

EFFECTOS DE PRECIPITACIONES INTENSAS Y SU RELACIÓN CON LAS CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS EN BAHÍA BLANCA

Zapperi, Paula A. - Campo, Alicia M.

Departamento de Geografía y Turismo - Universidad Nacional del Sur. 4° Piso - 12 de Octubre 1198 (B8000CTX) Bahía Blanca. CONICET. E-mail: paula.zapperi@uns.edu.ar

Resumen

En áreas urbanas, las inundaciones y anegamientos son considerados como los principales impactos ambientales de las precipitaciones intensas. Sin embargo, existen otros procesos que no se vinculan directamente con la acumulación de agua sino con el transporte de sedimentos que provoca su escurrimiento. En la ciudad de Bahía Blanca, el efecto más común que se deriva de este tipo de fenómeno meteorológico sobre la población y su organización espacial es el aislamiento de los barrios cuyas calles no han sido pavimentadas. El ingreso de agua a las viviendas, a escuelas y organismos públicos es otra de las consecuencias negativas de las lluvias fuertes. Por otra parte, en las zonas de mayor altitud el escurrimiento del agua ocasiona una doble problemática: erosionar las calles sin pavimentar y depositar el material socavado en niveles inferiores. Es por ello, que el objetivo del presente trabajo es conocer las características geomorfológicas y su posible condicionamiento sobre los efectos de las precipitaciones intensas en la ciudad Bahía Blanca. Se consultaron artículos de la prensa local y se digitalizaron las curvas de nivel de las cartas topográficas del IGM escala 1:50.000 de 1967. Se analizaron intensidad y frecuencia de los datos de precipitación y se identificaron las características geomorfológicas del área urbana y periurbana. Se reconoció un importante condicionamiento de las características geológico-ambientales sobre el escurrimiento del agua derivada de las precipitaciones intensas. La cartografía síntesis demostró la existencia de zonas de distintos tipos de procesos de erosión – deposición como consecuencia de diferentes intensidades de precipitación. El crecimiento urbano es otro factor de influencia en este sistema que modifica la escorrentía natural y contribuye a la generación de nuevos procesos erosivos.

Palabras clave: Geomorfología urbana – Lluvia – Anegamientos - Bahía Blanca.

EFFECTS OF HEAVY RAINFALL AND ITS RELATION TO GEOMORPHOLOGY IN BAHIA BLANCA

Abstract

In urban areas, floods and inundations are considered the main environmental impacts of heavy precipitation. However, other processes not directly linked to the accumulation of water but more to the transport of sediment exist, caused by water run-off. In the city of Bahia Blanca, the most common effect that results from this type of weather phenomenon on the population and its spatial organization is the isolation of areas where streets are not paved. The ingress of water to homes, schools and government buildings is another negative impact of heavy rains. Moreover, in areas of higher altitude water run-off causes two problems: erosion of unpaved streets and deposits of eroded material at lower levels. Therefore, the purpose of this study was to determine the geomorphological characteristics and possible solutions to the the effects of heavy precipitation in the city Bahia Blanca.

Una versión preliminar de este trabajo se encuentra incluida (sin referato) en las Actas de las VIII Jornadas Patagónicas de Geografía. UNPSJB (Sede Comodoro Rivadavia). 13 -16 de abril de 2011. Publicado en soporte CD con ISBN 978-987-26721-0-2.

Local press articles were consulted and contours from IGM 1967 topographic maps at 1:50.000 scale were digitized. The intensity and frequency of rainfall were analysed and the geomorphology of urban and suburban areas were identified. It was recognized that there was an important conditioning by environmental geological characteristics on the run-off of water derived from rainfall. Mapping revealed the existence of areas with different types of processes of erosion-deposition as a result of different intensities of rainfall. Urban growth is another factor influencing the system that changes the natural run-off flow and contributes to the generation of new erosion.

Keywords: Urban geomorphology, Rainfall, Flooding, Bahia Blanca.

Introducción

En áreas urbanas, las inundaciones y anegamientos son considerados como los principales impactos de las precipitaciones intensas. Los mismos se producen en función de la relación lluvia-escorrentía y el proceso de urbanización introduce modificaciones que alteran esta interdependencia (Keller, 2011). La impermeabilización del suelo a través de la pavimentación y construcciones, la reducción de la infiltración y el aceleramiento del escurrimiento que esto conlleva es la principal alteración que se produce en el ambiente urbano (Tucci, 2003 y Mikkan, 2007). Ejemplo de ello es lo que ocurre en las regiones metropolitanas del centro-Sur de Brasil. Allí se intensifican las inundaciones producidas por las lluvias intensas de la estación estival (Mendoza, 2011). Por otra parte, en la ciudad de Buenos Aires este tipo de fenómeno meteorológico provoca el desborde de los arroyos que atraviesan la ciudad y numerosos sectores quedan expuestos al peligro de inundación (González, 2009). Por otra parte, existen otros procesos que no se vinculan directamente con la acumulación de agua sino con el transporte de sedimentos que provoca su escurrimiento. Los eventos hidrológicos de baja frecuencia pueden activar procesos geomorfológicos debido a la remoción y posterior depositación del material de las estructuras sedimentarias del lugar. La urbanización puede favorecer estos procesos pues modifica la topografía natural e introduce pendientes suavizadas o pronunciadas (Harp *et al.*, 2006). Las lluvias intensas pueden ocasionar procesos de remoción en masas cuando el suelo supera su capacidad de retención de agua, como es el caso de aquellos con alto contenido de arcillas (Mardones y Vidal, 2001). En Estados Unidos, para la ciudad de Seattle, los importantes daños que ocasionan los deslizamientos superficiales derivados de lluvias intensas motivaron la elaboración de mapas de zonificación de los sectores de mayor riesgo (Harp *et al.*, 2006). En México los procesos de la remoción en masa han causado un considerable número de desastres por lo que la temática ha sido ampliamente estudiada, principalmente en el Sur de la Sierra Madre (Capra *et al.*, 2003; Lugo-Hubp *et al.*, 2005 y Alcántara Ayala y Murillo García, 2008). En los mapas de peligrosidad natural que se han realizado para la ciudad de Bariloche, Argentina, se identifican a las inundaciones y los

deslizamientos como los fenómenos de mayor ocurrencia luego de precipitaciones intensas. A su vez, el desarrollo de estos procesos se analizó conjuntamente con las características geomorfológicas del lugar. Los sectores de mayor peligrosidad se identificaron en las zonas de altas pendientes con materiales superficiales poco consolidados y vegetación natural degradada. Asimismo, a las características del medio natural se suma el rápido crecimiento poblacional y la ocupación de zonas riesgosas (Pereyra, 2007). En la ciudad de Mendoza Mikkan (2007) estudió los aluviones que se originan a partir de fuertes tormentas. Además de reconocer la influencia de esta variable climática también aborda las causas de tipo geomorfológicas, estructurales, hidrográficas, fitogeográficas y antrópicas. Por otra parte, en la ciudad de Córdoba Sanabria *et al.* (1991) estudiaron procesos de erosión hídrica de las calles debido al encauzamiento de las aguas de escorrentía.

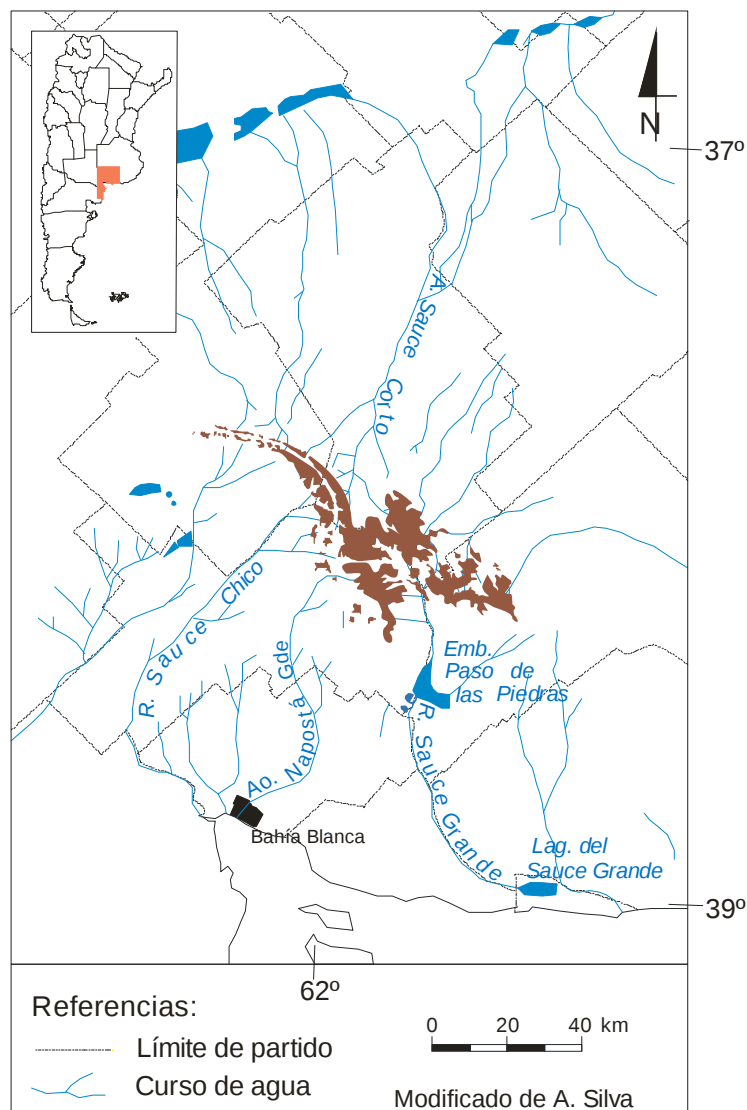
Con respecto a la ciudad de Bahía Blanca, el impacto principal de estas precipitaciones sobre la población y su organización espacial es el aislamiento de los barrios cuyas calles no han sido pavimentadas. El ingreso de agua a las viviendas, como también a escuelas y organismos públicos es otra de las consecuencias negativas que pueden llegar a tener las lluvias fuertes. A su vez, en la historia de la ciudad al caudal de agua derivado de las precipitaciones se han sumado los desbordes del arroyo Napostá, curso de agua que atraviesa la ciudad. Por otra parte, en las zonas de mayor altitud el escurrimiento del agua ocasiona una doble problemática pues erosiona las calles sin pavimentar y a su vez, el material socavado se deposita en niveles inferiores donde se produce el quiebre de pendiente. Es por ello que el objetivo del presente trabajo es conocer las características geomorfológicas que condicionan el escurrimiento de las precipitaciones intensas en la ciudad Bahía Blanca y definir una zonificación de sus efectos.

Área de estudio: la ciudad de Bahía Blanca

La ciudad de Bahía Blanca de aproximadamente 300.000 habitantes es cabecera del partido bonaerense del mismo nombre y está en el suroeste de la provincia de Buenos Aires a unos 5 km de la costa del estuario homónimo. Se ubica en la cuenca inferior del arroyo Napostá Grande cuyo curso atraviesa el interior de la misma. Esta cuenca hidrográfica tiene sus nacientes en la vertiente suroccidental del Sistema de Ventania y abarca una superficie total de 1.237 km² (Torrero, 2005) (figura 1). La planta urbana se extiende en forma de damero, lo que implica que en el centro es donde se ubica la manzana fundacional y convergen allí las actividades comerciales, culturales y administrativas. A mediados de siglo XX, se incrementó la edificación en altura en el área central, lo que provocó el aumento de la densidad de ocupación del espacio. Se destacan en la estructura urbana los cauces del

arroyo Napostá Grande que atraviesa la ciudad en el sentido Noreste-Sur y el canal Maldonado que lo hace en el sentido Noreste-Suroeste. Si bien fueron elementos determinantes al momento de elegir el sitio para el asentamiento originario de la población, el proceso de expansión urbana provocó que fueran superados como barreras naturales. No significaron un condicionante para que el crecimiento urbano avanzara según el modelo en cuadrícula o damero (Municipalidad de Bahía Blanca, 2001).

Figura 1. Localización del área de estudio



Fuente: Elaboración propia, 2011, sobre la base de Silva, A.

Materiales y Métodos

Con el objetivo de conocer los efectos ocasionados por las precipitaciones en la ciudad se consultaron artículos de la prensa local que reflejaran dichos eventos meteorológicos. Por otra parte, para la elaboración de la cartografía se utilizó como base el plano de la ciudad en formato CAD provisto por la oficina de Planeamiento Urbano de la Municipalidad de Bahía Blanca y cartas topográficas del IGM escala 1:50.000 de 1967 (Base Aeronaval Cte. Espora, La Vitícola y Bahía Blanca). Sobre la base de estas últimas se digitalizaron las curvas de nivel a través del software ArcGIS 9.1.

En lo que respecta al trabajo de campo, para conocer los efectos de las lluvias intensas, una vez finalizado el evento de precipitación, se accedió a sitios testigo de la ciudad que son representativos de los distintos procesos asociados a este tipo de fenómeno meteorológico. La información relevada se sistematizó junto con los registros de precipitación que se tomaron en 12 sitios de la ciudad. En mayo de 2008 se instaló una red de 12 pluviómetros de plástico inerte que se distribuyeron entre los distintos sectores de la ciudad con el objetivo de reconocer posibles diferenciaciones espaciales en los milimetrajes. Desde la fecha de instalación al presente se registraron 67 eventos de precipitación.

Resultados y Discusión

Características geomorfológicas del área circundante a la ciudad de Bahía Blanca

Desde el punto de vista geomorfológico según Siragusa (1964) el frente costero de la ciudad forma parte de las áreas bajas de la “Costa Atlántica”. Frente al mar, en el área de Bahía Blanca, se pueden encontrar amplios cangrejales, que son recortados por corrientes de marea y cuyo color azulado contrasta con el pardo verdoso de los fangales. El área periurbana restante se circunscribe dentro de las “Llanuras Meridionales de Ventania”. Forman parte de la Llanura Pampeana y su extensión comprende una amplia y heterogénea área que se sitúa al sur del río Sauce Grande y del Sistema de Ventania hasta el río Negro. En sentido Norte - Sur las vertientes de las sierras conforman pendientes pronunciadas que concluyen en el área costera. El drenaje se organiza a través de arroyos con valles fluviales aterrizados, cuyos cauces y valles de inundación fueron labrados en varios ciclos dentro de sedimentos pampeanos. Los materiales superficiales predominantes, a excepción de la zona serrana, son depósitos eólicos de tipo loésico o arenoso fino. La vegetación natural del área continental corresponde al monte xerófilo y en la zona litoral se encuentran especies características del monte halófilo. Hacia el noreste del sector tiene creciente dominio la

estepa herbácea y es característica la pradera en los planos aluviales no salinizados (González Uriarte, 1984).

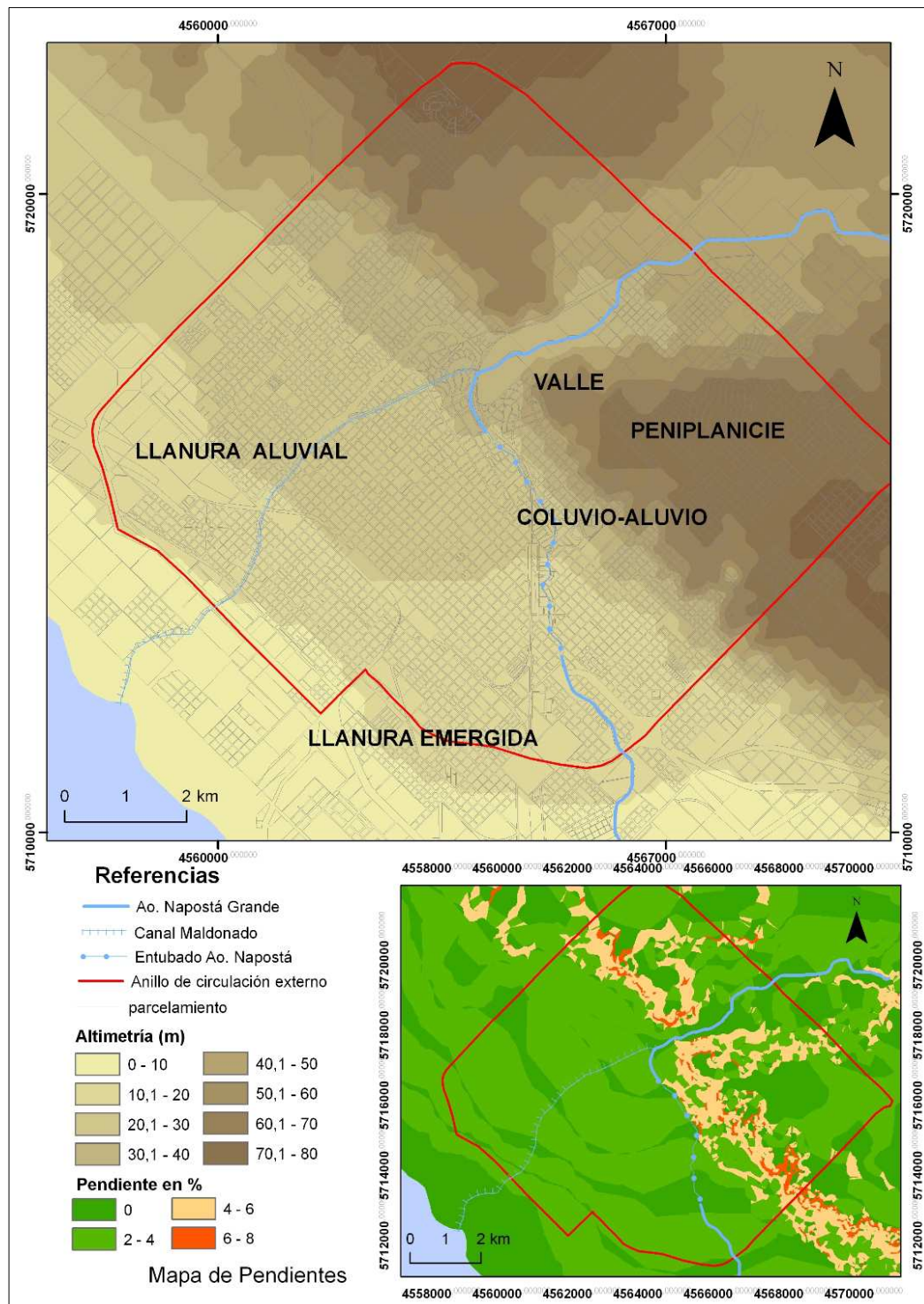
Unidades Geomorfológicas del área urbana

Desde el punto de vista geomorfológico, la ciudad está ubicada en tres unidades geomorfológicas bien diferenciadas (figura 2). Por una parte se presenta una amplia peniplanicie pedemontana que se extiende hacia el noreste a partir de la curva de nivel de 60 m. Está conformada por sedimentos de tipo loessoide, con presencia de carbonato de calcio que forma depósitos de calcreta llamados localmente “tosca”. La parte terminal de esta planicie se continúa con una zona de faldeo entre las cotas de 20 y 60 m constituida por un complejo coluvio-aluvio y conos aluviales coalescentes. En el oeste de esta zona, los conos aluviales originados por acción fluvial son de gran extensión y su coalescencia hace que topográficamente se presenten como llanuras aluviales que morfológicamente funcionan como una bajada. En la zona este del área se encuentran los conos coluviales que son producto del movimiento en masa de materiales sobre pendientes (Caló *et al.*, 1999). Desde el punto de vista litológico, en un perfil tipo del suelo del complejo aluvio-coluvio, se encuentran arenas finas con abundante matrix arcillosa, que en su parte inferior están sueltas y contienen abundantes rodados de tosca de tamaño variado hasta bloques de más de 25 cm de diámetro. Sobre este depósito se sedimentaron arenas medianas con cemento calcáreo que gradan hacia un verdadero banco de tosca (“tosca neógena”). Por encima se encuentran sedimentos limo arenosos eólicos y luego el suelo actual o rellenos artificiales. Los sedimentos aluvio-coluviales representan suelos colapsables pues tienen bajo contenido de humedad pero cuando la estructura granular se satura sufre un desmoronamiento brusco (Aldacour *et al.*, 1997).

Una vez finalizada la zona de faldeo, por debajo de la cota de 20 m se presenta la planicie aluvial del arroyo Napostá, que se extiende hacia el sur y suroeste y que continúa hacia el sureste con la llanura de marea emergida, ya fuera del área de estudio.

En la figura 2 se observa la distribución de las diferentes pendientes, las más bajas (0 – 2 %) se desarrollan en la zona litoral y en la peniplanicie. En la zona de los conos aluviales y en algunos sectores de los valles se dan pendientes bajas a medias (2 – 6 %). Las mayores inclinaciones del terreno se encuentran en el sector del coluvio-aluvio (6 – 8 %).

Figura 2. Ubicación de las principales unidades geomorfológicas de la ciudad de Bahía Blanca.



Fuente: Elaboración propia, 2011, sobre la base de Caló *et al.*, 2004.

La ciudad en su expansión se extendió sobre estas tres grandes unidades. En la zona de mayor altura predomina el uso del suelo residencial mientras que la mayor ocupación del espacio se realizó sobre la planicie aluvial entre los 20 y 30 m. En niveles inferiores a los 10 m se localizan las actividades portuarias, industriales y residenciales de la localidad de Ingeniero White.

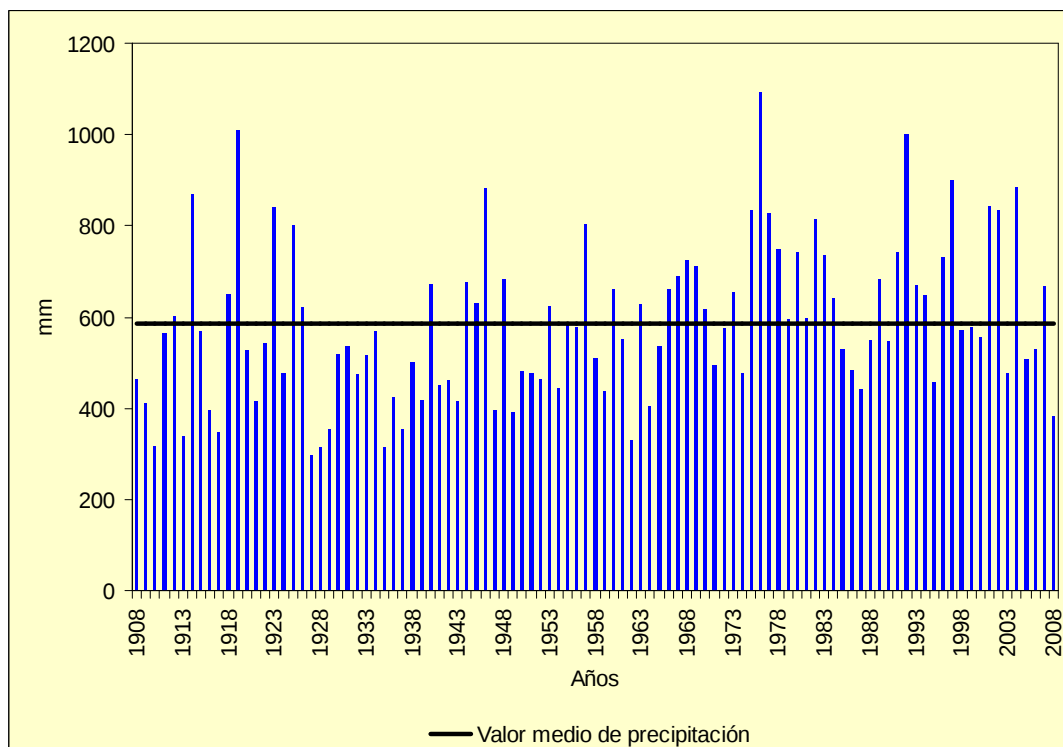
Caracterización del régimen de precipitación

El área de estudio se encuentra latitudinalmente comprendida en la gran faja zonal de los climas templados. En Bahía Blanca, para la década 1991-2000 los valores de temperatura media fueron de 15,4 °C y las precipitaciones totales, que ascendieron a 684,9 mm, se registraron en forma decreciente en verano, primavera, otoño e invierno (Servicio Meteorológico Nacional, 2002). Con respecto a la situación sinóptica, la causa principal más común en la generación de lluvias es el avance de frentes. También se han identificado otras condiciones de inestabilidad derivadas de las altas temperaturas que provocan tormentas de masa de aire (Campo *et al.*, 2009). Es de destacar que la variabilidad estacional y anual de la precipitación es un rasgo distintivo del clima templado que impera en la región pampeana. Los registros pluviométricos anuales de la ciudad para el período 1908 – 2008 (figura 3) muestran que si bien históricamente hubo años en los que se superaron los 1.000 mm (1919, 1976 y 1992) también se dieron registros con valores menores a los 300 mm, como en el año 1927 o más recientemente 383 mm en 2008. Si se toma como valor de referencia a la media de precipitaciones anuales para este período (584 mm) el 57 % de los registros queda por debajo de la misma mientras que el restante 43 % lo supera. Esto hecho verifica una importante dispersión de los valores (Campo *et al.*, 2009). Este comportamiento manifiesta las características distintivas de las precipitaciones en los climas dependientes del movimiento de diferentes masas de aire y pone en evidencia la existencia de variaciones espaciales generadas por las condiciones de sitio (Gil *et al.*, 2008). Con respecto a la distribución estacional de las lluvias, Gabella *et al.* (2010) analizaron este aspecto en distintas localidades del suroeste bonaerense para el período 1916 – 2009. Si bien no se identificaron grandes variaciones en los montos de cada estación, para el caso de Bahía Blanca la estación estival concentró un porcentaje similar al de la primavera, período del año de mayor pluviosidad en la región. La importancia de este cambio en la estacionalidad radica en la torrencialidad que caracteriza a las lluvias de verano pues contribuyen a la generación de inconvenientes en el área.

Por otra parte, en lo que respecta a la diferenciación espacial de la precipitación dentro de la ciudad, Campo y Zapperi (2010) a partir del análisis de 43 eventos de

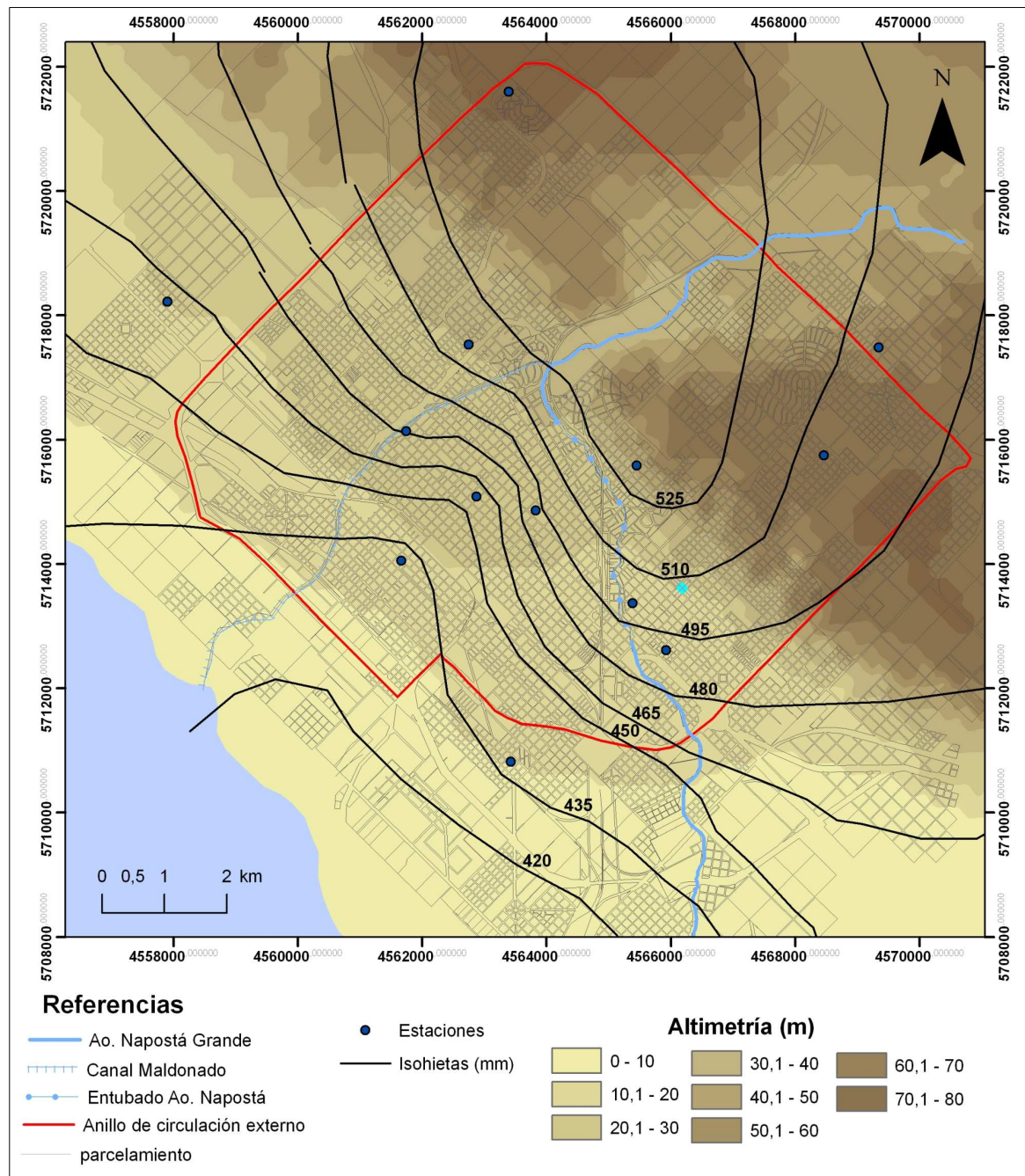
precipitación ocurridos en el período entre mayo de 2008 y diciembre de 2009 reconocieron la existencia de una diferenciación espacial en el monto de lluvia caída en los distintos sectores de Bahía Blanca. En la figura 4 se presenta la distribución de los milimetrajes acumulados para dicho período. Se observa que los mayores valores se encuentran en el sector norte-noreste de la ciudad. Es interesante destacar que esta disposición se corresponde, a su vez, con la topografía dado que en la zona más alta es donde se registraron los mayores montos.

Figura 3. Montos anuales de precipitación para la ciudad de Bahía Blanca (1908 – 2008)



Fuente: Campo *et al.*, 2009

Figura 4. Distribución de montos acumulados de precipitación (período mayo 2008 – diciembre 2009) y representación altimétrica de Bahía Blanca



Fuente: Campo y Zapperi, 2010

Efectos de las precipitaciones sobre la ciudad de Bahía Blanca

En primer lugar se identifica como principal efecto de las precipitaciones en la ciudad la acumulación de agua que provoca el aislamiento de distintos sectores de la ciudad. En algunos casos también se da el ingreso de agua a las viviendas, escuelas y otros organismos públicos. Es importante diferenciar los conceptos inundaciones y anegamientos. Una inundación corresponde a una masa de agua que desborda su cauce natural. Es una consecuencia derivada de procesos de recurrencia interanual, como son las crecidas de los cursos de agua, sumado a condiciones de insuficiencia de los sistemas de evacuación, sean estos cauces naturales, sistemas de drenaje artificializados, colectores urbanos, etc.. Mientras que un anegamiento es la acumulación temporal de agua de lluvia en un determinado sector. Factores como la saturación o impermeabilización del suelo y microrrelieves que obstaculizan el escurrimiento provocan la acumulación en sectores ligeramente donde ésta no puede escurrirse ni infiltrarse (Ferrando, 2006).

Dentro de las causas que han ocasionado inundaciones en Bahía Blanca existen dos factores que presenten una importante interrelación. Por un lado, las precipitaciones y por otro, los consecuentes desbordes del arroyo Napostá Grande. Con respecto a las primeras se destacan en los últimos años eventos muy significativos como los días 18 y 19 de abril de 2001 durante los cuales precipitaron alrededor de 100 mm (Diario La Nueva Provincia, 23 de abril de 2001). En octubre de 2002, las precipitaciones de los días 14 y 15 sumaron alrededor de 120 mm y causaron, como en oportunidades anteriores, el colapso del sistema de desagües pluviales (Diario La Nueva Provincia, 15 de octubre de 2002). En 2004, durante este mismo mes, el día 26 las copiosas lluvias que se desarrollaban desde días previos alcanzaron los 180 mm (Diario La Nueva Provincia, 27 de diciembre de 2004).

Históricamente, la ciudad sufrió varias inundaciones durante el período comprendido entre 1884 y 1944 producidas por lluvias de importante milimetraje que se desarrollaron en diferentes sectores de la cuenca del arroyo Napostá Grande. El primer gran desborde se registró en 1884 con 200 mm. El caudal del arroyo alcanzó la cifra histórica más alta, 1.000 m³/seg, sin embargo no se produjeron importantes pérdidas materiales ya que en esos años la ciudad no alcanzaba los límites actuales (Ardissono, 1998). Rebasamientos importantes fueron los de los años 1911, 1915, 1923, 1925 y 1933. Otra gran inundación tuvo lugar entre los días 7 y 10 de abril de 1944 cuando el caudal del arroyo Napostá Grande llegó a los 650 m³/seg, mientras que su caudal promedio era de 0,5 m³/seg. La altura del agua alcanzó importantes marcas y gran parte de la ciudad quedó inundada pues el valle del arroyo la atravesaba (figura 5).

Figura 5. Altura del agua en la entrada del Parque de Mayo, abril de 1944.



Fuente: Diario La Nueva Provincia

Realización de obras de prevención

Luego de la inundación de 1944 se generaron distintas propuestas de intervención para evitar que se produjeran futuras inundaciones como consecuencia de las crecidas. En 1947 el gobierno provincial comenzó la construcción de un canal derivador ubicado en el Parque de Mayo, lugar del partidor natural del arroyo Napostá Grande y Maldonado. La restante, consistió en la canalización del arroyo Maldonado como complemento de la anterior con el objeto de permitir un escurrimiento más rápido de las aguas. El objetivo del proyecto fue tratar de controlar caudales similares a los 650 m³/seg que alcanzó el arroyo Napostá en 1944. El partidor deriva hacia el Napostá 40 m³/seg y hacia el Maldonado 260 m³/seg por medio de un vertedor (Ardissono, 1998). Sin embargo, hubo ocasiones en que la capacidad de estos canales se vio desbordada. En 2002 luego de un prolongado período de días lluviosos entre los meses de octubre y noviembre el nivel que alcanzó el arroyo Napostá provocó el desborde y la rotura de las paredes del canal Maldonado (Diario La Nueva Provincia, 12 de noviembre de 2002). Otra obra para disminuir la exposición a las inundaciones fue el entubamiento del arroyo Napostá Grande. El tramo entubado se inicia a partir del Parque de Mayo a lo largo de 4 km hasta la Terminal de Ómnibus (Torrero, 2005).

El área céntrica y la zona circundante al Parque de Mayo, que corresponde a la llanura de aluvial del arroyo, han dejado de sufrir inundaciones de características similares a las ocurridas previamente a la construcción del Canal Maldonado en 1948. Sin embargo, como consecuencia de las lluvias del 2 y 3 febrero de 2010 en la ciudad y área serrana, el

desborde del arroyo Napostá Grande provocó la inundación del sector al norte del parque y de la zona aledaña a la finalización del entubado.

Intensidad de precipitación urbana

La intensidad de la precipitación es un factor fundamental para determinar el tipo de problemática que ésta puede causar. A los efectos de conocer los rangos de la intensidad de las lluvias se consideró la clasificación realizada por Sequeira (2006) que surge de la relación entre la intensidad, la duración y la frecuencia de precipitaciones para la ciudad. Un tiempo de retorno mayor a 2 años y el milimetraje mayor a 10,2 mm/h definen una precipitación intensa (tabla 1). El incremento del monto de lluvia y un tiempo de retorno más prolongado implican mayor intensidad.

Tabla 1. Relación de intensidad y tiempo de retorno de las precipitaciones en Bahía Blanca

Intensidad (mm/h)	Tiempo de Retorno (años)	
47,7	50	Lluvias muy intensa
42,8	40	
37,3	30	
30,7	20	
22,1	10	
15,8	5	Lluvias Intensas
10,2	2	

Fuente: Sequeira, 2006.

Este aspecto es fundamental en el desarrollo de anegamientos en la ciudad. El análisis conjunto de los datos de precipitación y sus efectos sobre la ciudad (tabla 2) determinó que las calles del centro y macrocentro pueden anegarse con lluvias de bajos milimetrajes pero que se producen en un lapso de alrededor de 10 minutos. En la figura 6 se muestra el nivel en una de las esquinas céntricas de la ciudad el día 5 de marzo de 2009 luego de que precipitaran 5 mm en 10 minutos. El origen de estos anegamientos no radica sólo en la baja pendiente del sector sino debido al crecimiento urbano del área que ha disminuido la eficiencia de la red de desagües pluviales y el sistema se satura rápidamente. Asimismo, se suman las conexiones clandestinas de estos desagües con los cloacales y el deterioro y suciedad de los conductos producto de la acumulación del material que hacia allí

es transportado. En la figura 7 se observa la zonificación de los efectos de las precipitaciones de intensidad en la ciudad. Este tipo de anegamiento se ha denominado como de corta duración pues la acumulación de agua no se prolonga por más de 1 hora.

Tabla 2. Eventos de precipitación intensa y sus efectos en la ciudad de Bahía Blanca

Fecha	Intensidad	Efecto	Unidad Geomorfológica
27/09/08	25 mm en 7:15 h	No hubo inconvenientes	
11/10/08	14 mm en 4:30 h	No hubo inconvenientes	
18/12/08	25 mm en 1 h	- Evacuados - Anegamientos	Llanura emergida
			Llanura aluvial (corta duración)
10/02/09	12 mm en 1 h	- Anegamientos	Llanura emergida Llanura aluvial (corta duración)
02/03/09	18 mm en 1:30 h	- Anegamientos	Llanura emergida Llanura aluvial (corta duración) Peniplanie
05/03/09	19 mm en 1:30 h	- Anegamientos	Llanura aluvial
16/11/09	6 mm en 20 min	- Anegamientos de corta duración	Llanura aluvial
23/11/09	30 mm en 4:20	- Anegamientos - Evacuados	Llanura emergida Llanura aluvial (corta duración) Peniplanie
22/11/09	2 mm en 10 min	- Anegamientos de corta duración	Llanura aluvial
18/12/09	50 mm en 3 h	- Anegamientos - Evacuados	Llanura emergida Llanura aluvial Peniplanie
11/01/10	25 mm en 2 h	- Anegamientos - Evacuaciones	Llanura emergida Llanura aluvial
02/02/10	24 mm en 30 min	- Anegamientos - Evacuaciones - Erosión calles sin pavimentar - Depositación de material	Llanura emergida Llanura aluvial Coluvio Aluvio
Fecha	Intensidad	Efecto	Unidad Geomorfológica
03/02/10	36,5 mm en 30 min	- Anegamientos - Evacuaciones - Erosión calles sin pavimentar - Depositación de	Llanura emergida Llanura aluvial Peniplanie Coluvio Aluvio

		material	
		- Inundación	Valle arroyo Napostá
14/02/10	5 mm en 10 min	- Anegamientos de corta duración	Llanura aluvial
18/02/10	22 mm en 30 min	- Anegamientos - Evacuados	Llanura emergida Llanura aluvial
18/03/10	35 mm en 2:15 h	- Anegamientos	Llanura emergida Llanura aluvial Peniplanie
29/03/10	36 mm en 2 h	- Anegamientos	Llanura emergida Llanura aluvial Peniplanie
31/04/10	20 mm en 1 h	- Anegamientos - Evacuados - Erosión calles sin pavimentar - Depositación de material	Llanura emergida Llanura aluvial Coluvio Aluvio
11/09/10	36 mm en 1:30 h	- Anegamientos - Erosión calles sin pavimentar - Depositación de material	Llanura emergida Llanura aluvial Peniplanie Coluvio Aluvio
29/10/10	44 mm en 2 h	- Evacuaciones - Anegamientos - Erosión calles sin pavimentar - Depositación de material	Llanura emergida Llanura aluvial Peniplanie Coluvio Aluvio

Fuente: Elaboración propia, 2011, sobre la base de relevamientos realizados

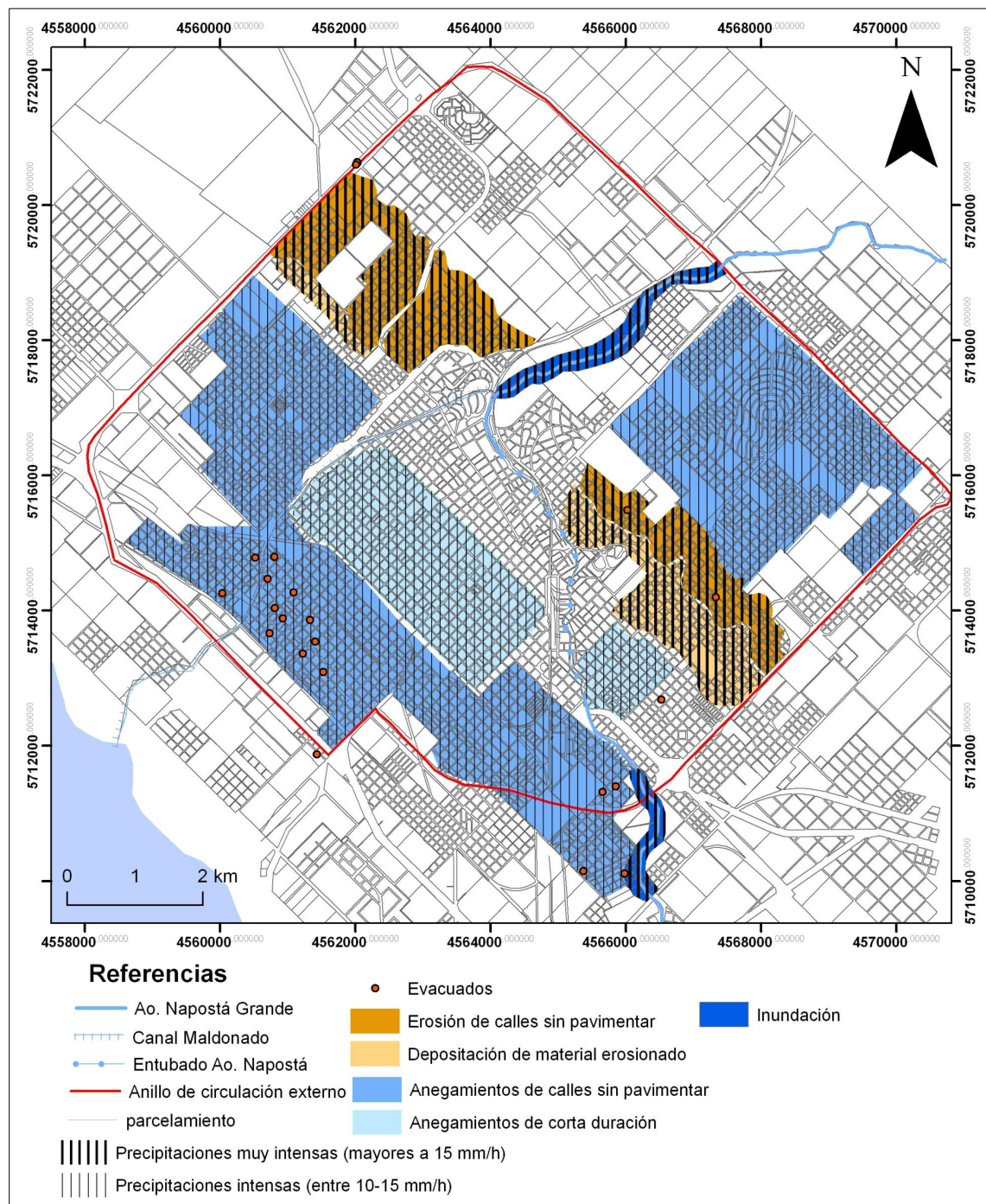
Figura 6. Anegamiento de corta duración en el centro de la ciudad producto de la saturación del sistema de desagüe pluvial, 5 de marzo de 2009



Fuente: Paula A. Zapperi, 2009

Caso contrario es el de los sectores de la llanura aluvial y emergida con calles sin pavimentar y que tampoco cuentan con red de desagües pluviales. Esta problemática se identificó en las zonas de la ciudad con urbanizaciones recientes (sectores norte, noreste y noroeste) donde las calles presentan pozos y material disperso. Por otra parte, el caso del sector sur-suroeste además de la baja pendiente, la presencia de las rutas de acceso y vías férreas provocan endicamientos del agua. A su vez, en los últimos años, se ha dado un importante proceso de expansión con viviendas precarias que se deterioran fácilmente luego de las precipitaciones. El Personal de Defensa Civil ha realizado en este sector la mayor parte de las evacuaciones en viviendas (tabla 2 y figura7).

Figura 7. Zonificación de las distintas consecuencias que generan las precipitaciones de intensidad en la ciudad de Bahía Blanca



Fuente: Elaboración propia, 2011, sobre la base de relevamientos y artículos de la prensa local.

Otro efecto que se identificó fue la formación de cárcavas en las calles sin pavimentar en la zona de faldeo del complejo coluvio – aluvio. La actividad aluvional comienza con la erosión en sectores de la peniplanicie que continúa en las calles que descienden por la zona de faldeo. El material removido se deposita en el quiebre de pendiente. Por otra parte, la urbanización del sector impermeabilizó parte de los terrenos y concentró el volumen de las precipitaciones en el sistema de calles cuyo trazado coincide con el sentido de la máxima pendiente norte-sur del faldeo. La acumulación de sedimentos no sólo es un inconveniente para la circulación vehicular durante los días posteriores al evento, sino que también obstaculiza el drenaje durante la lluvia y el agua puede ingresar a las viviendas (Caló *et al.*, 2004). La tabla 2 muestra que las precipitaciones que desencadenan estos procesos erosivos son de mayor intensidad que aquellas que generan solamente anegamientos. Estos procesos ocurren con milimetrajes próximos a los 40 mm en un período de tiempo menor a 2 horas. Un ejemplo de este tipo de eventos es el ocurrido el día 3 de febrero de 2010 (figuras 8.1; 8.2 y 9)

Figura 8.1 y 8.2. Estado de las calles sin pavimentar en la zona de faldeo luego de una precipitación de 36,5 mm en 30 min, 3 de febrero de 2010



Fuente: Paula A. Zapperi, 2010

Figura 9. Depositación de material transportado por el agua. 3 de febrero de 2010



Fuente: Paula A. Zapperi, 2010.

Conclusiones

Existe una clara relación entre los procesos generados por la escorrentía superficial derivada de las precipitaciones con las características geomorfológicas de la ciudad. Su conocimiento no sólo permite comprender las distintas problemáticas ambientales sino que su consideración al momento de planificar el crecimiento urbano contribuiría a su prevención. Razón de ello es que la urbanización es otro factor de influencia en este sistema. En la zona de faldeo, por ejemplo, el trazado de las calles coincidente con la pendiente y la impermeabilización debida al pavimento generan un aumento de la cantidad y velocidad del agua escurrida. Esto, a su vez, contribuye con los procesos erosivos generados a partir de la escorrentía. Por otra parte, el aumento de ocurrencia de tormentas de verano de los últimos años expone a la ciudad a precipitaciones intensas por lo que el mantenimiento y mejoramiento del sistema de desagües pluviales es fundamental para evitar los inconvenientes causados por los anegamientos.

Por lo expuesto, se propone complementar el estudio con la determinación de parámetros morfométricos y la utilización de índices que permitan estimar la velocidad de escurrimiento a través de la Fórmula de Manning (Senciales González, 1999). Asimismo, factores relacionados con la dinámica urbana como el factor de ocupación (FOT), usos de suelo, densidad de población, etc. también deben ser considerados para lograr una visión integral de la problemática y poder determinar la influencia de la urbanización.

Agradecimientos

El presente trabajo se realizó en el marco del proyecto de investigación “La Geografía Física del sur de la provincia de Buenos Aires. Relaciones entre el hombre y el medio natural”, 24/G054, subsidiado por SGCyT, UNS.

Citas bibliográficas

Alcántara Ayala, I. y Murillo García, F. G., 2008. “Procesos de remoción en masa en México: hacia una propuesta de elaboración de un inventario nacional”. En: Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 66, p. 47-64.

Aldacour, H., Marcos, A., Caló, J. y Fernández, E., 1997. “Riesgo geológico ambiental debido a sedimentos colapsibles”. Resúmenes 1er Taller sobre Sedimentología y Medio Ambiente, Buenos Aires, p. 27-28.

Ardissono, M., 1998. La funcionalidad del arroyo Napostá y su área circundante dentro de la estructura urbana de Bahía Blanca. Tesis de Licenciatura en Geografía, Universidad Nacional del Sur.

Caló, J., Fernández, E., Marcos, A. y Aldacour, H., 1999. “Construcción de mapas geológicos ingenieriles a partir de conocimientos previos compilados en un Sistema de Información Geográfico”. En Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente, Número 13, p. 1-10.

Caló, J., Fernández, E., Marcos, A. y Sequeira, M., 2004. “Medidas de mitigación de los impactos ambientales producidos por lluvias intensas en la ciudad de Bahía Blanca” En: SINERGIA 2004. XVII Congreso Argentino de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica, III Congreso Argentino de Presas y Aprovechamientos Hidroeléctricos, VIII Simposio de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Medio Ambiente CD. p.1, Córdoba, Argentina.

Campo, A. M; Ramos, M. y Zapperi, P. 2009. “Análisis de las variaciones anuales de precipitación en el Suroeste bonaerense, Argentina”. En: Actas del XII Encuentro de Geógrafos de América Latina. Montevideo, Uruguay.
http://egal2009.easyplanners.info/area07/7085_Campo_Alicia_M_.pdf ISBN 978- 9974-0-5

Campo, A. y Zapperi, P., 2010. “Diferenciación espacial de las precipitaciones en la ciudad de Bahía Blanca”. Revista Contribuciones Científicas. GAEA Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. ISSN 0328 – 3194. Vol.22, p. 97 – 105.

Capelli de Steffens A., Piccolo M. C. y Campo A., 2005. Clima urbano de Bahía Blanca, Lugar editorial, Departamento de Geografía Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. 200 pp.

Capra, L., Lugo-Hubp, J. y Dávila-Hernández, N., 2003. “Fenómenos de remoción en masa en el poblado de Zapotitlán de Méndez, Puebla. Relación entre litología y tipo de movimiento”. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 20 (2), p. 95-106.

Diario La Nueva Provincia, 1944. “Noticias de último momento”. 9 de abril.

Diario La Nueva Provincia, 2001. "Bahía Blanca, una ciudad que se muestra vulnerable al agua", Luciani, A., 23 de abril.

Diario La Nueva Provincia, 2002. "Casi 120 milímetros. Hubo problemas en los barrios bajos y también en los altos". 15 de octubre

Diario La Nueva Provincia, 2002. "El dique, el Napostá y el Maldonado, a pleno". 12 de noviembre.

Diario La Nueva Provincia, 2004. "Canal Maldonado. Vecinos preocupados por el caudal del agua". 27 de diciembre.

Ferrando, F., 2006. "Sobre inundaciones y anegamientos". [Revista de Urbanismo](#) N°15, ISSN 0717-5051

Gabella, J.; Zapperi, P. y Campo, A., 2010. "Distribución estacional de las precipitaciones en el Suroeste bonaerense". En: Actas de las VIII Jornadas de Geografía Física, Posadas. ISBN 978-987-657-378-8, p. 87-94.

Gil, V.; Zapperi, P.; Campo, A.; Luorno, M.V.; Ramborger, M. A., 2008. "Análisis de las precipitaciones de otoño y primavera en el Suroeste bonaerense". En: VII Jornadas de Geografía Física. Universidad Católica de Santiago del Estero. San Salvador de Jujuy.

González Uriarte, M., 1984. "Características geomorfológicas de la porción continental que rodea la bahía Blanca, provincia de Buenos Aires". En: Actas del IX Congreso Geológico Argentino, Bariloche, p. 556-576.

González, S., 2009. "Inundaciones, transformaciones territoriales recientes y planificación en el barrio de Palermo (Ciudad de Buenos Aires, Argentina)". En: Actas del XII Encuentro de Geógrafos de América Latina. Montevideo, Uruguay. [http://egal2009.easyplanners.info/area07/7187_Gonzalez Silvia Graciela.doc](http://egal2009.easyplanners.info/area07/7187_Gonzalez_Silvia_Graciela.doc) ISBN 9974-0-5

Harp, E., Michael, J. y Laprade, W., 2006. "Shallow-Landslide Hazard Map of Seattle, Washington" En: U.S. Geological Survey Open File Report 2006-1139, 18 pp.

http://scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025071612001008100006&lng=es&nrm=iso. Accesada en 30/11/11.

Keller, E., 2011. Environmental Geology. Pearson-Prentice Hall. Estados Unidos. 596 pp.

Lugo-Hubp, J., Zamorano-Orozco, J.J., Capra, L., Inbar, M. y Alcántara-Ayala, I., 2005. "Los procesos de remoción en masa en la Sierra Norte de Puebla, octubre de 1999. Causa y efectos". Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 22 (2), p. 212-228

Mardones, M. y Vidal, C., 2001. "La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción". EURE, 27 (81), p. 97-122. Disponible en: http://www.eure.cl/wp-content/uploads/2001/09/EURE_81_06_MARDONES.pdf

Mendoza, M., 2011. "Una geografía de los desastres naturales en el centro sur del Brasil". En: Bocco, G., Urquijo Torres, P. y Vieyra, A., (ed.). Geografía y ambiente en América Latina. Primera edición, México, p. 285-319

Mikkan, R., 2007. Aguas Salvajes. El problema aluvional de la Ciudad de Mendoza. Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNCuyo. Mendoza, Argentina, 121 pp.

Municipalidad de Bahía Blanca, 2001. Plan Estratégico de Bahía Blanca.

Pereyra, F., 2007. "Geomorfología urbana de San Carlos de Bariloche y su influencia en los peligros naturales, río Negro". Revista de la Asociación Geológica Argentina 62 (2), p. 309-32.

Sanabria, J., Manzur, A., Argüello, G.L. y Balbis, A., 1991. "Procesos de Erosión Hídrica Acelerada en un Sector de la Ciudad de Córdoba" En: Actas de la XV Reunión Argentina de Ecología, Rosario, Argentina, p. 16-26.

Senciales González, J. M., 1999. Redes Fluviales, Metodología de Análisis. Universidad de Málaga, España, 337 pp.

Sequeira, M., 2006. "Determinación de la relación entre la intensidad, la duración y la frecuencia de las precipitaciones en Bahía Blanca". Actas de las IV Jornadas Interdisciplinarias del Sudoeste Bonaerense, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, p. 69-78.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN) 2002. Estadísticas Climatológicas 1991-2000.

Siragusa, A., 1964. "Geomorfología de la provincia de Buenos Aires". Revista de la Sociedad de Estudios Geográficos N° 12. GAEA Buenos Aires, p. 93-122.

Torrero, M., 2005. "Análisis temporal de la variabilidad hidroclimática y su relación con las actividades antrópicas en el ambiente fluvial del arroyo Napostá Grande". Tesis de Licenciatura en Geografía, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. 62 p

Tucci, C. E. M., 2003. "Aguas urbanas". En: Tucci, C. E. M y Bertoni J. C. (ed.) Inundações urbanas na America do Sul. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Primera edición. Porto Alegre, p. 11-36.