

## **Estimación de escurrimientos superficiales para cuencas no aforadas en Corrientes, Argentina**

Recibido: 21 de noviembre de 2007. Aceptado en versión final: 9 de diciembre de 2008.

Vanesa Y. Bohn\*  
Alicia M. Campo\*

**Resumen.** Las oscilaciones manifestadas en el balance hídrico tienen incidencia directa sobre el régimen hidrológico de los escurrimientos superficiales. No obstante, la evidente correspondencia que vincula la precipitación con el caudal, está determinada tanto por las condiciones físicas de la cuenca como por el carácter de las lluvias. En ese sentido, los análisis de correlaciones entre ambas variables resultan muy útiles para establecer el grado y tipo de relación entre ambos parámetros.

El objetivo de este trabajo es analizar el comportamiento de algunas variables hidrológicas de la cuenca del río Santa

Lucía (Corrientes, Argentina) y la relación entre el excedente de agua y el caudal escurrido. Se utilizó el método de Thornthwaite y Mather. Como resultado, la totalidad de los balances hídricos en la cuenca del río Santa Lucía indicó excedente de humedad en el suelo. En algunos casos los excesos superaron los 600 mm anuales. Finalmente, se halló correlación entre los valores de precipitación y el aumento de caudales.

**Palabras clave:** Balance hídrico, caudales, excedente de agua.

## **Surface runoff estimation for basins without discharge measured data in Corrientes, Argentina**

**Abstract.** The oscillation of the water balance influence was evidenced on the superficial fluxes hydrologic regime. However, the correspondence between the precipitation and the volume was determined by the basin physic conditions and the rain properties. For this reason, the correlation analysis between both variables was utilized for its relation type establishment.

The aim is to analyze the behaviour of some hydrological variables of the Santa Lucia river basin and to analyze

the relation between the water excess and the flow. The Thornthwaite & Mather methodology was used. All the water balance of the Santa Lucía river basin indicated water excess in the soil. In some cases, the 600 mm annual were surpassed. Finally, the correlation between the precipitation values and the volume was found.

**Key words:** Water balance, streamflow, water surplus.

---

\* Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur (CONICET), San Juan y 12 de octubre, 4to. Piso, 8000 Bahía Blanca, Argentina. E-mail: vbohn@criba.edu.ar, amcampo@uns.edu.ar

## INTRODUCCIÓN

El estudio del comportamiento hidrológico de una cuenca permite interpretar la correlación de los fenómenos físicos y humanos que se desarrollan en su ámbito. Los ríos tienen gran relación con todas las formas de vida, especialmente con las actividades humanas. En general, en el curso inferior de los ríos se localizan grandes poblaciones y en sus desembocaduras se encuentran puertos e industrias (Campo y Piccolo, 1997).

Dentro de los métodos útiles para llevar a cabo una evaluación de los cursos de agua de una región se encuentra el del cálculo del balance hídrico; con ello se contribuye a conocer el ciclo hidrológico y a estimar cambios en el régimen de los ríos y arroyos. Ello se debe a que en algunas zonas climáticas las lluvias definen —directa (sobre los flujos superficiales) e indirectamente (sobre los flujos subsuperficiales y subterráneos)— el régimen hidrológico de los ríos.

Las oscilaciones manifestadas en el balance hídrico tienen incidencia directa sobre el régimen hidrológico de los escurrimientos superficiales. No obstante, la evidente correspondencia que vincula la precipitación con el caudal, está determinada tanto por las condiciones físicas de la cuenca como por el carácter de las lluvias. En ese sentido, los análisis de correlaciones entre ambas variables resultan muy útiles para establecer el grado y tipo de relación entre ambos parámetros.

El área en estudio (Figura 1) se localiza en la provincia de Corrientes (Argentina), donde el río Santa Lucía y la cuenca homónima (6 200 km<sup>2</sup>) es la base de esta aplicación. Los promedios de precipitación anual en toda la provincia oscilan entre los 1 100 y 1 200 mm, y decrecen de noreste a suroeste. Las mayores precipitaciones se producen durante los meses correspondientes a otoño y primavera. El río nace en los esteros del Santa Lucía y desemboca como afluente en el Río Paraná conformando parte del Sistema del Río Paraná y se desarrolla en dirección noreste-suroeste. La elección de las estaciones climatológicas respondió a su cercanía con el curso de agua y a la existencia de datos de temperatura y precipitación. La provincia cuenta con gran cantidad de lagunas y esteros, los que albergan flora y

fauna muy diversa. La laguna del Iberá divide a la provincia en dos zonas: la occidental y la oriental. La cuenca del Río Santa Lucía pertenece a la primera de ellas (Urien y Colombo, 1991).

América del Sur está bajo la influencia de diferentes masas de aire que por su desplazamiento estacional definen las características climáticas del continente. La masa ecuatorial excepcionalmente llega al norte del territorio argentino y nunca se manifiesta hacia el sur. La masa de aire antártica llega hacia América del Sur empujada por la circulación de vientos del oeste en oleadas cuyos avances pueden generar frentes fríos. El aire que proviene de la Antártida, con las más frías y rigurosas temperaturas, tiene mínima trayectoria marítima lo cual contribuye a su condición de aire muy seco.

Durante el verano, las masas de aire Polar continental tienen escaso desarrollo en América del Sur, sin embargo, el aire patagónico se identifica como una masa Polar continental (Campo de Ferreras *et al.*, 2004). En su origen la masa de aire es polar marítima generada en el Océano Pacífico Sur. Esta masa de aire no alcanza temperaturas tan bajas como las Antárticas o las equivalentes en el hemisferio Norte. La zona entre los 40° y 60° LS, respectivamente, está bajo la influencia de las masas de aire polar marítimas. Esta zona es dominio planetario de los vientos del oeste, y se generan copiosas precipitaciones. A la zona norte de Argentina llegan masas de aire de origen Tropical las que hacen sentir su influencia hasta aproximadamente los 40° LS.

Las masas tropicales continentales se corresponden con la franja de las Altas Presiones Subtropicales de los 30° LS que se encuentran en ambos hemisferios. En verano, en el Hemisferio Sur, estas áreas se ven restringidas al interior del continente que se encuentra muy caliente, con lo cual el área en estudio no se ve afectada.

Sobre la provincia de Corrientes se destaca el dominio de las masas de aire tropicales marítimas que surgen del borde occidental del Anticiclón del Atlántico Sur. Esta masa de aire es inestable debido a que ha realizado un recorrido sobre el océano cálido por la presencia de la corriente cálida del Brasil. El ingreso al continente y el encuentro con relieves relativamente elevados favorece al de-

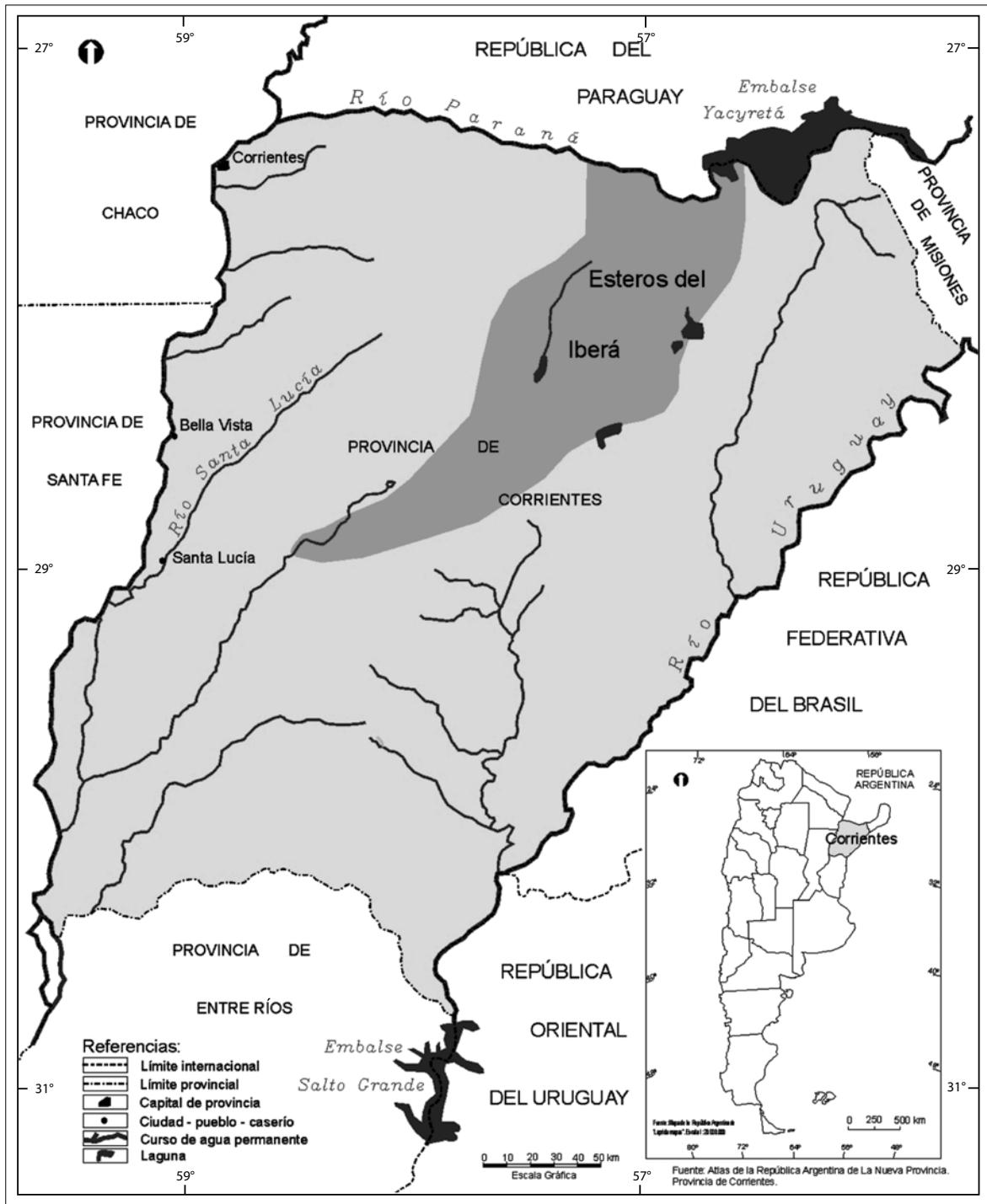


Figura 1. Río Santa Lucía, provincia de Corrientes (Argentina). Las ciudades indicadas con un triángulo señalan estación meteorológica.

sarrollo de precipitaciones que van en disminución hacia el interior continental. Durante el invierno, el área estudiada se ve afectada por las masas polares marítimas debido a que amplían su dominio en la estación invernal (*Ibid.*).

El área en estudio se caracteriza por su suelo llano con leves ondulaciones de arena rojiza, rodeadas de bañados, esteros y pantanos. Se destacan los bosques frondosos, a los que se suman los palmares que siguen los cursos de los ríos. Sus dos principales cauces son el Río Paraná y el Río Uruguay, muchos de los ríos interiores de la provincia de Corrientes desaguan en ellos (Urien y Colombo, 1991).

El objetivo general de este trabajo es establecer el balance hídrico de la cuenca del río Santa Lucía, en la provincia de Corrientes. Como objetivo específico se analiza la relación entre el exceso de agua (diferencia positiva acumulada entre precipitación y evaporación potencial durante un periodo determinado) y el caudal escurrido. Se determinaron la evapotranspiración potencial y la variación estacional de agua disponible en el sistema. Para calcular la esorrentía mensual en la cuenca se consideró que el concepto físico de evaporación en el análisis hidrológico se asocia a los procesos biológicos. En la ecuación del balance hidrológico de una cuenca, la evaporación y la transpiración están incorporados como un solo término a la misma (evapotranspiración), que influye directamente sobre la esorrentía (Bruniard, 1992).

Por lo tanto, sobre la base de los excesos de los balances hídricos se determinó el escurrimiento superficial mensual esperado según el Método de Thornthwaite (Thornthwaite y Mather, 1957).

## MÉTODOS Y MATERIALES

Para realizar el balance hídrico de la cuenca del Río Santa Lucía, se seleccionaron las estaciones meteorológicas de General Paz (74 msnm), Corrientes (62 msnm) y Bella Vista (70 msnm; Figura 1). En cuanto al nivel de representatividad de los datos de precipitación, las estaciones mencionadas cumplen una superficie promedio de 1 000 km<sup>2</sup> cada una en la cuenca hidrográfica estudiada. Si bien este aspecto manifiesta una diferencia a lo propuesto por

la Organización Meteorológica Mundial (WMO, 1994), la elección de las mismas se basó en la existencia de datos de precipitación mensual con posibilidades de realizar un seguimiento del parámetro durante varias décadas. Los datos faltantes se obtuvieron mediante el cálculo de porcentaje de precipitación para los meses con registros faltantes. Los datos utilizados fueron obtenidos de la base de datos del Servicio Meteorológico Nacional (Argentina) correspondientes al periodo 1951-2000 y en valores promedio cada diez años.

Los balances hídricos de las estaciones se estimaron mediante el método de Thornthwaite y Mather (1957). Este método permite monitorear el almacenamiento de agua en el suelo, reflejando el balance entre las entradas y salidas de un volumen de control. Para esto se consideró a la lluvia (P) como la única entrada y a la ETP como la salida en respuesta a la demanda de la atmósfera. Mediante este método es posible estimar la evapotranspiración real (ETR), el déficit (DEF), el excedente (EXC) y el almacenamiento de agua en el suelo (Lozada y Sentelhas, 2003a).

El método de Thornthwaite y Mather (1957) presenta características ventajosas tales como el solo requerimiento de datos de precipitación y temperatura mensuales. El método fue creado en New Jersey (Estados Unidos) donde se combina la influencia de latitud y horas de luz sobre la energía para desarrollar una evapotranspiración potencial (ETP). Las estimaciones suponen una parcela con sembradío verde y de tamaño corto donde nunca falta aporte de agua. Por otra parte, este método se aplicó satisfactoriamente en distintas cuencas hidrográficas para la determinación y evaluación de recursos hídricos (Hodny y Mather, 1995; Legates y Mather, 1992; Lozada y Sentelhas, 2003b). El escurrimiento superficial se determinó sobre la base de los excesos de los balances hídricos según el método de Thornthwaite (Hufty, 1984). Se calcularon promedios de los escurrimientos de cada mes y se adicionaron las diferencias a los meses sucesivos siguientes. Esto se aplicó para la cuenca del río Santa Lucía. El periodo considerado corresponde de 1951 al 2000.

Para el análisis del caudal del río Santa Lucía (Aforo: Santa Lucía) se consideró la década 1981-

2000, de acuerdo con la disponibilidad de datos fehacientes. Los datos de aforo se obtuvieron de las bases de datos oficiales del Ministerio de Obras y Servicios Públicos. La variable subterránea fue incorporada sólo en forma conceptual mediante la estimación del flujo de base de los caudales; el mismo se estimó mediante un método gráfico. En primera instancia se elaboró un hidrograma anual el que está constituido por un caudal base continuo sobre el que se sitúan distintos tipos de caudal, correspondientes a la escorrentía directa producida por las lluvias. Se indicará el escurrimiento calculado por excesos del balance hídrico en adelante con  $E_c$  y los escurrimientos reales se indicarán con  $E_r$ . Los escurrimientos calculados por este método se compararon con los obtenidos sobre la base de datos de mediciones no continuas.

## RESULTADOS

### Balance hídrico

Si bien los supuestos con los que fue elaborado el método de Thornthwaite y Mather (1957) difieren en algunos aspectos de los del área en estudio, su utilización en la cuenca del río Santa Lucía se ha considerado viable. Uno de los supuestos más importantes se basa en las características de la vegetación. Sin embargo, numerosos autores han aplicado el mencionado método en sitios donde las condiciones son diferentes a las planteadas y, al igual que en el presente, arribaron a resultados satisfactorios. Apezteguia y Sereno (2002) aplicaron esta metodología de cálculo de balance hídrico con el objetivo de evaluar condiciones edafoclimáticas en la provincia de Córdoba (Argentina). Otros ejemplos de aplicación lo constituyen los trabajos de Marini y Piccolo (2000) en su caracterización de la cuenca del río Quequén Salado (Argentina). A una escala global, Malvárez (1999) calculó los balances hídricos para distintos humedales subtropicales y templados de Sudamérica. También en zonas áridas fue aplicado con éxito (Scarpati y Faggi, 1998) con el objetivo de evaluar posibles efectos del cambio climático global en áreas diferenciadas en la cuenca del río Turbio (Chubut, Argentina). Por último, los excedentes hídricos mensuales en

la cuenca de Poyo (España) mostraron una efectiva aplicación del método en climas mediterráneos (Aguilar, 1998).

El área en estudio presentó una distribución anual de temperaturas propias de un régimen térmico subtropical, donde el mes de enero presenta las más altas temperaturas ( $34^\circ\text{C}$ ). Los inviernos se caracterizan por una temperatura media de  $12^\circ\text{C}$ . Los valores medios de precipitación para los años de registro fueron de 1 266.83, 1 383.20 y 1 520 mm para las estaciones de Bella Vista, Corrientes y General Paz, respectivamente. La desviación estándar del parámetro precipitación varió entre 43 y 47 mm en todas las estaciones. En cuanto a la temperatura, valores se hallaron entre  $3.90$  y  $4.36^\circ\text{C}$ .

Los resultados (Figuras 2 a 6) mostraron que no existen meses con déficit hídrico, es decir,

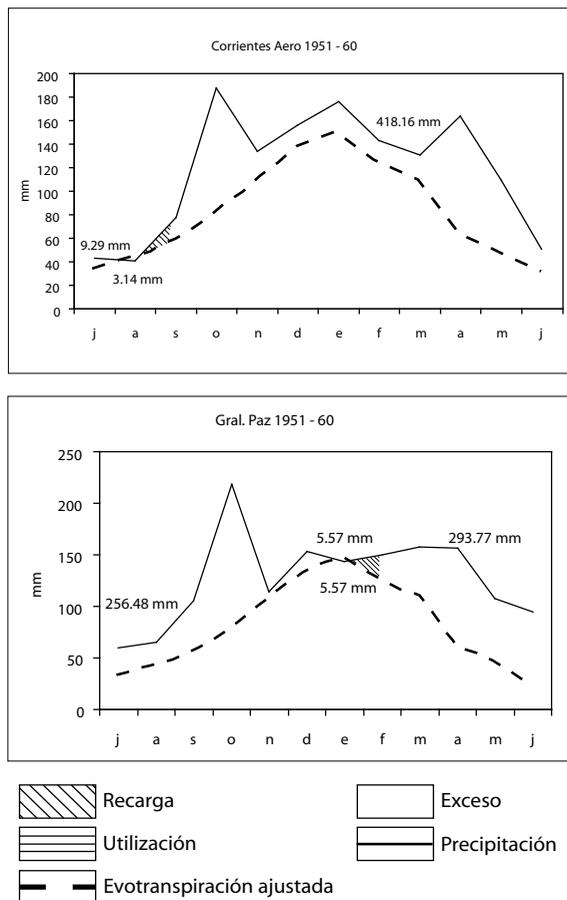


Figura 2. Balances hídricos en dos estaciones localizadas en la cuenca del río Santa Lucía, periodo 1951-1960.

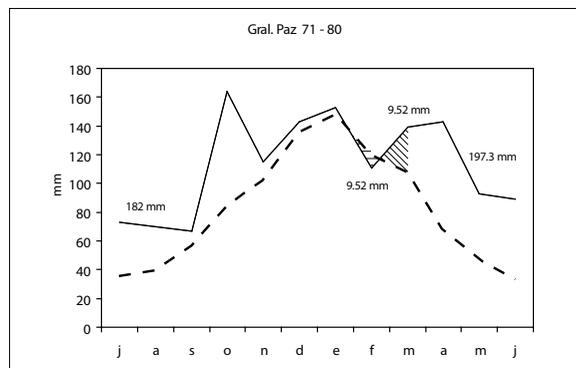
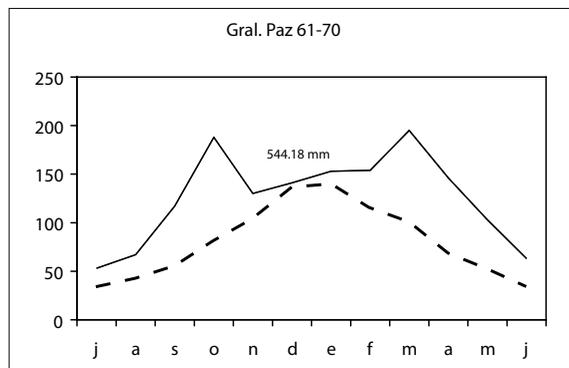
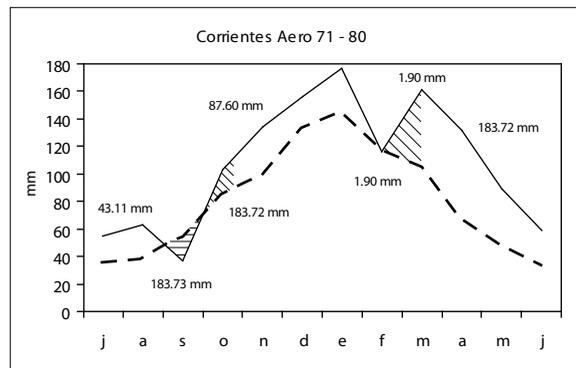
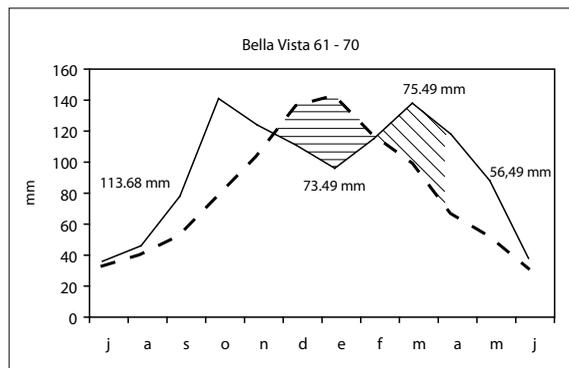
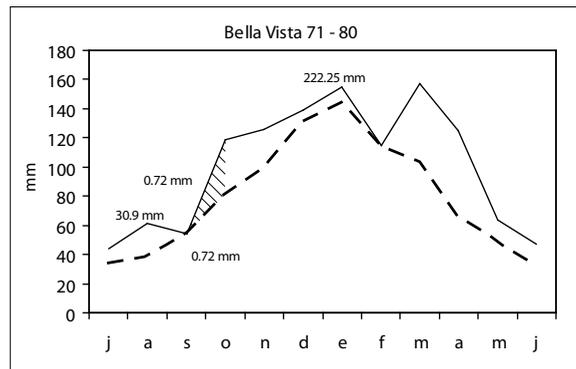
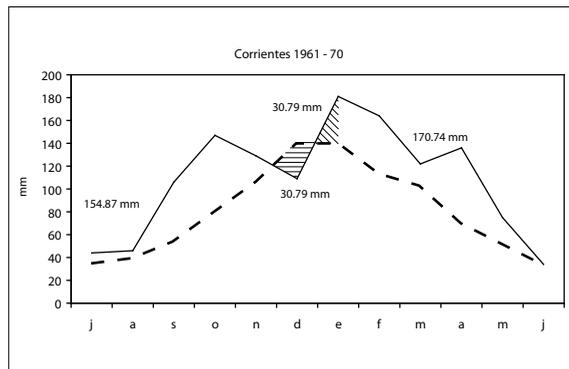


Figura 3. Balances hídricos en tres estaciones localizadas en la cuenca del río Santa Lucía, periodo 1961–1970.

Figura 4. Balances hídricos en tres estaciones localizadas en la cuenca del río Santa Lucía, periodo 1971–1980.

que no se evidenciaron situaciones en las que la diferencia entre precipitación y evapotranspiración potencial fuera negativa.

En los periodos de menor precipitación se detectó utilización de agua de meses anteriores; en

general, sucedió durante los meses de noviembre y diciembre, en las tres estaciones climatológicas. En Bella Vista se registró el mayor periodo de utilización con 75.49 mm. En cuanto al excedente de agua en el suelo, en general se manifestó durante

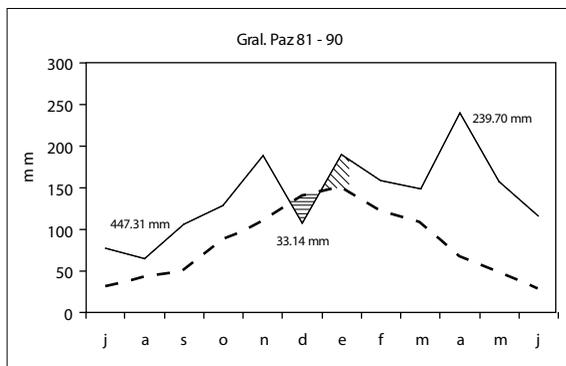
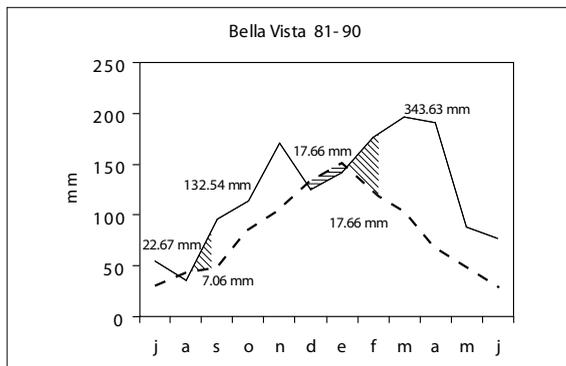
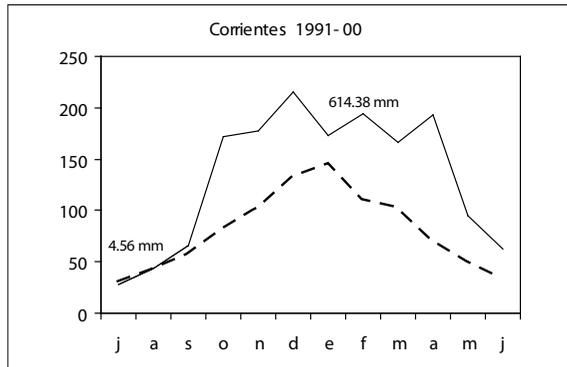
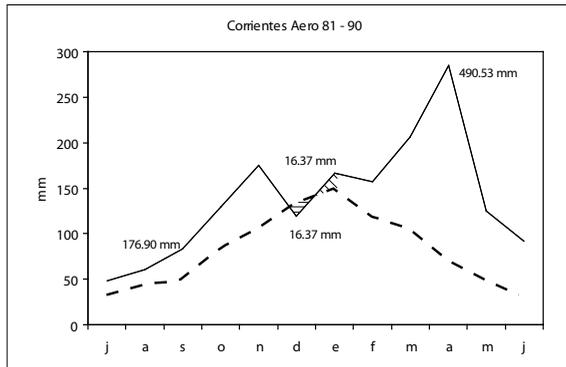


Figura 6. Balance hídrico en la estación Corrientes, localizada en la cuenca del río Santa Lucía, periodo 1991–2000.

ción y la evapotranspiración ajustada mensuales. Para el caso estudiado, las tres localidades durante las décadas analizadas se encuadran dentro de la categoría de húmedo. En relación con la aridez, cuyo índice se establece como la relación entre el déficit y los requerimientos de agua, fue igual a cero en todos los casos. Esto indicó una diferencia de agua nula.

### Escurrimiento superficial

El escurrimiento mensual en la cuenca del río Santa Lucía se determinó sobre la base de los excesos hídricos mensuales del balance hídrico de la localidad de Bella Vista durante el periodo 1981/1990. Las Tablas 1 y 2 muestran los escurrimientos calculados para los excesos hídricos en Bella Vista (1981/1990) y Corrientes (1981/2000). El cálculo se realiza considerando que el 50% del excedente de agua mensual se escurre en el mismo mes y completa el manto freático. El 50% restante se reparte progresivamente en los meses siguientes. La distribución anual del caudal real (medido) durante la década de 1981-1990 fue graficada en forma continua mediante un hidrograma anual. Dicho hidrograma (Figura 7) está constituido por un caudal base continuo sobre el que se sitúan distintos picos de caudal, correspondientes a la escorrentía directa producida por las lluvias.

Figura 5. Balances hídricos en tres estaciones localizadas en la cuenca del río Santa Lucía, periodo 1981-1990.

todo el año. Los mayores volúmenes se registraron en Gral. Paz y Corrientes durante los periodos 1961/1970 y 1991/2000, respectivamente.

El índice de humedad según los criterios de Thornthwaite, contempla el exceso de precipita-

Tabla 1. Escurrimientos calculados por exceso del balance hídrico según Thornthwaite, Bella Vista (Ec1), 1981-1990

Bella Vista 81-90 (Ec1)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
exceso	0	42.24	93.64	122.64	37.47	47.64	22.67	0	39.51	28.32	64.71	0
	0	0										
		21.12	10.56	5.28	2.64	1.32	0.66	0.33	0.17			
			46.82	23.41	11.70	5.85	2.93	1.46	0.73	0.37	0.18	
	0.12			61.32	30.66	15.33	7.66	3.83	1.92	0.96	0.48	0.24
	0.07				18.73	9.37	4.68	2.34	1.17	0.59	0.29	0.15
	0.19					23.82	11.91	5.95	2.98	1.49	0.74	0.37
							11.33	5.67	2.83	1.42	0.71	0.35
	0							0	0	0	0	0
	1.23	0.62	0.31						19.75	9.88	4.94	2.47
	1.77	0.88	0.44	0.22	0.11					14.16	7.08	3.54
	8.09	4.04	2.02	1.01	0.51	0.25	0.13				32.36	16.18
Ec1	11,47	26,67	60,15	91,24	64,35	55,94	39,31	19,59	29,55	28,85	46,78	23,30

Tabla 2. Escurrimientos calculados por exceso del balance hídrico según Thornthwaite, Corrientes (Ec2), 1981-1990

Ctes. 81-90 (Ec2)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
exceso	0.45	38.07	100.36	214.42	76.01	61.22	15.69	16.11	32.62	44.28	68.20	0
	0.22	0.11										
		19.03	9.52	4.76	2.38	1.19	0.59	0.30	0.15			
			50.18	25.09	12.55	6.27	3.14	1.57	0.78	0.39	0.20	
	0.21			107.21	53.60	26.80	13.40	6.70	3.35	1.68	0.84	0.42
	0.15				38.01	19.00	9.50	4.75	2.38	1.19	0.59	0.30
	0.24					30.61	15.30	7.65	3.83	1.91	0.96	0.48
							7.84	3.92	1.96	0.98	0.49	0.25
	0.25							8.06	4.03	2.01	1.01	0.50
	1.02	0.51	0.25						16.31	8.16	4.08	2.04
	2.77	1.38	0.69	0.35	0.17					22.14	11.07	5.54
	8.53	4.26	2.13	1.07	0.53	0.27	0.13				34.10	17.05
Ec2	13.38	25.30	62.78	138.47	107.24	84.14	49.92	32.95	32.79	38.46	53.33	26.57

El escurrimiento mensual real para el río se calculó utilizando los caudales aforados durante los periodos 1981-1990 y 1991-2000. En el primer caso, el caudal medio anual fue de 75.3 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> y el específico de 12.2 l s<sup>-1</sup>km<sup>-2</sup>. Durante los años

1991-2000, el caudal medio fue superado (76.71 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>) al igual que el específico (12.74 s<sup>-1</sup>km<sup>-2</sup>). Este último hace referencia al volumen por unidad de superficie por lo que representa el caudal aportado por cada kilómetro cuadrado de cuenca.

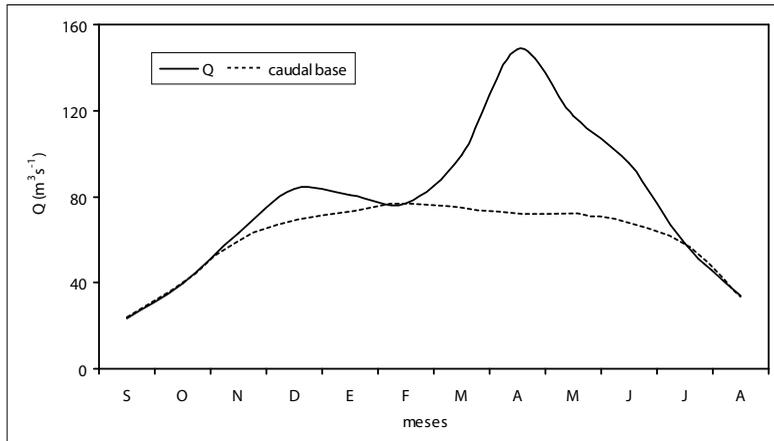


Figura 7. Hidrograma anual. Caudal real (1981-1990) y caudal base estimado mediante método gráfico.

En las Tablas 3 y 4 se detalla el escurrimiento anual en el aforo Santa Lucía (1981-90 y 1991-00). En la Figura 8 se muestra la variación de ambos escurrimientos a lo largo del año, en las dos décadas.

En cuanto a la distribución de los caudales calculados para Bella Vista y Corrientes durante el periodo 1981/1990, no se observaron diferencias con respecto a los caudales reales (Figura 8).

Tabla 3. Escurrimiento anual por aforo

Río Santa Lucía: cálculo del escurrimiento (1981 - 90). Sup. cuenca: 6.200 km <sup>2</sup>												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Q (m <sup>3</sup> /s)	41.4	57.6	58.03	144	134.8	103.9	101.8	76.89	59.21	57	92.26	77.7
esc (m)	0.02	0.024	0.025	0.06	0.058	0.043	0.044	0.033	0.026	0.02	0.039	0.03
Er	17.9	24.08	25.07	60.21	58.22	43.42	43.99	33.21	25.57	24.6	38.57	33.5

Tabla 4. Escurrimiento anual por aforo

Ctes. 1991-2000	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
exceso	28.20	82.30	63.30	121.00	44.90	27.70	0	0	2.49	88.00	74.50	81.7
	14.10	7.05										
		41.15	20.58	10.29	5.14	2.57	1.29	0.64	0.32			
			31.65	15.83	7.91	3.96	1.98	0.99	0.49	0.25	0.12	
	0.12			60.50	30.25	15.13	7.56	3.78	1.89	0.95	0.47	0.24
	0.09				22.45	11.23	5.61	2.81	1.40	0.70	0.35	0.18
	0.11					13.85	6.93	3.46	1.73	0.87	0.43	0.22
							0	0	0	0	0	0
	0							0	0	0	0	0
	0.08	0.04	0.02						1.25	0.62	0.31	0.16
	5.50	2.75	1.38	0.69	0.34					44.00	22.00	11.00
	9.31	4.66	2.33	1.16	0.58	0.29	0.15				37.25	18.63
Ec2	29.30	55.65	55.95	88.46	66.68	47.02	23.51	11.68	7.09	47.38	60.94	30.41

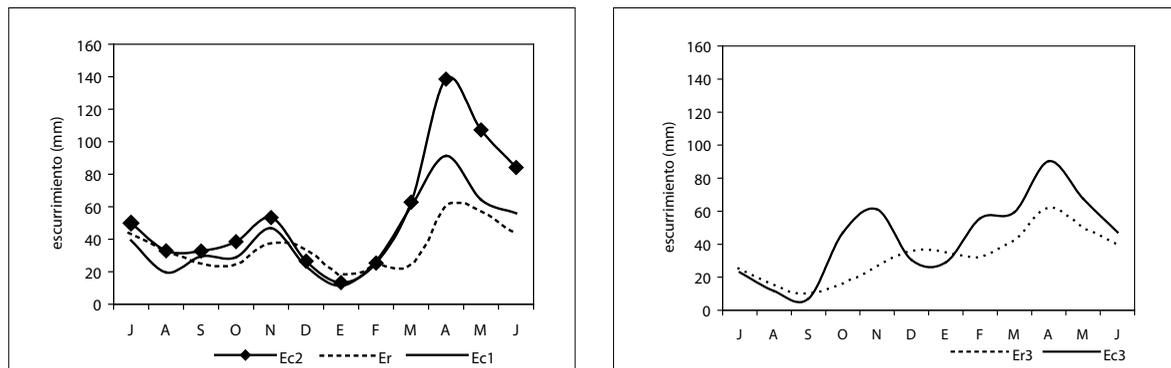


Figura 8. Esgurrimientos calculados en Bella Vista (Ec1) y Corrientes (Ec2) y reales (Er) correspondientes al río Santa Lucía, periodo 1981-1990 (arriba). Esgurrimiento calculado en Corrientes (Ec3) y real (Er3) correspondiente al río Santa Lucía, periodo 1991-2000 (abajo).

Los mayores valores correspondieron a los meses de marzo/abril en concordancia con el periodo de mayores excesos hídricos.

Para el periodo 1991/2000, en la estación Corrientes, se evidenciaron diferencias en las distribuciones mensuales de caudales. El caudal calculado (Tabla 5) superó a los valores reales. Durante los meses de octubre y noviembre, los volúmenes de agua no se incrementaron de acuerdo con los cálculos como consecuencia de la utilización de volúmenes de reserva de agua producida en los meses precedentes (Figura 9).

Finalmente, se observó para ambas décadas que el esgurrimiento calculado por excesos hídricos no depende sólo del aumento de caudales reales; en general, el tiempo de retardo que transcurre entre la mayor pluviometría y el aumento en los caudales reales es de un mes aproximadamente.

## CONCLUSIONES

El problema que surge en los trabajos hidrológicos es la obtención de datos y en particular en lo

que respecta a la continuidad de los mismos. Sin embargo, existen metodologías más simples desde el punto de vista de la obtención de datos. Una de ellas es la utilizada por Thornthwaite y Mather (1957), en su cálculo del balance hídrico. Esta metodología facilitó la estimación de resultados muy semejantes a los aforados.

En primer lugar, el cálculo del balance hídrico permitió observar la tendencia y la relación existente entre los valores de precipitación y evapotranspiración siendo ambos elementos hidrológicos fundamentales de un lugar. Por otro lado, el conocimiento acerca de las épocas de mayor excedente de agua así como la determinación de los meses en los que los cultivos pueden necesitar el consumo de las reservas de agua, constituye una herramienta fundamental para los procesos productivos de la región.

En el caso específico de la cuenca del río Santa Lucía, casi la totalidad de los balances, a escala espacial, tanto como a escala temporal, indicó un exceso de agua considerable. En algunos casos los excesos superaron los 600 mm anuales. Ello fue suficiente para cubrir la necesidad de los cultivos en los meses –diciembre, enero–, en los que la

Tabla 5. Esgurrimientos calculados por exceso del balance hídrico según Thornthwaite, Corrientes (Ec3), 1991-2000

Río Santa Lucía: cálculo del esgurrimiento (1981 - 90). Sup. cuenca: 6.200 km <sup>2</sup>												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Q (m <sup>3</sup> /s)	80.77	77.07	99.45	148.36	117.26	95.37	58.42	34.14	23.50	39.60	63.07	83.55
esc (m)	0.03	0.03	0.04	0.06	0.05	0.04	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04
Er3	34.89	32.22	42.95	62.02	50.65	39.87	25.23	14.74	10.15	17.10	26.37	36.09

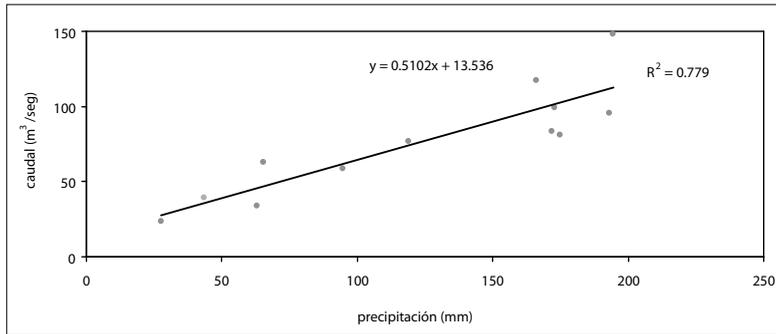


Figura 9. Relación caudal-precipitación.

precipitación se mostraba menor que las salidas del sistema. En otro sentido, se halló correlación significativa entre los valores de precipitación y el aumento de los caudales. Entre ambas distribuciones no se reconocieron desfases relevantes.

Finalmente, para la cuenca del río Santa Lucía, se comprobó que el cálculo de los caudales esperados presentó una correlación significativa con los valores de exceso obtenidos en el balance hídrico. De este modo, el caso puede ser tomado como referencia para el estudio de cursos de agua de cuencas hidrológicas subtropicales y cursos de alimentación pluvial que carecen de datos de aforo.

## AGRADECIMIENTOS

A la Lic. Andrea Silva por su colaboración en la realización de la cartografía.

## REFERENCIAS

- Aguilar, J. A. (1998), "Excedentes hídricos mensuales en la cuenca de poyo mediante sistemas de información geográfica", *Cuadernos de Geografía*, 67-80, Valencia, España.
- Apezteguía, H. y R. Sereno (2002), "Influencia de los sistemas de labranza sobre la cantidad y calidad del carbono orgánico del suelo", *Agric. Téc.*, vol. 62, núm. 3, pp. 418-426.
- Bruniard, E. (1992), "El ámbito subtropical en la República Argentina (Climatología dinámica y límites climáticos)", *Estudios geográficos*, núm. 208, Instituto de Economía y Geografía Aplicada, Madrid.
- Campo de Ferreras, A. y M. C. Piccolo, (1997), "La cuenca hidrográfica del río Quequén Grande, Argentina", *Revista Geofísica*, núm. 45, Argentina, pp. 57-72.
- Campo de Ferreras, A., A. Capelli de Steffens y P. Diez (2004), *El clima del suroeste bonaerense*, Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.
- Hodny, J. and J. Mather (1995), "Climate change and water resources of the Delaware River Basin", *Publications in Climatology*, no. 1, vol. XLVIII.
- Huft, A. (1984), *Introducción a la climatología*, Ariel, Barcelona.
- Legates, D. and J. Mather (1992), "An evaluation of the Average Annual Global Water Balance Geographical Review", *Geographical Review*, 82(3), pp. 253-267.
- Lozada García, B. y P. Sentelhas (2003a), "Diferencias entre las deficiencias y excedentes hídricos estimados a partir del balance hídrico climático normal y secuencial de las localidades de Bramon, Venezuela y Piracicaba, Brasil", *Revista Brasileira de Agro meteorología, Santa María*, vol. 11, núm. 1, pp. 195-198.
- Lozada García, B. y P. Sentelhas (2003b), "Relaciones entre deficiencias y excedentes hídricos estimados a partir de los balances hídricos normal y secuencial", *Bioagro*, vol. 15, núm. 3, pp. 209-216.
- Malvárez, A. M. (1999), *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*, Oficina regional de ciencia y tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe, UNESCO.
- Marini, F. y M. C. Piccolo (2000), "El balance hídrico en la cuenca del río Quequén Salado, Argentina", *Papeles de Geografía*, núm. 31, pp. 39-53.
- Scarpatti, O. y A. Faggi (1998), "Posibles efectos del cambio climático global en áreas diferenciadas en la cuenca del río Turbio (Chubut-Argentina)", *Multequina. Latin American Journal of Natural Resources*, no. 7, Mendoza (Argentina), pp. 55-64.
- Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos (1994), *Estadística hidrológica 1994*, Ed. Secretaría de Energía, Contrato de Energía, EVARSA, tomo I, Buenos Aires, Argentina.
- SMN, *Estadísticas climatológicas*, períodos 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, Servicio Meteorológico Nacional, Buenos Aires, Argentina.

- Thornthwaite, C.W. and J. R. Mather (1957), "Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance", *Publications in Climatology* 10, (3), Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, Centerton, New Jersey.
- Urien, C. M. y E. Colombo (1991), *Geografía argentina; estudio histórico, físico, político, social y económico de la República Argentina*, Buenos Aires.
- WMO (1994), *Guide to Hydrological Practices*, no. 168, World Meteorological Organization.