geoformas. En tal sentido, éstas pueden ser visualizadas como evidencias de estadios de equilibrio alcanzados bajo unas determinadas condiciones controlantes.

Los factores que determinan el accionar y las características del sistema fluvial son principalmente la carga, el caudal y la pendiente de los cursos. La carga es el material que transporta el agua, tanto el volumen total como las diferentes granulometrías implicadas, tamaño del material. Este puede ser, de más fino a más grueso, arcilloso, limoso, arenoso o gravilloso. En la región, el material es esencialmente limo-arcilloso. El caudal es la cantidad de agua (volumen) movilizada por unidad de tiempo, usualmente se expresa en  $m^3/seg$ . Es un factor muy importante ya que brinda una idea de la energía del sistema. Depende de diversos factores, principalmente de la pendiente del curso, la cual es función directa del relieve regional y a su vez producto de la configuración geológica de una dada región.

La unidad funcional fundamental, y por lo tanto, de estudio del sistema fluvial, es la cuenca de drenaje: la parte del terreno afectada por los procesos de erosión-transporte-sedimentación fluviales. Incluye los cursos tributarios y cursos principales. Puede poseer límites naturales (por ejemplo Cuenca del Río Matanza) o límites arbitrarios definidos en función del objetivo de estudio. Los cursos integrantes de una cuenca o serie de cuencas de drenaje poseen una distribución espacial, una relación entre sí, formando una trama que se denomina red de drenaje. La red de drenaje posee dos atributos principales, uno es la configuración en planta de los cursos, que definen diferentes diseños de la red de drenaje, y el otro es la densidad de drenaje, o sea la cantidad de cursos por unidad de superficie. Estos factores dependen de la interrelación entre los aspectos climáticos de la cuenca o región, la naturaleza del sustrato (geología), la vegetación, los suelos y el uso y ocupación de la tierra.

Los ríos y arroyos poseen un diseño característico en planta que se denomina hábito de un río. Este puede ser meandriforme, anastomosado, entrelazado, etc., dependiendo de la pendiente y carga transportada por el curso y la naturaleza del sustrato geológico. La sinuosidad es una medida de esta propiedad y es la relación de distancias existentes entre dos puntos del curso y la distancia entre ambos en línea recta.

Las geoformas principales generadas por el proceso fluvial son los valles que incluyen las planicies aluviales o de inundación, canales, niveles de terrazas, laterales o laderas de valle y divisorias. Las planicies aluviales de los cursos de la región presentan características similares. Son resultado de una compleja asociación de eventos debidos al proceso fluvial, pero básicamente, su evolución (y morfología) se encuentra controlada por la intensidad y fuerza de la corriente y la naturaleza del material transportado.

En la Pampa Ondulada, los cursos generalmente poseen pendientes bajas, son ligeramente meandriformes y de canales simples (o únicos). La naturaleza cohesiva del material que compone las planicies inhibe las migraciones laterales de los meandros. Finalmente es importante establecer que todas estas variables son dinámicas, o sea varían en el tiempo y en el espacio como respuesta a variaciones en los factores controlantes. A su vez, todas se encuentran íntimamente relacionadas, por lo que al variar una las otras también presentarán algún grado de modificación con el tiempo.

Un aspecto sobre el que se volverá más adelante es la estrecha relación entre el sistema fluvial y el agua subterránea (notoria en especial en áreas de llanura), particularmente el nivel freático y la capacidad de almacenamiento de los suelos por la presencia por lo ge-



neral somera del nivel freático (Fuschini Mejía, 1994). Asimismo, dadas las características regionales, debe tenerse en cuenta que los ríos son de tipo emisario, o sea que reciben el agua del nivel freático y lo evacúan.

Por lo tanto, los factores que deben ser considerados incluyen los valores de las precipitaciones, el almacenamiento subterráneo (nivel freático) y superficial del agua (cuerpos de agua), la evapotranspiración y el escurrimiento superficial y subterráneo.

## Características del medio físico regional

Dentro de la llanura pampeana, la zona en la cual se asienta la Región Metropolitana Bonaerense se localiza en la denominada Pampa Ondulada. Caracteriza a este sector un relieve suavemente ondulado en el que las divisorias de aguas están formadas por acumulaciones loésicas cuaternarias. El loess es un sedimento esencialmente limoso acumulado por la acción eólica. Estos sedimentos se conocen como loess "pampeano" y lo integran dos unidades geológicas; las formaciones Ensenada y Buenos Aires. En ellas se encuentran numerosos niveles de calcretes (toscas) y de paleosuelos. La mayor parte de la zona urbanizada se asienta sobre estas formaciones.

Los cursos fluviales fueron disectando este relieve subhorizontal formando amplios valles y cañadas ocupadas por pequeños cursos permanentes. En ellos se acumularon, desde el pleistoceno superior (hace al menos 30.000 años) sedimentos limo-arenosos fluviales, conocidos como Formación Luján. En la zona costera, las oscilaciones del nivel del mar durante el cuaternario dejaron su impronta en la forma de acumulaciones holocenas (entre 7000 y 3000 años antes del presente, aproximadamente) de arcillas y limos de planicies mareales y albuferas vinculadas a un nivel del mar más elevado (el mar se habría proyectado valle arriba), como por ejemplo en el Matanza, en el que habría llegado al menos hasta Puente de la Noria. Con el comienzo del descenso del nivel del mar hasta su nivel actual se formaron numerosos cordones de conchillas correspondientes a la regresión de playas. Estos cordones y planicies de marea se observan especialmente bien en la zona costera del GBA sur; entre Quilmes y Ensenada. Los depósitos ingresivos (planicies de marea) se conocen como Formación Querandí y los cordones como Formación La Plata o las Escobas.

Los factores que han controlado la evolución geomórfica de la región en el Pleistoceno-Holoceno son: 1) las oscilaciones del nivel del mar (ingresiones-regresiones), 2) la depositación de potentes acumulaciones de loess y 3) la pedogénesis (Pereyra, 2004). A partir de la interacción de estos factores a lo largo del tiempo se desarrollaron varios tipos de unidades del paisaje de diverso origen y edad que, a nivel general, pueden agruparse según los procesos geomórficos que le dieron origen en: 1) eólicas, incluyendo la planicie loésica, 2) fluviales, incluyendo los valles fluviales, laterales de valle, terrazas y planicies aluviales y 3) poligenéticas, incluyendo las planicies poligenéticas del Río de la Plata y de los ríos Matanzas-Riachuelo, Luján y Reconquista, Barranca marginal o Paleoacantilado y el Delta del Paraná.

La planicie loésica constituye la divisoria alta de los sistemas fluviales de la región. Presenta un relieve plano o suavemente ondulado. Esta región se caracteriza por poseer ondulaciones con amplias divisorias de pendientes suaves (1 a 2%) y que en planta

comúnmente presentan dirección aproximada NE-SO. La red de drenaje a lo largo de su recorrido tiene diferente comportamiento, en las cuencas altas está poco integrada, mientras que en las cuencas medias se encuentra más integrada denotando un diseño paralelo a dendrítico. Las cuencas altas comprenden la amplia divisoria con las cuencas de los ríos Samborombón y Salado, que pertenecen a la región de la Pampa Deprimida. En esta amplia divisoria se localizan varias lagunas desarrolladas en antiguas cubetas de deflación. En algunos sectores, las cubetas de deflación, labradas en los sedimentos loéssicos pampaeanos, fueron esteros o lagunas antes de la urbanización, como en la zona del barrio de Saavedra. Estos niveles pueden presentar cierto control estructural en su desarrollo, debido a la presencia de mantos de calcretes de espesores variables. Presentan diversos paleosuelos observables en cortes verticales; en algunos sitios, hasta siete. Sobre esta geoforma, incorrectamente llamada muchas veces como terraza alta o meseta se asienta la mayor parte de la población, por ser la que presenta mejores condiciones para la localización de asentamientos poblacionales. Hasta casi fines del siglo XIX, la población de la región se asentaba casi exclusivamente en esta geoforma. La Planicie Loéssica se encuentra marginada, respecto del Río de la Plata y tributarios mayores, por una escarpa de erosión que ha conformado una "barranca". Esta geoforma se extiende con rumbo aproximado noroeste-sudeste, con un desnivel que puede superar los 10 m respecto de la planicie del Río de la Plata. Esta *barranca* constituye un elemento geomórfico regional y se prolonga hasta la Ciudad de Rosario (más de 250 km). Constituye el límite oriental de la Pampa Ondulada. Corresponde a una escarpa de erosión, un antiguo acantilado labrado por el mar durante las ingresiones marinas. Actualmente, los procesos erosivos hídricos y las caídas de detritos (remoción en masa) son procesos frecuentes en esta geoforma y tienden a reducir su pendiente. Así, las barrancas de Belgrano, Parque Lezama, Recoleta y San Isidro son un recuerdo del mar en Buenos Aires. Con posterioridad al retiro del mar se produjo el avance del delta del Paraná y la formación del estuario del Río de la Plata.

Las terrazas fluviales y planicies aluviales se desarrolla en los principales cursos fluviales que desaguan en el Río de la Plata. Destacan los ríos Matanza-Riachuelo, Reconquista y Luján como principales colectores en el área. Las dos primeras se encuentran comprendidas totalmente dentro del zona urbanizada, por lo cual está profundamente modificada en algunos sectores. Presentan importantes planicies aluviales y terrazas y reciben numerosos tributarios. Los cursos menores se encuentran aún más antropizados. Los lechos se encuentran profundizados (2-3 m) y generalmente tienen un nivel de terraza, muy modificada por la acción antrópica. Esta unidad es la de menor tamaño y presenta una elevada posibilidad de inundación. Dado que sus márgenes están sobreelevadas (albardones artificiales) e impermeabilizadas, por lo que se comportan como cursos "alóctonos". Por lo tanto, la planicie de inundación y terraza de los mismos en esos tramos y aguas arriba se pueden anegar por desborde, siendo difícil que el agua pueda volver a su cauce. Esta unidad tiene el nivel freático muy somero (menos de 1 m) lo que genera problemas para la construcción y excavación de zanjas y canales. Debido a la naturaleza cohesiva de los materiales acarreados por los ríos y las bajas pendientes, los cursos presentan un hábito meandriforme de alta sinuosidad, pero de escasa migración lateral. Las posteriores canalizaciones y rectificaciones modificaron este patrón originario. Los laterales de valles ocupan la porción del paisaje comprendida entre las divisorias

más altas y las planicies aluviales y terrazas de los cursos fluviales. Son ambientes de transición entre las tierras altas y bajas. Las pendientes tienen gradientes entre 3 a 7% y son originadas por procesos erosivos relacionados con el escurrimiento superficial. En los principales valles fluviales, los tramos inferiores muestran la intercalación de procesos geomorfológicos fluviales con procesos propios de litorales marinos y estuarios.

La planicie poligenética del Río de la Plata se desarrolló originalmente como una planicie de acreción marina, comportándose, en la actualidad, como la planicie aluvial del río. Su ancho varía grandemente, aumentando hacia el sudeste, donde puede superar los 10 km de ancho en la zona sur del GBA. En la zona de la Capital Federal prácticamente ha desaparecido a causa de los diferentes rellenos realizados por la construcción del puerto, Aeroparque y Ciudad Universitaria. Presenta un relieve plano a suavemente ondulado, con geformas de diferente origen. En esta unidad se distinguen varias subunidades. Cerca del río se encuentra el albardón costero, luego prosiguen los cordones de conchillas, aproximadamente subparalelos a la costa actual. Estos fueron formados por acreción, durante el Holoceno, entre 6000 y 3500 años AP. Tierra adentro, y formando una extensa planicie, solo cortada por los cursos fluviales actuales, se encuentran los antiguos canales de marea y la albúfera. En la zona norte del GBA, entre San Isidro y Vicente López, aparece una plataforma de abrasión labrada en el calcrete ("tosca") cuspidal de la Formación Ensenada. Esta plataforma, controlada estructuralmente por la aparición de un banco duro, pudo haberse labrado parcialmente durante la ingresión marina holocena.

Por fin, ocupando solo un pequeño sector de la zona urbanizada, se encuentra el Delta del Paraná. Esta unidad presenta características distintivas y una compleja evolución geológico-geomorfológica asociada a las fluctuaciones cuaternarias del nivel del mar:

Con respecto a los suelos, en primer lugar es importante destacar que hasta el presente se carece de estudios detallados de suelos del AMBA, si bien la información de las zonas periurbanas puede ser extrapolada hasta cierto punto. En función de los diferentes materiales originarios, las diferentes posiciones en el paisaje y geformas presentes, puede establecerse que los suelos poseen importante variabilidad espacial. La región se caracteriza por presentar importantes períodos de pedogénesis dominante y morfogénesis subordinada ("medios estables"), lo que resulta en suelos con buen desarrollo (profundos y con horizontes bien manifiestos).

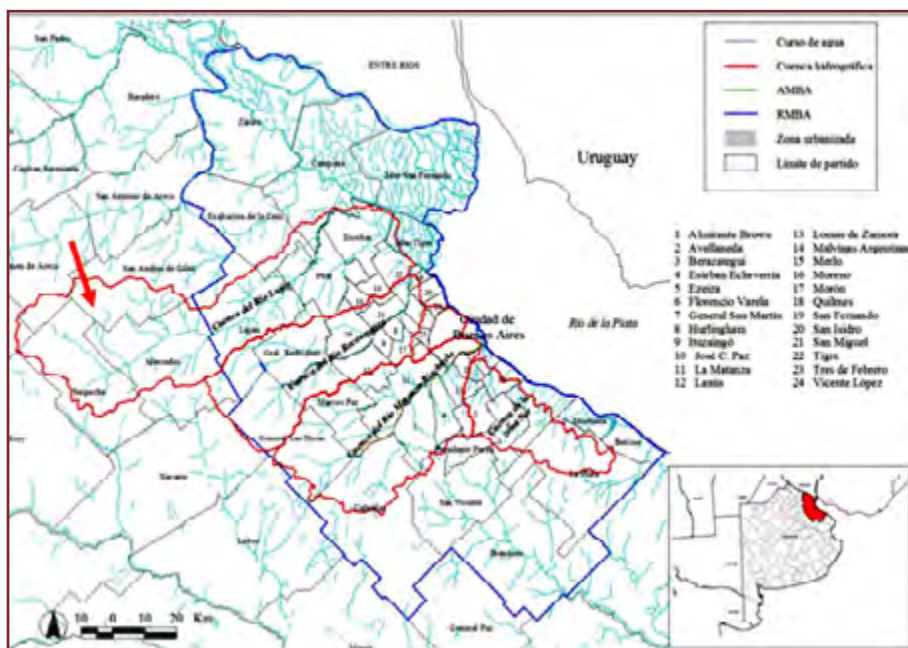
Predominan los Argiudoles típicos, desarrollados en las divisorias y en las laderas de valles. Se han formado a partir de los sedimentos loésicos, son profundos (más de 1,5 m), tienen importante desarrollo y altos contenidos de materia orgánica. Constituyen los suelos "zonales" de la región. Presentan horizontes superficiales potentes y oscuros, ricos en materia orgánica humificada (horizontes mólicos) y por debajo horizontes arcillosos (argílicos). En las laderas de valles, los Argiudoles son menos potentes, con el C algo carbonatado. Suelen presentar horizontes E. Pese a encontrarse en aquellas zonas menos anegables, presentan evidencias de condiciones reductoras y saturación temporal con agua a poca profundidad (a 25-40 cm aparecen concreciones y moteados). Por su parte, en el ambiente fluvial y litoral marino, predominan los Endoacuoles, Molisoles hidromórficos y, en menor medida, aparecen Udifluventes, Natracualfes y Hapludertes (Entisoles, Alfisoles y Vertisoles, respectivamente). Del estudio de los suelos surge, en líneas generales, que independientemente del lugar del paisaje que ocupen, todos los suelos de la región presentan características que permiten inferir diferentes grados de saturación del perfil con agua. Esto es una evidencia de una capa



freática alta, la mayor parte del año. Los suelos de la región se encuentran en muchos casos modificados por la acción antrópica. Asimismo, la presencia de un horizonte argílico implica una permeabilidad moderada a baja y una velocidad de infiltración baja, lo que es importante a la hora de considerar los coeficientes de escorrentía (no deben limitarse los estudios al epipedón mólico, ya que es mucho más permeable, por lo que se puede caer en sobreestimaciones). Tal situación es particularmente evidente en la zona de la planicie aluvial del Río de la Plata y en todos los sectores en los que aflora el “querandinense”. Estos materiales son básicamente arcillosos y de gran potencia por lo que la infiltración es mínima.

## Ríos y arroyos de la RMBA

La zona en la cual se encuentra la RMBA se encuentra surcada por numerosos cursos, generalmente de dimensiones modestas, que desaguan o en el río Paraná o directamente en el estuario del Río de la Plata. La mayor parte de los ríos y arroyos tienen una dirección dominante SO-NE y son relativamente paralelos, lo que evidencia cierto grado de control estructural (bloques de basamento en profundidad y evolución del margen atlántico a estas latitudes). De sur a norte es posible diferenciar cuatro cuencas principales: 1) Matanza-Riachuelo, 2) Reconquista, 3) Luján y 4) Areco; y numerosas cuencas pequeñas, como por ejemplo en el caso de la CABA y La Plata. Estos cursos drenan las aguas de la denominada Pampa Ondulada, mientras que al sur se encuentra la denominada Pampa Deprimida de la que forman parte el río Salado y el río Samborombón. La divisoria de aguas de ambas vertientes (Paraná-De la Plata al NE y Salado al SO) se ubica en cotas cercanas a los 40 m, disminuyendo hacia el SE.



Cuencas urbanas en la RMBA (fuente SRHN)

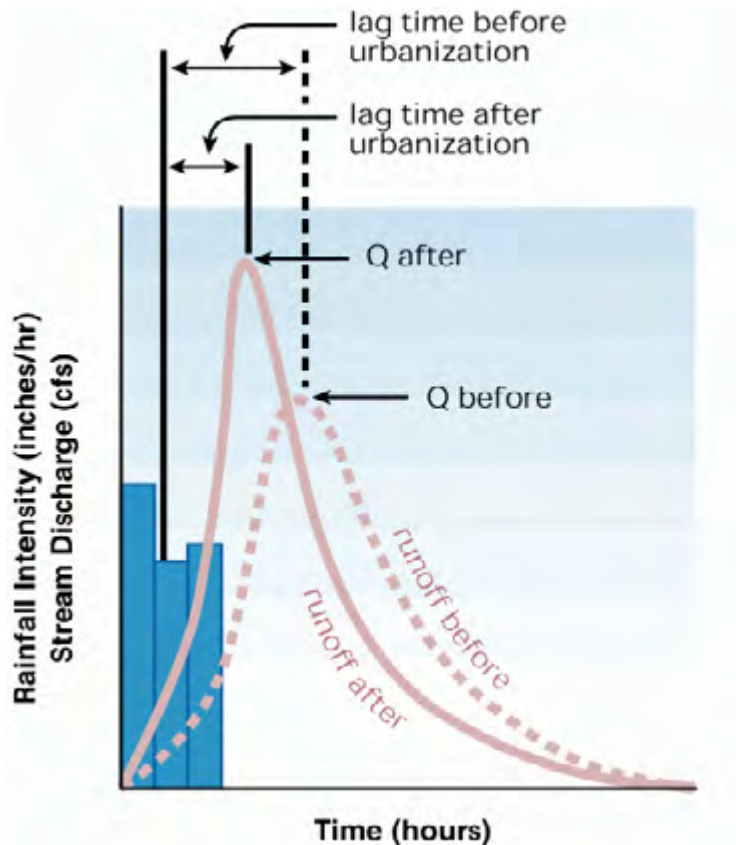
La cuenca del río Matanza abarca una superficie de cerca de 2300 km<sup>2</sup>, con una longitud de cauces total de 510 km en 232 cursos mayores y menores. El curso principal posee una longitud de 81 km y un hábito meandriforme con alta sinuosidad. El cauce se encuentra "encajonado", evidenciando una importante incisión vertical para el Holoceno superior (vinculado a un rápido descenso del nivel de base), lo que implica una baja capacidad de migración de los meandros y por lo tanto escasa erosión lateral actual. El tramo medio e inferior se encuentra rectificad y sus riberas han sido elevadas artificialmente.

Constituyó uno de los principales ejes de crecimiento de la ciudad, primeramente por su actividad, si bien limitada como puerto, que estuvo activo hasta principios del siglo XX, y en la radicación de industrias como saladeros. El río se forma por la confluencia de un conjunto de arroyos que desaguan en lagunas y esteros que se extienden en el entorno de la corona de pueblos formada por Marcos Paz, General Las Heras y Cañuelas. Sobre la margen izquierda, en la CABA, recibe al Arroyo Cildáñez, que se origina en tierras de La Matanza, y cruza el Mercado Nacional de Hacienda de Liniers. La cuenca del Cildáñez desembocaba en los "bañados del Bajo de Flores". Hoy en día el Cildáñez corre entubado hasta cruzar la Avenida Roca, a partir de la cual se convierte en canal rectificad a cielo abierto, hasta desembocar en el Riachuelo. El tramo rectificad del Riachuelo se extiende hasta el Puente Alsina (Avenida Sáenz), a partir del cual conserva la traza de río de llanura, con sus característicos meandros. El más acentuado se conoce como Meandro Brian; los terrenos aledaños hoy en día están ocupados por la Villa 21/24, la más poblada de la CABA. A partir del Puente Pueyrredón viejo, el río es ancho y apto para la navegación de embarcaciones menores. En este tramo el cauce describe un ángulo que es conocido como la vuelta de Berisso; aguas abajo se presenta otro meandro característico conocido como Vuelta de Rocha, desde donde el río toma un curso casi recto hasta la bifurcación de la Dársena Sur y, sobre la costa de Avellaneda, la entrada del Dock Sur.

El río Matanza posee un caudal medio (en la estación Autopista) anual de 7,02 m<sup>3</sup>/seg y un caudal máximo de 1325 m<sup>3</sup>/seg, variando las cotas de la superficie del agua entre 1,43 m y 6,16 m, correspondiendo este último valor a una inundación importante pero no extrema. Teniendo en cuenta las características del curso y de la planicie aluvial y nivel de terraza, esta amplitud en la altura del agua, implica anegamientos de extensas zonas. El río Matanza, en su tramo inferior (Riachuelo) poseía una alta sinuosidad, debida a la muy baja pendiente en este tramo y a la interacción con el Río de la Plata. Numerosas lagunas, bañados y meandros abandonados ocupaban la planicie aluvial, quedando solo como evidencias la laguna Soldati y la ubicada dentro del Autódromo, parcialmente modificadas. La planicie aluvial, en esta zona, posee un ancho máximo de 6 km y en ella habitan más de 500.000 personas. El desnivel total es de 35 m entre sus nacientes y la desembocadura en Puerto Nuevo.

El río Reconquista corre también (debido al señalado control estructural de los cursos fluviales en la Pampa Ondulada) con rumbo dominante NE, desembocando actualmente en el río Luján en la zona de Tigre, si bien es probable que un brazo del mismo desembocara directamente en el Río de la Plata, a la altura de San Fernando. Tiene sus nacientes en Moreno y se forma por la unión de numerosos cursos menores. Posee una longitud de 82 km y drena una cuenca de 1574 km<sup>2</sup>. Sus principales afluentes son los arroyos la Choz y Durazno en sus orígenes y el arroyo Morón, parcialmente entubado. En la zona de la Reja (Partido de Moreno) se ha realizado en 1971 un embalse a los efectos de controlar las

crecidas (dique Cascallares). Posee una pendiente media mayor que el Matanza (desnivel de 42 m), con numerosos resaltos en su curso debidos a la presencia de bancos de tosca, alguno de los cuales se pueden observar desde el Camino del Buen Aire y el Acceso Oeste. Su caudal medio es de  $4 \text{ m}^3/\text{seg}$  y el  $Q \text{ max.}$  con un TR de 10 años es de  $286 \text{ m}^3/\text{seg}$ . Durante mucho tiempo constituyó el límite de la urbanización.



Hidrogramas en cuencas naturales y urbanizadas

El río Reconquista nace de la confluencia de los arroyos Durazno y Durazno chico, que desaguan extensas superficies rurales. Unos dos kilómetros aguas abajo se ha construido un primer dique para regular las crecientes que afectan a las urbanizaciones contiguas a su curso medio y superior. Los aportes de estos tres brazos (Duraznos, Álvarez y Horqueta) son regulados por la represa Ingeniero Roggero, que produce un espejo de agua de considerable tamaño. A partir de este punto las costas del río presentan una urbanización sostenida. La Cuenca Inferior está caracterizada por los extensos bañados que acompañan al cauce permanente y los rellenos del Cinturón Ecológico. Los bañados del Reconquista presentan la cuña de Pacheco, al oeste, drenada por el arroyo Basualdo y, hacia el este, están los bajos ocupados por el aeropuerto de San Fernando. Inmediatamente al norte desemboca en el Río Luján. Aproximadamente a un kilómetro de su desembocadura se abre en dos bocas, llamadas Reconquista, la del oeste, y Tigre, la del este.

Fue importante como eje de aglomeración de población en la zona de su desembocadura, donde, desde comienzos de la fundación de Buenos Aires, se desarrolló un pequeño puerto vinculado a la zona del Delta, a partir de la cual se extraía madera,

luego (y actualmente) puerto de frutos y de pesca. Esta zona se encontraba en Tigre y era periódicamente inundada, por lo que las viviendas, como en la actualidad, se encontraban elevadas. La presencia de cordones de conchillas platenses (entre 6000 y 3000 años antes del presente), permitía que hubiera ciertos sectores menos expuestos a las inundaciones, y fue ahí donde se localizó el pequeño poblado. Esta situación generó su originaria denominación tanto para el paraje como para el río: Las Conchas.

Dentro de la zona suburbana se encuentra el río Luján que posee la mayor cuenca (área drenada por un curso principal y sus tributarios) de la región considerada, con una superficie de casi 3300 km<sup>2</sup>. El río Luján tiene una extensión de 128 km, hasta su desembocadura en el Río de la Plata, en el Partido de San Fernando. Su caudal medio es 5,37 m<sup>3</sup>/seg y los cursos que forman la red de drenaje son mayormente permanentes. El caudal máximo con un TR de 10 años es de 394 m<sup>3</sup>/seg. Posee un diseño sinuoso, con algunos resaltes controlados por interposición de bancos de tosca que actúan como límite a la incisión vertical. Su dirección dominante también es sudoeste-noreste, salvo en su tramo final en el cual se vuelve paralelo al paleoacantilado que margina la planicie loésica. Sus principales tributarios los recibe en su tramo inferior (en el ambiente del Delta) y son los arroyos Garín, Escobar, Claro y de las Tunas. Incluye sectores de los Partidos de Suipacha, Mercedes, Luján, Pilar, Gral. Sarmiento, San Andrés de Giles, Campana, Escobar y Tigre.

En las cercanías del cruce con la Autopista Panamericana, el río Luján ocupa una amplia planicie baja, anegable, que se formó originariamente como un pequeño estuario durante la última ingresión marina (ocurrida entre 7000 y 3000 años). Luego, con el retiro del mar, la zona estuárica fue parcialmente modificada por la depositación fluvial realizada por el río Luján. Actualmente es una amplia zona de bañados y esteros de más de 5 km. de ancho en algunos sectores, que permanece anegada durante parte importante del año, entre las localidades de Zárate (en relación con el arroyo de la Cruz), Campana, Escobar y Tigre, destacando algunas zonas ligeramente más elevadas en la zona de cordones; por ejemplo donde se encuentra la estación dique Luján del FF CC Mitre. El río Luján en este último tramo se encuentra controlado por la presencia de los cordones litorales antiguos, presentando ángulos rectos en su trazado según va superando los diferentes cordones uniendo los bajos inter-cordones. Al pie de la barranca en la zona de Otamendi, se encuentra una serie de lagunas vinculadas con los ríos Luján y Paraná de las Palmas, correspondientes a antiguas albuferas, luego modificadas por la acción fluvial y objeto de fuerte presión antrópica en la actualidad (urbanizaciones).

Fuera del área de la RMBA, pero muy cercana a ella, se encuentra hacia el norte la cuenca del río Areco. Posee una superficie de 3700 km<sup>2</sup>, un caudal medio de 8 m<sup>3</sup>/seg y un caudal máximo para un TR de 10 años de 545 m<sup>3</sup>/seg. La longitud del curso principal es de 80 km. Incluye parte de los Partidos de Carmen de Areco, San Andrés de Giles, San Antonio de Areco, Exaltación de la Cruz, Baradero y Zárate. Recibe entre otros, a los arroyos Cañada Romero, Funes, Lavayén, Giles y Cañada onda, entre otros. Entre esta cuenca y la del Luján se encuentra la pequeña cuenca del arroyo de la Cruz, que incluye al arroyo el Sauce y las pequeñas cuencas de los arroyos Pesquería y Pescado, en los partidos de Campana y Zárate principalmente.

El territorio que hoy ocupa la Ciudad de Buenos Aires estaba surcado por numerosos cursos fluviales, ríos y arroyos de pequeñas dimensiones, los que desaguaban en el Río de la Plata. Esa red de drenaje se encuentra severamente modificada por la urbanización, no existiendo prácticamente curso fluvial que no muestre cierto grado de antropización. En la actualidad se encuentran entubados en su inmensa mayoría y fluyen por debajo de algunas

de las calles de la Ciudad y otros han desaparecido. En el ámbito de la CABA destaca el arroyo Maldonado, que cruza en forma latitudinal a la ciudad siguiendo el trazado de la Avenida Juan B. Justo, bajo la cual se encuentra entubado en un conducto de 15 m de ancho por 4 m de altura que le permite conducir 340 m<sup>3</sup>/seg en su tramo final. Posee una longitud de 19 km, una pendiente media de menos de 1 m/km. Fue entubado en 1937 y su planicie aluvial, de ancho variable, posee un desnivel de más de 2 m, observable claramente en las cercanías de Chacarita, en el desnivel de las calles que cruzan J.B. Justo, a uno y otro lado de la misma. En la zona céntrica de la Ciudad se encontraban originalmente numerosos cursos menores que disectaban a la planicie loésica, entre los cuales destacaban los denominados "terceros" localizados en la que fue la zona de primera urbanización. Todos estos cursos han desaparecido y su trazado original puede seguirse en algunos tramos por el diseño de las calles. Estos arroyos que surcaban el núcleo histórico de la ciudad, los "terceros" se denominaban del Sur, del Medio y del Norte. Hacia la zona norte de la Ciudad, en los barrios de Belgrano, Núñez y Saavedra, se encuentran las cuencas de los arroyos Medrano (8 km), Vega (4,3 km) y White, actualmente entubados en casi todo su recorrido. El arroyo Medrano era el más importante de los tres, con un recorrido de al menos 8 km. Tiene sus nacientes en los Partidos de Tres de Febrero y Caseros y posee un sector en el cual se ha mantenido su configuración natural, localizado dentro del predio del Ejército en Villa Martelli. Ingresa a la Ciudad de Buenos Aires en Parque Sarmiento, sector ocupado originalmente por una serie de lagunas y bañados, entre los que destacan la laguna que ocupaba el denominado Parque Saavedra de forma oval. En la zona sur de la Ciudad de Buenos Aires, además del Arroyo Cildáñez, procedentes de la divisoria de aguas sobre la cual se ubicaba el camino del Oeste (Avenida Rivadavia) se encontraba una serie de arroyos de menores dimensiones que desaguaban en las zonas bajas aledañas al Riachuelo, localizadas en su planicie aluvial.

Por último, hacia el sur del Gran Buenos Aires se encuentran numerosos cursos subparalelos que desaguan directamente en el Río de la Plata, si bien ninguno alcanza la magnitud de los ríos ubicados al norte. Los numerosos arroyos que disectan la planicie loésica generalmente se encuentran entubados en sus tramos superiores, en las zonas más densamente pobladas, apareciendo ocasionalmente en los cruces carreteros. Sus tramos inferiores, en la zona de la planicie aluvial y terraza del Río de la Plata, se encuentran canalizados, pero no entubados. Destacan, de norte a sur, los arroyos Sarandí, de las Piedras, Santo Domingo (cuenca de 155 km<sup>2</sup>), Jiménez, de las Conchitas (122 km<sup>2</sup>), Baldovinos, Pereyra, Rodríguez, el Gato (98 km<sup>2</sup>) y al sur de La Plata, los arroyos Maldonado, Pescado, Cañada Arregui, Buñirigo, San Felipe, etc. Son sinuosos y encajonados y sus tramos cercanos a la desembocadura se encuentran controlados por la presencia de cordones de conchillas de la última ingresión. Algunos inundaron sectores considerables durante las tormentas de diciembre de 2009 y en la trágica inundación de abril de 2013 en La Plata.

## **Análisis de las causas de las inundaciones en la RMBA**

Los riesgos geológicos son aquellos procesos, eventos o situaciones que tienen lugar en el medio geológico y que pueden producir daños o perjuicios a alguna comunidad. Es

importante tener en cuenta que la mayor parte de los sistemas naturales evolucionan o se desarrollan sobre la base de fenómenos violentos (como grandes tormentas, incendios, etc.), los que constituyen usualmente factores de riesgo. La discusión de los procesos naturales implica una visión de la naturaleza como un sistema dinámico y cambiante (no fijista). Tal como se dijera, en Argentina, las inundaciones probablemente constituyen el principal riesgo geológico natural, ya sea por la cantidad de población afectada como por su impacto en las vías de comunicación, infraestructura de servicios y las actividades económicas en general. Estos impactos son importantes en la Ciudad de Buenos Aires y alrededores y constituyen, junto con los problemas de contaminación de aguas (subterráneas y superficiales) y de suelos, los principales problemas ambientales por resolver.

Es posible diferenciar cuatro tipos principales de inundaciones en nuestro país: 1) inundaciones en áreas de llanura; 2) inundaciones relámpago (*flash-floods*) en áreas montañosas o periserranas; 3) anegamientos por ascenso del nivel freático; y 4) inundaciones por ascensos extraordinarios de lagos. Las inundaciones en llanuras se producen en forma lenta, pero inundan grandes extensiones de tierra y persisten durante largos períodos. Los movimientos verticales del agua son más importantes que los laterales. Las inundaciones relámpago, por el contrario, se producen muy rápido, pero inundan áreas relativamente pequeñas y sus efectos desaparecen rápidamente. Las inundaciones del primer tipo generan un alto impacto sobre la economía, mientras que las segundas suelen implicar mayores riesgos para las vidas de la personas.

Un fenómeno natural constituye un peligro o una amenaza solo si es así percibido por un sector de la población. El factor humano, ya sea como elemento activo o pasivo, es inherente a la consideración de los peligros. La consideración de un fenómeno natural como peligro tiene que ver no solo con su intensidad, sino también con el grado en el cual un evento dado excede las expectativas humanas en un lugar y en un momento determinado. Por lo tanto, puede señalarse que el nivel de severidad de un evento natural particular se transforma en amenaza o peligro sólo en relación con la capacidad de la sociedad o de los individuos para lidiar con él.

En primer lugar, es pertinente analizar algunos conceptos y definiciones. Una amenaza o peligro natural es la existencia de una condición geológica, proceso o suceso potencial que puede suponer una afectación de la salud, bienestar o seguridad de una población, o para el desarrollo de las actividades económicas de una determinada sociedad. Por su parte, riesgo es la mayor o menor probabilidad de que se produzca un daño en una zona dada debido a la ocurrencia de un fenómeno natural peligroso. Por lo tanto, si bien ambos conceptos son utilizados muchas veces como sinónimos de hecho no lo son.

Rowe definió al riesgo como:

$$R=PXD$$

Donde P es la probabilidad de que ocurra un peligro y D el valor del daño

En relación al riesgo geológico, este es resultado de la confluencia de tres aspectos: 1) la peligrosidad geológica (o amenaza), 2) la exposición frente a esa amenaza y 3) la vulnerabilidad frente a la misma (Keller y Blodgett, 2004; Merz, Hall, Disse & Schumann, 2010). La vulnerabilidad es la respuesta de los elementos expuestos a cierto evento desastroso en función del grado de exposición de los mismos y la resistencia al daño. Consecuentemente, Riesgo podría definirse también como:

$$R=AXV$$



Donde A es la amenaza y V la vulnerabilidad

A nivel global, el número registrado de eventos ha seguido una curva ascendente en los siglos XX y XXI. Esta tendencia puede reflejar: 1) Un aumento en la frecuencia de los mismos, 2) Una mejora considerable en el reporte y registro de los fenómenos y/o 3) El aumento de la población. A su vez, el aumento de la población implica: 1) Un incremento de la exposición, 2) Incremento de la urbanización, 3) Ocupación creciente de áreas no apropiadas, 4) Aumento de la pobreza y 5) Manejo ineficiente del ambiente y de los recursos naturales.

Las inundaciones constituyen fenómenos complejos que incluyen aspectos climáticos, hidrológicos, geológico-geomorfológicos y sociales. Si bien esta naturaleza compleja es un aspecto ampliamente reconocido, en líneas generales no se ha tenido en cuenta a la hora de realizar planes de mitigación. Tal como se dijera, las inundaciones constituyen fenómenos de índole geológica, que incluyen componentes climáticos, geomorfológicos e hidrológicos. Resultan del desborde de los cursos fluviales en una dada cuenca o región, según cual sea la escala de percepción. Estos desbordes y anegamientos de zonas tienen lugar como respuesta a fenómenos climáticos. Asimismo, constituyen factores de riesgo geológico, la erosión y depositación en zonas aledañas a los cursos fluviales.

Las crecidas y desbordes dependen, en mayor o menor medida de tres parámetros fundamentales: 1) clima, 2) geología y 3) actividad antrópica (uso de la tierra y ocupación del espacio). La magnitud y la frecuencia de las inundaciones son función de la intensidad y distribución de las precipitaciones, la capacidad de infiltración de los materiales superficiales, la naturaleza de los materiales superficiales (roca y material inconsolidado) y de las características del relieve (paisaje). Los usos de la tierra y la ocupación humana, particularmente en zonas urbanas, han incrementado la posibilidad de inundaciones en pequeñas cuencas de drenaje, debido al incremento de la cantidad de terreno construido, lo que aumenta considerablemente el coeficiente de escorrentía (escurre más de lo que infiltra). La incidencia relativa de cada uno de estos parámetros varía según la zona considerada.

En la región, diversos factores coadyuvan para producir las inundaciones, las que pueden ser agrupadas según sus causas en dos: Naturales y Antrópicas (Pereyra, 1998 y Pereyra, 2015). Dentro del primer grupo se encuentran: a) frecuentes precipitaciones de gran intensidad; b) la existencia de una red de drenaje poco integrada debida, entre otros factores, a los bajos gradientes y a las fluctuaciones climáticas ocurridas durante el Cuaternario; c) la existencia de bajos anegables ("bañados"); d) la estrecha relación existente entre el agua superficial y subterránea, especialmente notable en áreas de llanura y dentro de la cual destaca la presencia de una capa freática alta y e) el proceso de tapón ejercido por las sudestadas en las desembocaduras de los distintos arroyos que drenan en el AMBA. Las inundaciones urbanas alcanzan sus efectos más perjudiciales, junto con la coincidencia con "sudestadas", que elevan el nivel del Río de La Plata. Estos ascensos importantes de su nivel están relacionados con fuertes vientos procedentes del sudeste y actúan como tapón hidráulico, impidiendo el desagüe de los cursos tributarios, los cuales pueden desbordar aun más, si a su vez están creciendo por la acumulación de agua procedente de la cuenca alta.

Tabla 1: principales causas de las inundaciones en el AMBA (tomado de Pereyra, 2015)

Causas de las inundaciones		Acciones, procesos y factores
Naturales	Climáticas	Grandes precipitaciones
		Ascenso del Río de la Plata por "sudestadas"
	Geológicas-geomorfológicas	Suelos y materiales superficiales poco permeables
		Bajas pendientes regionales
		Planicies aluviales amplias
		Red de drenaje pobremente integrada
	Alto nivel freático	
Antrópicas		Impermeabilización por urbanización
		Remoción de la cubierta vegetal
		Rectificación de cursos
		Obstrucción de cursos
		Ocupación de zonas anegables
		Modificación de la línea de costa del Río de la Plata
		Remoción de la cobertura edáfica y compactación de los materiales superficiales

Es característico de la Región Pampeana el bajo relieve relativo existente, y por lo tanto las muy bajas pendientes regionales que presentan los cursos fluviales que la surcan. La velocidad del flujo y, por ende, la velocidad mediante la cual será evacuado el excedente hídrico, es función no solo de la forma del canal sino también, y en primerísimo plano, de la pendiente de un curso. Por otro lado, es necesario considerar las características de la red de drenaje para realizar un adecuado manejo de los cursos; en este caso un aspecto que destaca claramente es lo pobremente integradas que se encuentran las cuencas en esta región. En esto inciden, no sólo la señalada ausencia de un importante relieve relativo, sino también la compleja y particular evolución geomórfica de la región, en la cual la depositación de potentes mantos de loess (limos eólicos) y la existencia de ingresiones marinas han modificado la red de drenaje, interfiriendo con el proceso fluvial. Esta situación motiva que —en muchos casos— no exista una red integrada por cursos fluviales bien definidos, sino una serie de bajos y cuerpos lacunares alineados que sólo se integran en respuesta a grandes precipitaciones. En los sectores suburbanos, en los cuales se preservan las características naturales del medio físico, el patrón de distribución de los suelos y las características del paisaje evidencian este aspecto.

Tal como se puede observar en los diferentes mapas, la mayor parte del AMBA se encuentra localizada a cotas inferiores a los 25 m. Los cursos fluviales (sus cauces y planicies aluviales) que surcan la planicie loésica se encuentran generalmente en la zona más densamente urbanizada, por debajo de los 10 m, y hacia la zona de la CABA y el Río de la Plata (el colector principal), por debajo de los 6-5 m como, por ejemplo, los cursos medios e inferiores de los ríos Matanzas-Riachuelo, Maldonado, Vega y Medrano. La planicie poligenética del Río de la Plata, se encuentra por debajo de los 5-4 m.

El Río de la Plata experimenta ascensos importantes como consecuencia de los fuertes vientos procedentes del sudeste (sudestadas). Puede crecer hasta 4 m respecto de su nivel de referencia (cero del Riachuelo) como, por ejemplo, 4.44 m el 15/4/40; 4.06 m en

1989; 3.90 m el 6/2/93; 3.59 m el 16/5/2000, 3.39 m el 10/12/93, etc. Tal como se dijera previamente, las mayores inundaciones se producen como consecuencia de la combinación de lluvias intensas con ascensos del nivel del Río de la Plata por "sudestadas". Niveles extremos de 4.4 m, como en 1940 y otros ligeramente inferiores, en el orden de los 4 m, implican el anegamiento directo por desborde del Río de la Plata de los sectores costeros. Asimismo, por efecto de tapón hidráulico, la inundación de las planicies aluviales, e incluso de las terrazas bajas de los cursos antes enunciados. Así los sectores de los barrios ubicados en las adyacencias de estos cursos, como Saavedra, Núñez, Belgrano, Villa Crespo, Palermo, La Boca y sectores de otros barrios, que se localizan en estas cotas, se ven seriamente afectados. Por ejemplo, en la zona inferior del arroyo Vega, el agua alcanzó más de 1.2 m sobre el nivel de la calle en el barrio de Belgrano en las inundaciones de 2000 y 2001 y más de 1 m en la Avenida J. B. Justo sobre el arroyo Maldonado canalizado, como por ejemplo en la de 2009.

Finalmente, en algunos barrios de la CABA y del AMBA, las inundaciones se producen por ascensos del nivel freático. Éste, tal como se dijo en muchos sectores, en virtud de la topografía y las muy bajas cotas de la región, se encuentra subaflorante (en muchos sectores por encima de 1,5 m de profundidad), por lo que como respuesta a una importante lluvia asciende hasta superficie o, más frecuentemente, hasta 50 cm de profundidad, afectando sótanos y cimientos de viviendas. Lo somero del nivel freático, implica que en ciertos sectores se deba bombear permanentemente los sótanos y otros tipos de instalaciones subterráneas. Esta situación suele producirse en los barrios del sur de la CABA, en relación con los bajos existentes (meandros abandonados y lagunas) en la planicie aluvial y terraza baja del río Matanzas-Riachuelo. También se verifica este fenómeno en sectores del Bajo Belgrano y Núñez.

Los ascensos freáticos obedecen a varias causas. Las más importantes se vinculan a acciones antrópicas y están relacionadas con la reducción de la captación de agua del acuífero puelche y el aumento del volumen o aporte extra de agua que ingresa al sistema hídrico subterráneo a través de vertido de las aguas excedentes del sistema de distribución. Esta recarga artificial, en muchos casos con aguas servidas, se produce principalmente a través de pozos ciegos, dado que numerosas localidades carecen de desagües cloacales. Los excedentes mencionados dieron lugar al afloramiento de agua freática en el casco urbano, con el consiguiente cúmulo de inconvenientes que ello acarrea (por ejemplo, rotura de pavimentos y veredas, anegamiento de sótanos y lugares bajos, inestabilidad edilicia y focos de contaminación urbana). A su vez, la causa natural principal que influye en esta problemática es el incremento de la recarga regional por aumento de las precipitaciones a partir de la década de 1980. La utilización de aguas provenientes de los pozos de abastecimiento del puelche ha decrecido notablemente y el nivel piezométrico, deprimido durante la explotación, recupera su posición normal. Es importante señalar que este ascenso del nivel freático presenta un problema potencial, aún no debidamente evaluado respecto de la incorporación de elementos contaminantes al acuífero.

Una característica importante de la región es la estrecha relación que existe entre las aguas superficiales y las aguas subterráneas. Es relevante no sólo en lo referente a las inundaciones sino también en lo vinculado a la contaminación de las aguas y a los flujos de contaminantes. La hidrogeología de la región está constituida, en su tramo superior, por un acuífero multiunitario compuesto por tres o cuatro niveles comunicados hidráu-

licamente. El nivel superior es el denominado acuífero libre o freático, comúnmente conocido como la napa. El nivel inferior corresponde al acuífero puelche que posee agua de buena calidad y es intensamente utilizado en el Conurbano Bonaerense. Los dos niveles intermedios se encuentran en el loess pampeano y se conocen como epipuelche. Los cursos fluviales son de tipo efluentes en la región, lo que quiere decir que reciben el agua de la freática y en general sus nacientes se vinculan al drenaje subsuperficial. El nivel freático es somero en la mayor parte de la región. En las zonas topográficamente más bajas se encuentra generalmente a menos de 1 m de profundidad y en algunos lugares suele aflorar. En las zonas altas (en la planicie loésica) se suele encontrar entre los 4 y los 10 m de profundidad. La capacidad de almacenamiento de agua de los suelos en relación con las precipitaciones se encuentra condicionado por este hecho, aumentando el escurrimiento superficial (y por ende la posibilidad de inundaciones) en forma directa con la disminución de la profundidad del nivel freático. Otro aspecto a tener en cuenta es que la profundidad de la freática varía en el tiempo, tanto en forma estacional como en forma periódica. Así, hay sectores en los cuales el nivel freático ahora se encuentra a más de 5 m de profundidad y hace menos de 10 años se encontraba a menos de 2 m. Dentro del segundo grupo de causas se encuentran la impermeabilización producida por la urbanización, la modificación de los cursos y en particular la reducción sustancial de las planicies de inundación de los mismos; la desaparición de espacios verdes y vegetación natural (destrucción de los ecosistemas naturales preexistentes), la ocupación de áreas anegables, bajos, lagunas y planicies aluviales debido al crecimiento de la ciudad, la realización de obras de infraestructura (canalizaciones, entubamientos, diques, etc.), obstrucción de los cursos fluviales, modificación sustancial de la línea de costa del río de la Plata y la presencia de vías de comunicación (FF CC y rutas) que atraviesan los cursos y no han sido construidos teniendo en cuenta las frecuentes crecidas, por lo que impiden el flujo hídrico. La impermeabilización producida por la urbanización provoca el aumento del escurrimiento superficial (el cual puede superar el 90% del total de lo llovido), disminuyendo el tiempo en el cual llega el pico de la creciente. Es de destacar que en la CABA, más del 20% de superficie se encuentra ocupando planicies aluviales de los diferentes cursos (generalmente entubados), mientras que en algunos partidos del GBA, este porcentaje se eleva aún más. Por definición, una planicie aluvial es la parte de un valle que puede experimentar ocasionales inundaciones.

El crecimiento de la ciudad ha determinado una indiscriminada edificación en las planicies aluviales. En ciertas zonas se han nivelado (rellenando) los terrenos antes de construir, lo que solamente implica trasladar el problema aguas arriba. Otro aspecto es la escasa "luz" que suelen poseer los puentes de vías férreas y de rutas, conformando verdaderos diques. Los terraplenes de las vías de comunicación juegan el mismo papel. Debido al crecimiento radial de la ciudad, generalmente las mismas suelen ser transversales a los principales cursos de la región.

La canalización y entubamiento de los cursos constituye otro aspecto importante, ya que han sido generalmente realizados sin considerar los valores de máximo caudal que poseen los arroyos y ríos. Por ello no pueden transportar los excedentes hídricos en el caso de fuertes precipitaciones, ya que en muchos casos se han construido sobre la base de la estimación de coeficientes de escorrentía sensiblemente inferiores a los actuales. El coeficiente de escorrentía es la relación existente entre el agua que escurre superfi-

cialmente y el agua que infiltra. Por ejemplo, el Arroyo Maldonado fue entubado con una sección que permite un  $Q$  máx de  $206 \text{ m}^3/\text{seg}$  en la Avenida General Paz y de  $340 \text{ m}^3/\text{seg}$  en la desembocadura. Sin embargo, estas estimaciones fueron realizadas teniendo en cuenta coeficientes de escorrentía marcadamente inferiores a los actuales, por lo que es insuficiente para evacuar toda el agua durante el pico de crecida. Además de los desbordes localizados, como por ejemplo en la zona de los arroyos Maldonado y Vega, se ha trasladado el problema aguas arriba de la canalización, hacia zonas que antes no lo experimentaban.

La destrucción de ecosistemas naturales y el reemplazo o destrucción de la cobertura del suelo, afectan las características físico-químicas del sustrato, inhibiendo la infiltración. Finalmente, la modificación de la línea de costa del Río de la Plata, por los diferentes rellenos que han sido realizados, ha resultado en una interferencia de la dinámica erosiva-deposicional del mismo y de los cursos que desaguan en él. Otro aspecto importante es la modificación de la línea de costa del Río de la Plata (ver apartado siguiente) debida a los sucesivos rellenos, que han cambiado los perfiles longitudinales de los ríos, extendiéndolos y por ende disminuyendo aún más sus pendientes longitudinales, hasta hacerlos casi horizontales. Esta situación favorece el ingreso del Río de la Plata durante las "sudestadas" y además ha aumentado las zonas de captación de lluvias aumentando el caudal de los ríos en forma artificial.

Un aspecto importante es la reducción sustancial del ancho de las planicies aluviales de los cursos fluviales. Una planicie aluvial, tal como se dijera es una geoforma que esencialmente se inunda periódicamente como respuestas a caudales, ya sea asociados a tormentas, precipitaciones intensas o fenómenos estacionales. Por lo tanto, debe considerarse que la probabilidad de inundación de esta geoforma es absoluta. En tales casos, el agua ocupa toda la planicie, desde los límites de la planicie respecto de las terrazas fluviales, si las hubiera, o a los laterales del valle fluvial. Si se reduce la sección de la planicie el agua se desbordará, alcanzando sectores que de otra forma no serían vulnerables. Asimismo, estos sectores pueden extenderse aguas arriba del sector en el que se redujo el ancho de la planicie trasladando el problema a los mismos. En este sentido, es notorio el hecho que al inundarse sectores por fuera del sistema fluvial activo, el agua que ocupará los mismos no tenderá a fluir hacia los cursos por lo que será de difícil evacuación. Las causas de reducción de las planicies aluviales son múltiples, entre las que se cuentan su ocupación con construcciones, por la construcción de albardones artificiales con intención de proteger los sectores inmediatamente aledaños (con lo cual solo se traslada el problema aguas arriba), levantamiento artificial del nivel de la planicie con el objetivo de evitar que se inunde (cuando esa es su función dentro del sistema fluvial), terraplenes de vías de comunicación y de puentes (que además impiden el flujo al actuar como diques) y finalmente, las canalizaciones.

El crecimiento urbano de las localidades aledañas a los ríos Luján y Areco es notorio y sostenido en las últimas décadas. En muchos casos se han ocupado sectores próximos a los cursos, modificando (levantando la cota) las planicies aluviales. Es posible observar numerosos sectores de estos ríos en los cuales el agua discurre en un estrecho canal limitado por altas riberas, generando de hecho sectores canalizados. Estas obras de modificación de las riberas y de la forma en planta de los cursos (hábito de los ríos) han sido realizados sin control y sin conocimiento de la dinámica fluvial y de los potenciales

impactos que pueden generarse aguas arriba y aguas debajo de las mismas. En las recientes inundaciones de agosto de 2015, en el caso de los ríos Luján y Areco, la reducción de las planicies aluviales, sumado a los factores climáticos, han sido los principales causantes de las extensas inundaciones.

Debe quedar claro que legalmente ningún particular (individual o colectivo) puede modificar la línea de costa de un curso fluvial o cuerpo de agua natural. Asimismo, debe también quedar claro, que los municipios tampoco tienen competencia legal ni para modificarlos ni para autorizar modificaciones en ellos. Sin embargo se puede ver cómo esto ocurre prácticamente a diario, lo cual evidentemente tiene efectos nefastos.

Las canalizaciones además de poco efectivas en áreas de llanura, ya que la velocidad de los cursos no puede aumentarse sustancialmente por las bajas pendientes regionales, salvo que tuvieran secciones mayores de las que se utilizan, presentan varios problemas asociados. Por un lado, aumentan sustancialmente el potencial erosivo de los cursos, lo cual se evidencia en la destrucción de los márgenes de los canales sea de tierra o de hormigón. En segundo lugar, la canalización implica, tal como es reconocido por todos los especialistas, un impacto sustancial sobre la biodiversidad acuática, llevando a la larga (o a la corta) a la desaparición de numerosas especies y pérdida de biodiversidad. En un canal, la velocidad del agua tiende a homogeneizarse, desapareciendo formas del relieve propia de los canales en las cuales se producen naturalmente situaciones de remansos y de protección, variaciones de salinidad y de oxigenación, etc., que permiten el desarrollo de toda la cadena trófica. La diversidad de sectores en los cauces sostiene la diversidad de hábitats y, por lo tanto, la biodiversidad. En general, un curso canalizado es un curso degradado desde el punto de vista biológico.

Finalmente, los canales deben ser mantenidos y limpiados, lo que implica un costo adicional y permanente que nunca es considerado en los presupuestos originales y que a la larga pueden superarlos.

## **¿Qué hacer? Mitigación y cambio de paradigma**

Las medidas de mitigación de los efectos de las inundaciones incluyen numerosos aspectos, aplicados extensamente en todas las regiones vulnerables del mundo. La mitigación incluye medidas de tipo estructural y de tipo no estructural.

En la mitigación de los efectos de las inundaciones coexisten dos conceptos: 1) predicción y 2) prevención. La predicción es la definición en el espacio y en el tiempo de un riesgo geológico, incluyendo la magnitud del evento potencial. Por su parte, la prevención refiere al conjunto de medidas estructurales y no estructurales basadas en la predicción que buscan disminuir al mínimo el daño posible. En el caso de las inundaciones de la RMBA, la predicción espacial es totalmente posible a partir de la realización de una cartografía temática precisa, mientras que la predicción temporal presenta mayor grado de dificultad, si bien también puede ser realizada. En este caso, los tiempos de alerta serán más estrechos, lo que no implica que no deban realizarse. La predicción implica además la realización de programas de monitoreo y la posibilidad de generar alertas tempranas.

El cambio de paradigma implica, a partir de la definición de riesgo planteado, actuar



esencialmente sobre la reducción de la exposición más que sobre la reducción de la vulnerabilidad o de la amenaza. Efectivamente, la mejor manera de no sufrir el impacto nocivo debido a un fenómeno o proceso natural es NO EXPONERSE. Verdad de Perogrullo, que por obvia es menospreciada.

La gran diversidad que adquieren las inundaciones en Argentina hace necesario el abordaje particularizado de la problemática. Los estudios abarcativos y realmente interdisciplinarios se vuelven imprescindibles. La elaboración de pautas de ocupación y de ordenamiento territorial debería hacerse teniendo en cuenta las características del medio natural, en particular aquellas que tengan relación con la morfodinámica y los suelos. Además, deberán ser tenidos en cuenta los aspectos socio-económicos, culturales e históricos derivados de la ocupación existente.

Los programas de mitigación pueden abordar la problemática desde dos aproximaciones: estructurales y no-estructurales. Las primeras incluyen la realización de obras de infraestructura tendientes a la modificación del régimen de escurrimiento, el control de la erosión y depositación manejo de las cuencas en general: construcción de diques y embalses, acondicionamiento de los cauces (entubamientos y rectificaciones), construcción de nuevos cauces (canales aliviadores), almacenamiento temporario de los excedentes, conservación de suelos, espacios verdes y forestación (para aumentar la infiltración).

Las medidas no estructurales son esencialmente acciones sociales, políticas y económicas, e incluyen el mapeo temático; zonificación; monitoreo; ordenamiento territorial; regulación del uso y ocupación de las planicies aluviales; uso de la tierra; política impositiva y de inversión productiva y defensa civil; implementación de sistemas de alarma y previsión, los códigos y planes de urbanización, planes de evacuación, estimación de los potenciales impactos, instrumentación de políticas de seguros, etc.

**Tabla 2: principales acciones de mitigación y control de las inundaciones (tomado de Pereyra, 2015).**

Medidas de implementación	Acciones
Estructurales	Diques y embalses
	Entubamientos
	Almacenamiento subterráneo
	Canales
	Acondicionamiento de cauces
	Forestación y protección de espacios verdes
	Conservación de suelos
No estructurales	Ordenamiento del territorio
	Zonificación de riesgos y peligrosidad natural
	Seguros y normativas
	Sistemas de alerta
	Planes de contingencia
	Regulación de ocupación de planicies aluviales
Restauración de los sistemas fluviales	

La selección de alguna de estas opciones depende de una serie de factores sociales y políticos, entre los cuales es importante la forma en que el riesgo es percibido por la sociedad. El impacto sobre la sociedad de un fenómeno riesgoso, puede ser directo o indirecto. El directo incluye pérdidas de vidas y bienes y el indirecto genera afectación sobre el aparato productivo, inseguridad en la población y toda una gama de aspectos psicológicos tales como la falta de alicientes a la producción, inoperancia, sensación de inevitabilidad, inactividad, etc.

En el AMBA se han realizado acciones casi exclusivamente de tipo estructural, seguramente más espectaculares, pero en muchos casos poco eficientes. Las acciones no-estructurales han sido dejadas de lado. La canalización de los cursos fluviales (o directamente su entubamiento) han sido las principales medidas (y casi exclusivas) tomadas en nuestro medio para tratar de prevenir o al menos paliar los efectos de las inundaciones. Estas actividades han incluido la rectificación de los cursos, el ensanchamiento de los cauces y la construcción de barreras laterales, con el casi exclusivo objetivo de mejorar el drenaje y evacuar más rápidamente los excedentes. Si bien en muchos casos estas acciones han sido efectivas, en nuestro país —en líneas generales— no han cumplido su objetivo, principalmente debido a los muy bajos gradientes, la falta de integración natural de la red de drenaje (sobreimpuesta a geoformas eólicas), recientes fluctuaciones del nivel del mar y, en muchos casos errores de diseño y dimensionamiento por falta de conocimientos de la dinámica fluvial por parte de los profesionales a cargo de las tareas. Desde un punto de vista ambiental, la mejor solución para minimizar los daños es la regulación de la ocupación de las planicies aluviales. Sin embargo, en zonas de intensa urbanización, como en la región considerada, serán necesarias complementarlas con medidas de tipo estructural (reservorios, diques, embalses, canalizaciones, entubamientos, etc.). En líneas generales, es conveniente tratar de manejar las aguas desde las cabeceras de los cursos, desviándolas hacia lugares no ocupados por población o almacenándola temporalmente. Esta situación, en oposición a las canalizaciones, ya fue planteada por F. Ameghino a fines del siglo XIX (Ameghino, 1884). El agua sería así retenida durante el lapso de tiempo en el cual el Río de la Plata se encuentre por encima de sus niveles regulares y luego debería ser liberada o bombeada en su drenaje natural hacia el río. Otro aspecto sería el de tratar de aumentar la infiltración. Para eso sería necesario reservar amplias zonas verdes, en las cuales la urbanización no impermeabilice la superficie. Las mejores posibilidades de éxito se obtienen de la combinación de esas acciones.

Por otro lado, en el futuro debe prohibirse, en cualquier tramo de cualquier curso, la disminución de las planicies aluviales naturales, a la vez que tender a la restauración de las que ya han sido afectadas y controlar y disminuir sensiblemente cualquier uso de las mismas. En tal sentido, deberían encararse planes de restauración geomorfológica y ecológica de los ríos, por parte de equipos de profesionales capacitados a tal efecto (que entiendan la dinámica y el funcionamiento del proceso fluvial y la multiplicidad de aspectos implicados) ya que restaurar no es hacer plazas y canchales y plantar arbolitos, es mucho más que eso. Otro aspecto a ser considerado es la evaluación y acondicionamiento de las vías de comunicación que cruzan a los cursos fluviales de forma tal que no se conviertan en diques, tal como sucede en la actualidad con la mayor parte de los puentes, dado su dimensionamiento escaso.

Es fundamental tener en cuenta que no existe una receta, una sola acción efectiva. Un problema frecuente que motiva los numerosos fracasos de las obras de mitigación que

se han realizado, es que no están diseñadas para eventos extremos, ya que se basan en datos procedentes de registros incompletos o de valores medios. Eventos climáticos globales como el fenómeno del Niño, pueden agravar sensiblemente las posibilidades y frecuencia de fenómenos riesgosos y su magnitud (Schiff, Mac Broom & Armstrong Bonin, 2006; Gurnell, Lee & Souch, 2007).

Del análisis de los aspectos considerados surge que las principales problemáticas socio-ambientales se derivan de la inexistencia de programas de planificación territorial sustentables, y de un proceso poco racional de ocupación del suelo que no ha considerado las dimensiones ambientales del entorno. La utilización de la información geoambiental para la planificación del territorio, especialmente en la zona del Área Metropolitana Bonaerense, constituye una cuenta pendiente significativa por parte de planificadores y políticos en las diferentes instancias de decisión. Aportar material técnico accesible para zanjar esta situación aparece como un mandato social ineludible para docentes e investigadores de las universidades públicas asentadas en su territorio e integradas a la sociedad que las sostiene y de la cual surgen las verdaderas demandas.

El ordenamiento territorial permite prevenir posibles conflictos ambientales, superando la actitud defensiva, de mitigar los impactos ya generados ("apagar los incendios"). Es posible plantear, a partir del análisis de la situación actual de la región, que la necesidad de rever la política de crecimiento aparece como un imperativo. Para prevenir futuros problemas ambientales, los organismos gubernamentales deben ejercer mayor control sobre la ocupación y uso del territorio, alcanzando un balance entre el crecimiento urbano y la preservación del medio natural. La protección de espacios verdes naturales o poco intervenidos aparece como una de las principales acciones a implementar a nivel región.

La ausencia de pautas de ordenamiento territorial en las poblaciones de la región es un hecho ampliamente conocido. En general, todos los municipios poseen planos de usos sugeridos del territorio, con zonificaciones en las que se distribuyen los diferentes usos, como urbanos, industriales, etc. Sin embargo, en todos los casos analizados es evidente el hecho que no están basados en las propias características del medio físico y su capacidad de acogida o uso vocacional, sino que responden a aspectos históricos de ocupación y cuestiones económicas, especialmente en lo referente al valor de la tierra, a la propiedad y la disponibilidad y acceso a los servicios.

En toda la región el aspecto inmobiliario es central, y los sectores privados activos en este rubro son especialmente refractarios a cualquier tipo de zonificación del territorio y a la planificación en general, generando *lobby* en diferentes instancias a efectos de intentar frenar cualquier tipo de acciones por parte de los organismos públicos que pudieran implicar disminuciones en sus de por sí elevadas tasas de ganancia.

Es de notar que aquí se plantea uno de los principales conflictos sociales de la región, que tiene que ver con el acceso a la tierra por parte de la población y que implica su segregación social en función de la mayor o menor aptitud de la tierra para la ocupación. Así, la población de escasos recursos accede a tierras que presentan mayores grados de peligrosidad natural y luego deben ser asistidos por los gobiernos municipales para intentar mitigar los efectos de los diferentes problemas ambientales. En muchos casos se ha observado la presión por parte de los propietarios de las tierras para que los organismos públicos municipales permitan la realización de loteos en casos en que es bien conocida la escasa aptitud de las tierras para la construcción de viviendas.

Para el abordaje integrado de la problemática en la RMBA surge como una necesidad impostergable el hecho de realizar una cartografía temática de las diferentes cuencas con el objetivo de evaluar y zonificar la peligrosidad y el riesgo geológico. Los mapas de riesgo proporcionan la información necesaria para establecer normas preventivas, determinar medidas correctivas, establecer sistemas de alerta y diseñar planes de protección civil. Constituyen una de las principales acciones no estructurales tendientes a mitigar los impactos de los diferentes riesgos naturales y, por lo tanto, son un insumo básico del ordenamiento territorial.

## Consideraciones finales

La gran diversidad que adquieren las inundaciones en Argentina hace necesario el abordaje particularizado de la problemática. Los estudios abarcativos y realmente interdisciplinarios se vuelven imprescindibles. La elaboración de pautas de ocupación y de ordenamiento territorial deberá hacerse teniendo en cuenta las características del medio natural, en particular aquellas que tengan relación con la morfodinámica y los suelos. Además, deberán ser tenidos en cuenta los aspectos socio-económicos, culturales e históricos derivados de la ocupación existente (Jha, Bloch & Lamond, 2012).

Los riesgos naturales se derivan de las posibles interacciones entre las actividades humanas y los sistemas geomorfológicos funcionales. Estas interacciones poseen, en primer lugar, un componente espacial en el que el uso y ocupación del territorio por un lado, y la posibilidad y actividad geomorfológica, por el otro, se plasman en mapas (cartografía temática). En consecuencia, la cartografía temática aparece como una de las herramientas fundamentales en la predicción y prevención de los riesgos geológicos. Sin embargo, esta actividad ha sido soslayada o directamente dejada de lado en los planeamientos y acciones ejecutadas hasta el presente en nuestro país.

Los factores que controlan la extensión del daño causado por las inundaciones incluyen el uso de la tierra en las planicies aluviales, la magnitud y frecuencia de las inundaciones y la efectividad (o ineffectividad) de los sistemas de alerta y control. Es característico de la Región Pampeana el bajo relieve relativo existente, y por lo tanto las muy bajas pendientes regionales que presentan los cursos fluviales que la surcan. La velocidad del flujo y, por ende, la velocidad mediante la cual será evacuado el excedente hídrico, es función no solamente de la forma del canal sino también de la pendiente de un curso. Por otro lado es necesario considerar las características de la red de drenaje para realizar un adecuado manejo de los cursos; en este caso un aspecto que destaca claramente es lo pobremente integradas que se encuentran las cuencas en esta región (debido a la naturaleza de la cobertura edáfica y vegetal, las características del relieve loésico y la dinámica de las ingresiones marinas).

En el caso en cuestión, las condiciones de peligrosidad son altas en las planicies aluviales y en los sectores de los numerosos bajos, tanto en el ambiente de la planicie loésica como en el antiguo ambiente litoral marino (zona costera del Río de la Plata y deltáica). Al tratarse de una zona urbana la exposición es muy alta. Finalmente, teniendo en cuenta las características naturales y los fenómenos que pueden ocurrir, no es posible, mediante medidas de tipo estructural, reducir significativamente la vulnerabilidad. Con-

secuente, el riesgo geológico es alto, por lo dicho y también por la recurrencia de los fenómenos. Por lo tanto y a modo de conclusión parcial, la única posibilidad de disminuir el riesgo es reducir la exposición, ya que no es posible mitigar estructuralmente la peligrosidad natural alta de la zona.

La mayor parte de las grandes obras han sido planificadas sin contar con sustento serio de línea de base del medio físico. Así, es probable que vayan a presentar problemas estructurales intrínsecos y generar impactos ambientales perjudiciales para importantes sectores de la población. El loteo, construcción de marinas y barrios cerrados en terrenos nivelados por relleno de refutado en la zona sur del RMBA, aledaña al Río de la Plata, proyectados en la provincia de Buenos Aires, podrá traer graves problemas de inundaciones a los barrios ubicados aguas arriba de los cursos que desaguan en la zona, ascensos del nivel freático —ya de por sí alto—, etc., que tampoco han sido considerados.

Se podría seguir con una lista casi tan larga como lo ya dicho. Sin embargo, en este caso interesa especialmente destacar el papel que juega el medio físico en las vidas de la población de zonas urbanas y la necesidad de conocerlo adecuadamente; no solo como una cuestión de interés puramente intelectual, valioso en sí mismo, sino para poder planificar y realizar las actividades sociales y económicas de forma adecuada. La triste experiencia indica que cuando se ha soslayado el estudio del medio natural antes de cada intervención, las consecuencias se han pagado duramente, incluso mediante la pérdida de vidas humanas, generalmente en los sectores socialmente más necesitados.

A modo de conclusión última, es necesario un cambio de paradigma en el abordaje de la problemática. Este cambio implica tres aspectos principales. En primer lugar, mejorar sustancialmente el conocimiento del medio físico y su funcionamiento para la región, incluyendo la cartografía temática. En segundo lugar, incorporar la noción de complejidad del fenómeno de las inundaciones, en particular incluyendo los aspectos geológicos, geomorfológicos evolutivos, edáficos e hidrogeológicos y las múltiples influencias sobre el factor antrópico. Finalmente, en tercer lugar, es necesario, en el abordaje de los planes de mitigación, mutar el énfasis puesto actualmente en la reducción de la vulnerabilidad y por ende la aplicación casi exclusiva de medidas de tipo estructural, por la reducción de la exposición y, por lo tanto, avanzar en la aplicación de medidas de tipo no estructural, esencialmente relacionadas al ordenamiento territorial.

## Bibliografía

Ameghino, F. (1884): *Las secas y las inundaciones en la provincia de Buenos Aires. Obras de retención y no de desagüe*, re-editado por la Secretaría de Política Ambiental de la provincia de Buenos Aires, La Plata.

Fuschini Mejía, M. (1994): *El agua en las llanuras*, UNESCO-Programa Hidrológico Internacional. Montevideo.

Gregory, K. (2006): "The human role in changing river channels", *Geomorphology* 79:172-191.

Gurnell, A., M. Lee & C. Souch (2007): "Urban rivers: hydrology, geomorphology, ecology and opportunities for change", *Geography Compass* 1/5:1118-1137.

Jha, A., R. Bloch & J. Lamond (2012): *Ciudades e inundaciones*, The World Bank-GFDRR. Washington.

- Keller, E. y R. Blodgett (2004): *Riesgos naturales*, Pearson-Prentice Hall. Madrid.
- Merz, B., J. Hall, M. Disse & A. Schumann (2010): "Fluvial flood risk management in a changing world", *Natural Hazards en Earth System Sciences* 10:509-527.
- Pereyra, F. (2015): *Buenos Aires Develada: El Área Metropolitana Bonaerense. El Medio Natural*, UNDAV Ediciones, Avellaneda.
- \_\_\_\_\_ (1998): "La Ciudad de Buenos Aires y las inundaciones: Una aproximación geoambiental", *Revista Ciencia Hoy*, Vol. 9, 50:16-28.
- \_\_\_\_\_ (2004): "Geología Urbana del Área Metropolitana Bonaerense y su influencia en los problemas ambientales", *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59 (3):445-467.
- Schiff, R., G. Mac Broom & J. Amstron Bonin (2006): "River restoration and fluvial geomorphology", *New Hampshire Department of Environmental Services*, Concord.

Efectos destructivos de la inundación del río Luján de agosto del 2015



Inundaciones producidas por desborde del río Luján (2015)







Vista de parte de la ciudad de Luján inundada



Anegamientos por ascenso freático en la planicie litoral,  
Partido de Berazategui



Arroyo totalmente antropizado y degradado, arroyo  
Sarandí, Pdo. de Avellaneda



Autos aplastados como resultado de las corrientadas en calles (Inundación de La Plata, 2013)



Inundación de La Plata del 2013



Vista de la corrientada en una calle de La Plata (2013)





Sudestada en la Costanera de la Ciudad de Buenos Aires



Sudestada en la costa de Quilmes