

HIDROLOGIA DE BRAZOS SECUNDARIOS DEL PARANA MEDIO DURANTE CRECIDAS

FRITSCHY, Blanca A.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas Laboratorio de Geografía Ambiental, CONICET-UCSF. Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Litoral, bfritschy@unl.edu.ar

Resumen

Este trabajo tiene por objeto realizar el análisis de consistencia de los datos de la serie Hidrológica diaria 1977-2009 del brazo Potrero y mostrar el comportamiento de las alturas de la lámina de agua. El Potrero carece de cuenca propia. Corresponde a una bifurcación del brazo Leyes. Ambos pertenecen al sistema río Paraná. La Estación de aforo se encuentra sobre R P n° 1 a 31° 30'44" S y 60° 27' 45" W. Se desarrolla completamente en los dominios del valle actual del río Paraná y en dos sectores necesarios de destacar: el lecho mayor y el subsistema Setúbal. De la serie de 32 años hidrológicos sólo 14 (44%) están completos; el resto tiene diferentes lapsos sin registro. El interés de su estudio radica en que el Potrero, junto al Leyes y Santa Rita, constituyen entradas importantes de flujos de agua del lecho mayor en situaciones de crecidas extraordinarias hacia el subsistema Setúbal originando importantes pérdidas económicas y sociales así como impactos no estimados sobre la capacidad de resiliencias del geosistema.

Palabras clave: Brazo Potrero, Santa Fe, Consistencia de datos, Serie 1977-2009

HYDROLOGY OF SECONDARY BRANCH OF THE MIDDLE PARANA DURING GROWN

Abstract

This work has for object to carry out the analysis of consistency of the data of the daily Hydrological series 1977-2009 of the branch Potrero and to show the behavior of the heights of the sheet of water. The Potrero lacks its own basin. It corresponds to the branching of the Leyes branch. Both belonging to the Paraná river system. The measuring Station is over RP n° 1 situated 31° 30'44" S and 60° 27' 45" W. It develops completely in the present valley control and in two relevant sectors: the major bed and Setúbal subsystem. From the series of 32 hydrological years only 14 (44%) are complete; the rest has diverse lapses without register. The interest of its study lays in that the Potrero, together with Leyes and Santa Rita, are important inputs of water flow of the main bed in extreme flooding situations towards Setúbal subsystem giving rise to important economic an social losses as well as invaluable impacts over the capacity of self recovering of the geosystem.

Key words: Potrero Branch, Santa Fe, Data consistency, 1977-2009 Series.

Introducción

Este artículo tiene por objeto caracterizar el comportamiento de dos brazos secundarios del río Paraná en su curso medio. En un sistema de llanura aluvial bajo clima tropical/subtropical y con un sistema fluvial como lo es el Paraná de régimen bimodal donde los fenómenos extremos (crecidas/etiajes) constituyen situaciones de alto impacto en la capacidad de resiliencia de los geosistemas. De allí el interés científico de su estudio (Fritschy, 2003, 2009b y Fritschy et al, 2010).

Asimismo, y acordando parcialmente con Paoli (s/f), las pérdidas económicas ocasionadas por las inundaciones constituyen un serio problema local, regional y nacional. La causa se halla en la ocupación de los valles fluviales sin planificación previa. También entra en juego la permanente discusión dialéctica entre la ocupación humana de espacio atraído por la belleza del paisaje en sí con la restricción total/parcial a la territorialización por el riesgo de inundación a que están sometidas lo que las torna altamente vulnerables. "Las crecidas del río

Paraná (...) se originan por las lluvias en las cuencas de aporte de los ríos Paraguay, Alto Paraná e Iguazú, fuera del territorio argentino. Estas crecidas han sido ampliamente descriptas en numerosos trabajos: Motos Columbus y Asociados (1979), Aiskis (1984), Ceirano, *et al* (1984-1985), Viladrich (1986), Paoli (1987, 1991, 1992, 1994).

Con caudales del orden de 20.000 m³/s (módulo, 16.000 m³/s) proveniente de aguas arriba, los cauces del río Paraná, sus brazos y cursos asociados, comienzan a desbordar y a ocupar las zonas de islas. Llegando a los 30.000 m³/s (alrededor de seis en la escala de Puerto Santa Fe) el valle de inundaciones es actualmente ocupado en su totalidad y en la medida que se va estrechando hacia aguas abajo, se va incrementando la transfluencia de aguas hacia el oeste a través de las zonas más bajas de cada tramo” (op cit).

Estos desbordes y aportes son recibidos por el Subsistema Setúbal, que actúa como cargador natural del valle de inundación del río Paraná (superiores a unos 30.000 m³/s) a través de los brazos Leyes, Potrero y Santa Rita.

El brazo Potrero pertenece al sistema río Paraná. La Estación de aforo se encuentra sobre Ruta Provincial n° 1 a la latitud de 31° 30'44" S y en la longitud de 60° 27' 45"W, según la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SRH). Se desarrolla completamente en los dominios del valle actual del río Paraná y en dos sectores necesarios de destacar: el lecho mayor y el subsistema Setúbal. Carece de cuenca propia.

Tiene su origen en una bifurcación del brazo Leyes (31°30'50"S - 60°26'43"W) y a los 3 km cuando éste alcanza los 31°29'32"S y 60°24'32"W al concluir con su trayecto aproximado norte-sur sobre el Correntoso (Fritschy, *et al*, op cit) para dirigirse al oeste y este ajustándose a una supuesta falla y contradiciendo aparentemente la pendiente general del terreno (figura 1).

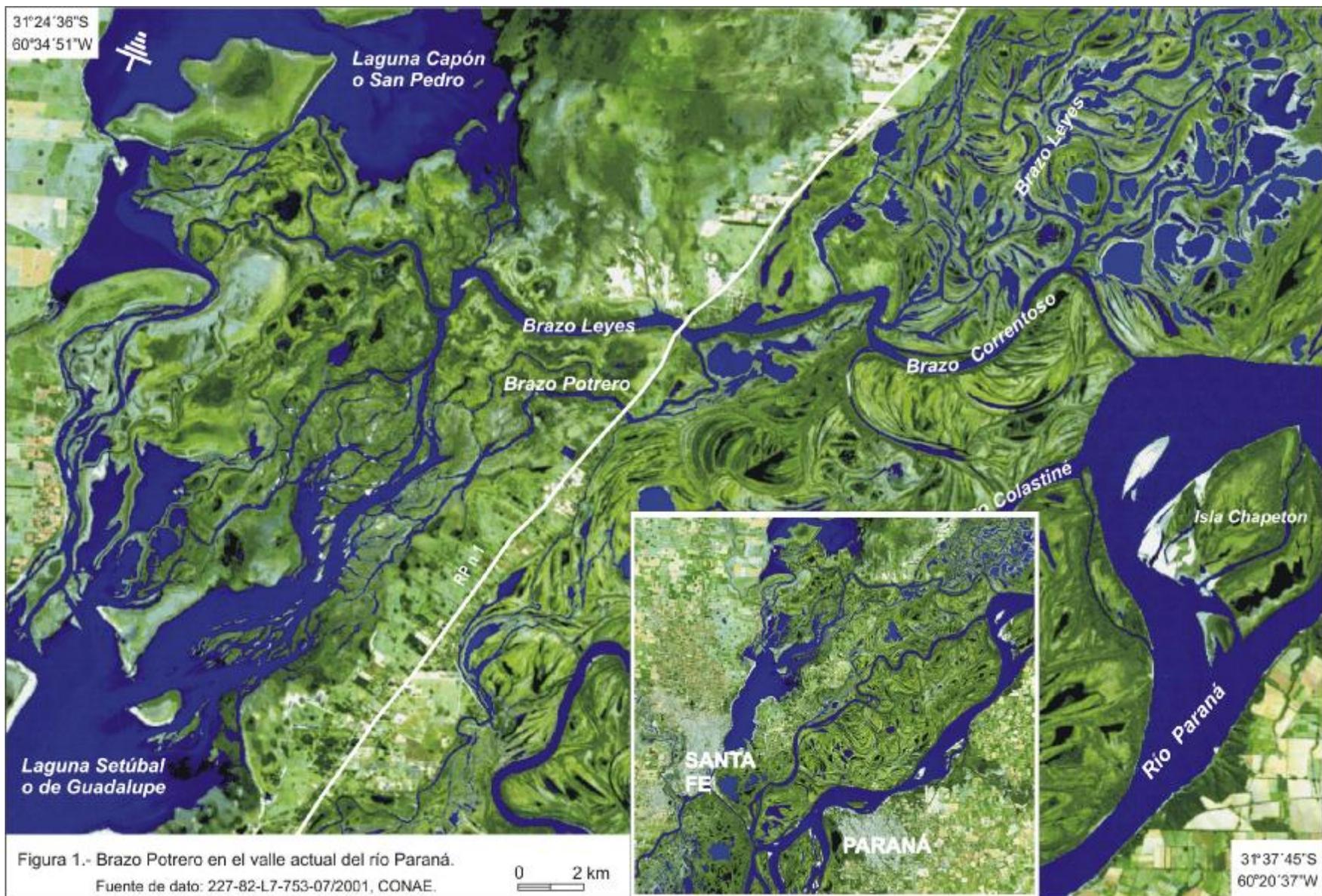
Se expresa con un derrame anual promedio de 10.612 hm³, con máximos de 24.196 hm³ y mínimos de 4.665 hm³. Registra un caudal promedio anual de 336,4 m³/s con máximos de 767,2 m³/s y mínimos de 147,9 m³/s. Los caudales máximos medio diarios (QMxMD) promedios registrados son de 749,1 m³/s con máximos de 2.278 m³/s y mínimos de 247,4 m³/s y los caudales mínimos medio diarios (QMnMD) promedio de 128,4 m³/s, máximo de 210,4 m³/s y mínimo de 65,45 m³/s

Métodos, técnicas y datos

Como método de trabajo se tuvieron en cuenta los siguientes pasos: captación y conceptualización del hecho, colecta y análisis de datos, tratamiento de la información, correlación y síntesis. Se aplicó el método propuesto por Fritschy (2009 a) para el tratamiento estadísticos de los datos hidrológicos.

Se utilizaron Sistemas de Información (SI) y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la elaboración y organización de tablas de atributos, de datos, gráficos y cartografía temática.

Los datos de alturas (H) fueron suministrados por la SRH y corresponden a la Estación 3320, Potrero, localizada en RP n° 1, altura de 8 m snm. También se tuvieron en cuenta los caudales medios diarios, caudales medios diarios (QMD 01/09/1977 y 31/08/2008) y mensuales (QMM 1977 y 2008), los aforos registrados entre el 02/03/1978 y 11/01/2010, los caudales máximos (QMax 01/09/1977 y 30/08/2008), los caudales mínimos (QMin 26/09/1977 y 01/08/2008).



Resultados

La consistencia de los datos

De la Serie de 32 registros (Id), sólo 14 de los años hidrológicos (44%) están completos (tabla 1). El resto (56%) observan diferentes lapsos de ausencia de datos.

Tabla 1.- Años hidrológicos: cantidad de días/lapso sin datos y años con datos completos

<i>Id</i>	<i>Año hidrológico</i>	<i>Cantidad de días sin datos</i>	<i>Días/lapso sin datos</i>
1	01/10/1977 al 30/08/1978	30	01/09/77 al 30/09/77
2	01/09/1978 al 31/08/1979	0	--
3	01/09/1979 al 31/08/1980	58	20/12/79 al 24/01/80 y 26/03/80 al 18/04/80
4	01/09/1980 al 31/08/1981	0	--
5	01/09/1981 al 31/08/1982	0	--
6	01/09/1982 - 31/08/1983	11	10/08/83 al 21/08/83
7	01/09/1983 al 31/08/1984	12	21/03/84 al 01/04/84 y 31/07/84
8	01/09/1984 al 31/08/1985	2	31/05/1985 y 31/07/1985
9	01/09/1985 al 31/08/1986	0	--
10	01/09/1986 al 31/08/1987	20	08/08/87 - 28/08/87
11	01/09/1987 al 31/08/1988	35	06/09/87 a1 11/09/87; 29/11/87; 31/03/88 al 01/05/88
12	01/09/1988 al 29/08/1989	15	22/10/88 al 01/11/88; 27/04/89 al 01/05/89; 30/08/89 al 31/08/89
13	01/09/1989 al 31/08/1990	2	30/10/89 al 01/11/89
14	01/09/1990 al 06/08/1991	126	30/11/90; 12/12/90 al 22/02/91; 15/03 al 12/04/91
15	05/09/1991 al 31/08/1992	31	01/03/92 al 01/04/92
16	01/09/1992 al 31/08/1993	0	--
17	01/09/1993 al 31/08/1994	0	--
18	01/09/1994 al 31/08/1995	0	--
19	01/09/1995 al 31/08/1996	0	--
20	01/09/1996 al 31/08/1997	0	--
21	01/09/1997 al 31/08/1998	0	--
22	01/09/1998 al 31/08/1999	0	--
23	01/09/1999 al 31/08/2000	0	--
24	01/09/2000 al 31/08/2001	0	--
25	01/09/2001 al 31/08/2002	0	--
26	01/09/2002 al 31/10/2003	273	01/11/2002 al 31/08/03
27	01/09/2003 al 31/08/2004	365	01/09/03 al 31/08/04
28	01/09/2004 al 31/08/2005	365	01/09/04 al 31/08/05
29	01/09/2005 al 31/08/2006	365	01/09/05 al 31/08/06
30	01/09/2006 al 31/08/2007	365	01/09/06 al 31/08/07
31	01/09/2007 al 31/08/2008	182	01/09/07 al 01/03/08
32	01/09/2008 al 31/08/2009	0	--

Fuente de datos: SRH

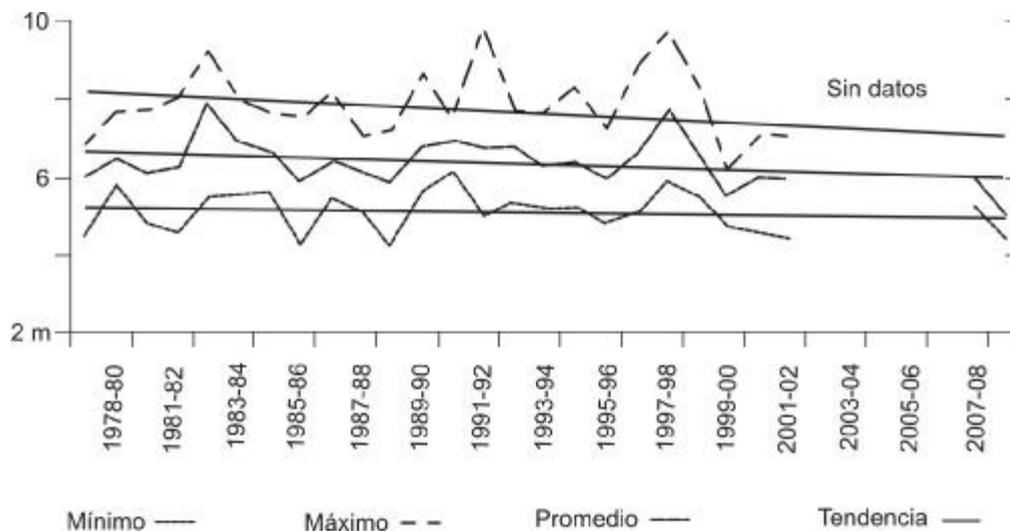
El comportamiento anual del escurrimiento y su tendencia

El análisis de los totales anuales muestra un mínimo de 4,19 m ocurrido en enero de 1989 y mantenido como “estacionario” durante tres días: 06 al 08/01/1989, una máximo de la lámina de agua de 9.76 m acaecido el 14/05/1998 (coincidente con una crecida extraordinaria del río Paraná) y un promedio de 6,39 m (tabla 2). Graficados los valores anuales (figura 2) la tendencia indica un leve descenso. Este tipo de tendencia sólo es válido para este lapso; debe tenerse en cuenta la brevedad del registro así como el estado de los datos (55% incompletos).

Tabla 2.- Máximos, mínimos y promedios de la serie 1978-2009

Año hidrológico	Min	Max	Prom	Año hidrológico	Min	Max	Prom
1978-79	4,46	6,83	6	1995-96	4,89	7,32	5,9
1979-80	5,81	7,63	6,5	1996-97	5,05	8,8	6,6
1980-81	4,78	7,72	6,1	1997-98	5,92	9,76	7,7
1981-82	4,58	7,94	6,3	1998-99	5,55	8,22	6,7
1982-83	5,54	9,23	7,9	1999-00	4,74	6,18	5,5
1983-84	5,6	8,06	6,9	2000-01	4,53	7,06	6
1984-85	5,66	7,63	6,7	2001-02	4,44	6,96	6
1985-86	4,36	7,58	6	2002-03	--	--	--
1986-87	5,46	8,18	6,4	2003-04	--	--	--
1987-88	5,11	6,99	6,1	2004-05	--	--	--
1988-89	4,19	7,17	5,9	2005-06	--	--	--
1989-90	5,54	8,68	6,8	2006-07	--	--	--
1990-91	6,12	7,57	6,9	2007-08	5,24	6	6
1991-92 *	5	9,76	6,74	2008-09	4,4	6	5
1992-93	5,33	7,63	6,8	Mínimo:	4,19		
1993-94	5,18	7,56	6,3	Máximo:		9,76	
1994-95	5,12	8,34	6,4	Promedio:			6,39

Figura 2.- Trayectoria de los registros de altura anuales máximos, mínimos y promedios. Serie 1977-2009



Fuente de datos de tabla 2 y figura 2: SRH - * SRH indica 2312.63 m³/s

El comportamiento mensual del escurrimiento y su tendencia

Para conocer cuál y cuánto de los doce meses del año muestran aumento, disminución o situación estacionaria de la altura de la lámina de agua se agruparon los datos y graficaron manteniendo la escala vertical entre 4 y 10 m teniendo en cuenta que el mínimo de la serie se registró el año hidrológico 1988/89 con 4.19 m y el máximo el 1997/98 con 9.76 m. Este detalle dio como resultado:

§ Octubre, noviembre y diciembre: son meses que muestran incremento en la altura de la lámina de agua; en especial, noviembre (figura 3). *Octubre* indica un aumento de 0.27 m por encima del mínimo de la serie, una reducción de 1.67 m y 0.85 m respecto al máximo y promedio de la serie. Los mínimos ocurrieron el 25 y 25/10/78 con 4.46 m y el máximo el 31/10/98 con 8.09. Este mes carece del 16% (166) del total de los registros (= 1023 entre 01/10/77 y 31/10/2009). *Noviembre* se comporta de igual manera pero con los siguientes valores: un aumento de 0.49 m por encima del mínimo de la serie, reducción de 1.54 m y 0.13 m respecto al máximo y promedio de la serie. El mínimo se produjo el 01/11/78 con 4.68 m y el máximo el 01/11/98 con 8.22 m. El mes carece del 18% de los datos (182) del total de los registros (=990 entre 01/11/77 y 30/11/2009). *Diciembre* observa una diferencia en + 0.10 m y de 1.54 m y 0.13 m en menos respecto al mínimo, máximo y promedio de la serie. El mínimo ocurrió el 31/12/88 con 4.29 m y el máximo, de 8.62 m, se mantuvo por 3 días entre el 27 al 29/12/82. Carece del 21% de los registros (218 datos) del total de 1023 entre el 01/12/77 y 31/12/2009.

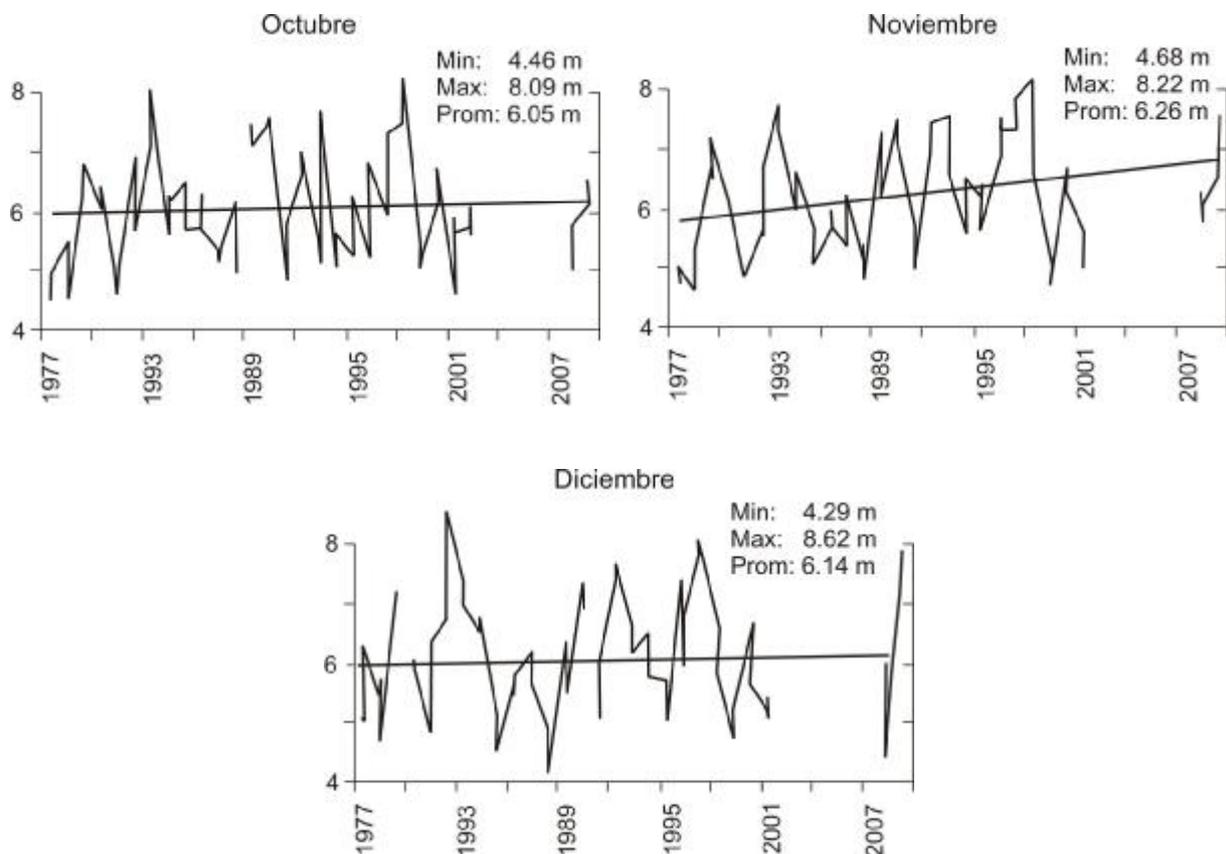


Figura 3.- Hidrogramas con incremento de la altura de la lámina de agua en la serie 1977/2009

§ El resto de los meses manifiestan niveles decrecientes en diversos grados, a saber:

- Enero, febrero, junio y julio: el mínimo de *enero* es coincidente con el mínimo de la serie: 4.19 m; la lámina de agua se reduce en 1.58 m y 0.31 m respecto al máximo y promedio de la serie. El mínimo se produjo entre el 06 y 08/01/89 con 4.19 m y el máximo el 01/01/83 con 8.58 m. Carece del 24% (240 datos) del total de 992 entre 01/01/98 y 31/01/2009) (figura 4). Por el contrario, el mínimo de *febrero* supera en 0.47 m al promedio de la serie al igual que el promedio mensual que lo supera en 0.24 m pero muestra 0.96 m en menos respecto al máximo promedio. El mínimo de la lámina de agua se produjo el 01/02/86 con 4.66 m y el máximo el 28/02/97 con 8.8 m. Le falta el 21% (191 datos) del total de registros de 903 entre el 01/02/78 y 28/02/2009. La tendencia decreciente de *junio* se debe a los escasos centímetros que tanto el mínimo como el promedio mensual se apartan de los registros promedios de la serie: 0.08 m y 0.15; el máximo se iguala. El mínimo ocurre con 4.27 m el 01/06/78 y el máximo con **9.76 m*** el 21 y 22/06/92; este valor es el máximo maximorum de toda la serie con un Q de 2.312,63 m³/s. Falta el 16% (150 datos) del total de registros de 960 entre el 01/06/78 y 30/06/09. *Julio* observa un comportamiento similar.

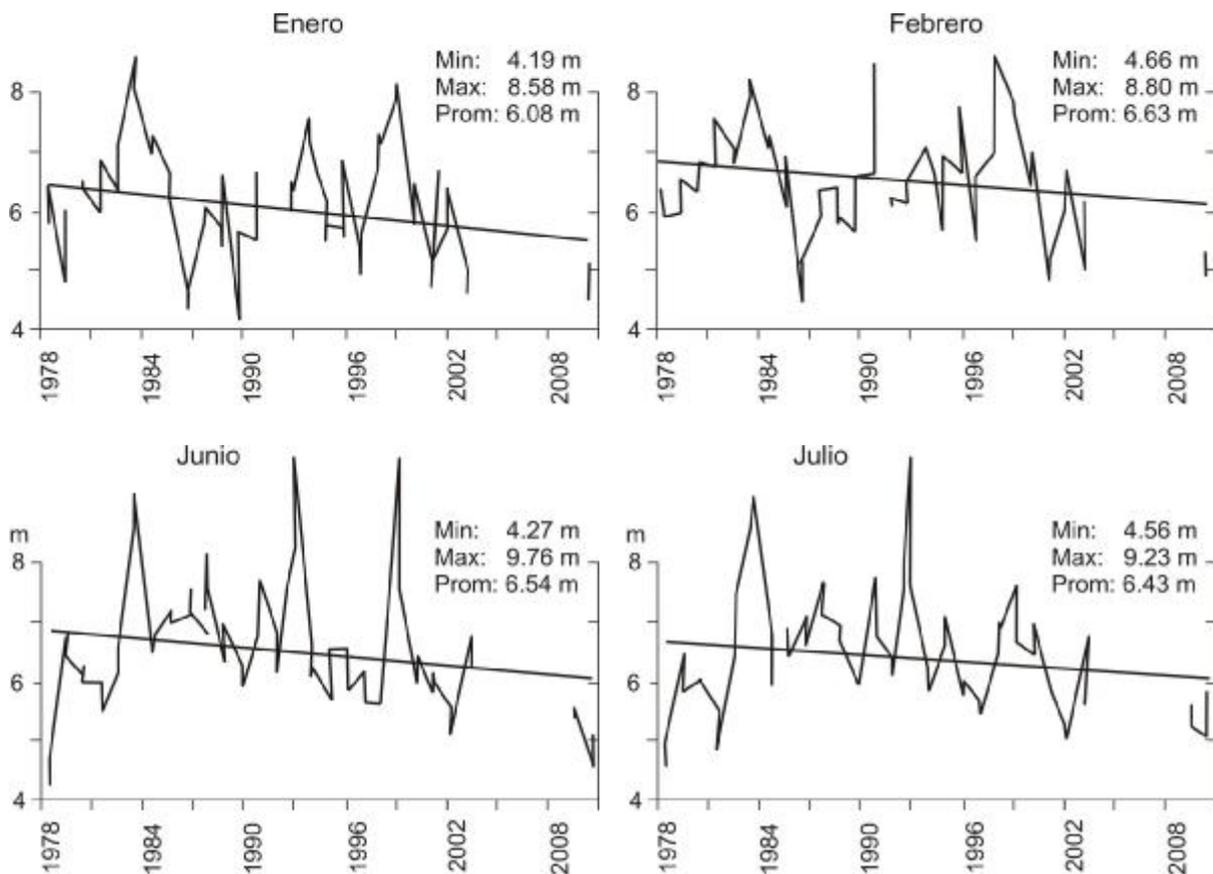


Figura 4.- Hidrogramas con decremento de la altura de la lámina de agua en la serie 1977/2009

*La serie registra el mismo valor (9.76 m) el 14/05/1998

- Agosto, septiembre, marzo y abril: estos meses han sido agrupados porque tienen en común que sus mínimos superan al promedio mínimo de la serie en 0.34 m, 0.25 m, 0.91m y 0.68 m respectivamente (figura 5). También todos los máximos registrados en cada uno de ellos son inferiores al máximo de la serie en 0.87 m, 2.09 m, 0.91 m y 0.16 m. Respecto a los promedios, salvo marzo que lo supera en 0.42 m, agosto, septiembre y abril es inferior al promedio de la serie en 0.31 m, 0.53 m y 0.24 m. *Agosto* registra el mínimo el 31/08/2001 con 4.53 m y el máximo el 01/08/83 con 8.89 m. Falta el 22% (214 datos) del total de 992 registros de la serie 01/08/78 y 31/08/2009. *Septiembre* tiene el mínimo de la lámina de agua durante dos días el 27 y 28/09/2001 con 4.44 m; el máximo el 01/09/1983 con 7.67 m. Falta el 19% (188 datos) del total de 991 registros de la serie 01/09/1978 a 30/09/2009. *Marzo* tiene el mínimo de altura el 31/03/2009 con 5.1 m y el máximo el 20/03/1983 con 8.85 m. Le falta el 22% (220 datos) del total de 992 registros de la serie 01/03/1978 y 30/03/2009. En cuanto a abril, con 4.87 m indica el mínimo el 30/04/1978 y, con 9.60 m el máximo el 30/04/1998. Falta el 22% (212 datos) del total de 960 registros de la serie 01/04/1978 y 30/04/2009.

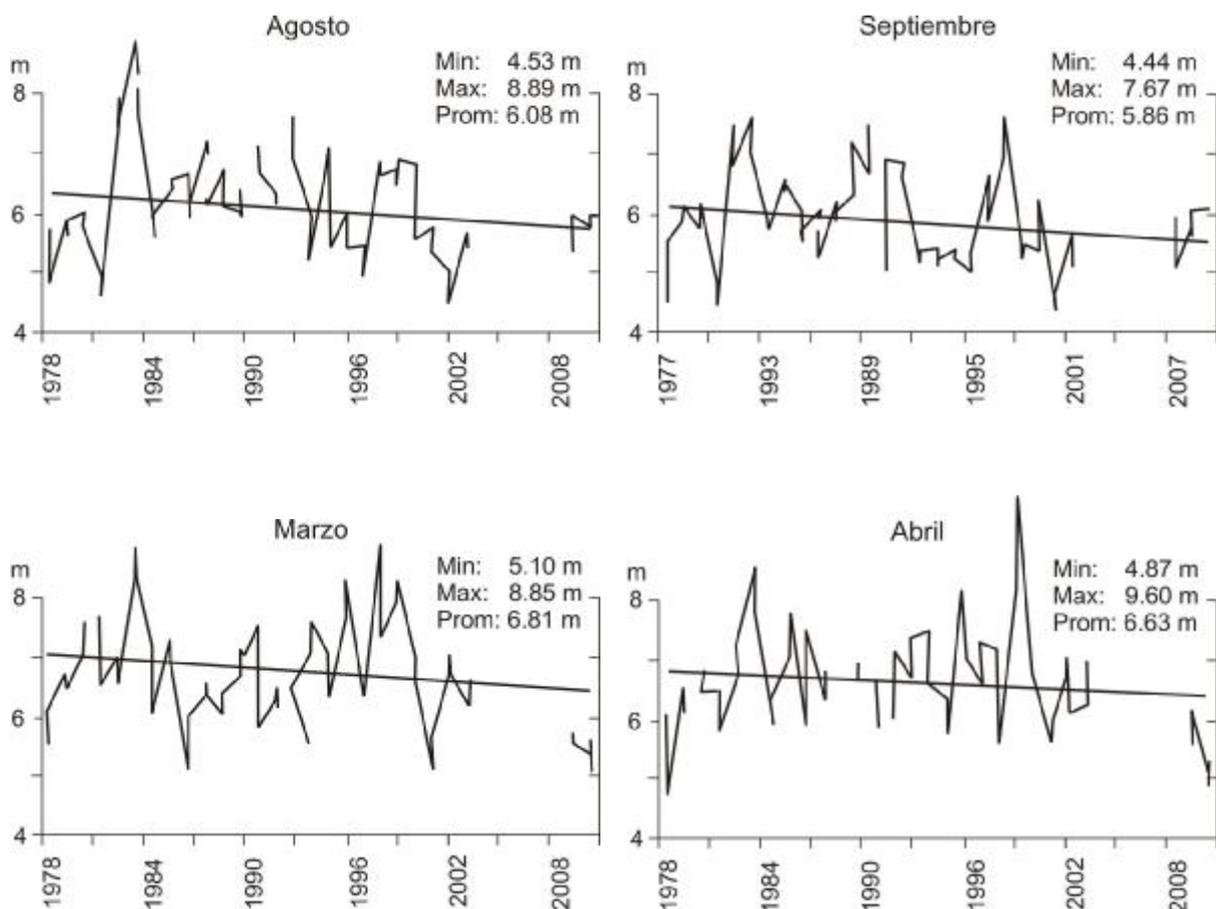


Figura 5.- Hidrogramas con decremento de la altura de la lámina de agua en la serie 1977/2009

Fuente de datos: SRH

- Mayo, es especial. El mínimo y el promedio superan al promedio de la serie y, el máximo iguala el máximo maximorun (14/05/1998) (con caudal medio mensual de 1.928 m³/s) que, en los registros, iguala al de 1991/92 con una altura de la lámina de agua de 9.76 m. El mínimo de la altura se registra entre el 28 y 30/05/1978 con 4.24 m: se mantiene estacionario en esa altura mínima durante tres días (figura 5). Lo que lo distingue de los demás meses es que, éste es el mes se expresa la forma unimodal del régimen (figura 6) algo diferente del Paraná medio.

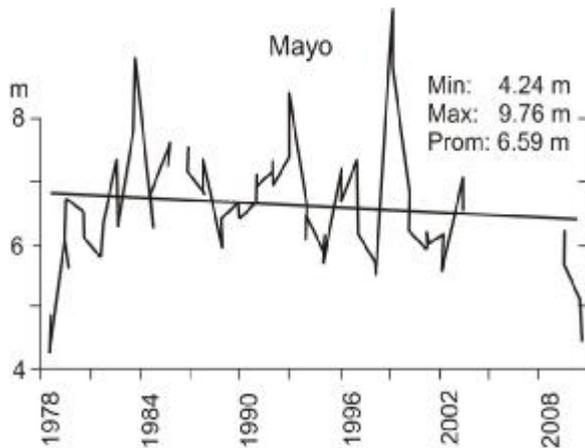


Figura 5.- Hidrograma con decremento de la altura de la lámina de agua en la serie 1977/2009

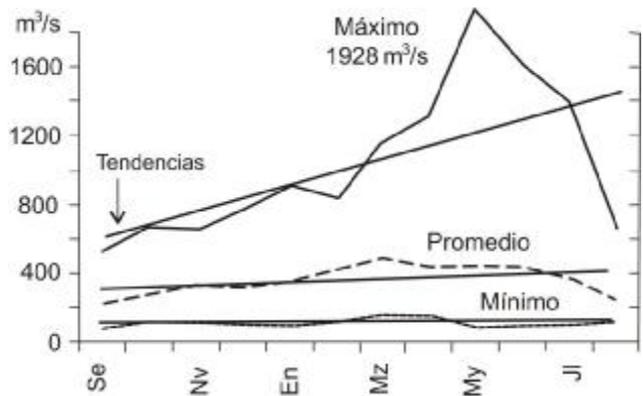


Figura 6.- Hidrograma de caudales mínimos, máximos y medios mensuales de la serie 1977/2009

Conclusiones

La aplicación del método de análisis de consistencia para datos hidrológicos resulta adecuada para el tratamiento estadístico, en especial cuando se trabaja con datos diarios. De esta forma logra obtener información confiable y representativa del fenómeno que se intenta interpretar y explicar. Pero en el caso del brazo Potrero se concluye en que sólo el 44% de los datos están completos razón por la cual los resultados deben ser tomados con cautela en el momento de toma de decisión de medidas estructurales y realización de cálculos de proyecciones de obras de infraestructura. Los máximos mensuales obtenidos permiten realizar la correspondencia con las crecidas extraordinarias registradas en el río Paraná. En este sentido, el brazo Potrero registra el 05/07/1983, 1.661,13 m³/s; el 21/06/1992, 2.312,63 m³/s y el 14/05/1998, 2.298,23 m³/s. El conocimiento de los escenarios hídricos mensuales y a lo largo del tiempo conduce a advertir sobre posibles situaciones a considerar en los planes de ordenación territorial orientados a prevenir impactos y generar condiciones de mitigación en casos de severos impactos.

Así, los resultados de detalle obtenidos constituyen uno de los que son considerados en el estudio de la planificación de desvío y control de caudales en el sector de la RP n° 1 cuyo objetivo fundamental es “impedir el paso” (desde el lecho mayor del río Paraná hacia el subsistema Setúbal; esto es, desde el este hacia el oeste) “de caudales que superen un determinado valor y disminuir, por tanto, las velocidades y el volumen de agua que, en crecida, para por la sección Santa Fe-La Guardia”(Cf. Paoli, op cit.). Esto significa no sólo sobreelevar la RP n° 1 con la finalidad de dar protección a las localidades de la zona sino que

considera realizar el cerramiento controlado de los brazos Potrero, Leyes y Santa Rita con caudales controlados del orden de los 6.000 m³/s, según se informa.

Referencias

- Fritschy, B. A. (2003). “Geosistema valle actual del río Paraná en un sector de su curso medio. Santa Fe, República Argentina”, Tesis doctoral, inédita, tomo I y II, p. 378, Universidad del Salvador, Buenos Aires.
- Fritschy, B. A. (2007). “Impacto de las inundaciones extraordinarias. Santa Fe, República Argentina”. Conferencia en *Jornadas Internacionales Gestión del Riesgo por Inundaciones y deslizamiento*. Facultad de Ingeniería, San Carlos, Universidad de Sao Pablo, Brasil, 14 al 17 de mayo.
- Fritschy, B. A. (2009 a). “Propuesta de método para el tratamiento estadísticos de datos hidrológicos”, en *Boletín de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos*, en prensa.
- Fritschy, B. A. (2009b). “La vulnerabilidad como factor del riesgo hídrico en la ciudad de Santa Fe”, *Panel Interinstitucional Cambio climático, efectos ambientales y políticas locales para la gestión del riesgo*, en 3er Simposio Internacional de Investigación “La Investigación y su transferencia a la Comunidad”. UCSE, Departamento Académico de San Salvador de Jujuy, Jujuy, 21 al 28 de octubre.
- Fritschy, B. A.; Glur, G. V.; Castelao, F. (2010). “Comportamiento de los estiajes del brazo San Javier. Estación Helvecia, Santa Fe, Argentina. Serie 1909-2009”, en Fritschy, B. A. (ed.) *Actas VIII Jornadas Nacionales de Geografía Física de la República Argentina*, pp. 71-85, p. 250, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Litoral.
- Paoli, C. U., (s/f), “Informe sobre inundaciones en río de llanuras con reciente ocupación”, en <http://SRH/Inundaciones,%20Un%20problema%20enImpacto.htm>
- Argentina. Ministerio de Economía. Subsecretaría de Recursos Hídricos (SRH). (2010). Archivos digitales varios de alturas y caudales; <http://www.hidricosargentina.gov.ar/>
