

## **Balance hídrico de la cuenca del arroyo Albuera, provincia de Buenos Aires, Argentina**

## **Balanço hídrico da bacia do córrego Albuera, província de Buenos Aires, Argentina**

DOI:10.34117/bjdv9n7-061

Recebimento dos originais: 13/06/2023

Aceitação para publicação: 14/07/2023

### **Mariana Paula Torrero**

Doctora en Geografía

Institución: Pontificia Universidad Católica - Santa María de los Buenos Aires  
Dirección: Av. Alicia Moreau de Justo, 1300, Ciudad Autónoma de Buenos Aires,  
Argentina

Correo electrónico: mptorrero@gmail.com

### **Susana Virginia Viñes**

Licenciada en Ingeniería Civil

Institución: Pontificia Universidad Católica - Santa María de los Buenos Aires  
Dirección: Av. Alicia Moreau de Justo, 1300, Ciudad Autónoma de Buenos Aires,  
Argentina

Correo electrónico: susanavines@yahoo.com.ar

### **Patricio Tomás Bran**

Licenciado en Ingeniería Civil

Institución: Pontificia Universidad Católica - Santa María de los Buenos Aires  
Dirección: Av. Alicia Moreau de Justo, 1300, Ciudad Autónoma de Buenos Aires,  
Argentina

Correo electrónico: tomasbran@hotmail.com

### **Pablo Enrique Palmeyro**

Licenciado en Ingeniería Civil

Institución: Pontificia Universidad Católica - Santa María de los Buenos Aires  
Dirección: Av. Alicia Moreau de Justo, 1300, Ciudad Autónoma de Buenos Aires,  
Argentina

Correo electrónico: pablopalmeyro@gmail.com

## **RESUMEN**

La cuenca del arroyo Albuera, afluente del Río Luján se desarrolla dentro del partido de Malvinas Argentinas, provincia de Buenos Aires, Argentina. La cuenca se presenta urbanizada en su parte alta y media y en la zona baja, en la confluencia con el arroyo Claro, se localizan gran número de establecimientos industriales que conforman el denominado Triángulo Industrial. Por la importancia del curso de agua como recurso hídrico en sí y en razón de las características ambientales de la zona, en este trabajo se buscó determinar la variación de la respuesta hidrológica de la cuenca a través de los análisis de los diagramas ombrotérmicos, los balances hídricos y su relación caudal-precipitación. Dado que se trata de un curso de agua del cual no se disponen aforos, los datos obtenidos de las estaciones Don Torcuato Aero y San Miguel, permitieron que la

información brindada por el balance hídrico sirva para establecer la existencia o no de excesos hídricos y en función de ellos, cuantificar la relación caudal-precipitación y su posterior análisis de los excesos. Por lo tanto, la elaboración de los balances hídricos permitió evaluar si el sistema hídrico del arroyo Albuera presentó excesos y su incidencia en la variabilidad del caudal. Los resultados mostraron extensos períodos de excesos hídricos, cortos períodos de utilización y reposición y no se evidenciaron períodos de déficit. Los escurrimientos presentaron picos muy marcados alcanzando los 54,93mm y no se distinguió ningún mes en particular para los máximos escurrimientos.

**Palabras clave:** hidrología, precipitaciones, balance hídrico, escurrimiento.

## RESUMO

A bacia do rio Albuera, um afluente do rio Luján, é desenvolvida no interior do partido Malvinas Argentinas, província de Buenos Aires, Argentina. A bacia é urbanizada em suas partes alta e média, e na parte inferior, na confluência com o fluxo de luz, está localizada uma grande quantidade de estabelecimentos industriais que compõem o chamado Triângulo Industrial. Por causa da importância do curso de água como recurso hídrico per se e por causa das características ambientais da zona, buscamos determinar a variação da resposta hidrológica da bacia por meio da análise do rotermal de pedra basal, Balanço de água e sua razão fluvial-precipitação. Uma vez que o curso de água não está disponível, os dados obtidos nas estações de Don Torcuato Aero e San Miguel permitiram que as informações fornecidas pelo balanço de água estabelecessem ou não a existência de excessos de água e quantificassem o índice de precipitação de caudais e a sua análise subsequente dos excessos. Por conseguinte, o desenvolvimento dos balanços de água permitiu avaliar se o sistema hídrico do ribeiro de Albuera tinha excessos e o seu impacto na variabilidade de escoamento. Os resultados mostraram longos períodos de excesso de água, curtos períodos de utilização e reposição e não foram evidentes períodos de déficit. A corrida revelou picos muito acentuados que atingiram 54,93 mm e não se distinguiu um mês específico para o escoamento máximo.

**Palavras-chave:** hidrologia, precipitação, balanço hídrico, escoamento.

## 1 INTRODUCCIÓN

El arroyo Albuera, afluente del Río Luján, desarrolla una cuenca hidrográfica que se extiende dentro de Grand Bourg, partido de Malvinas Argentinas, provincia de Buenos Aires, Argentina. La cuenca se presenta urbanizada en su parte alta y media y en la zona baja, en la confluencia con el arroyo Claro, se localizan gran número de establecimientos industriales que conforman el denominado Triángulo Industrial. Dada la importancia que reviste el curso de agua como recurso hídrico en sí y en razón de las características ambientales de la zona, se calculan los balances hídricos para el período 1933-2017 a fin de identificar la existencia de excesos hídricos y determinar la relación caudal-precipitación.

El crecimiento poblacional del conurbano bonaerense nos enfrenta a la incesante

transformación de terrenos rurales en zonas urbanas con parques industriales, barrios cerrados, y asentamientos con viviendas precarias, con la consecuente alteración de la escorrentía en las cuencas por variaciones en la topografía e impermeabilización de los terrenos. Frente a este proceso de antropización creciente, surge la necesidad de desarrollo de infraestructura vial y pluvial la cual, a su vez, genera y sufre las consecuencias de las alteraciones que se imprimen en la topografía. Esta realidad, sumada a la falta de estudios de cuencas hídricas en toda la República Argentina, motivó el análisis de la cuenca del arroyo Albuera.

## **2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

La cuenca del arroyo Albuera ha sido objeto de un gran crecimiento urbanístico, aumentando la densidad demográfica y produciendo cambios morfológicos en la zona. Esto implica que no solo aumentó la población en el área de riesgo de desborde hídrico, sino que el tiempo de concentración bajó, por lo que la recurrencia aumentó. El conocimiento del balance hídrico de la cuenca permitirá analizar su dinámica y ayudará a la toma de decisiones.

## **3 METODOLOGÍA**

Para el cálculo de los balances hídricos se analizaron los datos climatológicos de las estaciones de San Miguel ( $-34^{\circ}33'0''$ ,  $-58^{\circ}44'0''$ , altura 26 msnm) para el período 1961-2010 y de Don Torcuato Aero ( $-34^{\circ}29'0''$ ,  $-58^{\circ}37'0''$ , altura 4 msnm) para el período 1971-2000, correspondientes a las estadísticas proporcionadas por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2016). A su vez, se realizaron y analizaron los diagramas ombrotérmicos de Gaussen para determinar la existencia y duración de los períodos secos (Castillo y CastellvíSentis, 2001). Sobre un gráfico cartesiano se representan: en las abscisas los meses del año y en las ordenadas las precipitaciones y las temperaturas. La escala de las precipitaciones, en milímetros es el doble que la de la temperatura, en grados Celsius, según la hipótesis de Gaussen (1954 y 1955) de equivalencia entre 2 mm de precipitación y  $1^{\circ}\text{C}$  de temperatura. Estos gráficos son útiles en climas templados para detectar sequías y brindar una aproximación de la suficiencia de las precipitaciones para los cultivos.

Se realizaron y analizaron los balances hídricos empleando el método de Thornthwaite y Mather (1955, 1957) (da Silva et al., 2007; Stonevičius et al., 2008) para las localidades de San Miguel y Don Torcuato. La precipitación y la evaporación

potencial o necesidad de agua son los dos elementos principales necesarios para realizar el cálculo del balance hídrico. En general, el dato de precipitación se encuentra disponible en la totalidad de las estaciones meteorológicas, no así el de evapotranspiración la que se calculará por el método de Thornthwaite y Mather (1957). La ventaja de la aplicación del método de Thornthwaite está en la fácil obtención de los datos de temperatura y en ello radica la vigencia de su implementación (Bouwer et al., 2003; da Silva et al., 2007; Stonevičius et al., 2008).

La disponibilidad hídrica de una zona se define en función de la temperatura, la precipitación, la evapotranspiración y la retención de agua en el suelo, esto es evidenciado a través de los balances hídricos. La infiltración del agua está dada por la precipitación y la salida por la evapotranspiración, la percolación y el escurrimiento. En las pérdidas también participan la percolación y el escurrimiento, pero en este balance solo se consideran las pérdidas por evapotranspiración que es el valor que se calcula a partir de los datos de temperatura y precipitación disponibles (Thornthwaite y Mather 1957). Si la precipitación es mayor que la evapotranspiración ( $P > E$ ), primero se cubrirán las reservas de agua en el suelo ( $R$ ), la cual depende del tipo de suelo, su capacidad de retención, porosidad, permeabilidad, etc. Si la precipitación es menor que la evapotranspiración ( $P < E$ ), primeramente, se utilizará la reserva de agua ( $R$ ) que haya en el suelo. Si esta reserva es insuficiente para compensar la necesidad de agua, se entrará en déficit ( $D$ ). Si la cantidad de precipitación es mayor que la necesaria para satisfacer esta demanda, se produce un exceso de agua ( $Ex$ ) (Campo de Ferreras et al., 2004). El exceso de precipitación se refleja en la generación de escorrentía superficial en dirección hacia las depresiones naturales del terreno y/o hacia la red hidrográfica y alimentando a las capas freáticas. Llegado el caso de producirse precipitaciones intensas y dependiendo de la tasa de infiltración del suelo, la intensidad de la lluvia, la cobertura vegetal, etc., el escurrimiento superficial puede producirse sin necesidad de haberse colmado este espacio. Asimismo, la red hidrográfica (ríos o lagunas) puede verse alimentada por las aguas subterráneas o moverse lentamente hacia el mar.

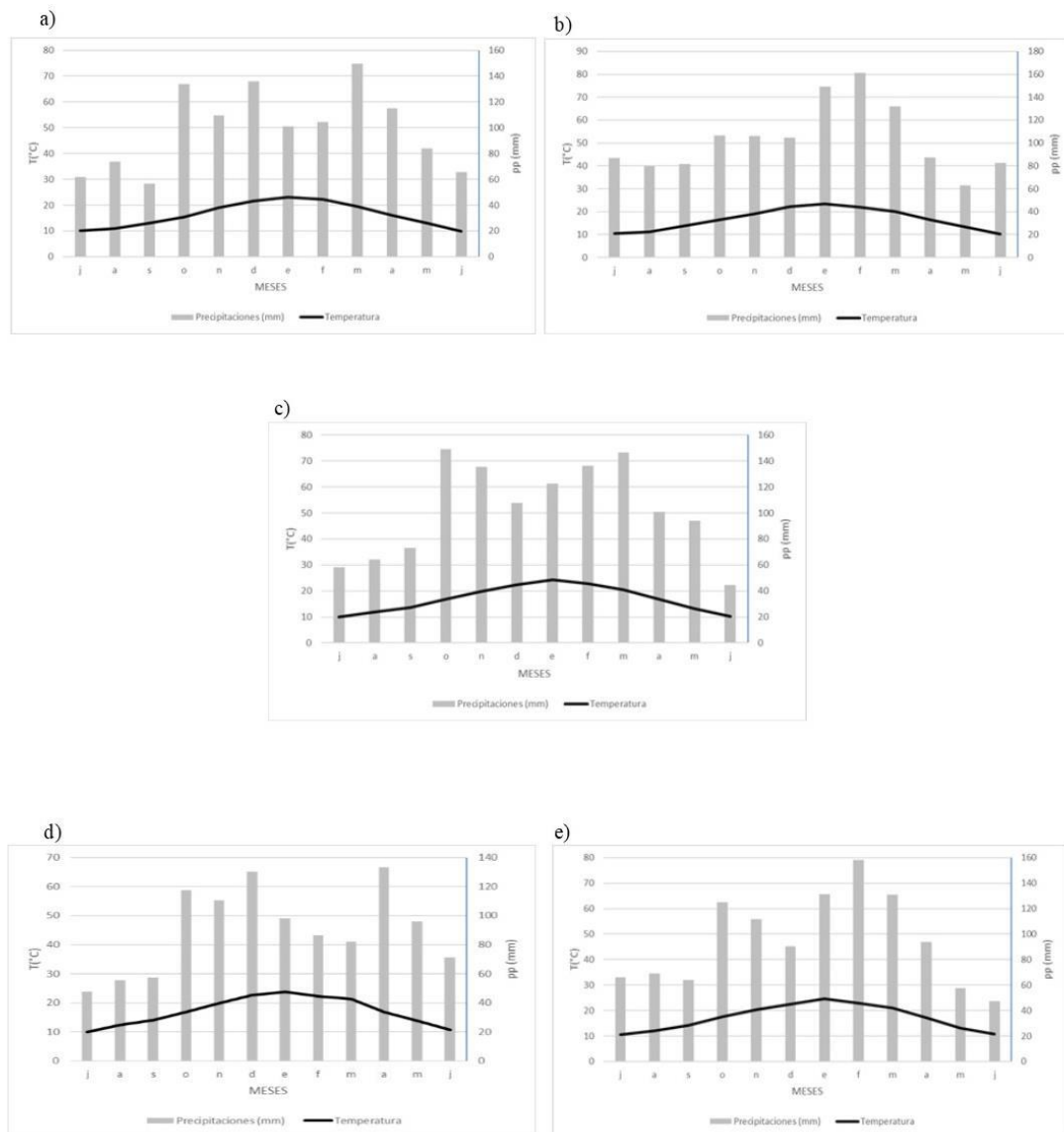
Al tratarse de un curso de agua del cual no se disponen aforos, los resultados obtenidos a partir del balance hídrico permitió establecer la existencia o no de excesos hídricos (Torrero, 2009) y en función de ellos, en el caso que hubo, se cuantificó la relación caudal-precipitación y se realizó el posterior análisis de los excesos (Remenieras, 1974). En una cuenca hidrográfica el caudal de un río es definido como el volumen de escorrentía superficial por unidad de tiempo (Bruniard, 1992; Monsalve

Sáenz, 1999) y depende de factores como el clima, la vegetación y el complejo suelo-sustrato. Por lo tanto, en la formación del caudal inciden directamente los procesos tales como la precipitación, evaporación, intercepción, transpiración, infiltración y almacenamiento. Asimismo, factores de naturaleza humana como los relacionados con la presión antrópica influyen en la escorrentía superficial. Por ello, es indispensable valorar la respuesta del río frente a estos factores (Heras, 1972; Pedraza, 1996; Monsalve Sáenz, 1999, Luiset *al.*, 2023). Por lo tanto, la elaboración de los balances hídricos permitió evaluar si el sistema hídrico del arroyo Albuera presenta excesos y su incidencia en la variabilidad del caudal. Los balances utilizan principalmente como datos la precipitación y la evapotranspiración potencial, encontrando el primero disponible en los datos de la estación meteorológica, no así el de la evapotranspiración que se estimó por el método de Thornthwaite y Mather (1957).

#### 4 DESARROLLO

Se realizaron los diagramas ombrotérmicos de Gausson para las localidades de San Miguel (períodos 1961-2010) y Don Torcuato (períodos 1971-2000) (Figs. 1 y 2). Puede observarse en los diagramas ombrotérmicos de San Miguel (Fig. 1) que en las 3 primeras décadas del análisis (1961-1990 – Diagramas a, b y c.) se obtuvo un período lluvioso con marcada presencia en la época estival, disminuyendo de forma muy leve en los períodos siguientes (1991-2000 y 2001-2010) pero manteniendo un período más húmedo en el verano. En esta estación no se evidencian períodos áridos ya que en ningún diagrama las precipitaciones son inferiores al doble de la temperatura media. Con respecto a la distribución de precipitaciones totales por cada mes, en esta estación se puede determinar que las máximas se hallan entre los 140 mm y 160 mm y en el caso de las mínimas oscilan entre 40 mm y 60 mm. Las temperaturas medias, variaron entre 23°C y 25°C para las máximas y entre 9°C y 11°C para las mínimas.

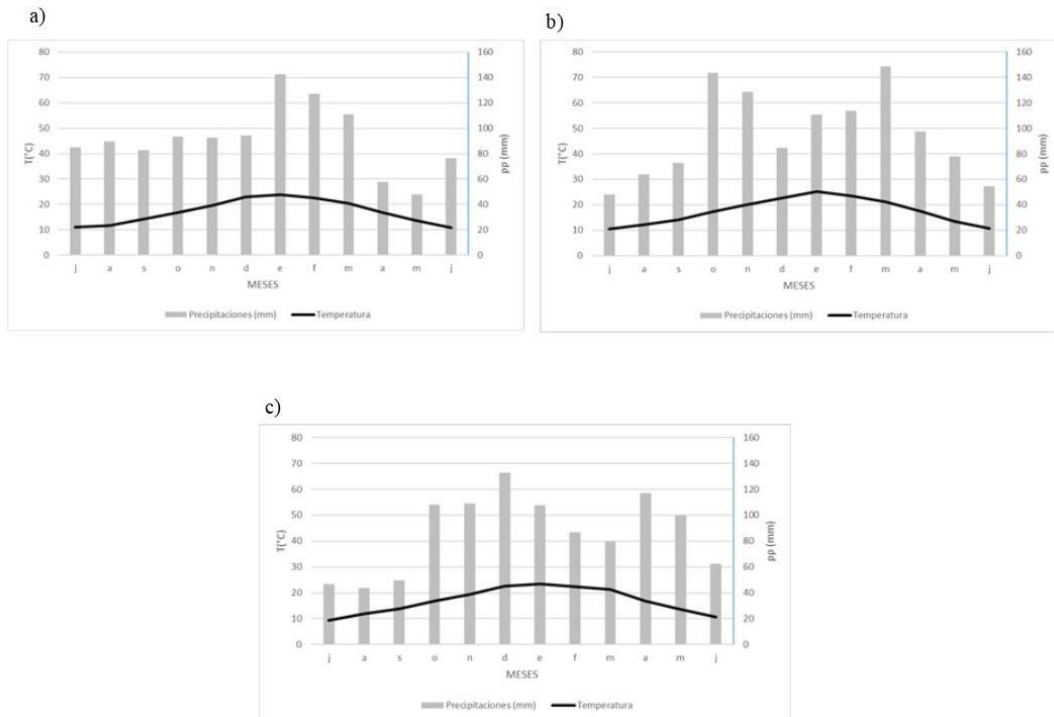
Figura 1. Diagramas ombrotérmicos para la estación San Miguel: a) período 1961-1970, b) período 1971-1980, c) período 1981-1990, d) período 1991-2000 y e) período 2001-2010.



Fuente: Autores

En el caso de los diagramas ombrotérmicos de Don Torcuato (Fig. 2) muestran que las dos primeras décadas (1971-1980, 1981-1990) tienen un pequeño incremento en las precipitaciones, mientras que en el último decenio analizado (1991-2000) se puede apreciar una pequeña disminución de las mismas. De igual manera que en San Miguel, no se evidencian períodos de aridez. En el caso de las distribuciones de precipitaciones, las mismas oscilan entre 140 mm y 150 mm en los primeros 2 períodos, pero no superan los 140 mm en el último período analizado (Fig 2. c). En el caso de las precipitaciones totales mínimas variaron entre 40 mm y 50 mm para los 3 períodos analizados. Las temperaturas medias máximas oscilaron entre los 23,5°C y 25,5°C mientras que las mínimas lo hicieron entre 9,5°C y 10,5°C.

Figura 2. Diagramas ombrotérmicos para la estación Don Torcuato Aero: a) período 1971-1980, b) período 1981-1990, c) período 1991-2000.



Fuente: Autores

Las 3 primeras décadas del análisis (1961-1990) para la estación de San Miguel mostraron un período lluvioso con marcada presencia en la época estival, disminuyendo de forma muy leve en los períodos siguientes (1991-2010) pero manteniendo un período más húmedo en el verano. Para la estación de Don Torcuato Aero las 2 primeras décadas (1971-1990) de análisis presentan un pequeño incremento en las precipitaciones, manteniendo un exceso de agua grande en época estival, mientras que en el último decenio analizado (1991-2000) se puede apreciar una pequeña disminución de las precipitaciones (Figs. 1 y 2).

## 5 BALANCES HÍDRICOS Y DINÁMICA HIDROLÓGICA

Se realizaron y analizaron los balances hídricos empleando el método de Thornthwaite y Mather (1957) para las localidades de San Miguel (períodos 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000 y 2001-2010) y Don Torcuato (períodos 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000).

El análisis del balance hídrico para la estación San Miguel para los períodos 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000 y 2001-2010 (Fig. 3) reflejó decenios mayoritariamente húmedos. El balance hídrico muestra que la utilización fue de 34,7 mm



para el primer período, 22,1 mm para el segundo, 39,8 mm para el tercero, 73,4 para el cuarto y 48,7 para el quinto. Por otro lado, los excesos totalizaron 369,9 mm, 406,0 mm, 380,9 mm, 231,4 mm y 281,8 mm para los períodos 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000 y 2001-2010 respectivamente.

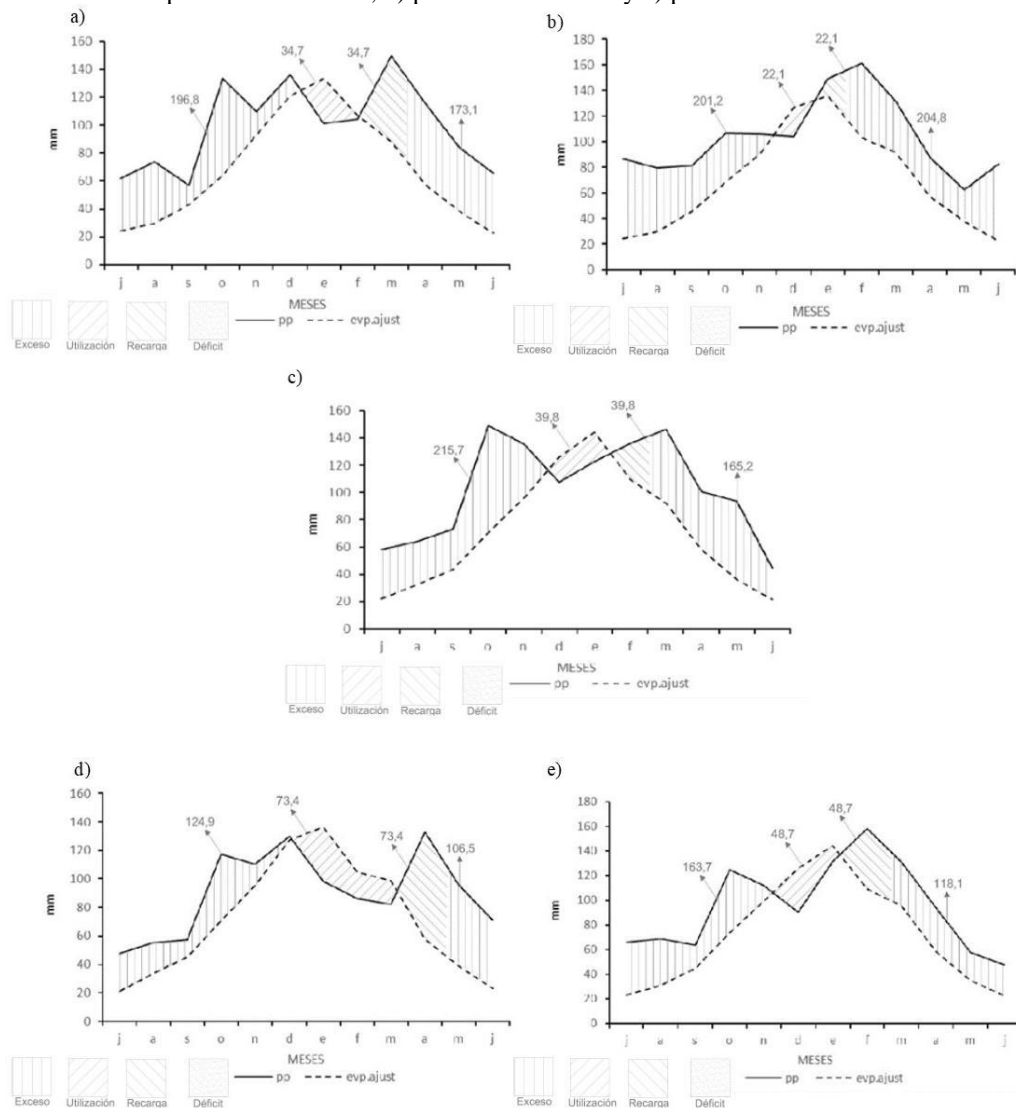
El análisis del balance hídrico para la estación San Miguel para el primer período analizado 1961-1970 mostró un período predominantemente húmedo, con una utilización de 34,7 mm y sin períodos de déficit (Fig. 3.a). El período de exceso (196,8 mm) acontece en los meses de julio a mediados de diciembre, desde allí y hasta febrero las precipitaciones comienzan a disminuir y la evapotranspiración potencial incrementa paulatinamente, recurriendo a la utilización del agua almacenada en el suelo, contrarrestando la necesidad de agua. A partir de febrero, y antes de que se acaben las reservas, el aumento de precipitaciones repone las mismas, hasta que, a fines de marzo se entra en un nuevo período de exceso (173,1 mm), que va desde dicho mes a junio. En 1971-1980 (Fig. 3.b), el exceso (201,2 mm) se tiene en los meses de julio a noviembre y en diciembre las precipitaciones comienzan a descender y se acrecienta gradualmente la evapotranspiración potencial, recurriendo a la utilización del agua almacenada en el suelo, para compensar la falta de esta (22,1 mm). Sin llegar a agotarse las reservas, se repone en los meses de enero a febrero (22,1 mm) y se entra en un nuevo período de exceso (204,8 mm) hasta el mes de junio.

Al analizar el decenio 1981-1990 (Fig. 3.c) se observa que el período de exceso (215,7 mm) ocurre en los meses de julio a noviembre, y en diciembre y enero las precipitaciones comienzan a descender y se incrementa paulatinamente la evapotranspiración potencial, recurriendo a la utilización del agua almacenada en el suelo (39,8 mm), para compensar la necesidad del agua. Sin llegar a agotarse las reservas, se repone en los meses de febrero a marzo (39,8 mm) y se entra en un nuevo período de exceso (165,2 mm), que va desde dicho mes hasta junio. Mientras que para la década comprendida entre 1991-2000 (Fig. 3.d) se distingue un período de exceso (124,9 mm) que tiene lugar en los meses de julio a diciembre momento en el cual el aumento de las temperaturas y la disminución de las precipitaciones producen una utilización del agua contenida en el suelo (73,4 mm), para compensar la necesidad entre diciembre y marzo. Sin llegar a agotarse las reservas, se repone en los meses de abril hasta principios de mayo (73,4 mm) y se entra en un nuevo período de exceso (106,5 mm), que va hasta el mes de junio. El período 2001-2010 (Fig. 3.e) evidenció un período de exceso (163,7 mm) que abarca de julio a noviembre, y desde noviembre hasta mediados de enero el aumento de



la evapotranspiración potencial junto con el descenso de las precipitaciones genera una utilización del agua almacenada en el suelo (48,7 mm). Sin que se agoten las reservas, se repone entre mediados de enero hasta fines de febrero (48,7 mm) y se entra en un nuevo período de exceso (118,1 mm), que puede identificarse hasta el mes de junio.

Figura 3. Balances Hídricos para la estación San Miguel: a) período 1961-1970, b) período 1971-1980, c) período 1981-1990, d) período 1991-2000 y e) período 2000-2010.



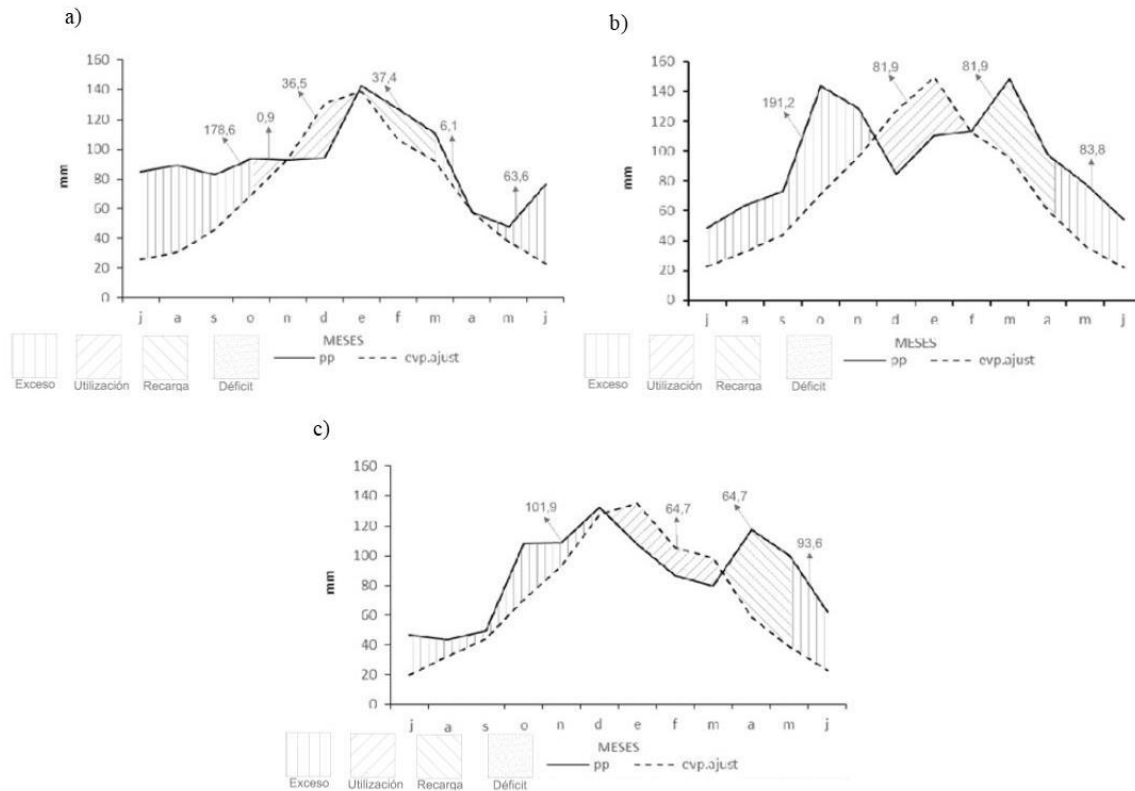
Fuente: Autores

El análisis del balance hídrico de la estación Don Torcuato para los períodos 1971-1980, 1981-1990, y 1991-2000 (Fig. 4) reflejó también decenios mayoritariamente húmedos. El balance hídrico para este caso nos muestra que la utilización fue de 37,4 mm para el primer período, 81,9 mm para el segundo, y 64,7 mm para el tercero. Por otro lado, los excesos totalizaron 248,3 mm, 275,0 mm, y 195,5 mm, para los períodos 1971-1980, 1981-1990, y 1991-2000 respectivamente.

Al analizar el decenio de 1971-1980 (Fig.4.a) se evidenció un exceso (178,7 mm) que ocurre en los meses de julio a octubre, desde noviembre hasta mediados de enero las precipitaciones comienzan a descender y se incrementa la evapotranspiración potencial, recurriendo a la utilización del agua almacenada en el suelo (37,4 mm), para compensar la necesidad del agua. El período de reposición le sucede durante mediados de enero y principios de abril (37,4 mm), y luego se entra en un nuevo período de exceso (69,7 mm) que va desde abril a junio.

En el período 1981-1990 (Fig. 4.b) se observa que entre los meses de julio a noviembre se produce un período de exceso (191,2 mm). A partir de diciembre hasta mediados de febrero el descenso de las precipitaciones y el incremento de la evapotranspiración potencial, llevan a la utilización del agua almacenada en el suelo (81,9 mm). Le sigue un período de reposición que se extiende entre mediados de febrero y mediados de abril (81,9 mm), para luego entrar en un nuevo período de exceso (83,8 mm) que va desde mediados de abril a junio. Por último, el estudio del período 1991-2000 (Fig. 4.c) manifestó un período de exceso (101,9 mm) en los meses de julio a diciembre, y desde allí hasta mediados de marzo una utilización del agua almacenada en el suelo (64,7 mm). Le sigue un período de reposición que se extiende entre mediados de marzo y mediados de mayo (64,7 mm), y luego se entra en un nuevo período de exceso (93,6 mm) que va desde mediados de mayo a junio.

Figura 4. Balances Hídricos para la estación Don Torcuato Aero: a) período 1971-1980, b) período 1981-1990, c) período 1991-2000.

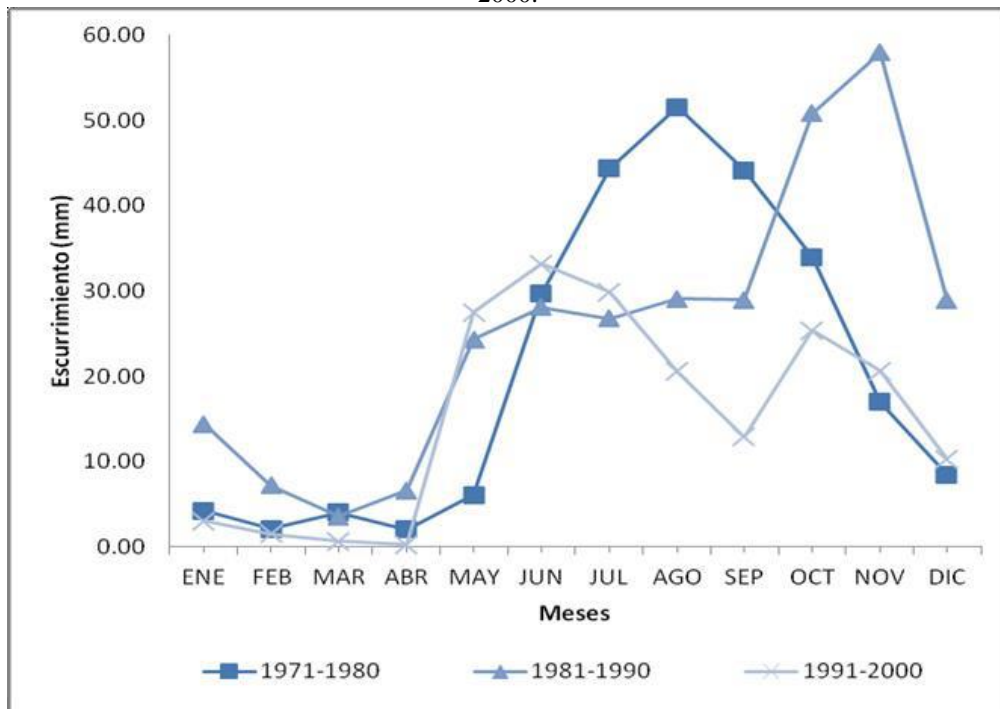


Fuente: Autores

## 6 RELACIÓN CAUDAL-PRECIPITACIÓN A PARTIR DE LOS EXCESOS DE LOS BALANCES HÍDRICOS

Se realizó el análisis de los escurrimientos mensuales por excesos obtenidos de los balances hídricos para ver cuánto de estos excesos se transforman en caudal. El análisis de los valores obtenidos para la estación de Don Torcuato Aero (Tabla 1) para el período comprendido entre los años 1971-1980 muestra que los mayores valores se dan entre los meses de junio a octubre, con un pico de 51,59 mm en agosto, mientras que se observan los mínimos en los meses de enero a abril. Al analizar el siguiente decenio, que abarca de 1981 a 1990, se mueve el pico de mayor escurrimiento 57,97 mm hacia los meses de octubre y noviembre, teniendo el mínimo entre los meses de enero y abril nuevamente. En la última década de la serie de datos, 1991-2000, no se observa un pico de escurrimiento marcado, siendo el máximo de solo 33,20 mm en el mes de junio, y con los mayores escurrimientos abarcando de mayo a diciembre, siendo nuevamente los meses de enero a abril, los de los mínimos valores (Fig. 5).

Figura 5. E scorrimento para la estación Don Torcuato Aero períodos: 1971-1980, 1981-1990 y 1991-2000.



Fuente: Autores

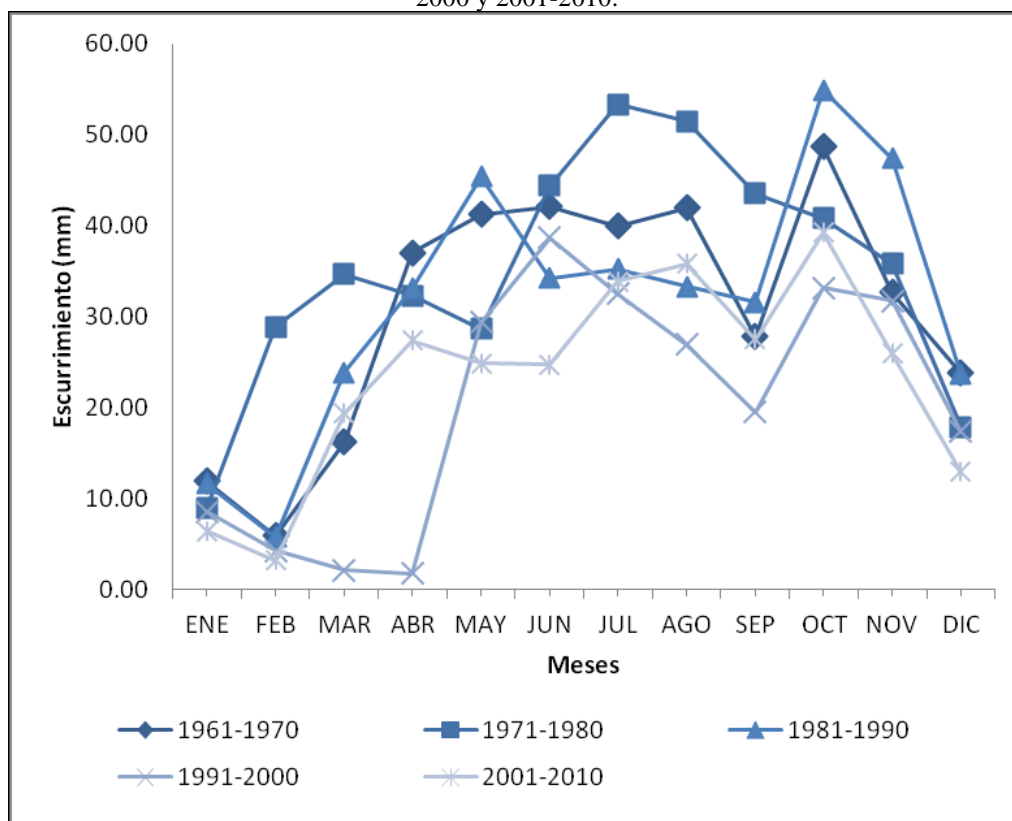
Tabla 1. Análisis de los excesos de la estación Don Torcuato Aero para los períodos de 1971 al 2000.

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
<b>Excesos</b>	0.00	0.00	5.99	0.14	10.17	53.42	59.12	58.81	36.73	23.92	0.00	0.00	248.30
			2.99	1.50	0.75	0.37	0.19	0.09	0.05	0	0	0	0
				0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					5.1	2.54	1.27	0.64	0.32	0.16	0.08	0.04	0.04
						26.71	13.35	6.68	3.34	1.67	0.83	0.42	0.42
	0.21	0.10	0.05				29.56	14.78	7.39	3.69	1.85	0.92	0.92
	0.46	0.23	0.12	0.06				29.41	14.70	7.35	3.68	1.84	1.84
	0.92	0.46	0.23	0.11	0.06				18.37	9.18	4.59	2.30	2.30
	1.15	0.57	0.29	0.14	0.07					11.96	5.98	2.99	2.99
	1.50	0.75	0.37	0.19	0.09	0.05							
<b>E scorrimento (1971-1980)</b>	<b>4.23</b>	<b>2.12</b>	<b>4.05</b>	<b>2.07</b>	<b>6.06</b>	<b>29.67</b>	<b>44.37</b>	<b>51.59</b>	<b>44.16</b>	<b>34.02</b>	<b>17.01</b>	<b>8.50</b>	
<b>Excesos</b>	0.00	0.00	0.00	9.74	42.10	31.97	25.47	31.51	28.87	72.77	32.58	0.00	275.00
				4.87	2.44	1.22	0.61	0.30	0.15	0.08			
					21.0	10.52	5.26	2.63	1.32	0.66	0.33	0.16	0.16
						15.99	7.99	4.00	2.00	1.00	0.50	0.25	0.25
	0.12	0.06					12.74	6.37	3.18	1.59	0.80	0.40	0.40
	0.20	0.10	0.05					15.75	7.88	3.94	1.97	0.98	0.98
	0.49	0.25	0.12	0.06					14.43	7.22	3.61	1.80	1.80
	0.90	0.45	0.23	0.11	0.06					36.38	18.19	9.10	9.10
	4.55	2.27	1.14	0.57	0.28	0.14	0.07				32.58	16.29	16.29
	8.14	4.07	2.04	1.02	0.51	0.25	0.13	0.06					
<b>E scorrimento (1981-1990)</b>	<b>14.41</b>	<b>7.21</b>	<b>3.57</b>	<b>6.63</b>	<b>24.33</b>	<b>28.12</b>	<b>26.80</b>	<b>29.12</b>	<b>28.96</b>	<b>50.86</b>	<b>57.97</b>	<b>28.98</b>	
<b>Excesos</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	54.77	38.87	26.74	11.21	5.22	37.80	15.90	5.02	195.54
					27.4	13.69	6.85	3.42	1.71	0.86	0.43	0.21	0.21
						19.44	9.72	4.86	2.43	1.21	0.61	0.30	0.30
	0.15	0.08					13.37	6.68	3.34	1.67	0.84	0.42	0.42
	0.21	0.10	0.05					5.61	2.80	1.40	0.70	0.35	0.35
	0.18	0.09							2.61	1.31	0.65	0.33	0.33
	0.16	0.08								18.90	9.45	4.73	4.73
	2.36	1.18	0.59	0.30	0.15	0.07					7.95	3.98	3.98
	1.99	0.99	0.50	0.25	0.12	0.06						2.51	2.51
	1.25	0.63	0.31	0.16	0.08								
<b>E scorrimento (1981-1990)</b>	<b>3.06</b>	<b>1.53</b>	<b>0.64</b>	<b>0.30</b>	<b>27.53</b>	<b>33.20</b>	<b>29.93</b>	<b>20.57</b>	<b>12.90</b>	<b>25.35</b>	<b>20.63</b>	<b>10.31</b>	

Fuente: Autores

Los escurrimientos calculados para la estación de Don Torcuato Aero (Fig. 5) presentan valores con una estacionalidad mucho más marcada que los correspondientes a la estación de San Miguel (Fig. 6), con mínimos de enero a abril y máximos entre julio y noviembre.

Figura 6. Ecurrimiento para la estación San Miguel períodos 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000 y 2001-2010.



Fuente: Autores

En los cinco períodos analizados para la estación de San Miguel (Tabla 2), se advierte una prolongación de la temporada húmeda sin un pico tan marcado. En el primero de ellos, el escurrimiento medio anual comprendido entre 1961-1970 muestra un pico de 48,66 mm en octubre y un mínimo de 5,88 mm en febrero. En la siguiente década, 1971-1980, el pico de 53,34 mm se da en el mes de julio, mientras que el mínimo esta vez se da antes, en enero, con sólo 8,90 mm. Para el período 1981-1990, se produce un escurrimiento máximo en octubre con 54,93 mm, siendo febrero el mes con menores valores de escurrimiento con apenas 5,79 mm. La década de 1991-2000 presentó bajos valores de escurrimiento, siendo el mayor valor de 38,62 mm en junio, con mínimos que se extendieron desde enero a abril, donde se observa el valor más bajo de 1,72 mm. Por último, el decenio de 2001-2010 muestra un valor pico similar al período anterior, de

39,28 mm, pero con un período de mínimos escurrimientos más corto, con su valor extremo siendo de 3,19 mm en febrero (Fig. 6).

En la figura 6 se observa el patrón que presentan los escurrimientos por excesos correspondiente a la estación de San Miguel a lo largo de los 12 meses del año, siendo el segundo semestre el que concentra los mayores valores, se distingue una tendencia a disminuir desde la década de 1960 hasta el 2001, cuando se percibe un repunte de los escurrimientos medios mensuales. Si bien se observan diferencias entre las series de Don Torcuato Aero y las de San Miguel, se destaca que los dos meses de mayores escurrimientos coinciden entre ambas estaciones para un mismo período, como era de esperar debido a la cercanía de las mismas. También se observa una disminución de los valores de escurrimiento en la década de 1991-2000 respecto a los períodos anteriores.

Tabla 2. Análisis de los excesos de la estación San Miguel para los períodos de 1961 al 2010.

MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Excesos	0.00	0.00	26.59	57.02	45.55	43.05	37.85	44.19	13.64	69.50	16.60	15.07	369.95
			13.29	6.65	3.32	1.66	0.83	0.42	0.21	0.10	0.05		
				28.96	14.48	7.24	3.62	1.81	0.91	0.45	0.23	0.11	
		0.06			22.8	11.39	5.69	2.85	1.42	0.71	0.36	0.18	
		0.09				21.53	10.76	5.38	2.69	1.35	0.67	0.34	
		0.17	0.08				18.92	9.46	4.73	2.37	1.18	0.59	
		0.30	0.15	0.07				22.09	11.05	5.52	2.76	1.38	
		0.69	0.35	0.17	0.09				6.82	3.41	1.71	0.85	
		0.43	0.21	0.11	0.05					34.75	17.37	8.69	
		4.34	2.17	1.09	0.54	0.27	0.14	0.07			8.30	4.15	
		2.07	1.04	0.52	0.26	0.13	0.06					7.53	
		3.77	1.88	0.94	0.47	0.24	0.12	0.06					
<b>Escurrencimiento (1961-1970)</b>	<b>11.91</b>	<b>5.88</b>	<b>16.19</b>	<b>37.02</b>	<b>41.22</b>	<b>42.13</b>	<b>39.96</b>	<b>42.01</b>	<b>27.83</b>	<b>48.66</b>	<b>32.63</b>	<b>23.82</b>	
Excesos	0.00	48.88	40.56	29.99	25.12	60.22	62.36	49.67	35.69	38.06	15.44	0.00	405.99
		24.44	12.22	6.11	3.06	1.53	0.76	0.38	0.19	0.10	0.05		
			20.28	10.14	5.07	2.53	1.27	0.63	0.32	0.16	0.08		
			14.99	7.50	3.75	1.87	0.94	0.47	0.23	0.12	0.06		
				12.6	6.28	3.14	1.57	0.78	0.39	0.20	0.10		
		0.05				30.11	15.05	7.53	3.76	1.88	0.94	0.47	
		0.24	0.12	0.06			31.18	15.59	7.80	3.90	1.95	0.97	
		0.49	0.24	0.12	0.06			24.84	12.42	6.21	3.10	1.55	
		0.78	0.39	0.19	0.10	0.05			17.85	8.92	4.46	2.23	
		1.12	0.56	0.28	0.14	0.07				19.03	9.52	4.76	
		2.38	1.19	0.59	0.30	0.15	0.07				15.44	7.72	
		3.86	1.93	0.97	0.48	0.24	0.12	0.06					
<b>Escurrencimiento (1971-1980)</b>	<b>8.90</b>	<b>28.67</b>	<b>34.71</b>	<b>32.32</b>	<b>28.69</b>	<b>44.39</b>	<b>53.34</b>	<b>51.48</b>	<b>43.58</b>	<b>40.82</b>	<b>35.85</b>	<b>17.86</b>	
Excesos	0.00	0.00	41.94	42.44	57.71	23.11	36.24	31.54	29.86	78.28	39.78	0.00	380.91
			20.97	10.49	5.24	2.62	1.31	0.66	0.33	0.16	0.08		
				21.22	10.61	5.31	2.65	1.33	0.66	0.33	0.17	0.08	
				28.9	14.43	7.21	3.61	1.80	0.90	0.45	0.23		
					11.56	5.78	2.89	1.44	0.72	0.36	0.18		
		0.09				18.12	9.06	4.53	2.27	1.13	0.57		
		0.28	0.14	0.07				15.77	7.89	3.94	1.97	0.99	
		0.49	0.25	0.12	0.06				14.93	7.47	3.73	1.87	
		0.93	0.47	0.23	0.12	0.06				39.14	19.57	9.78	
		4.89	2.45	1.22	0.61	0.31	0.15	0.08			19.89	9.94	
		4.97	2.49	1.24	0.62	0.31	0.16	0.08					
<b>Escurrencimiento (1981-1990)</b>	<b>11.66</b>	<b>5.79</b>	<b>23.86</b>	<b>33.12</b>	<b>45.38</b>	<b>34.22</b>	<b>35.23</b>	<b>33.31</b>	<b>31.59</b>	<b>54.93</b>	<b>47.36</b>	<b>23.64</b>	
Excesos	0.00	0.00	0.00	1.59	57.03	47.92	26.45	21.53	12.02	46.88	15.15	2.86	231.42
				0.79	0.40	0.20	0.10	0.05					
				28.5	14.26	7.13	3.56	1.78	0.89	0.45	0.22		
					23.96	11.98	5.99	2.99	1.50	0.75	0.37		
		0.19	0.09			13.22	6.61	3.31	1.65	0.83	0.41		
		0.21	0.10	0.05				10.76	5.38	2.69	1.35	0.67	
		0.34	0.17	0.08					6.01	3.01	1.50	0.75	
		0.38	0.19	0.09						23.44	11.72	5.86	
		2.93	1.46	0.73	0.37	0.18	0.09				15.15	7.57	
		3.79	1.89	0.95	0.47	0.24	0.12	0.06					1.43
		0.71	0.36	0.18	0.09								
<b>Escurrencimiento (1991-2000)</b>	<b>8.54</b>	<b>4.27</b>	<b>2.09</b>	<b>1.72</b>	<b>29.33</b>	<b>38.62</b>	<b>32.49</b>	<b>26.98</b>	<b>19.48</b>	<b>33.18</b>	<b>31.74</b>	<b>17.30</b>	
Excesos	0.00	0.00	35.58	35.36	22.54	24.62	43.06	37.84	19.10	51.10	12.58	0.00	281.78
			17.79	8.89	4.45	2.22	1.11	0.56	0.28	0.14	0.07		
				17.68	8.84	4.42	2.21	1.11	0.55	0.28	0.14	0.07	
					11.3	5.64	2.82	1.41	0.70	0.35	0.18	0.09	
						12.31	6.16	3.08	1.54	0.77	0.38	0.19	
		0.10	0.05				21.53	10.77	5.38	2.69	1.35	0.67	
		0.34	0.17	0.08				18.92	9.46	4.73	2.36	1.18	
		0.59	0.30	0.15	0.07				9.55	4.78	2.39	1.19	
		0.60	0.30	0.15	0.07					25.55	12.78	6.39	
		3.19	1.60	0.80	0.40	0.20	0.10	0.05			6.29	3.14	
		1.57	0.79	0.39	0.20	0.10	0.05						
<b>Escurrencimiento (2001-2010)</b>	<b>6.39</b>	<b>3.19</b>	<b>19.36</b>	<b>27.32</b>	<b>24.96</b>	<b>24.74</b>	<b>33.68</b>	<b>35.83</b>	<b>27.47</b>	<b>39.28</b>	<b>25.93</b>	<b>12.93</b>	

Fuente: Autores

Los escurrimientos presentan picos muy marcados entre abril y noviembre alcanzando los 54,93mm. No se distingue un mes en particular para los máximos escurrimientos.

## 7 CONCLUSIÓN

Delos balances hídricos elaborados y analizados para la cuenca del arroyo Albuera para el período 1933-2012 se pudo observar el predominio de períodos húmedos que abarcan desde el otoño hasta la primavera inclusive, y cortos períodossecos durante el verano. Si bien las precipitaciones bajan durante dicho período y la evapotranspiración aumenta, no se llega a tener déficit hídrico, por lo que el déficit es nulo en la cuenca estudiada.

El análisis del escurrimiento por excesos permitió identificar que el período de abril a noviembre es donde se producen los máximos escurrimientos con picos muy por encima de la media anual.El estudio realizado contribuye al conocimiento del área y al manejo hídrico del recurso en una zona donde los problemas de urbanización están modificando de manera creciente el espacio.

La disminución en el tiempo de concentración del agua por la progresiva urbanización de la zona, como consecuencia de la pavimentación, urbanización, etc., sumado a los grandes excesos que se producen en esta cuenca llevan a que el conocimiento y estudio de los balances hídricos constituyan una herramienta de gran importancia en el proceso de toma de decisiones y para el ordenamiento ambiental de la cuenca.

De esta manera se pueden categorizar pequeñas cuencas sub urbanas de las que no se tienen aforos, analizar su preponderancia a problemas hidrológicos, y planificar de acuerdo a los mismos. El análisis hasta aquí realizado sustentó la necesidad de realizar la modelización hidrológica e hidráulica de la zona, para determinar a partir de las tormentas de diseño, como escurren en el arroyo e identificar las zonas aledañas en situación de riesgo.



## REFERENCIAS

- Bruniard, E., (1992). Hidrografía. Procesos y tipos de escurrimiento superficial. Ceyne, Buenos Aires. 124 pp.
- Campo de Ferreras, A.M.; Capelli de Steffens, A.M.; Díez, P.G., 2004. El clima del Suroeste Bonaerense. Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, 99 pp.
- Castillo, F.E y CastellvíSentis, F., (2001). Agrometeorología. Mundi Prensa. España. 520 pp.
- Gausсен, H., 1954. Théories et classifications des climats et microclimats. VIII Congrès Int. Bot. Act. 7 et 3. CNRS. 125-130.
- Gausсен, H., 1955. Expresión des milieux par des formulesécologiques. Colloque Inter. CNRS. 257-269.
- Heras, R., (1972). Manual de hidrología. Principios básicos en hidrología. V. 1. Dirección General de Obras Hidráulicas. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid, 473 pp.
- Luis, B. P., Trucido, L. de L., Sainz, M. A., Pasini, F., &Rieder, E. (2023). Balanço hídrico de duas sub baciascom distintos usos do solo localizadas na região nordeste do Uruguai utilizando dados de satélite. BrazilianJournal of Development, 9(1), 02–13. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n1-001>
- Monsalve Sáenz, G., 1999. Hidrología en la Ingeniería, Alfaomega, Colombia, 359 pp.
- Pedraza Gilsanz, J. de, 1996. Geomorfología, principios, métodos y aplicaciones. Ed. Rueda. Madrid, 414 pp.
- Remenieras, G., 1974. Tratado de Hidrología Aplicada. ETA, Barcelona, 515 pp.
- S.M.N. (Servicio Meteorológico Nacional) (1986). Estadísticas Meteorológicas, 1981-1990. N° 36. S.M.N. Buenos Aires.
- S.O.P. (Secretaría de Obras Públicas) (2010). Publicaciones hidrometeorológicas 2008-2009. Dirigido por: López, F. 1° Ed. EVARSA. Buenos Aires. CD-ROM. ISBN 978-987-98869-8-4
- Thornthwaite, C.; Mather, J. (1957). Instrucciones y tablas para el cómputo de la evapotranspiración potencial y el balance hídrico. Publicaciones de Climatología. Vol. X. N°3. Instituto Tecnológico de Drexel, New Yersey. 1:67.
- Torrero, M. P. (2009). Río Sauce Chico: Estudio hidrográfico para un desarrollo sustentable (tesis doctoral). Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Argentina, 71 pp.