

EL BALANCE HÍDRICO EN LA CUENCA DEL RÍO QUEQUÉN SALADO, ARGENTINA

Mario Fabián Marini¹ y María Cintia Piccolo^{1,2}

RESUMEN

En este trabajo se determina el balance hídrico de la cuenca del río Quequén Salado y el régimen hidrológico del mismo. La superficie total de la cuenca es de 10.174 km², y se encuentra en una zona donde las actividades agrícola-ganaderas son importantes. El objetivo principal de esta investigación es calcular los balances hídricos para varias localidades pertenecientes a la cuenca del río principal. Los objetivos secundarios son determinar las disponibilidades hídricas de la cuenca y la relación existente entre el exceso del balance hídrico y el escurrimiento superficial. Se encontró que el déficit de agua en la cuenca ha ido disminuyendo paulatinamente en los distintos períodos considerados, en tanto que el exceso se ha incrementado. La evapotranspiración potencial fue calculada para comparación por dos métodos diferentes. Se determinó la variación de las precipitaciones y la eficiencia hídrica entre los distintos períodos de tiempo seleccionados. Las correlaciones estadísticas entre las precipitaciones y el caudal fueron óptimas, realizando análisis estacionales con aforos mayores a 2 m³/seg. De acuerdo a la humedad que posee el suelo, se encontró un desfase de 2 meses entre la máxima precipitación y el máximo caudal del río.

Palabras clave: Balance hídrico, cuenca hidrográfica, caudal, precipitaciones.

ABSTRACT

The hydric balance in the Quequén Salado river basin and its annual flow is determined. The basin has an area of 10.174 km², and it is located in a very important agricultural zone. The main objective of this investigation is to calculate the hydric balances for several locations pertaining at the principal river basin. The secondary objectives are to determine the basin hydric availability in relation to the hydric balance surplus and the surface discharge. Water deficit in the basin decreases slowly in the different selected periods, meanwhile surplus has increased. In order to compare results, the potential evapotranspiration is calculated by two different methods. The variation of the precipitation and the hydric efficiency between different selected time periods is analyzed. Statistical correlations between precipitation

Fecha de Recepción: 15 de noviembre de 1999.

1 Instituto Argentino de Oceanografía. Casilla de Correo N° 804, 8000. BAHÍA BLANCA, Argentina.

2 Departamento de Geografía, Universidad Nacional del Sur. 12 de Octubre y San Juan, 8000. BAHÍA BLANCA, (Argentina). E-mail: piccolo@criba.edu.ar

tions and river flow are optimum using seasonal analysis for river discharge greater than 2 m³/seg. In accordance to the soil humidity, a time lag of two months between the maximum precipitation and the peak river flow is found.

Key words: Hydric balance, hydric basin, flow, precipitation.

INTRODUCCIÓN

Las aguas dulces superficiales, como componentes principales del medio natural, han desempeñado y desempeñarán un papel de suma importancia para el hombre y la sociedad. El estudio de las cuencas hidrográficas tiene, consecuentemente, una gran relevancia. Dentro de los métodos útiles para llevar a cabo una evaluación de los recursos de agua de una región se encuentra el del cálculo del balance hídrico. Con ello, se contribuye a conocer el ciclo hidrológico y a predecir cambios en el régimen de los ríos y arroyos. Obviamente ello se debe a que en zonas climáticas determinadas las lluvias modelan el régimen hidrológico de los ríos.

En el Sudoeste de la provincia de Buenos Aires se encuentra una importante red hídrica, cuyos ríos desembocan en el Océano Atlántico. Allí, dentro de una zona predominantemente agrícola-ganadera de gran importancia económica para el país, se encuentra el río Quequén Salado. Existen diversos trabajos referidos al estudio de la disponibilidad hídrica en el país y en diversos sectores de la pcia. de Buenos Aires. Así, Burgos y Vidal (1951) definen distintas regiones hídricas para toda la república en base al método de Thornthwaite. Kruse *et al.* (1996) realizan un estudio de las disponibilidades hídricas en las cuencas de la zona interserrana de la pcia. de Buenos Aires, tomando en cuenta parámetros como conformación hidrogeológica, densidad de drenaje, etc. Otros han realizado trabajos regionales, como Marchetti (1968) quien lleva a cabo un estudio hidrológico en un amplio sector del sur de la misma provincia. Allí, entre otros parámetros, establece el balance hidrológico para dos subsectores del área donde determina los volúmenes anuales de precipitación y escurrimiento. Campo de Ferreras y Piccolo (1997) realizan el balance hídrico para la cuenca hidrográfica del río Quequén Grande, localizado en la pcia. de Buenos Aires, donde registran distintas épocas de excesos y déficit. Precisamente estas autoras contemplan para dicho curso la relación entre las variaciones de los excesos del balance hídrico y su incidencia en los escurrimientos superficiales. Teniendo en cuenta la importancia de este tipo de estudios, juntamente con su escaso desarrollo en la República Argentina, el objetivo de este trabajo consiste en determinar los balances hídricos para distintas localidades de la cuenca del río Quequén Salado. A este objetivo se suma el de conocer las disponibilidades hídricas de la cuenca y determinar la relación existente entre el exceso del balance hídrico y el escurrimiento superficial.

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

El río Quequén Salado se encuentra en una zona de llanura, (Figura N° 1) conformando una cuenca de 10.174 km² que abarca parte de los partidos de Coronel Dorrego, Cnel. Prin-

rras es único en Argentina y en América. Está integrado por una espesa pila de estratos, cuarcitas en la parte inferior, pizarras y otras rocas en la parte superior, todas de la edad paleozoica (Consejo Federal de Inversiones, 1975). En el sector de la desembocadura del río principal en el Océano Atlántico se desarrolla una amplia franja de médanos vivos y vegetados, que posteriormente dan paso a una amplia playa de declive muy suave (Espósito, 1982).

Dentro de las localidades que existen en el sector, se pueden mencionar las de Coronel Pringles (19.100 hab.), Oriente (2.100 hab.), Indio Rico (1.100 hab.) y otras de menor población tales como Irene, Nicolás Descalzi, De La Garma, Pedro Lasalle, etc. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 1991). En la desembocadura, adyacente al estuario, se halla localizado el Balneario Marisol, única villa balnearia con que cuenta el partido de Cnel. Dorrego.

La zona posee clima templado, con una precipitación media anual que ha ido incrementándose en los últimos años hasta superar los 800 mm. Los vientos predominantes soplan de los sectores Norte y Noroeste. Los del sector sur, si bien son menos frecuentes, suelen superar los 100 km/hora. La cuenca se halla comprendida dentro de la denominada «región de pastizales pampeanos» (Ragonese, 1967), en donde suelen desarrollarse especies de herbáceas que integran comunidades vegetales muy diversas, dentro de los géneros *Aristida*, *Briza*, *Bromus*, *Poa*, *Stipa*, etc. Entre los arbustos y subarbustos se destacan la Brusquilla *Discovía Longispina*; el Ojo de Perdiz *Margyricarpus Pinnatus*; la Yerba de la oveja *Bacchavis Vlicina*; etc. (Cabrera, 1971). El suelo es pardo y negro, y en varios sectores existen capas de tosca dura a poca profundidad, las que afloran en algunos tramos de los cursos de agua.

Las actividades agrícola-ganaderas cobran gran importancia gracias a las óptimas condiciones edáficas de sus suelos, aptos para el desenvolvimiento de dichas tareas. La agricultura predomina sobre la ganadería, donde la mayor parte de las tierras son trabajadas por sus propietarios. Más del 80 % de la superficie es destinada a este tipo de labores. El cereal que tiene más importancia para la región es sin duda el trigo, al que le siguen en importancia la avena y el girasol. En lo que respecta a la ganadería se destacan principalmente los ovinos y bovinos. (Banco de la Provincia de Buenos Aires, 1981). El comercio se halla vinculado estrechamente al quehacer agrícola-ganadero.

METODOLOGÍA

Para realizar el balance hídrico de la cuenca del río Quequén Salado, se seleccionaron las estaciones meteorológicas de Tres Arroyos, Laprida, Cnel. Pringles, Cnel. Dorrego y Cnel. Suárez (Figura N° 1). Si bien algunas de ellas, como las de Tres Arroyos, Cnel. Dorrego y Cnel. Suárez no están dentro de la cuenca, son las estaciones más cercanas a la misma y, a diferencia de otras localidades del área, presentan una mayor continuidad y extensión temporal en lo que respecta a datos de precipitaciones mensuales y temperaturas medias. Los datos utilizados pertenecen a publicaciones del Servicio Meteorológico Nacional (Argentina), que abarcan el período 1921/50 y los 4 decenios que van desde 1951 a 1990.

El balance hídrico se calculó mediante el método de Thornthwaite y Mather (1957). Esta metodología presenta dos importantes ventajas: 1) Los datos necesarios para realizar

los cálculos, precipitación y temperatura, son de obtención relativamente sencilla; 2) Utiliza valores exclusivamente climáticos para expresar el valor relativo de la precipitación. Los valores calculados de evapotranspiración real se compararon con los obtenidos por el método de Turc (Remenieras, 1974).

El escurrimiento superficial se determinó en base a los excesos de los balances hídricos según el método de Thornthwaite (Hufty, 1984). En este método, los escurrimientos de cada mes se van dividiendo en dos, adicionándose a los meses siguientes hasta llegar a un valor muy pequeño. Esto se realizó tanto para la cuenca del Quequén Salado como para la subcuenca del Indio Rico, las que fueron tomadas separadamente (Figura N° 1). Las superficies correspondientes a cada una de ellas abarcan hasta las respectivas estaciones de aforo, 36 km antes de la desembocadura. Los datos de caudales fueron proporcionados por la Dirección Provincial de Hidráulica de la provincia de Buenos Aires, y corresponden al período 1980/89.

BALANCE HÍDRICO

La temperatura media del área de estudio está comprendida entre los 13.4 y los 14.4 °C, es decir que corresponde a un clima de zona templada. En verano la temperatura máxima media mensual llega a los 22 °C y en invierno la temperatura mínima media mensual es de 6 °C, por lo que las estaciones del año se encuentran bien diferenciadas. Los valores de evapotranspiración potencial hallados se encuentran entre un mínimo de 739.38 mm y un máximo de 774 mm, tomando en cuenta los 5 períodos analizados.

Hasta mediados de siglo existen en la zona períodos de alternancias de escasas y abundantes precipitaciones (Krepper y Scian, 1994). Es por ello que para realizar el balance hídrico se tomó el período desde 1921 a 1950 como uno sólo, a diferencia del resto de los años que hasta 1990 fueron analizados por decenios. Exceptuando el período 1961/70, en donde se verifica un descenso en las precipitaciones anuales, los valores de estas aumentan progresivamente para el resto de los decenios considerados: durante el período 1921/50, el promedio de precipitaciones anuales para la zona de estudio no superaba los 700 mm, encontrándose que dicho valor fue incrementándose hasta alcanzar los 800 mm en el decenio 1981/90, el más húmedo de todos. Se exceptúa de esto último la localidad de Cnel. Dorrego, que no llega a los 800 mm en ninguno de los períodos considerados (aunque sigue la misma evolución en las precipitaciones que el resto de las localidades, incluido el descenso producido durante el decenio 1961/70). El 75 % de las precipitaciones medias mensuales de las 5 localidades analizadas están comprendidas entre 0 y 100 mm.

En la Tabla N° 1 se presentan los resultados obtenidos de los balances hídricos para los distintos períodos considerados. El déficit de agua va disminuyendo paulatinamente en los distintos decenios. Esto se ve reflejado en los valores expresados en mm, aunque no en el índice de aridez, que se mantiene constante ($a = r$, es decir nulo o pequeño déficit de agua). En cambio, los valores correspondientes a los excesos para cada período analizado sufren fluctuaciones a lo largo del tiempo. Así, para el primer decenio el índice de humedad para las 5 localidades se encuadra dentro de la categoría de nulo o pequeño exceso de agua ($h = d$). Posteriormente varía entre ésta categoría y la correspondiente a exceso moderado de agua en invierno ($h = S$), para finalizar con una neta preponderancia de esta última para

TABLA N° 1
Balance hídrico para la cuenca del río Quequén Salado

| Período | Localidad | T (°C) | Pp. (mm) | Evp. (mm) | I.H. | E.H. | | D (mm) | Ex (mm) | Tipo |
|---------|----------------|--------|-------------|--------------|-------|------|---|-----------|------------|------|
| | | | | | | h | a | | | |
| 1921/50 | Cnel. Dorrego | 14.4 | 620 | 764.4 | -11.3 | d | s | 144.43 | 0 | C1 |
| | Cnel. Pringles | 13.8 | 706 | 746.3 | -1.79 | d | r | 67.32 | 27.02 | C1 |
| | Cnel. Suárez | 13.5 | 697.91 | 745.6 | -3.72 | d | r | 49.93 | 2.19 | C1 |
| | Laprida | 13.9 | 727 | 757.5 | -0.88 | d | r | 59.52 | 29.04 | C1 |
| | Tres Arroyos | 14.0 | 699 | 754.2 | -3.15 | d | r | 78.49 | 23.31 | C1 |
| 1951/60 | Cnel. Dorrego | 14.3 | 781.6 | 773.7 | 5.91 | s | r | 94.82 | 102.7 | C2 |
| | Cnel. Pringles | 13.7 | 785.4 | 748.4 | 7.60 | s | r | 49.56 | 86.6 | C2 |
| | Cnel. Suárez | 13.4 | 740 | 739.8 | 1.28 | d | r | 23.19 | 23.41 | C2 |
| | Laprida | 13.7 | 780 | 748.4 | 6.88 | s | r | 49.89 | 81.45 | C2 |
| | Tres Arroyos | 14.1 | 752 | 761 | 3.70 | s | r | 92.87 | 83.87 | C2 |
| 1961/70 | Cnel. Dorrego | 14.5 | 677.1 | 771.6 | -7.35 | d | r | 94.53 | 0 | C1 |
| | Cnel. Pringles | 13.9 | 758.2 | 747.7 | 3.08 | d | r | 31.48 | 41.95 | C2 |
| | Cnel. Suárez | 13.5 | 698 | 737.2 | -1.49 | d | r | 70.64 | 31.42 | C1 |
| | Laprida | 14.1 | 789 | 756.4 | 5.16 | d | r | 16.04 | 48.67 | C2 |
| | Tres Arroyos | 14.1 | 760 | 761.8 | 0.5 | d | r | 15.6 | 13.8 | C2 |
| 1971/80 | Cnel. Dorrego | 14.4 | 694.4 | 768.6 | -5.51 | d | r | 79.67 | 5.44 | C1 |
| | Cnel. Pringles | 13.8 | 789.8 | 747.4 | 7.05 | d | r | 25.68 | 68.1 | C2 |
| | Cnel. Suárez | 13.7 | 836 | 751.5 | 11.24 | s | r | 0 | 84.45 | C2 |
| | Laprida | 13.8 | 856 | 754.8 | 13.41 | s | r | 0 | 101.2 | C2 |
| | Tres Arroyos | 13.8 | 788 | 752.2 | 6.2 | d | r | 28.7 | 64.4 | C2 |
| 1981/90 | Cnel. Dorrego | 14.4 | 698.8 | 774 | -4.74 | d | r | 96.17 | 20.98 | C1 |
| | Cnel. Pringles | 13.7 | 862.05 | 748 | 15.44 | s | r | 3.63 | 117.7 | C2 |
| | Cnel. Suárez | 13.4 | 867.7 | 742.4 | 16.87 | s | r | 0 | 125.3 | C2 |
| | Laprida | 14.1 | 874.4 | 762.3 | 14.7 | s | r | 0 | 112.1 | C2 |
| | Tres Arroyos | 14.0 | 841.7 | 753.2 | 10.8 | s | r | 0 | 88.47 | C2 |

el último de los decenios tomados. Se exceptúa la localidad de Cnel. Dorrego, que mantiene valores de exceso nulos o muy pequeños durante prácticamente todos los períodos. De acuerdo a la comparación de los balances hídricos calculados, el exceso en los distintos períodos tiene lugar principalmente durante los meses de septiembre y octubre. Los valores de déficit se observan durante el verano, centrándose en el mes de enero.

El análisis de los índices hídricos muestra oscilaciones para los distintos períodos tomados en consideración. Estos sufren las mismas fluctuaciones que las precipitaciones. Así, el decenio 1921/50 se encuadra dentro de los climas Subhúmedos secos ($I.H = C1$) de acuerdo a la clasificación de Thornthwaite. En el período siguiente pasa a ser Subhúmedo húmedo ($I.H = C2$), categoría en la que queda también encuadrado el último decenio luego de experimentar diversas fluctuaciones. Resulta importante señalar este corrimiento entre un tipo climático y otro, ya que en este caso se está en el límite entre los climas húmedos y secos. Nuevamente Cnel. Dorrego es la excepción de la regla, manteniéndose dentro del tipo climático Subhúmedo seco ($C2$).

En los gráficos adjuntos (Figuras 2 a 4) se aprecian las variaciones climáticas reflejadas en los distintos balances hídricos. Así, en la figura N° 2 se presentan los balances para las localidades de Cnel. Pringles, Laprida y Tres Arroyos para el período 1921/50. Allí se aprecia que los déficit en cualquiera de los casos son considerablemente mayores que los excesos. Esta situación se invierte durante el decenio 1981/90 en las mismas localidades (Figura N° 3). En cuanto a la ciudad de Cnel. Dorrego (Figura N° 4) se demuestra que para

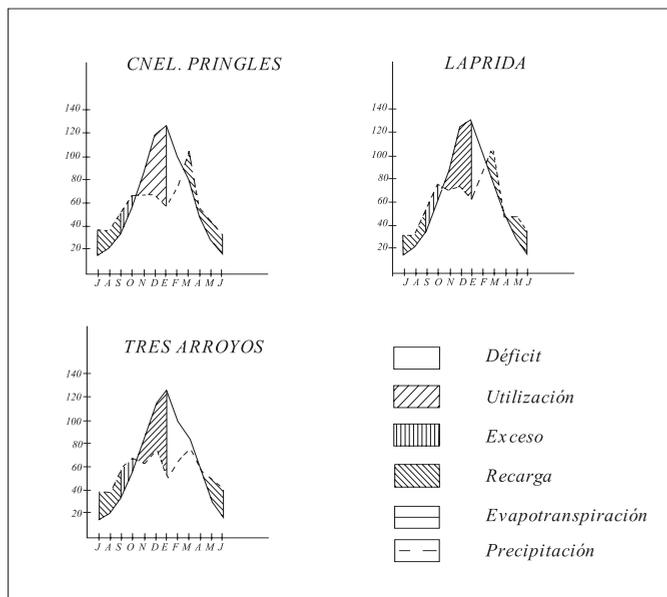


FIGURA 2. Balances hídricos para el período 1921/1950 en las localidades de Coronel Pringles, Tres Arroyos y Laprida.

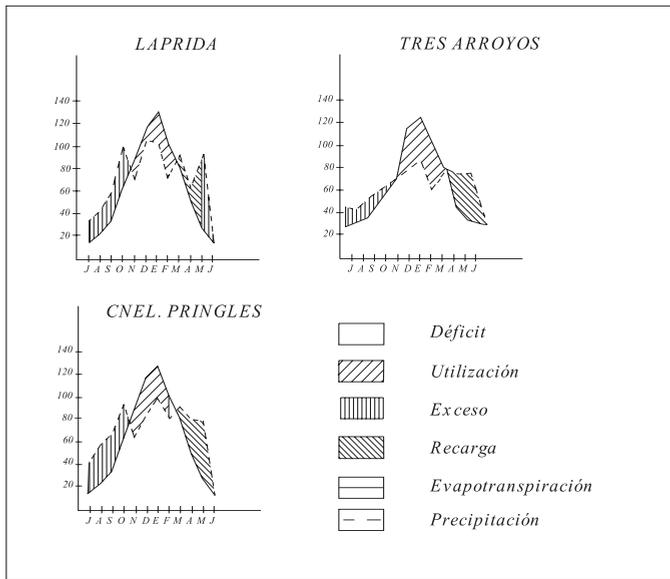


FIGURA 3. Balances hídricos para el período 1981/1990 en las localidades de Coronel Pringles, Tres Arroyos y Laprida.

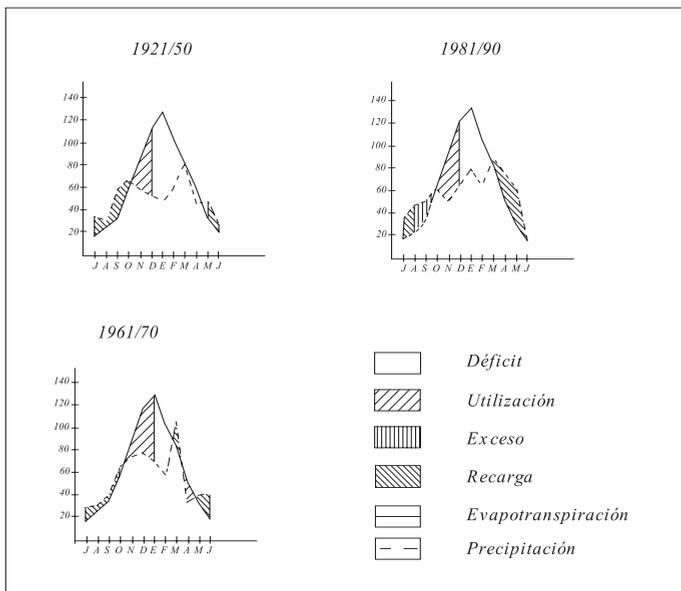


FIGURA 4. Balances hídricos en la localidad de Coronel Dorrego para distintos períodos considerados.

distintos períodos considerados el déficit es siempre importante, mientras que el exceso es escaso o directamente nulo.

Si bien no ha sido estudiado específicamente el río Quequén Salado, otros autores han realizado estudios sobre disponibilidad hídrica en la región. Kruse *et al.* (1996) realizan un estudio que abarca un área mayor, tomando el conjunto de cuencas desde la del río Quequén Salado hasta la del Quequén Grande, donde también se destacan la alternancia de períodos de abundantes y escasas precipitaciones. La evapotranspiración para la cuenca de río Quequén Salado es 748 mm, tomando como parámetro las estaciones de Tres Arroyos y Laprida. Este número promedio es muy cercano al calculado en este análisis para Tres Arroyos en el último período (753.23 mm). En el caso del exceso, para estos autores es de 90 mm/año, cifra prácticamente idéntica a la hallada en este trabajo para Tres Arroyos (88.47).

Los valores de evapotranspiración real se confrontaron con los calculados por el método de Turc (Tabla N° 2). Se aprecia que en todas las localidades estudiadas los valores obtenidos por este método son significativamente menores a los calculados por el método de Thornthwaite. La diferencia promedio es de 150 mm y se manifiesta en un exceso hídrico mayor que el calculado por Thornthwaite.

ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

Los datos utilizados para determinar el escurrimiento mensual de la cuenca del río Quequén Salado corresponden a los excesos mensuales de los balances hídricos para el período 1981/90 para la localidad de Laprida. En el caso del arroyo Indio Rico se tomaron los datos correspondientes a Cnel. Pringles. Para ello se aplicó el método de escurrimiento progresivo de Thornthwaite (Hufty, 1984). En ambos casos se tomaron las localidades cercanas a las nacientes de ambos cursos. Para determinar el escurrimiento mensual en ambos cursos se utilizaron los caudales medios mensuales para el período 1980/89. La estación de aforo del río Quequén Salado está a 4 km de la del Indio Rico y a 36 km de su desembocadura en el Océano Atlántico. La estación de aforo del arroyo Indio Rico se encuentra ubicada antes de confluir en el Quequén Salado, por lo que los aforos de este último no incluyen los del primero (Figura N° 1).

El caudal medio del río Quequén Salado es de 10.76 m³/seg y el del arroyo Indio Rico es de 1.38 m³/seg. El caudal máximo mensual observado en el río Quequén Salado fue 108 m³/seg, correspondiendo al mes de mayo de 1980, producto de una gran inundación ocurrida durante fines de abril de ese año (Diario La Nación, 1980). El caudal mínimo fue 0.39 m³/seg. Los caudales específicos son 1.26 l/seg/km² y 0.96 l/seg/km² respectivamente. La distribución anual de los caudales es similar en uno y otro curso, presentando ambos un pico máximo durante el mes de mayo. Durante la primavera se produce un segundo pico secundario (en el caso del Quequén Salado en octubre, y en el del Indio Rico en setiembre). La figura N° 5 muestra la distribución anual de caudales para el período mencionado anteriormente.

En la Tabla N° 3 se observan los escurrimientos mensuales reales para el río Quequén Salado y el arroyo Indio Rico. Las áreas de las cuencas correspondientes a cada curso fueron consideradas hasta las respectivas estaciones de aforo, ocupando la del Quequén Salado una superficie mucho mayor.

TABLA 2
Evapotranspiración real anual por período y localidad

| Período | Localidad | Según Thornthwaite (1957) | | Según Turc (1974) | |
|---------|----------------|---------------------------|--------|-------------------|--------|
| | | Evap. Real | Exceso | Evap. Real | Exceso |
| 1921/50 | Cnel. Dorrego | 620 | 0 | 508.45 | 111.55 |
| | Cnel. Pringles | 678.98 | 27.02 | 537.25 | 168.75 |
| | Cnel. Suárez | 695.72 | 2.19 | 528.80 | 169.11 |
| | Laprida | 697.96 | 29.04 | 547.27 | 179.73 |
| | Tres Arroyos | 675.69 | 23.31 | 537.94 | 161.06 |
| 1951/60 | Cnel. Dorrego | 678.9 | 102.7 | 575.30 | 206.30 |
| | Cnel. Pringles | 698.8 | 86.6 | 654.26 | 221.13 |
| | Cnel. Suárez | 716.59 | 23.41 | 542.60 | 197.40 |
| | Laprida | 698.55 | 81.45 | 562.44 | 217.55 |
| | Tres Arroyos | 761 | 83.87 | 560.52 | 191.47 |
| 1961/70 | Cnel. Dorrego | 677.1 | 0 | 536.92 | 140.18 |
| | Cnel. Pringles | 716.25 | 41.95 | 558.86 | 199.34 |
| | Cnel. Suárez | 666.58 | 31.42 | 528.80 | 169.20 |
| | Laprida | 740.33 | 48.67 | 573.79 | 215.20 |
| | Tres Arroyos | 764.44 | 13.8 | 563.46 | 196.54 |
| 1971/80 | Cnel. Dorrego | 688.96 | 5.44 | 542.88 | 151.52 |
| | Cnel. Pringles | 721.7 | 68.1 | 567.83 | 221.96 |
| | Cnel. Suárez | 751.55 | 84.45 | 580.29 | 255.71 |
| | Laprida | 754.77 | 101.23 | 588.55 | 267.44 |
| | Tres Arroyos | 768.66 | 64.4 | 567.23 | 220.76 |
| 1981/90 | Cnel. Dorrego | 677.82 | 20.98 | 544.66 | 154.14 |
| | Cnel. Pringles | 744.39 | 117.66 | 587.95 | 274.10 |
| | Cnel. Suárez | 742.43 | 125.27 | 582.39 | 285.31 |
| | Laprida | 762.32 | 112.08 | 601.03 | 273.4 |
| | Tres Arroyos | 753.23 | 88.47 | 586.55 | 255.15 |

TABLA 3
Escorrimento anual por aforos

| Río Quequén Salado: Cálculo de escurrimiento (Período 1980-1989) Sup. Cuenca: 8543.54 Km ² | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-------|
| Meses | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Anual |
| Q (m ³ /seg) | 8.1 | 5.9 | 4.6 | 12.5 | 28.8 | 13.1 | 12.8 | 6.3 | 10.9 | 13.1 | 7.6 | 5.4 | 10.76 |
| Escorrimento | 2.5 | 1.67 | 1.44 | 3.78 | 9.03 | 3.99 | 4.02 | 1.96 | 3.31 | 4.1 | 2.3 | 3.37 | 41.47 |

| Arroyo Indio Rico: Cálculo de escurrimiento (Período 1980-1989) Sup. Cuenca: 1440 Km ² | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Meses | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Anual |
| Q (m ³ /seg) | 0.42 | 0.97 | 0.72 | 0.34 | 3.44 | 1.64 | 2.15 | 1.70 | 2.83 | 1.37 | 0.67 | 0.31 | 1.38 |
| Escorrimento | 0.78 | 1.64 | 1.34 | 0.61 | 6.44 | 2.97 | 4.02 | 3.18 | 5.12 | 2.56 | 1.21 | 0.58 | 30.45 |

En la Tabla N° 4 se consignan los escurrimientos calculados para los excesos hídricos de Laprida y Cnel. Pringles. A su vez fueron graficados los escurrimientos reales y los esperados por exceso hídrico, donde se observan diferencias en las distribuciones mensuales de caudales. Los máximos escurrimientos obtenidos para la localidad de Laprida se dan durante la primavera, con un máximo bien marcado en el mes de octubre. Esto mismo ocurre en la localidad de Cnel. Pringles. La explicación de esta distribución se encuentra en los balances hídricos de ambas localidades, donde se produce durante los últimos meses de verano y el otoño la recarga de humedad del suelo y los excesos de agua se manifiestan en los meses siguientes, es decir en invierno y primavera.

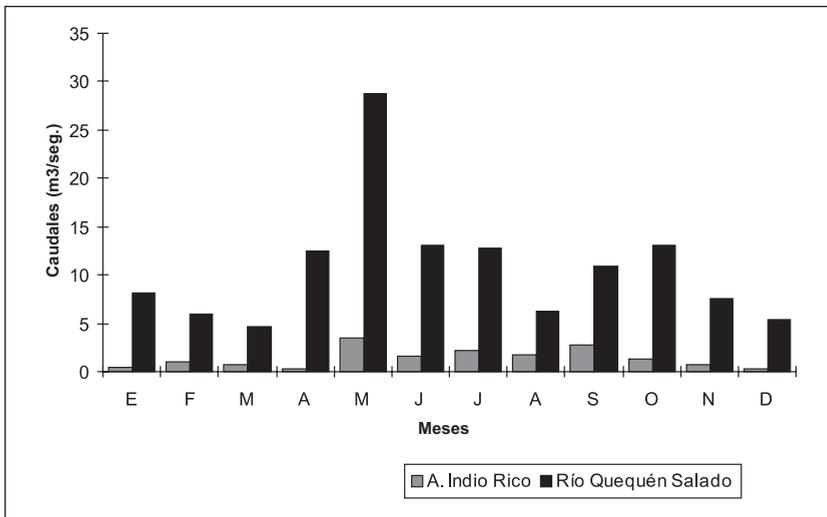


FIGURA 5. Distribución anual de caudales para el río Quequén Salado y el arroyo Indio Rico en el período 1980/89.

TABLA 4
Escurrecimiento anual por exceso del balance hídrico según Thortwaite (1981-1990)

| Cnel. Pringles | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Anual |
| Exceso | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14.8 | 34.7 | 34 | 34.1 | 0 | 0 | 117.6 |
| | 0.1 | 0.05 | | | | | 7.4 | 3.7 | 1.85 | 0.9 | 0.45 | 0.22 | |
| | 0.5 | 0.25 | 0.1 | 0.05 | | | | 17.4 | 8.7 | 4.35 | 2.2 | 1.1 | |
| | 1.1 | 0.5 | 0.25 | 0.1 | 0.05 | | | | 17 | 8.5 | 4.2 | 2.1 | |
| | 2.1 | 1.1 | 0.5 | 0.25 | 0.1 | 0.05 | | | | 17 | 8.5 | 4.2 | |
| Escurrecimiento | 3.8 | 1.9 | 0.85 | 0.4 | 0.15 | 0.05 | 7.4 | 21.0 | 27.5 | 30.7 | 15.3 | 7.6 | 116.85 |
| Laprida | | | | | | | | | | | | | |
| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Anual |
| Exceso | 0 | 0 | 0 | 0 | 6.3 | 4.3 | 18.2 | 19 | 25.4 | 38.9 | 0 | 0 | 112.08 |
| | | | | | 3.1 | 1.6 | 0.8 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.05 | | |
| | | | | | | 2.1 | 1.1 | 0.5 | 0.25 | 0.1 | 0.05 | | |
| | 0.1 | 0.05 | | | | | 9.1 | 4.6 | 2.3 | 1.1 | 0.5 | 0.25 | |
| | 0.3 | 0.1 | 0.05 | | | | | 9.5 | 4.7 | 2.3 | 1.2 | 0.6 | |
| | 0.7 | 0.3 | 0.1 | 0.05 | | | | 12.7 | 6.3 | 3.1 | 1.5 | | |
| | 2.4 | 1.2 | 0.6 | 0.3 | 0.1 | 0.05 | | | 19.4 | 9.7 | 4.8 | | |
| Escurrecimiento | 3.5 | 1.65 | 0.75 | 0.35 | 3.2 | 3.75 | 11 | 15 | 20.1 | 29.3 | 14.6 | 7.15 | 110.45 |

La figura N° 6 ilustra la distribución anual de caudales en el río Quequén Salado y la de las precipitaciones en la localidad de Laprida. Para establecer si existe una relación significativa entre el caudal y la precipitación se efectuó un análisis estadístico standard de regresión lineal para el período 1980/89. Se consideraron sólo los caudales mayores que 2 m³/seg, dado que son poco frecuentes los caudales menores a este valor. Esto no resta representatividad a este análisis por tratarse de un porcentaje pequeño con respecto al total.

La precipitación media mensual en la localidad de Laprida es de 74 mm para el período en estudio. Si se consideran regresiones para distintas estaciones del año, los resultados obtenidos demuestran que en el verano se observa una buena correlación entre las precipitaciones que superan la media mensual y el caudal del río.

$$Q = 0.071 P - 0.43$$

con $r = 0.7$ ($p < 0.001$) sin considerar desfase temporal, con una incidencia inmediata de las precipitaciones sobre el caudal. Esto se explicaría porque el suelo se encuentra con un buen porcentaje de humedad, producto del exceso producido durante el invierno y la pri-

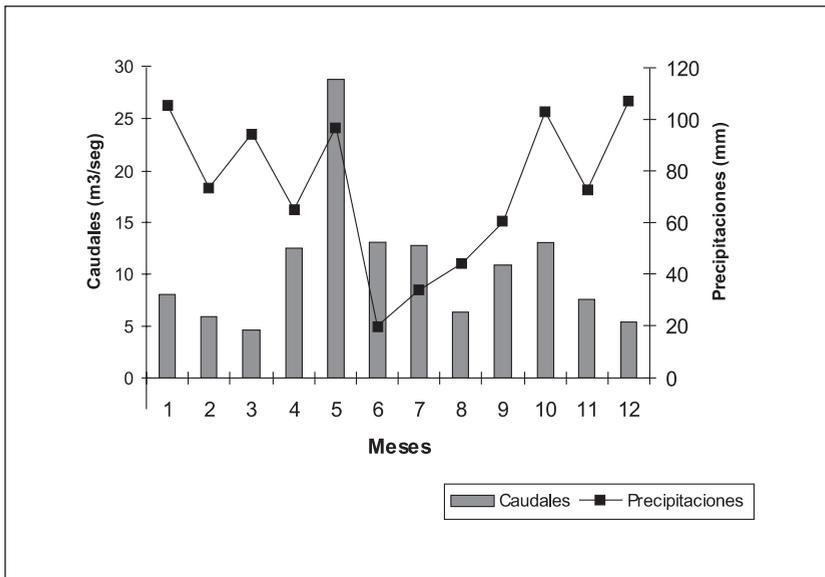


FIGURA 6. Distribución anual de caudales en el río Quequén Salado y de precipitaciones en la localidad de Laprida (Período 1980/89).

mavera. Esto se corrobora cuando se realiza la regresión para los meses de invierno, obteniéndose la siguiente curva:

$$Q = 0.086 P + 7.59$$

con $r = 0.79$ ($p < 0.003$). A diferencia del verano se produce un desfase de 2 meses, es decir este es el tiempo en que demoran las precipitaciones en manifestarse en el caudal. En modo inverso al anterior, el suelo ha perdido humedad durante el verano (recarga y utilización) y debe recargarse.

CONSIDERACIONES FINALES

Si bien existen trabajos referidos a la evaluación de los recursos de agua en algunas cuencas hídricas del país, existe aún un déficit en estudios de este tipo. En algunos casos esto se debe a la dificultad de obtener datos, en otros a una falta de actualización de trabajos ya realizados anteriormente. En el caso particular de la cuenca del río Quequén Salado, no existen antecedentes de estudios de este tipo. Teniendo en cuenta la gran dinámica que poseen esta clase de sistemas hidrográficos, y considerando que en el caso del área estudiada se halla en una región económica muy importante, es aconsejable profundizar los estudios de este tipo. Estos pueden hacerse extensibles a otras cuencas del país de las que poco se conoce.

Hasta mediados de siglo se observan períodos que alternan precipitaciones escasas con abundantes. Exceptuando el decenio 1961/70, los valores de estas aumentan progresivamente, desde 700 a 800 mm para el último decenio. Los índices hídricos sufren las mismas fluctuaciones que las precipitaciones. Así, el decenio 1921/50, se encuadra dentro de los climas Subhúmedos secos de acuerdo a la clasificación de Thornthwaite, para pasar a ser Subhúmedo húmedo en los períodos siguientes. Es importante destacar este corrimiento entre un tipo climático y otro, ya que constituye el límite entre climas húmedos y secos. El déficit de agua va disminuyendo paulatinamente en los distintos decenios. Esto se ve reflejado en los valores en mm, aunque no en el índice de aridez, que se mantiene constante ($a = r$, es decir nulo o pequeño déficit de agua). El exceso en los distintos períodos tiene lugar principalmente durante los meses de setiembre y octubre. Los valores de déficit se centran en el mes de enero. La localidad de Cnel. Dorrego constituye un caso particular en la zona de estudio, ya que no llega a alcanzar los 800 mm en ninguno de los períodos considerados, presentando déficit en todos ellos, así como excesos escasos o nulos.

El caudal medio del río Quequén Salado es de $10.76 \text{ m}^3/\text{seg}$ y el del arroyo Indio Rico es de $1.38 \text{ m}^3/\text{seg}$, considerando el período 1980/89. La distribución anual de los caudales es similar en uno y otro curso, presentando ambos un pico máximo durante el mes de mayo. Se observan diferencias en las distribuciones mensuales de caudales entre los escurremientos reales y los esperados por exceso hídrico. La explicación se encuentra en los balances hídricos de ambas localidades, donde se produce durante los últimos meses de verano y el otoño la recarga de humedad del suelo y los excesos de agua se manifiestan en los meses siguientes, es decir en invierno y primavera. Las regresiones estacionales entre caudal y precipitación reflejan correlaciones significativas. Para los meses de verano, se observa una muy buena correlación entre precipitación y caudal sin considerar desfase temporal, mientras que para el verano se encuentra una correlación significativa con un desfase de 2 meses.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parcialmente financiado por el CONICET y la Universidad Nacional del Sur.

REFERENCIAS

- BURGOS, J., & VIDAL, A. (1951): «Los climas de la República Argentina, según la nueva clasificación de Thornthwaite». *Meteoros*, 1, pp. 3-32.
- CAMPO DE FERRERAS, A., & PICCOLO, C. (1996): «El balance hídrico en la cuenca del río Quequén Grande, Argentina». *Geofísica*, 45, pp. 57-72. México.
- BANCO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, (1981): Reseña histórico económica de los partidos de la pcia. de Buenos Aires. Ed. Sabalain. Buenos Aires.
- CABRERA, A. (1971): «Fitogeografía de la República Argentina». Separata del Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, V14, N° 1-2, 42 pp. Buenos Aires.
- CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES: «Mapa Geológico de la Provincia de Buenos Aires». Edición del CFI, 61 pp. Buenos Aires.

- DIARIO «LA NACIÓN» (1980). 23, 28, 29 y 30 de abril y 4 de mayo. Buenos Aires.
- DIRECCIÓN PROVINCIAL DE HIDRÁULICA: Datos promedio de caudales mensuales correspondientes al período 1980/1989. La Plata.
- ESPÓSITO, G., (1982): «Estudio de facies sedimentarias en la desembocadura del río Quequén Salado». Informe final de beca de perfeccionamiento del CONICET, 45 pp. Instituto Argentino de Oceanografía. Bahía Blanca.
- HUFTY, A., (1984): «Introducción a la climatología». Ed. Ariel. Barcelona.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS, (1991): «Censo Nacional de Población y Vivienda 1991». INDEC. Buenos Aires.
- KREPPER, C., & SCIÁN, B., (1994): «Climatología de la precipitación en la región pampeana I. Variabilidad decádica, tendencias y eventos extremos». *Geoacta*, 21, pp. 159- 174.
- KRUSE, E., LAURENSENA, P., DELUCHI, M. & VARELA, L. (1996): «Caracterización de la red de drenaje para la evaluación hidrológica en la región interserrana (Provincia de Buenos Aires)». I Congreso Nacional de Hidrogeología, pp. 133-144.
- MARCHETTI, A. (1968): «Estudio hidrológico de la zona sud de la provincia de Buenos Aires». Instituto Nacional de Geología y Minería, 44 pp. Buenos Aires.
- MARINI, F. & PICCOLO, M. (1997): «La cuenca hidrográfica del río Quequén Salado». *Geofísica*, México. En Prensa.
- REMENIERAS, G. (1974): «Tratado de hidrología aplicada». Editores Técnicos Asociados. Barcelona.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. (1962): «Datos Pluviométricos 1921-1950». Secretaría de Aeronáutica. Buenos Aires.
- RAGONESE, A. (1967): «Vegetación y Ganadería en la Rca. Argentina». INTA. Buenos Aires.
- THORNTHWAITE, C. & MATHER, J. (1957): «Instrucciones y tablas para el cómputo de la evapotranspiración potencial y el balance hídrico». Publicaciones de Climatología, Instituto Tecnológico de Drexel, New Jersey, Vol. X, N° 3.

