

## **Anegamientos en la Ciudad de Buenos Aires**

Paulina E. NABEL<sup>1</sup> & Magdalena CARETTI

Museo Argentino de Ciencias Naturales «Bernardino Rivadavia», Av. A. Gallardo 470,  
C1405DJR Buenos Aires, Argentina. <sup>1</sup> CONICET.

**Abstract: Floods in Buenos Aires city.** Floods have been the main natural hazard in the urban environment of the Buenos Aires area. As a result of the important economic losses and impact on life-quality, much has been written, copied and repeated but very few original research has been carried out to analyze their circumstances. This work reviews in detail the relation between the different natural factors involved and how they contribute to the numerous floods occurred in Buenos Aires city during the last eleven years (1993-2003). These initial results are part of a wider research, which attempts to establish a flood-dynamic model. It analyses in which way geological and geomorphologic features as well as hydrological and climatic factors interact among each other and with the urban environment, affecting the population. The correlation of these factors and the circumstances that trigger floods are analyzed in relation to local and global situations. Methodologies used by different institutions, including state and municipal organizations with competence in urban flood control, are discussed as a basis to find accurate criteria to identify and describe the events. Inadequate data collection and information treatment of the events has led to very different results. The lack of continuity in event recordings, due to changes in policy decisions as well as the performance of short-lived national or international programs, has produced biased information that has significantly changed the way the phenomena are recognized.

**Key words:** Natural hazards, Urban floods, Buenos Aires City.

La ciudad de Buenos Aires se asienta en una planicie con muy baja pendiente regional perteneciente a la región de la pampa ondulada (Nabel y Pereyra, 2000). Esta baja pendiente, de entre  $10^{-3}$  y  $10^{-4}$  (que equivale a cambios de entre 1m a 10cm por Km), representa una superficie sub-horizontal de significativa importancia para comprender el diseño de la red hidrográfica existente, como así también el comportamiento de los excedentes hídricos cuando se producen eventos de precipitación y/o aumentos del nivel del Río de la Plata (por efecto de los vientos del sudeste) de mayor intensidad. Particularmente sobre el área urbanizada, estos eventos presentan un comportamiento característico debido a la impermeabilización producida por las construcciones y el asfalto que tapizan las formas del paisaje y por las diferentes obras realizadas a lo largo de la historia de la ciudad, que modificaron el escurrimiento superficial de las aguas. Las inundaciones son los eventos de origen natural que históricamente han generado mayores afectaciones y pérdidas en la región, razón por la cual mucho se ha estudiado, escrito y modelado al respecto. Sin embargo hemos hallado que existe una falencia en la caracterización de los eventos pasados, información que consideramos indispensable para la contrastación

de cualquier modelado y planificación de obras futuras. Es por ello que el objetivo de este trabajo es estudiar las relaciones entre los fenómenos que desencadenaron los eventos de inundación, su recurrencia en los últimos 11 años, las características geomórficas e hidrológicas, y las obras de infraestructura que modifican el comportamiento de los sistemas naturales.

### **METODOLOGIA**

Con el fin de dar inicio a la caracterización de los eventos de inundación en la región se acotó espacial y temporalmente el problema, focalizando la observación en el ámbito de la Ciudad de Buenos Aires. Dicho enfoque nos permitió asegurar una adecuada comparación del muestreo efectuado, dadas las diferencias existentes en la información proveniente de las distintas jurisdicciones político-administrativas. Temporalmente se consideraron los eventos ocurridos entre los años 1993-2003, en los que se analizaron las inundaciones catastróficas desencadenadas por eventos climáticos.

En primer lugar se recuperaron las fechas de los eventos de inundación, realizando una búsqueda sistemática en diferentes organismos ofi-

ciales, ONGs y algunas fuentes hemerográficas. Estas fueron: el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el Servicio de Hidrografía Naval (SHN), Defensa Civil de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (DC), la Secretaría de Obras Públicas y el Departamento de Hidráulica de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, la Subunidad Provincial de Coordinación para la Emergencia de Buenos Aires (SUPCEBA), Aguas Argentinas (ex Obras Sanitarias de la Nación), el Centro de Estudios Sociales y Ambientales (CESAM) y los diarios «La Nación», «Clarín» y «El Día» de La Plata.

La búsqueda en las fuentes hemerográficas de eventos anteriores a diciembre de 1995 se realizó sobre la edición en papel del diario «La Nación» mientras que las fechas de eventos posteriores se obtuvieron a partir de los archivos digitales de los diarios antes mencionados.

Las áreas afectadas por cada evento de inundación se pudieron recopilar a partir de la información brindada por Defensa Civil de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la información publicada en los distintos diarios.

Los datos relacionados con las condiciones meteorológicas en que ocurrió cada evento fueron proporcionados por el SMN y el SHN. En el SMN se obtuvieron datos estadísticos y diarios de precipitaciones acumuladas de la estación meteorológica central de Buenos Aires (ubicada en Villa Ortúzar) datos de precipitaciones diarias de la estación Aeroparque Jorge Newbery, así como alturas diarias del Río de la Plata. La información sobre alturas máximas diarias del Río de la Plata, pleamares y bajamares máximas mensuales y anuales, fue brindada por el SHN.

A su vez, para valorar la calidad de la información recopilada se compararon los datos proporcionados por las diversas fuentes.

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

De la comparación y el análisis de la información arriba mencionada se registraron en un primer muestreo 74 eventos de inundación que afectaron diversas zonas de la ciudad en los últimos 11 años, con diferente frecuencia e intensidad. Sin embargo, luego de un análisis más detallado 10 de ellos fueron descartados ya que o no se pudo verificar la existencia de áreas afectadas, o no se pudieron constatar los correspondientes datos meteorológicos en el SMN. Por lo tanto los eventos analizados en este trabajo son 64 (Tabla 1). Asimismo, durante el proceso de recopilación de estos eventos se observó que las distintas fuentes consultadas presentan diferencias en cuanto al tipo y calidad de información brindada.

En relación a dichas diferencias, se privilegió en todos los casos la información proveniente del SMN y el SHN para la información climática y mareográfica y a DC para la información de las áreas afectadas, ya que estas instituciones son las que producen datos originales, en tanto que las fuentes hemerográficas como así también otras fuentes secundarias consultadas, reproducen información, por lo que su grado de confiabilidad es menor.

En relación al número de eventos, se compara en este trabajo la información brindada por DC (Defensa Civil de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2001) y el diario «La Nación», ya que de todas las fuentes consultadas, fueron las que proporcionaron la mayor cantidad de información por evento.

En la figura 1 se ha graficado la distribución de los 64 eventos registrados en los once años analizados (1993 - 2003) sobre la base de las mencionadas fuentes.

Es importante aclarar las características y las dificultades que se suscitaron en el muestreo de dicha información. Si bien ambas fuentes registran un mayor número de eventos entre los años 1997 y 2000, la información hemerográfica brindó un registro de eventos que se distribuye a lo largo de los 11 años analizados, mientras que, a diferencia de aquella, la información suministrada por DC presentó un sesgo muy violento para el año 2001, a partir del cual no ha proporcionado más información. Evidentemente dicho sesgo, más que reflejar el fenómeno de las inundaciones, está reflejando un cambio de política en el seguimiento del fenómeno y/o una discontinuidad en los programas de registro y medición de dicha repartición de gobierno. Particularmente entre los años 1997 y 2000, DC había implementado un proyecto de monitoreo que concluyó en un trabajo de publicación interna en el año 2001. En dicho trabajo se brindaron detalles acerca de precipitaciones horarias, alturas del Río de la Plata, zonas anegadas y estados de alerta meteorológica entre otros, para cada uno de los eventos. Este tratado detallado de la información se encuentra ausente sin embargo para eventos ocurridos en otros años, donde sólo se especificaron las precipitaciones acumuladas diarias y en algunos casos solamente el pico de precipitaciones. A partir del año 2001, los datos referidos a los anegamientos en la ciudad, fueron suministrados por SUPCEBA (SUPCEBA, 2002).

Por otra parte, las fuentes consultadas no siempre coinciden en la fecha de inicio del fenómeno e incluso existen eventos que han sido registrados en una de las fuentes y no en la otra.

Tabla 1. Eventos de inundación registrados en el período 1993-2003. C = Cildañez. M = Maldonado. V = Vega. R = Riachuelo. ME = Medrano. RA = Radio Antiguo. W = White. P = Precipitaciones. S = Sudestada. S+P = Sudestada con Precipitaciones. P+S = Precipitaciones con Sudestada. A.J.N = Aeroparque Jorge Newbery. VO = Villa Ortúzar. Observaciones: \* Sumideros tapados.

NºEvento	Fecha	Alt.Max	pp A.J.N	pp VO	cuencas afectadas	Caracterización
1	7-8/2/1993	3,95	77,0	37,0	R,W	S+P
2	20/02/1993	3,08	0,0	0,0	R	S
4	03/04/1993	3,70	78,0	81,0	R,V,W,M,RA,ME	S+P
5	8-9/6/1993	2,74	s/d	s/d	ME,R	P+S
6	14/06/1993	1,15	48,0	37,0	M,RA	P
7	30/08/1993	3,70	26,0	41,0	R	S+P
10	26-27/11/1993	2,81	108,5	100,0	V,R	P+S
12	15/03/1994	1,56	142,0	63,0	R,RA,ME,V,M,W	P
14	3-6/4/1994	3,29	157,0	197,0	V,M,W,R,ME,C	P+S
16	12/06/1994	1,36	25,0	28,0	M	P
17	13/12/1994	1,69	53,0	69,0	M,ME,R,RA,V	P
19	06/11/1996	1,49	113,0	95,0	R,M,V,C,RA	P
20	18/05/1997	1,01	97,0	88,0	M,R,V,ME,W,RA,C	P
21	21/05/1997	1,29	22,0	31,0	R,M	P
22	13/06/1997	1,19	24,0	20,0	W,M,V,R,RA,ME	P
23	15/08/1997	2,55	30,0	21,0	M,C,RA,R	S+P
24	31/08/1997	2,82	43,0	55,0	M,W,R,C,V	S+P
25	04/10/1997	1,00	35,0	36,0	R	P
26	10/10/1997	1,19	19,0	34,0	RA,R,M	P
27	14/10/1997	2,56	21,8	30,0	M,ME,RA,R,C,V	S+P
28	27/10/1997	2,79	15,0	20,0	ME,V,RA,R,M	S+P
29	25/11/1997	2,13	38,0	43,0	R, RA,ME,M,C,V	P
30	02/12/1997	1,46	24,0	29,0	R,M	P
31	13/12/1997	2,19	90,0	102,0	M,C,RA,V	P
32	22/12/1997	2,51	31,0	s/d	M,RA,R	P+S
33	26/12/1997	1,37	140,0	101,6	R,M,V,C,RA,ME	P
34	04/01/1998	1,80	57,0	60,0	V,RA,M	P
35	14/01/1998	1,87	40,0	44,0	R,M,C	P
36	3-6/2/1998	2,96	104,0	105,0	W,RA,R,M,V,C,ME	S+P
37	10/03/1998	3,20	23,0	31,0	M,V,R,W	S
38	27/04/1998	1,89	27,0	36,0	R,V	P
39	11/05/1998	1,86	20,0	24,0	M,V,R,C,RA	P
41	05/12/1998	3,04	2,0	0,4	W	S
42	13/12/1998	2,36	108,4	77,2	R,M,RA,V	P+S
43	16/12/1998	2,60	31,0	43,0	R,RA,V,M	S+P
44	28/12/1998	1,48	19,0	31,0	R	P
45	23/01/1999	1,65	44,0	44,0	M,R,ME,V,W	P
46	28-1/2/1999	2,79	163,0	157,0	W,V,M,R,RA,C,ME	P+S
47	06/02/1999	1,57	70,0	102,0	M,R,RA,V,ME,C,W	P
48	05/03/1999	1,66	24,0	28,0	RA,R,M	P
49	24/03/1999	2,16	41,0	35,0	M,R,ME	*P+S
50	28/03/1999	2,43	55,6	65,0	R	P+S
51	03/05/1999	1,06	20,0	25,0	R	P
52	28-29/6/1999	3,40	6,0	7,0	W,V,M,R	S

Tabla I. Continuación

NºEvento	Fecha	Alt.Max	pp A.J.N	pp V.O	cuencas afectadas	Caracterización
53	10/01/2000	1,31	50,0	54,0	R,V,M	P
54	24/01/2000	1,97	16,0	63,0	R,ME,V,M	P
55	6-7/4/2000	1,44	88,0	99,0	M,V,R	P
56	01/05/2000	1,49	88,0	87,0	R,M,RA,V	P
57	05/05/2000	2,40	77,0	79,0	R	P+S
58	14-18/5/2000	3,60	167,0	218,7	W,M,R,V	P+S
60	24/06/2000	1,46	46,0	46,4	R,V,M	P
61	08/07/2000	3,32	1,6	8,0	W	S
62	23/10/2000	2,98	0,0	0,3	W	S
63	11/11/2000	1,08	34,0	46,0	M,V,R	P
64	24/01/2001	1,40	73,0	147,0	ME,M,R,V,W	P
65	01/03/2001	1,42	68,0	85,0	V	P
66	16/03/2001	2,07	55,0	52,0	V,M,ME,R,W	P
67	20-21/3/2001	3,15	93,0	125,0	W,M	S+P
69	20/10/2002	3,53	15,0	23,0	W,V,R	S+P
70	29/12/2002	1,86	85,0	82,0	M,V,ME	P
71	11/02/2003	1,85	95,0	198,0	W,M,V,ME	P
72	10/03/2003	3,11	42,0	59,0	V	P+S
73	10-11/11/2003	2,30	72,0	106,0	M,R	P+S
74	16/06/2000	3,02	7,0	10,0	W,V	S

Tal es el caso de los eventos que Defensa Civil ha registrado y que, sin embargo, no aparecen publicados en el diario «La Nación», o viceversa. En esos casos se amplió la investigación, consultando un mayor número de fuentes y privilegiando la información proveniente de los organismos «productores de información».

Realizadas todas estas consideraciones en relación al muestreo y tomando los respectivos recaudos para su análisis, es posible observar que el período comprendido entre 1997 y 2000 se vio particularmente afectado por eventos de inundación. Por el contrario el período entre 1995 y 1996 registró un único evento. Por último, se observa una disminución en el número de eventos a partir del año 2001 en adelante.

Resulta importante destacar que DC es el único organismo que informa sobre la extensión areal del fenómeno, señalando los barrios afectados, como así también las consecuencias que las inundaciones producen en la población.

Sin embargo, la metodología empleada para la delimitación de las zonas anegadas se obtuvo de dos maneras diferentes, una a partir de relevamientos llevados a cabo por el organismo, mientras que la otra fue obtenida sobre la base

de reclamos realizados telefónicamente por los vecinos. Esta diferencia en la obtención de datos necesariamente produce distorsiones en la información, pues el impacto social que el fenómeno produce en los diferentes barrios depende de la iniciativa de los vecinos, de la recurrencia del fenómeno y de las características socioeconómicas de la población afectada. Barrios con larga tradición de inundaciones y con poblaciones de menores recursos suelen soportar estos eventos con mayor resignación y realizar menores reclamos que aquellos donde el evento es menos frecuente y/o las pérdidas materiales son de mayor valor.

La afectación de las áreas inundadas, su extensión y la reiteración en que estos fenómenos se producen, se encuentran directamente relacionadas con la geomorfología y la red de drenaje natural, ambas severamente modificadas por la urbanización. Para analizar su comportamiento fue necesario en primer término relacionar la información proveniente de los barrios, con las cuencas hidrográficas que los atraviesan (Figura 2). Para ello, se le asignó a cada uno de los barrios involucrados, con cuyos nombres quedan registradas las afectaciones, la cuenca hidrográfica que lo atraviesa, eligiendo en aquellos casos en que es

Tabla 2. a: División de cuencas hidrográficas naturales.

CUENCAS	BARRIOS
MEDRANO	Villa Devoto, Villa Pueyrredon, Villa Urquiza, Saavedra, Coghlan.
WHITE	Núñez
VEGA	Villa Ortúzar, Colegiales, Belgrano.
MALDONADO	Villa Real, Versalles, Liniers, Villa Luro, Monte Castro, Velez Sarsfield, Floresta, Villa Santa Rita, Villa del Parque, Villa Gral.Mitre, Paternal, Agronomía, Chacarita, Villa Crespo, Caballito, Almagro, Palermo.
RADIO ANTIGUO (Arroyos Tercero del Sur, del Medio y Manso)	Recoleta, Balvanera, Retiro, San Nicolás, Montserrat, San Telmo, Constitución, San Cristóbal.
RIACHUELO	La Boca, Barracas, Parque Patricios, Boedo, Parque Chacabuco, Nueva Pompeya, Flores, Villa Riachuelo.
CILDAÑEZ	Mataderos, Parque Avellaneda, Villa Lugano, Villa Soldati.

Tabla 2. b: División de cuencas hidrográficas modificadas (Fuente: SUPCEBA).

CUENCA	BARRIOS
MEDRANO	Total de Saavedra y parte de Núñez, Coghlan, Villa Urquiza, Villa Pueyrredón y Villa Devoto.
WHITE	Parte de Núñez
VEGA	Total de Belgrano y Villa Ortúzar y parte de Palermo, Núñez, Coghlan, Villa Urquiza, Villa Pueyrredón Villa Devoto, Agronomía, Paternal, Chacarita y Colegiales.
MALDONADO	Total de Villa Crespo, Villa del Parque, Villa Real, Versalles, Monte Castro, Villa Santa Rita, Gral. Mitre y parte de Palermo, Villa Devoto, Agronomía, Paternal, Chacarita, Colegiales, Recoleta, Almagro, Caballito, Flores, Floresta Vélez. Sarfield, Villa Luro y Liniers.
UGARTECHE	Parte de Palermo, Recoleta, Balvanera y Almagro.
RADIO ANTIGUO	Total de Retiro, San Nicolás, Monserrat y parte de San Telmo, Constitución, Parque Patricios, San Cristóbal, Almagro, Balvanera y Recoleta.
BOCA-BARRACAS	Total de La Boca y parte de Barracas, Parque Patricios, Constitución y San Telmo.
RIACHUELO	
CILDAÑEZ	Total de Mataderos y Parque Avellaneda y parte de Flores, Floresta, Vélez Sarfield, Villa Luro, Liniers, Villa Lugano y Villa Soldati.
ERÉZCANO	Total de Parque Chacabuco y parte de Caballito, Flores, Villa Soldati, Nueva Pompeya y Boedo.
OCHO	Parte de Nueva Pompeya, Boedo, San Cristóbal y Parque Patricios.
ELÍA	Parte de Nueva Pompeya, Barracas y Parque Patricios.
DIRECTO	Total de Villa Riachuelo y parte de Villa Lugano.

atravesado por más de una, la que mayor influencia ejerce sobre él (Tabla 2a).

Sin embargo, el comportamiento de los cursos fluviales de la ciudad, que han sido objeto de rellenos, entubamientos y canalizaciones, a lo largo de la historia de la ocupación del terreno,

no puede ser analizado como el de los cursos fluviales libres. Mientras que algunos de ellos han desaparecido, la impermeabilización de la superficie por un lado y el escurrimiento canalizado por las obras de alcantarillado por el otro, han modificado sustancialmente el comportamiento

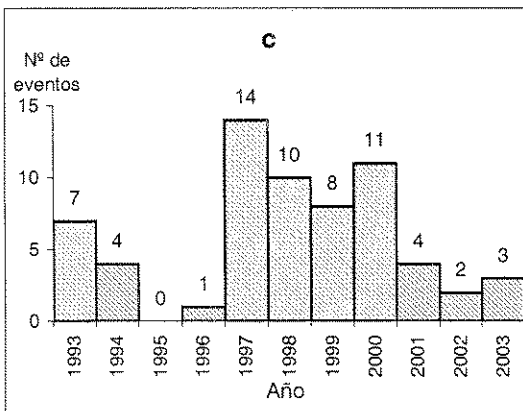
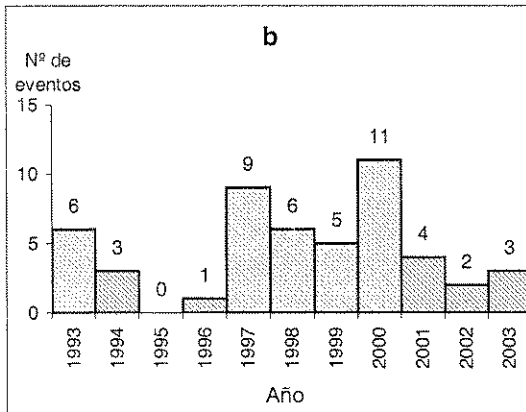
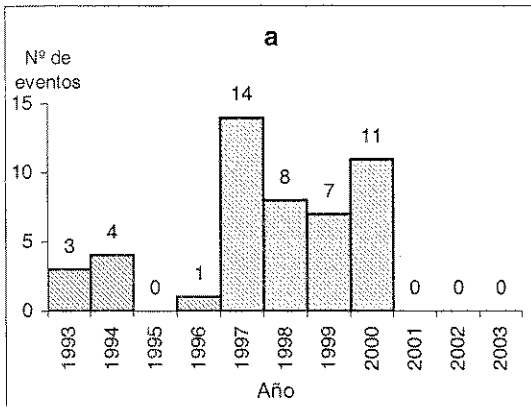


Fig. 1. a. Eventos registrados por Defensa Civil. b. Eventos registrados por La Nación. c. Total de eventos registrados entre 1993 y 2003.

de las aguas superficiales y su derivación hacia las diferentes cuencas hídricas. En la figura 3 se observa la distribución de las cuencas en función de las modificaciones realizadas por los

entubamientos, alcantarillados y conductos pluviales, cuya relación con los barrios que atraviesan está consignada en la tabla 2b. Ésta es la distribución actual de los conductos que canalizan el drenaje en la ciudad en situaciones normales. Durante los eventos de inundación, cuando se supera su capacidad de transporte, los excedentes escurren hacia los valles de inundación de los ríos y arroyos primitivos, dando lugar a un modelo complejo de funcionamiento. Esta complejidad es la que debe considerarse en el análisis de la vulnerabilidad de las áreas y el riesgo que representan las inundaciones para la población, así como para el modelado de escenarios futuros.

El análisis del comportamiento y la dinámica de los eventos ocurridos en el periodo analizado, permite evaluar los cambios registrados (Fatała, 2001) y la susceptibilidad a las inundaciones entre las diferentes cuencas, como así también valorar el efecto de las obras estructurales realizadas para mitigar sus consecuencias.

En la figura 4 se ha graficado en porcentajes la afectación de cada una de las cuencas, calculada a partir del número de eventos registrados en cada una de ellas, sobre el total de eventos. Las cuencas que se han visto afectadas con mayor frecuencia son la del Riachuelo, el Maldonado y la cuenca del Vega (Figs 2 y 3). Sin embargo el análisis anual de las afectaciones, indica que éstas no se han mantenido constantes a lo largo del periodo analizado, exhibiendo diferencias que pueden atribuirse a diferentes orígenes. Con el fin de ejemplificar estos cambios, se han graficado en la figura 5a y b, los valores de afectación de las cuencas para los años 1997 y 2003. Si bien la comparación en este caso se realiza entre un año con muchos eventos de inundación (14) y otro con pocos (3), en el transcurso de dichos años se realizaron obras estructurales de importancia, como las de la cuenca del Riachuelo. Estas obras probablemente han contribuido a la disminución de los valores de susceptibilidad a la inundación en dicha cuenca.

Con el fin de reconocer los forzantes de los eventos de inundación y la proporción en que cada uno de ellos ha intervenido o ha resultado desencadenante de un evento, se analizaron los datos de precipitaciones y sudestadas expresadas en altura de marea, proporcionados por el SMN y el SHN respectivamente, para cada uno de los eventos, los que fueron volcados en la Tabla 1.

En relación a la información referida a las precipitaciones, se analizaron los valores horarios, diarios, mensuales, anuales y decadales, con el fin de distinguir su participación en los even-

tos de inundación de la ciudad y sus posibles interpretaciones vinculadas a las diferentes escalas temporales.

En la figura 6a, se ha representado la distribución de los eventos a lo largo de los meses. En ella puede observarse que en el período estudiado se han producido eventos de inundación en todos los meses con excepción de septiembre. Los meses que registran mayor número de eventos son diciembre y marzo, con 10 y 9 eventos, seguidos por enero, mayo y junio con 7 eventos.

En la figura 6b se presentan los 64 eventos distribuidos por estaciones del año. Aquí se observa una coherencia con lo que muestra la figura 6a, pues la estación donde se produce mayor cantidad de eventos es el verano, mientras que los menores valores corresponden al invierno.

En la figura 7 se graficaron los valores de precipitaciones medias mensuales del período estudiado. Allí se observa que los meses con valores más bajos de precipitaciones medias son junio, julio, agosto y septiembre, con una media de menos de 80 mm, mientras que el resto de los meses presenta precipitaciones medias de entre 120 y 160 mm.

Comparando las figuras 6a y 7 se puede observar que no existe una relación directa entre la media de precipitaciones mensuales y la cantidad de eventos de inundación ocurridos para cada mes, como puede observarse para el mes de junio, donde con valores medios mínimos de precipitación se produjeron eventos de inundación provocados por precipitaciones (ver valores en la tabla 1), indicando que el efecto de las precipitaciones en los eventos de inundación tiene una relación más directa con la intensidad de la lluvia y los efectos locales de precipitación producidos por tormentas locales muy intensas, de escasas dimensiones, que con los valores medios. Sin embargo cabe destacar que se observa una correspondencia en la tendencia general, esto es que en los meses de invierno con menores precipitaciones, se verifican un menor número de eventos, mientras que en el verano el número es mayor, coincidentemente con mayores precipitaciones, sugiriendo que los meses más lluviosos son más propicios a que se produzcan eventos de inundación que los meses menos lluviosos (Fig. 6b).

Por otra parte, en la figura 8 se han graficado las precipitaciones totales anuales para el período considerado. En ella puede observarse que los años menos lluviosos fueron 1995 con 862 mm totales y 1996 con 869 mm totales, produciéndose un aumento en las precipitaciones a partir del año 2000 con una máxima de 1763,8 mm en el 2001.

Comparando la cantidad de eventos que se produjeron en el período 1993-2003 (Fig. 1c) con las precipitaciones para el mismo período (Fig. 8) se observa que el aumento en las precipitaciones en la región no ha implicado un aumento en el número de eventos de inundación en la ciudad de Buenos Aires. Esta comparación indica la complejidad del fenómeno y la necesidad de considerar el impacto producido por otros fenómenos naturales como así también el de las obras estructurales realizadas, que han debido alterar el efecto que éstas solían producir en la región.

Con el fin de analizar si los eventos de inundación registrados en el período que se analiza estuvieron relacionados con algún fenómeno de más amplia escala temporal, se comparó la distribución de los valores del período analizado con los de la media de 1961-1990 o Normal Climática de Precipitaciones (Fig. 9). En dicha figura puede observarse que los valores de los años considerados para los meses de enero, abril, mayo, noviembre y diciembre presentan un desvío positivo marcado con respecto a los valores de la Normal Climática, si bien éstos se encuentran en el rango de su desviación estándar. En razón de estas diferencias, se graficaron los valores medios de precipitaciones para cada uno de los meses con desvío, durante los once años considerados (Fig. 10), con el fin de analizar si la desviación observada en estos meses fue producto de algún o algunos años particularmente lluviosos, y en ese caso, si están relacionados con algún fenómeno de índole global.

En la figura 10a se han graficado los valores de precipitación del mes de enero correspondientes al período, donde se observa que el mes de enero de 2001 fue el más lluvioso de los últimos once años. Para el mes de abril (Fig. 10b) se registraron valores similares en los años 1993, 1994, 1995, 2000 y 2002 y un poco menores en 1996 y 1998. El mes de mayo (Fig. 10c) registró un pico de lluvias en el año 2000, mientras que para noviembre (Fig. 10d) se registraron picos en los años 1993 y 2003. Los mayores valores para el mes de diciembre (Fig. 10e) se registraron en 1997. Esta distribución de meses más lluviosos en los diferentes años analizados sugiere que el aumento en las precipitaciones medias observado, no está relacionado a un fenómeno puntual sino que parece estar relacionado a una tendencia general de la región, como lo vienen observando y señalando diversos investigadores (entre ellos Barros *et al.*, 2000; Castañeda & Barros, 1994).

Las sudestadas representan otro de los factores desencadenantes de eventos de inundación en la ciudad. Si bien la sudestada se caracteriza

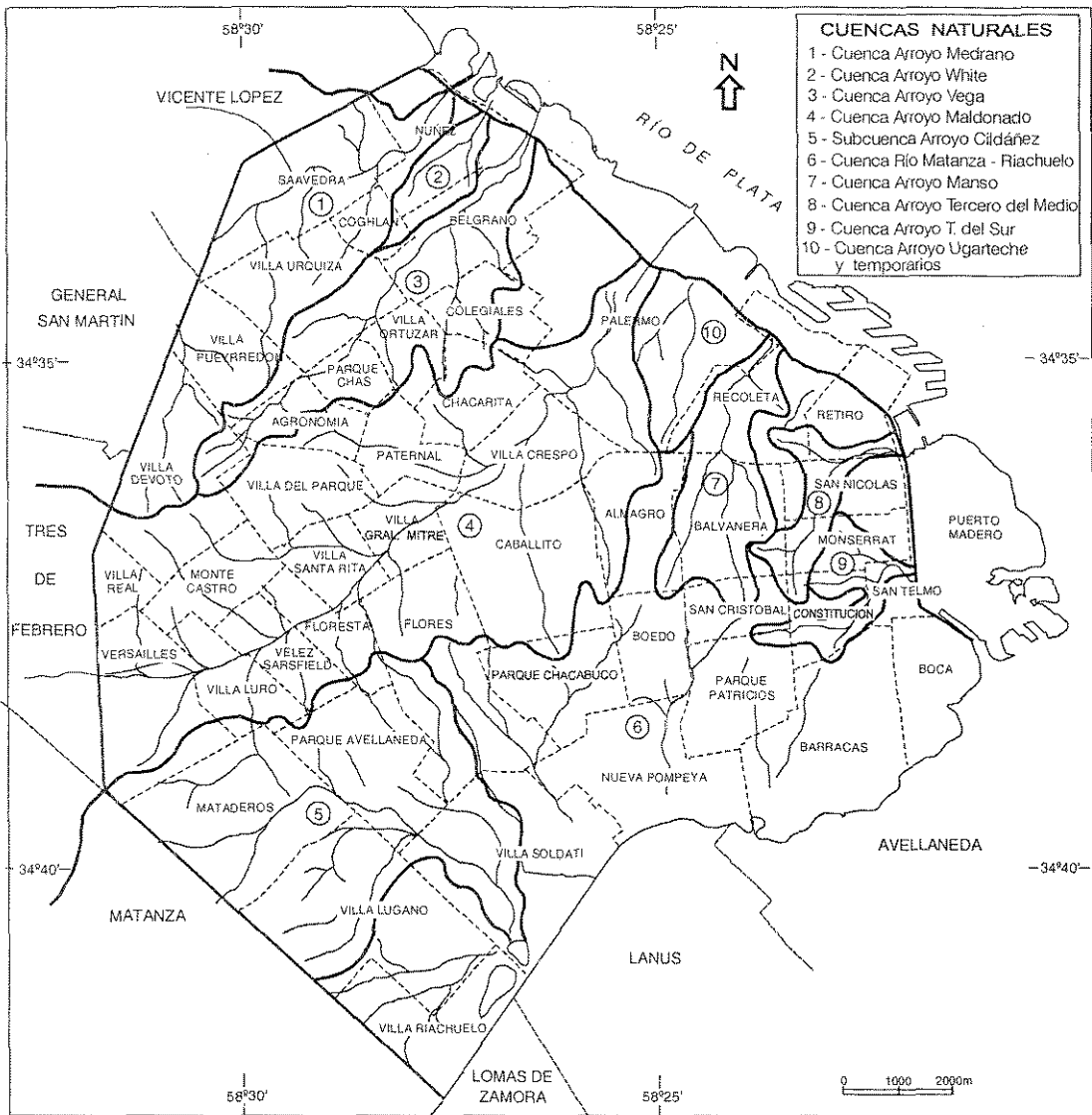


Fig. 2. Mapa de cuencas hidrográficas naturales.

por vientos regulares a fuertes del sector SE (Berri, 2001), una de sus consecuencias es el ingreso de agua dentro del Río de la Plata, aumentando la altura del río, lo que puede provocar inundaciones de las zonas costeras, como así también actuar como tapón en la desembocadura de los desagües de la ciudad.

Para los 64 eventos de anegamiento registrados en el período 1993-2003, se definieron tres tipos de situaciones desencadenantes: precipitaciones (P), sudestada (S) y una combinación de ambas, o sea sudestada con precipitación (S+P) ó precipitación con sudestada (P+S), colocando en estos dos últimos casos el fenómeno

desencadenante o de mayor influencia en primer término.

En el presente trabajo se considera como: Eventos de inundación provocados por **Sudestada (S)**: Aquellos eventos en los que la altura del Río de La Plata, medida en el Puerto de Buenos Aires supera el nivel de alerta de 2,50 metros definido por el SHN, y no se han producido precipitaciones ó éstas han sido muy escasas.

Eventos de inundación provocados por **Precipitación (P)**: Aquellos eventos en los que se producen precipitaciones y la altura del Río





Fig. 3. Mapa de cuencas hidrográficas modificadas.

de La Plata medida en el Puerto de Buenos Aires se encuentra por debajo del nivel de alerta de 2,50 metros.

Eventos de inundación mixtos, provocados por **Precipitación con Sudestada (P+S) ó Sudestada con Precipitación (S+P)**: Aquellos eventos en los que se presentan precipitaciones y además la altura del Río de La Plata medida en el Puerto de Buenos Aires supera el nivel de alerta de 2,50 metros.

El análisis y la comparación de los valores de precipitación acumulada y altura máxima del río (Tabla 1), permite discernir cuál de dichos fenó-

menos climáticos ha sido el desencadenante de cada uno de los eventos de inundación. Para la mayor parte de los eventos, la caracterización ha sido sencilla, sin embargo para los eventos de mayor duración, la identificación ha sido más compleja, pues generalmente se ha iniciado con fuertes precipitaciones y en los días subsiguientes se produjeron sudestadas (P+S) o por el contrario se ha producido una sudestada que provocó la inundación, la que se agravó con precipitaciones posteriores (S+P).

En la figura 11 se han graficado las pleamares y bajamares máximas mensuales medidas en el Puerto de Buenos Aires, para el periodo analiza-

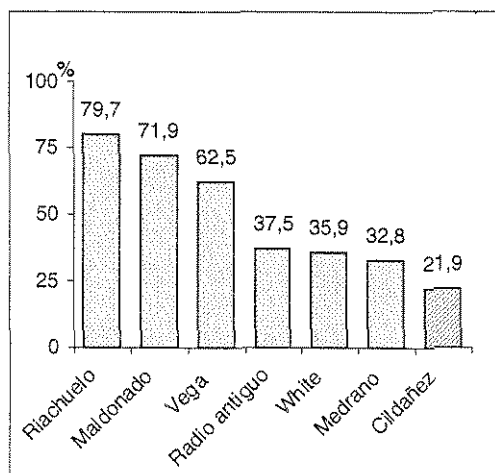


Fig. 4. Grado de afectación de cada cuenca en los eventos de inundación 1993-2003.

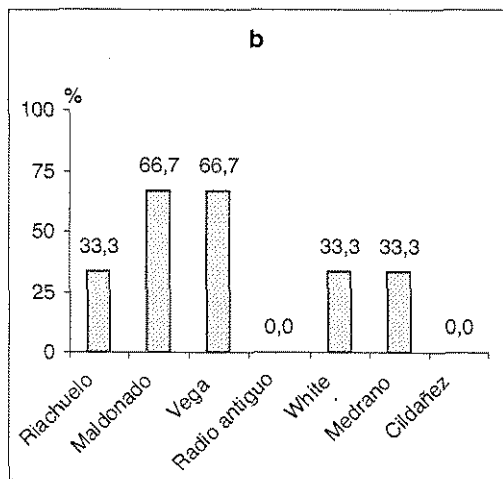
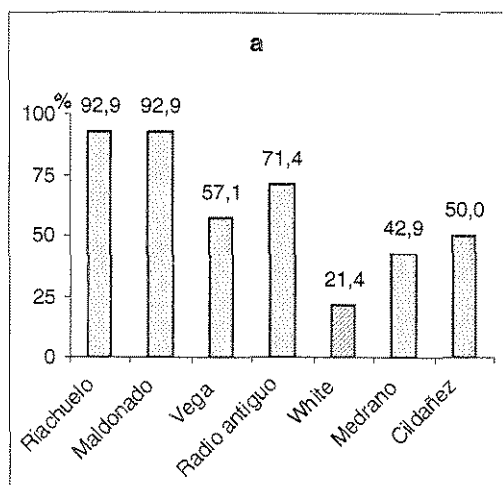


Fig. 5. Grado de afectación de cada cuenca. a, 1997. b, 2003.

do, a las cuales se les ha incorporado la ubicación de los eventos de inundación. En dicha figura puede observarse que las mayores pleamares han producido eventos de inundación. Todos los registros coincidentes con eventos de inundación que han superado los 3 m de altura sobre el nivel del Río de Plata en el Puerto de Buenos Aires, han producido eventos de inundación que han sido calificados como S ó S+P. De las pleamares máximas mensuales que superaron los 2,50 m durante este período, sólo el 25,6% ha producido inundaciones en la ciudad. A su vez, el 81,8% de las pleamares máximas anuales (Fig. 12) han generado eventos de inundación, las que se encuentran próximas ó superan los 3 m sobre el nivel del Río de La Plata.

El hecho de que se hayan producido eventos de inundación con niveles del río por debajo del valor de pleamar máxima mensual registrado, e incluso algunos se hayan producido en coincidencia con bajamares máximas mensuales, señala que las sudestadas no representan un factor necesariamente presente en los mencionados eventos.

En la figura 13 se ha volcado la combinación de los factores climáticos mencionados (precipitaciones y alturas del nivel del río), que permite visualizar la participación de cada uno de ellos en los eventos de inundación ocurridos durante 1993-2003.

El análisis de dicha información indica que se han producido 7 eventos caracterizados como S, los que representan el 10,9% del total, 34 eventos P, que representan el 53,1% del total de eventos, 11 eventos S+P y 12 eventos P+S que representan el 17,2% y el 18,8% respectivamente. Estos valores se han graficado en la figura 14, donde se observa la proporción relativa de cada una de estas categorías. Si bien en este gráfico se han diferenciado los eventos producidos por una de las variables climáticas (S ó P) de aquellos que en las que hubo participación de ambas (S+P y P+S), cabe considerar conjuntamente el número de eventos de inundación producidos o desencadenados por cada una de dichos fenómenos. Es así que los eventos producidos y/o desencadenados por precipitaciones (P y P+S), alcanzan el 71,9%, mientras que aquellos producidos y/o desencadenados por sudestadas (S y S+P) alcanzan el 28,1%. Los eventos en que participen ambos fenómenos (P+S y S+P) alcanzan el 35,9%.

En la figura 15 se muestra como se distribuyen los eventos de sudestada y precipitación a lo largo del año. Aquí se han considerado los eventos S y S+P como S y los de P y P+S como P. Como puede observarse los eventos originados o desencadenados por sudestadas se han producido con mayor frecuencia durante el mes de octu-

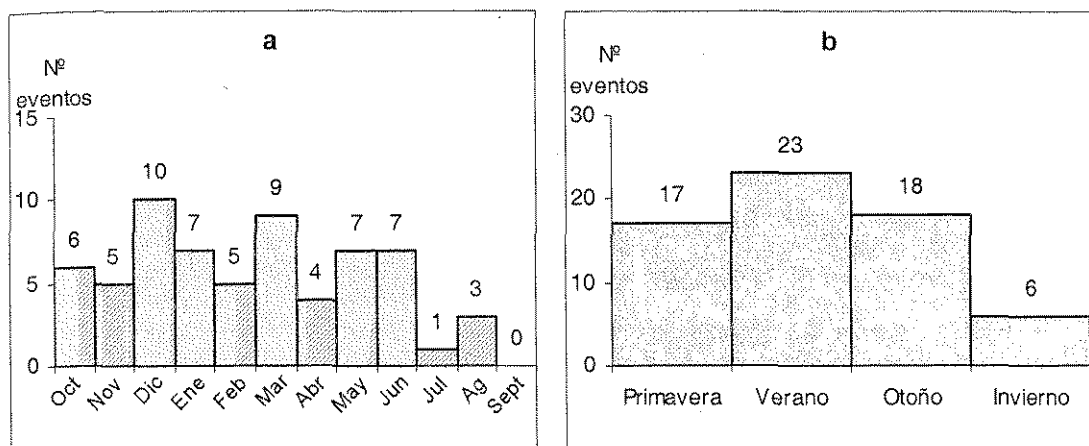


Fig. 6. Distribución de eventos. a, por mes. b, por estación del año.

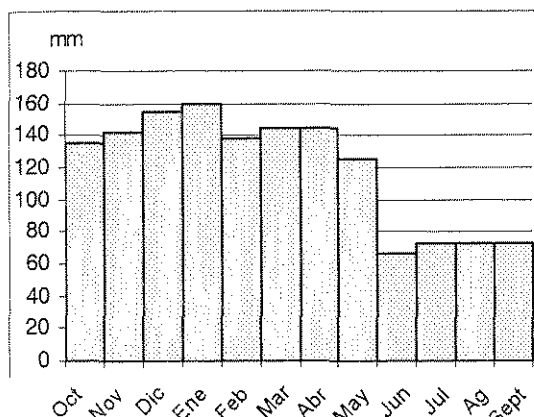


Fig. 7. Media de precipitaciones mensuales 1993-2003.

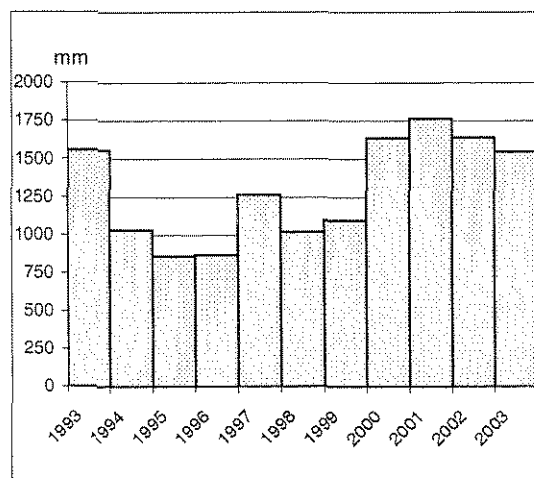


Fig. 8. Precipitaciones totales anuales.

bre, seguidos por los ocurridos en agosto y febrero. Los eventos originados o desencadenados por precipitaciones se concentraron principalmente en los meses estivales, los que están asociados a precipitaciones intensas y convectivas, características del período estival.

### DISCUSION

Un primer aspecto que surge del análisis de la información, es su dispar precisión y calidad, la que está vinculada a la diversidad de datos recolectados y a las características de las fuentes de procedencia.

Durante el muestreo realizado para definir el número de eventos de inundación registrados entre 1993 y 2003 se han encontrado diferencias entre las distintas fuentes consultadas. Una de las razones en dichas discrepancias se debe a la falta de continuidad en los programas encargados del monitoreo de los eventos, como resultado de esta situación, el rescate de la información presenta un grado de imprecisión difícil de valorar. Por otra parte, la discontinuidad en el monitoreo por organismos competentes y la falta de criterios estandarizados para el reconocimiento de los eventos, produce que éstos queden librados a la interpretación periodística. En estos casos se han mezclado afectaciones a la población que son de diferente naturaleza, como lo son los cortes en el suministro eléctrico atribuidos a las precipitaciones o situaciones de sumideros tapados, etc., que resultan difíciles de delimitar, cuando se quiere analizar el comportamiento y la dinámica de los fenómenos climáticos. Otro factor que produce imprecisiones en la información se debe a la fal-

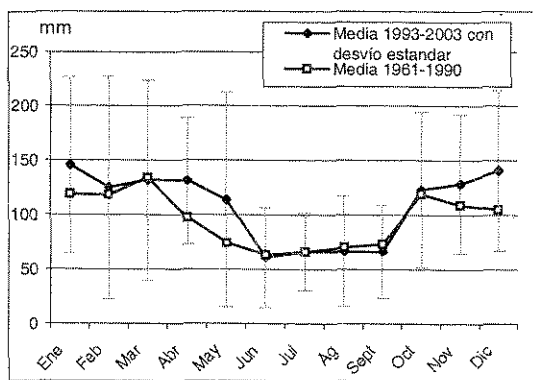


Fig. 9. Precipitaciones medias mensuales.

ta de sistematización en la metodología utilizada en la recolección de datos referidos a las áreas afectadas. Como ya se ha dicho, en la actualidad dicha información está vinculada fundamentalmente al impacto social del evento. La cantidad de llamadas y reclamos que recibe DC de cada barrio, depende de la iniciativa de los vecinos, y ello a su vez, del acostumbramiento a los eventos en ciertos barrios, a las pérdidas económicas que producen, a factores socioeconómicos y/o psicológicos no evaluados. En este trabajo se ha analizado la información disponible de manera tal de reconocer en todo lo posible estas diferencias.

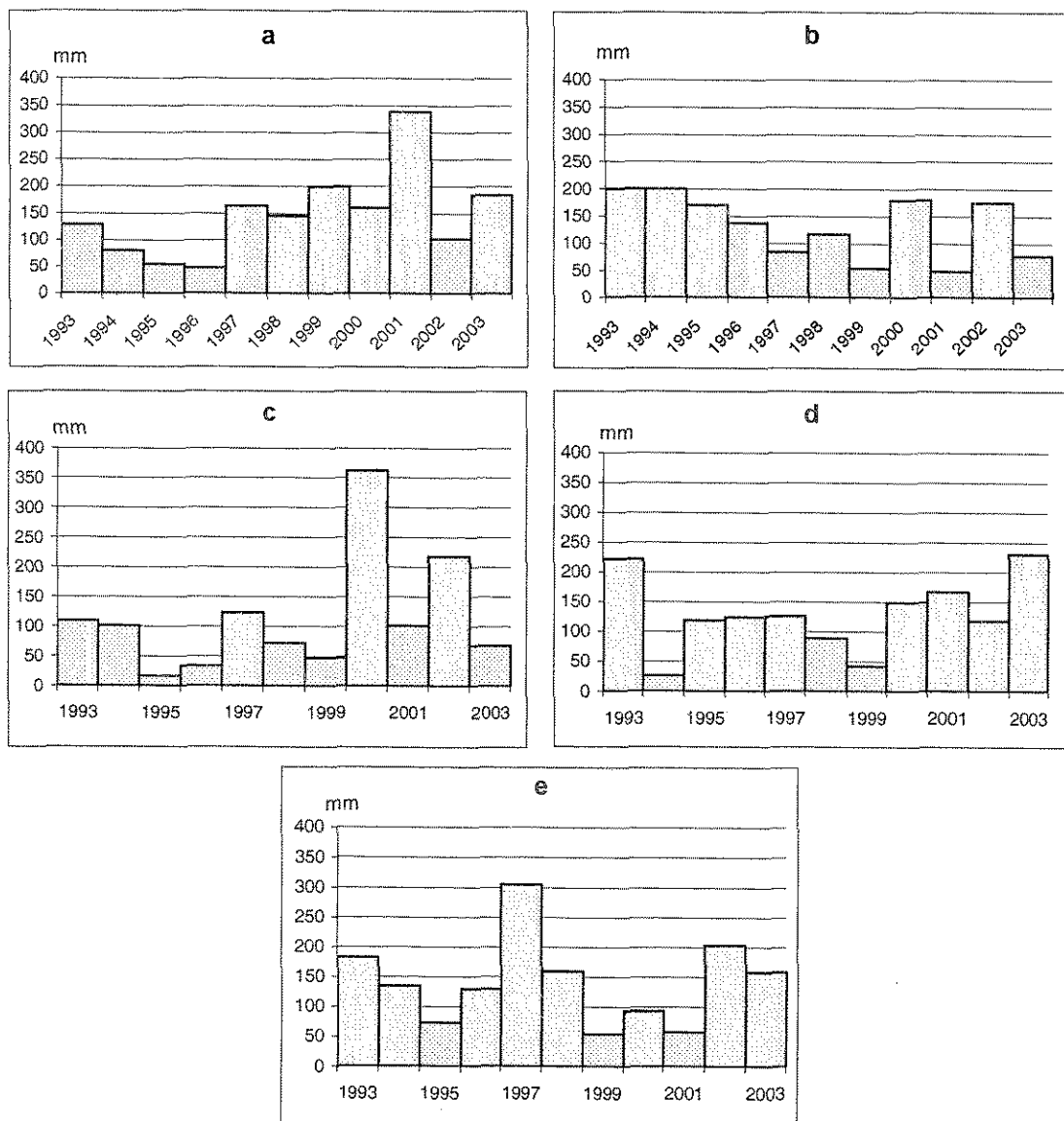


Fig. 10. Precipitaciones acumuladas. a, Enero. b, Abril. c, Mayo. d, Noviembre. e, Diciembre.

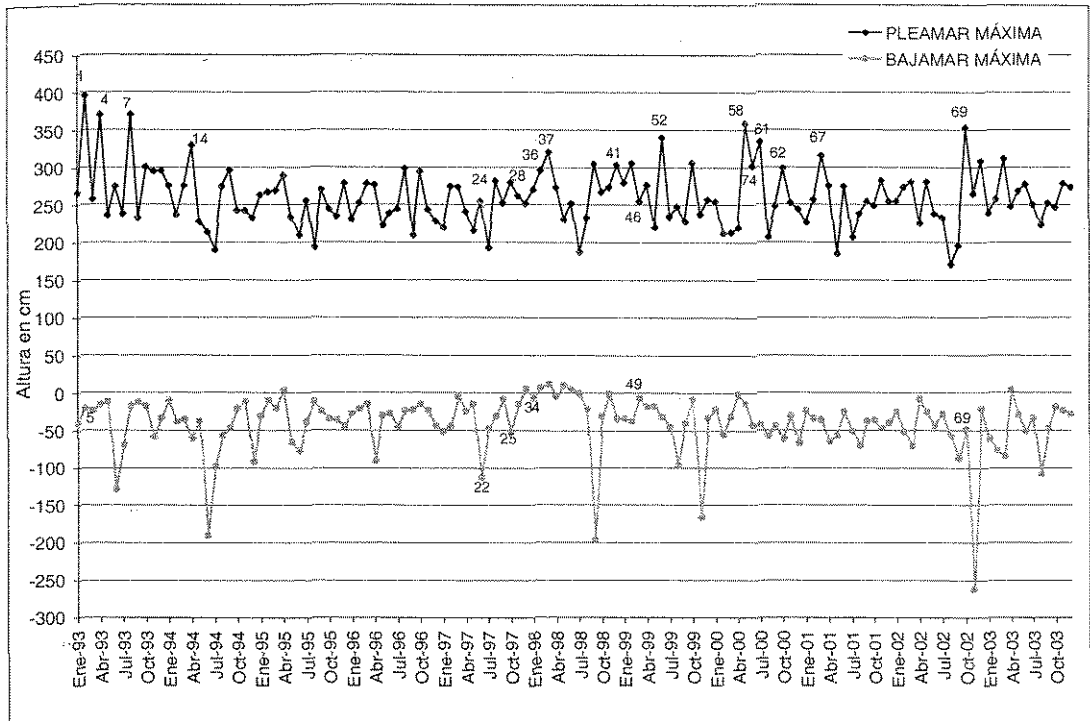


Fig. 11. Pleamares y Bajamares Máximas Mensuales 1993-2003.

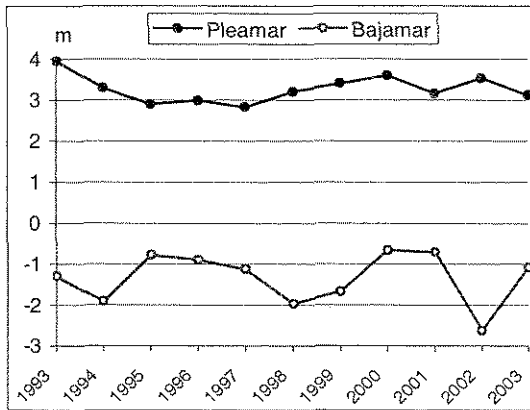


Fig. 12. Pleamares y Bajamares Máximas Anuales 1993-2003.

Si bien el alcance de los eventos de inundación en la ciudad es registrado por barrio, se ha considerado más adecuado analizar su comportamiento por cuenca hídrica, pues es en relación a éstas que se distribuyen las áreas afectadas. Para la descripción de las cuencas originales, se ha considerado para cada barrio la cuenca que ejerce mayor influencia en él, pues la informa-

ción obtenida de los mencionados registros no permite mayores precisiones. Un ejemplo de esta situación puede observarse para la cuenca del Arroyo Ugarteche (Fig. 2). Esta cuenca recorre la parte sudoeste del barrio de Palermo y entra levemente en el barrio de Recoleta. Si bien ha sido incluida entre las cuencas hidrográficas originales que atraviesan la ciudad de Buenos Aires, no es posible analizar adecuadamente el grado de afectación de la misma ya que la información obtenida sobre las zonas anegadas no permite en la mayor parte de los casos, diferenciar las áreas del barrio de Palermo que fueron afectadas. Por lo tanto consideraremos al arroyo Maldonado como principal desencadenante de los anegamientos en ese barrio. Para analizar la susceptibilidad al anegamiento de la cuenca del arroyo Ugarteche habría que considerar los registros de aquellos eventos en los que específicamente se señala, por ejemplo, el anegamiento en el puente del Ferrocarril Belgrano sobre la calle J. Salguero, ya que ésta es una zona afectada por dicho arroyo. Sin embargo, hacerlo de esa manera produciría también un error importante pues la no mención de éste lugar específico en otros eventos no significa que no se haya anegado, sino solamente que no ocurrió ninguna catástrofe en

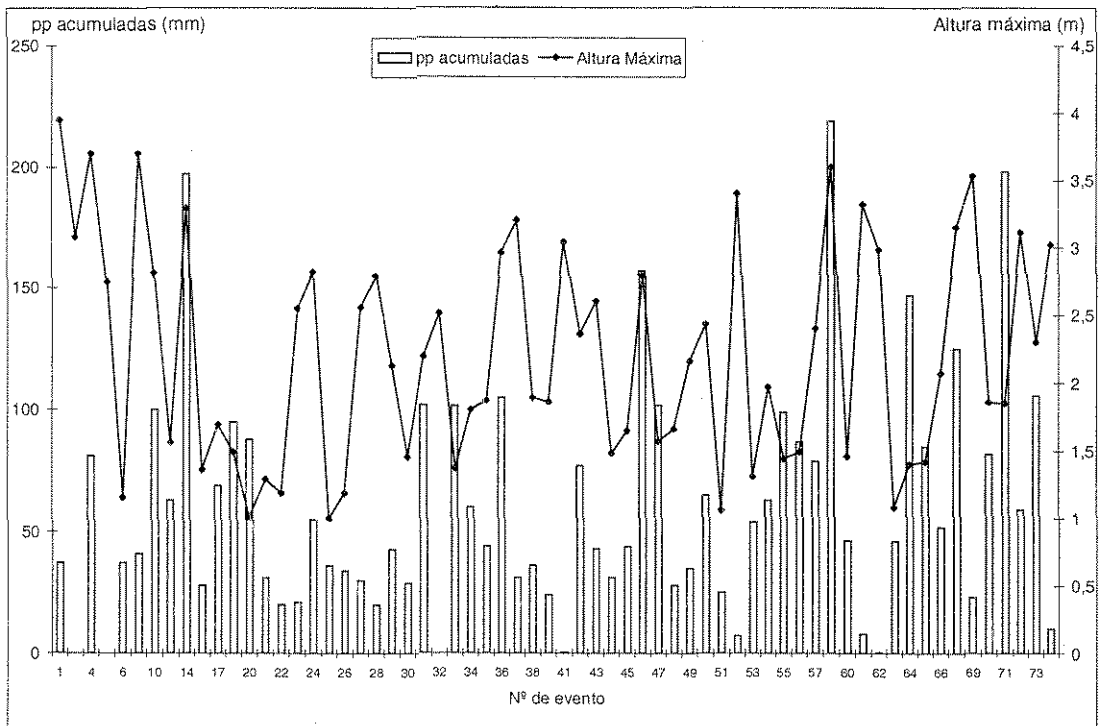


Fig. 13. Precipitaciones y altura máxima del Río de La Plata registradas para cada evento.

particular que mereciera una especial atención periodística.

Para la descripción de las cuencas modificadas, se ha utilizado la nomenclatura y la descripción que se utiliza en los organismos técnicos de la Ciudad de Buenos Aires. Si bien en la nomenclatura de estas últimas existe una mezcla de nombres de cuencas con nombres de barrios, que consideramos inapropiada desde el punto de vista técnico, se ha respetado dicha nomenclatura (Fig. 3) en razón de su uso generalizado y con el fin de evitar mayores confusiones.

La susceptibilidad de las áreas a las inundaciones sigue un patrón complejo vinculado a la distribución de los conductos y a las geformas naturales. Los excedentes que desbordan la red canalizada durante los eventos de inundación se acumulan y escurren hacia los valles de inundación de los ríos y arroyos primitivos.

Los valores de las precipitaciones horarias diarias varían entre las diferentes estaciones de registro (Villa Ortúzar y Aeroparque), señalando la falta de homogeneidad del fenómeno, y también varían respecto de la información brindada por DC, el SMN y/o los diarios. Estas variaciones dependen por un lado de los fenómenos climáticos en sí (tormentas locales muy intensas) de irre-

gular distribución, y también del criterio utilizado para calcular las precipitaciones acumuladas. En este punto se observa que los datos que posee DC son tablas horarias que registran los milímetros caídos desde que comienza la precipitación hasta que termina, mientras que el SMN mide precipitaciones acumuladas entre las 9HOA y las 9HOA del día siguiente (día pluviométrico). En razón de la posibilidad de contar con información sistemática y comparable a lo largo del tiempo, en este trabajo se han utilizado los valores de precipitación brindados por el SMN.

La comparación de los eventos de inundación con las precipitaciones acumuladas en el período (Figs. 1 y 8), sugiere la existencia de una cierta correspondencia entre el número de eventos ocurridos en el período 1993-2000 con el valor de las precipitaciones anuales para el mismo. Esta relación es coherente con el hecho de que la mayor parte de las inundaciones en la ciudad se han producido o se han desencadenado por eventos de precipitación. Estos eventos calificados como P y P+S representan el 71,9% (Fig. 14) del total de anegamientos.

Sin embargo, entre los años 2001 a 2003, el valor de las precipitaciones acumuladas se ha mantenido muy elevado, registrándose el valor

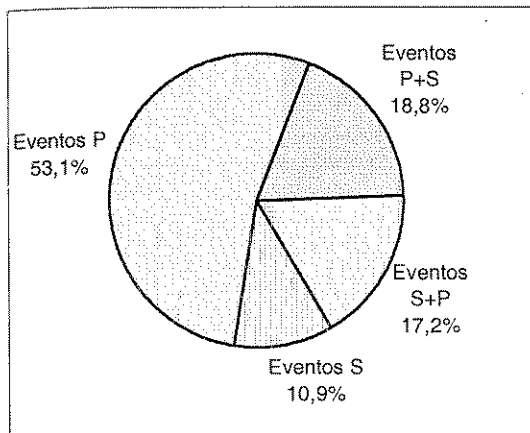


Fig. 14. Caracterización de los eventos.

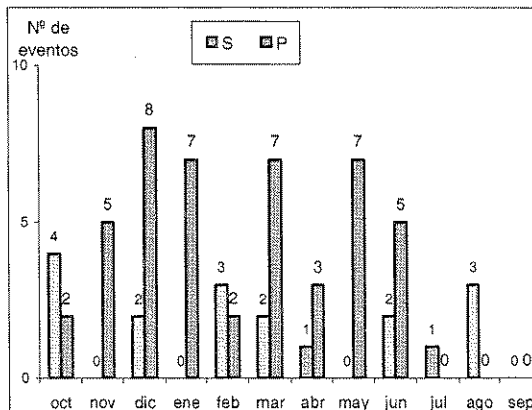


Fig. 15. Distribución mensual de los eventos de sudestada y precipitación registrados.

más alto del período en el año 2001, con 1763,8 mm, mientras que el número de anegamientos en la ciudad ha disminuido. Se podrían sugerir varias hipótesis para explicar este fenómeno: una de ellas podría estar vinculada al hecho de que a partir del año 1998 se fueron inaugurando diferentes obras estructurales en la cuenca del Matanzas-Riachuelo (Dir. Gral. de Hidráulica, Secretaría de Obras Públicas del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, *com. pers.*). Sin embargo, este brusco cambio en el número de eventos registrados también podría estar relacionado a la suspensión del programa de seguimiento en DC, que dio como resultado la interrupción de la información.

Los datos recogidos para nuestro análisis indican que a partir del año 2000 se modificó la relación de las áreas afectadas, observándose un mayor porcentaje de afectación en la zona norte de la ciudad en relación al sur (Fig. 5) y una sensible disminución en el porcentaje de afectación en la cuenca del Riachuelo, donde se realizaron las obras de remediación (Fig. 16).

Otro aspecto que llama la atención al analizar la distribución de los eventos de inundación (Fig. 1), es su abrupto aumento en el año 1997. Debido a que dicho año coincide con el inicio de un evento El Niño, se analizó la posibilidad de que existiera una relación entre ambos fenómenos.

El Niño se manifestó en los años 1997/1998 y produjo fuertes inundaciones en los grandes ríos del litoral argentino (Camilloni y Barros, 2003). Su influencia en la Ciudad de Buenos Aires no ha sido reconocida hasta el presente. Sin embargo, llama la atención el brusco cambio producido en los eventos de inundación a partir de ese año,

aunque ciertamente estos continuaron más allá del año 1998, hasta el 2000.

Si bien el aumento en el número de anegamientos coincide con un aumento en las precipitaciones (de los 862 mm en el año 1996 a 1266 mm en el año 1997), éstas se encuentran por debajo de los valores de precipitación de 1993 con 1558,8 mm, que produjeron la mitad de los anegamientos que los ocurridos en 1997. Las pleamares de ese año tampoco fueron muy elevadas, encontrándose todas por debajo de los 3 m de altura en el Puerto de Buenos Aires, e incluso, dos de los eventos de inundación de ese año se produjeron en coincidencia con máximas bajamares mensuales (Fig. 11).

Del análisis de las inundaciones durante el período en cuestión, surge la inquietud por analizar la posible influencia del fenómeno ENSO en los anegamientos de la ciudad. Si bien este fenómeno no ha generado valores de precipitación particularmente elevados durante el bienio 1997-1998 en la ciudad, su influencia requiere ser analizada. Las inundaciones ocurridas en otros lugares de la pampa ondulada durante el mencionado bienio, produjeron la saturación de los acuíferos subterráneos cuyas descargas a través de los ríos y arroyos de la región, podrían potenciar los eventos de inundación en la región metropolitana bonaerense. La descarga de los acuíferos podría prolongarse en el tiempo, inclusive una vez desaparecido el fenómeno climático, representando un factor a tener en cuenta.

En los años 1999 y 2000 los valores de las máximas pleamares mensuales fueron más elevados que en los años anteriores, produciéndose anegamientos en la ciudad en coincidencia con ellos. Sin embargo

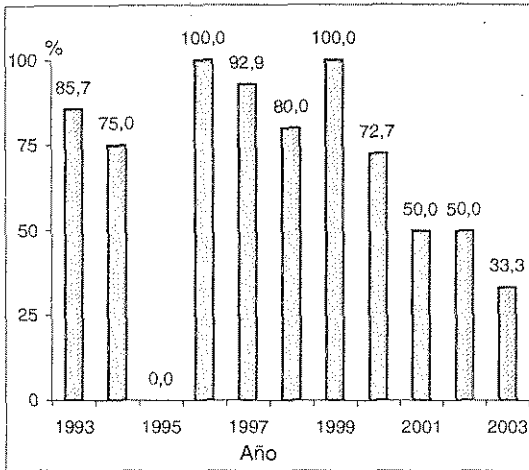


Fig. 16. Afectación de la cuenca Riachuelo.

sus niveles no alcanzaron los valores del año 1993, en el que, sorprendentemente, se registró un menor número de anegamientos. Caben varias alternativas para explicar esta situación:

1. Que en razón de la falta de sistematización y monitoreo de los eventos, las diferencias expresen un cambio en la sensibilidad social frente a las inundaciones y concomitantemente en el interés periodístico de la noticia, registrándose un menor número de eventos para 1993.
2. Que efectivamente se hayan producido mayores anegamientos en la ciudad en el año 1999, a pesar de los menores valores de las precipitaciones medias y de las pleamares en ese año, en relación a 1993. En ese caso habría que considerar la posibilidad de que los anegamientos se produjeron por el efecto de lluvias convectivas veraniegas, de gran intensidad. Esto parecería razonable, ya que de 8 eventos, ocurridos ese año, 6 se produjeron en los meses de verano.
3. Una tercera posibilidad que consideramos sería interesante de investigar, corresponde al análisis de otras condiciones del entorno, de carácter regional, que podrían ejercer su influencia, como podría ser un demorado efecto de descarga de los acuíferos con posterioridad a un fenómeno ENSO en la cuenca del Río de la Plata.

En relación al impacto social de estos fenómenos, es posible que el inicio del programa de Defensa Civil de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires en el año 1997 denominado "Determinación y estudio de zonas que sufren anegamientos por precipitaciones en la ciudad de Buenos Aires" (Defensa Civil de la Ciudad Autónoma de

Buenos Aires, 2001), haya estado vinculado a este importante incremento en las inundaciones y en respuesta a las demandas producidas a partir de las afectaciones a la población de la Ciudad. A su vez, en ese mismo año se inició la primera etapa de las obras de remediación de la cuenca Matanza - Riachuelo que fueron inauguradas en el barrio de La Boca entre julio y octubre de 1998, en el marco del Plan Director de la cuenca Matanza - Riachuelo.

## CONCLUSIONES

Es posible sintetizar las conclusiones de nuestro trabajo en una serie de puntos:

1. Uno de los problemas en la caracterización de las inundaciones de la Ciudad de Buenos Aires reside en la dificultad de acceder a datos genuinos, provenientes de los diferentes organismos productores de información. Consideramos que el acceso a la misma debiera ser amplio y sencillo, ya que se ha producido con el financiamiento público.
2. Otro de los problemas detectados es el de la existencia de programas puntuales de monitoreo y la discontinuidad de los mismos, lo que produce sesgos de información difíciles de valorar. La falta de un organismo que monitoree los eventos de inundación y que establezca pautas de recopilación de datos en forma sistemática y con criterios de comparación, dificulta severamente el análisis del riesgo que afecta a la población de la ciudad de Buenos Aires.
3. Las áreas afectadas por los anegamientos conforman un patrón complejo, vinculado a la distribución de los conductos y a las geformas naturales. Los excedentes que desbordan la red canalizada durante los eventos, se acumulan y escurren hacia los valles de inundación de los ríos y arroyos primitivos.
4. Las diferencias observadas en la comparación entre la curva de precipitaciones del periodo 1993-2003 y la curva del periodo 1961-1990, exhiben un aumento de las precipitaciones para el período analizado en coherencia con la tendencia que se viene registrando para la región.
5. Las precipitaciones son responsables o desencadenantes del 71,9 % de los eventos de inundación en la Ciudad de Buenos Aires, mientras que el 28,1% restante tiene su origen en las sudestadas. Del total, un 35,9% es una combinación de estos efectos.



6. Los eventos analizados muestran que octubre es el mes donde se producen mayor cantidad de sudestadas mientras que los eventos de precipitación se concentran en los meses estivales, en coincidencia con la tendencia que viene siendo registrada para la ciudad de Buenos Aires.
7. La disminución de los eventos de inundación a partir del año 2001 parecería estar relacionada con la ejecución de obras estructurales en la cuenca Matanza-Riachuelo, ya que las condiciones climáticas (precipitaciones y pleamares) se mantuvieron en valores muy elevados. Por otra parte el cambio del área de anegamientos desde la zona sur de la ciudad hacia el norte, es coherente con dicho efecto.

#### AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al Lic. Bernardo Falczuk y al Ing. Ricardo Rebagliati de la Subunidad Provincial de Coordinación para la Emergencia de Buenos Aires (SUPCEBA) y al Ing. Enrique E. D'Onofrio del Servicio de Hidrografía Naval por sus aportes. A la Agr. Amalia González por su colaboración en la confección de los mapas y a Defensa Civil de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires por facilitarnos información. A los evaluadores del trabajo por sus sugerencias, a la Secretaría de Producción Turismo y Desarrollo Sustentable de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires por apoyar esta investigación a través del proyecto «Atlas Ambiental de Buenos Aires», al Museo Argentino de Ciencias Naturales «Bernardino Rivadavia», a la ANPCyT y al CONICET por el apoyo brindado a esta investigación.

#### BIBLIOGRAFIA

- Barros, V.R., M.E. Castañeda, M. Doyle. 2000. Recent Precipitation Trends in Southern South America East of the Andes: An Indication of Climatic Variability. En P.P. Smolka and W. Volkheimer (eds.): Southern Hemisphere Paleo and Neoclimates. Springer-Verlag, pp 187-206. Berlin.
- Berri, G.J. 2001. Hidrometeorología de las inundaciones en la Argentina y en el AMBA, "Inundaciones en el Área Metropolitana de Buenos Aires". En A. Kreimer, D. Kullock, J.B. Valdés (eds.) Disaster Risk management. Working Paper Series N°3: 75-90. The World Bank, Washington.
- Camilloni, I.A., V.R. Barros. 2003. Extreme discharge events in the Paraná River and their climate forcing. *Journal of Hydrology* 278 (1-4): 94-106.
- Castañeda, M.E., V.R. Barros. 1994. Las tendencias de la precipitación en el Cono Sur de América al este de los Andes. *Revista Meteorológica* 19 (1-2): 23-32.
- Defensa Civil de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. 2001. Determinación y estudio de zonas que sufren anegamientos por precipitaciones en la ciudad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Fatala, A. 2001. Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires Secretaría de Obras y Servicios Públicos. "Encuesta de Contingencia, Anegamiento por precipitaciones 24 de enero de 2001". En A. Kreimer, D. Kullock, J.B. Valdés (eds.) Disaster Risk management. Working Paper Series N°3: 75-90. The World Bank, Washington.
- Nabel, P., F.X. Pereyra. 2000. *El Paisaje Natural, Bajo las Calles de Buenos Aires*, Ed. Museo Argentino de Ciencias Naturales, Buenos Aires.
- Subunidad Provincial de Coordinación para la Emergencia de Buenos Aires (SUPCEBA). 2002. Informe Diagnóstico, Plan director de ordenamiento Hidráulico y proyecto Ejecutivo del Arroyo Maldonado. Programa de Protección contra las Inundaciones (PPI), Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires.

Recibido: 20-VII-2004

Acceptado: 25-X-2004