

IV. CONSIDERACIONES SOBRE EL BALANCE HIDRICO DE LA LAGUNA DE SARIÑENA

por J. PUIGDEFABREGAS*, J.M^a GARCIA-RUIZ**, J. CREUS NOVAU***

1. INTRODUCCION

La regulación de volúmenes y niveles de agua suele ser uno de los objetivos en la gestión correcta de recipientes acuáticos influidos por el hombre. Para conseguirla es necesario conocer su balance hídrico, el detalle de las entradas y salidas.

En el caso concreto de La Laguna de Sariñena, la información precisa para establecer los términos del balance es muy escasa. Se reduce a las series pluviométricas y termométricas del observatorio de Sariñena (véase Capítulo 3º, de este mismo volumen) y a los datos de evaporación en agua libre procedentes de Caspe, a unos 60 km de La Laguna que nos ocupa.

Con todo y dada la urgencia con que se precisan criterios básicos para el planeamiento de los recursos de esta pequeña cuenca endorreica, nos ha parecido útil establecer el balance de agua, siquiera de manera preliminar, y obtener así una idea del orden de magnitud de sus componentes. Con ese fin, estudiaremos las entradas y salidas cuando La Laguna se encontraba en equilibrio natural, para examinar después la situación transitoria creada por la intervención humana modificando el equilibrio primitivo.

2. EL BALANCE HIDRICO DE LA LAGUNA EN SITUACION ESTACIONARIA.

Hasta los años setenta, las condiciones de La Laguna podían considerarse próximas a las naturales. Es cierto que a fines de siglo pasado se

* Instituto Pirenaico de Ecología. Jaca (Huesca).

** Departamento Geografía. Colegio Universitario de Rioja (Logroño).

*** Departamento Geografía. Universidad Navarra (Pamplona).

practicó un drenaje subterráneo artificial para aumentar la superficie cultivable, pero a los pocos años, los tubos se obturaron y La Laguna recuperó sus dimensiones primitivas.

La ecuación que define el balance hídrico de La Laguna en las condiciones naturales que acabamos de mencionar sería:

$$PL + SC + I - EL = 0 \quad (1)$$

donde *PL* es la precipitación anual caída en La Laguna, *SC* es la escorrentía (superficial y subterránea) procedente de la cuenca de alimentación, *EL*, la evaporación en La Laguna e *I*, las pérdidas o ganancias debidas a la falta de coincidencia entre las cuencas topográfica e hidrológica.

Como hipótesis de trabajo, supondremos que La Laguna se alimenta sólo de la lluvia caída dentro de su cuenca topográfica, sin recibir ni ceder agua a cuencas adyacentes. En consecuencia, el término *I* de la ecuación (1) será considerado nulo.

Existen varios hechos geomorfológicos que apoyan esta hipótesis de partida. La cuenca se asienta sobre arcillas terciarias impermeables, por las que resulta difícil imaginar aportaciones subterráneas. Por otra parte, la posición topográfica de La Laguna impide una extensión importante de la escorrentía subterránea. Y es que ocupa un área deprimida, rodeada de plataformas de reducida extensión, que culminan en un depósito cuaternario (terrazas del Alcanadre y del Flumen) de 2 a 4 m. de espesor. El agua de lluvia infiltrada en estos niveles detríticos discurre por encima de los niveles de arcillas terciarias hasta que sale al exterior; algunas fuentes son intermitentes, pero otras funcionan durante todo el año (margen noroccidental de La Laguna).

Examinemos ahora los restantes términos de la ecuación del balance (1). La precipitación puede estimarse con precisión razonable a partir de la serie pluviométrica de Sariñena (véase Capítulo 3º de este mismo volumen), cuya media anual de 405,9 mm. permite calcular el volumen de agua precipitada sobre las 98 Has. que ocupaba La Laguna a principios de los años setenta. Obtenemos así un volumen de 0,398 Hm³ que asignamos al término *PL*.

La estimación de la evaporación en La Laguna, término *EL*, está sujeta a mayor imprecisión. Se han utilizado los datos evaporimétricos de la estación disponible más próxima, la de Caspe. A pesar de que la distancia es considerable, debe recordarse que el régimen climático entre ambos puntos es bastante parecido. Si consideramos únicamente la serie de años con información evaporimétrica (1973-79), comprobamos que tanto la temperatura anual media como la media anual de las máximas es sólo unas décimas de grado superior en Sariñena (cuadro 2). Por otro lado, consideraciones basadas en el paisaje vegetal de la cuenca del Ebro (MONTSERRAT, 1966) hacen suponer a esta última localidad un carácter ligeramente más continental que Caspe, con lo que, posiblemente, la evaporación será también algo más elevada.

CUADRO 1 BALANCES HIDROLÓGICOS ANUALES EN LA LAGUNA DE SARIÑENA

Elementos del balance	Condiciones estacionarias (*)			1976			1978		
	SL = 98 Se = 1204			SL = 124 Se = 1182			SL = 235 Se = 1071		
	mm.	Hm3	%	mm.	Hm3	%	mm	Hm3	%
PL	405,9	0,398	29,9	435,1	0,540	32,4	359,0	0,844	25,5
SC	950,0	0,931	70,1	787,9	0,977	58,5	311,1	0,731	22,0
A	--	--	--	122,6	0,152	9,1	740,0	1,739	52,5
Total aportac.	1355,9	1,329	100,0	1345,6	1,669	100,0	1410,1	3,314	100,0
EL	1356,0	1,329	100,0	1346,0	1,669	100,0	1410,0	3,314	100,0

(*) Anterior a 1970

SL = Superficie de La Laguna en Ha.

Se = Superficie emergida de la cuenca en Ha.

PL = Precipitación sobre La Laguna.

SC = Escorrentía procedente de la parte emergida de La Laguna

EL = Evaporación de La Laguna

A = Aportaciones estimadas por sobrantes de regadíos.

CUADRO 2 EVAPORACION EN CASPE Y COMPARACION DE LAS TEMPERATURAS CON SARIÑENA

Año	Evaporación anual (mm.)	Comparación de temperaturas Caspe-Sariñena			
		Temperatura media anual (° C)		Media anual de T. máximas (° C)	
		Caspe	Sariñena	Caspe	Sariñena
1973	1764	14,3	14,6	19,0	20,5
1974	1691	13,1	14,3	18,9	20,3
1975	1667	14,1	14,7	19,5	20,7
1976	1682	13,8	14,4	19,6	20,2
1977	1425	14,0	14,2	19,5	19,9
1978	1762	14,2	13,6	20,0	19,1
1979	1871	14,8	14,3	20,6	19,7
MEDIA	1695	14,0	14,3	19,6	20,0

El cuadro 2 presenta los datos de evaporación obtenidos en Caspe utilizando un tanque modelo «A». El coeficiente de reducción aconsejado en diversas zonas de EE.UU., para pasar de las medidas del tanque a la evaporación real, oscila entre 0,6 y 0,8 (CUSTODIO y LIAMAS. 1976). Aquí utilizaremos el extremo superior, 0,8, para compensar el ligero aumento de poder evaporante de la atmósfera que se prevé en Sariñena. Así, la evaporación media de 1695 mm. anuales, medida en el tanque de Caspe, se convierte en 1356 mm. estimados como evaporación real en La Laguna de Sariñena, los cuales, sobre una superficie de 98 Has. representan 1,329 Hm³ al año. No existen bases para suponer un descenso de la evaporación debido a la salinidad, ya que los análisis, realizados en 1975 por la Jefatura de Sanidad de Huesca, indican concentraciones bastante bajas de cloruro sódico (523 mg/1) que implicarían descensos crioscópicos de apenas 0,04°C. Este carácter poco salino de La Laguna puede atribuirse a los vertidos de acequias que, si bien de escasa cuantía, ya se habían iniciado en esa fecha y, quizá también, el antes aludido drenaje del siglo pasado.

Si consideramos nulo el término *I* en la ecuación (1), la diferencia entre las pérdidas por evaporación y las ganancias por precipitación en La Laguna podrá ser atribuida a la escorrentía, que nos da un valor de 0,931 Hm³ anuales. Esta es la estimación que realizamos con mayor incertidumbre ya que acumula los errores de las anteriores.

La parte emergida de la cuenca, es decir, su superficie total, menos la ocupada por La Laguna, recibe 4,903 Hm³ anuales de lluvia, calculados sobre la base de la precipitación media en la localidad. La escorrentía estimada representa, por tanto, un 19 % de la precipitación recogida por la cuenca.

Existen otros procedimientos indirectos para calcular la escorrentía. Son menos precisos, pero su eventual convergencia nos ayudará a valorar la bondad de nuestra primera estimación. Todos ellos se basan en la ecuación de balance a nivel de cuenca:

$$PC - ETR + VR + I = SC \quad (2)$$

donde *PC* es la precipitación en la parte emergida de la cuenca, *ETR* es la evapotranspiración real, *VR*, la variación de la reserva en el suelo, mientras que *I* tiene el mismo significado que en la ecuación (1).

Anulamos *I* por las razones antes mencionadas, y *VR* porque al contabilizar medias de ciclos anuales completos, la variación de reserva en el suelo puede considerarse despreciable. En consecuencia, la escorrentía será equivalente a la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración real en la cuenca.

La estimación de la evapotranspiración es difícil, sobre todo si, como en nuestro caso, disponemos de poca información sobre las variables básicas que intervienen en el proceso. Por esa razón nos vemos obligados a

recurrir a fórmulas empíricas. Se han utilizado las dos más corrientes en estudios hidrológicos, la de Turc y la de Coutagne.

$$\text{ETR (Turc)} = P / (0,9 + P^2/L^2); L = 300 + 25T + 0,05T^2$$

$$\text{ETR (Coutagne)} = P - P^2 / (0,8 + 0,14T)$$

ETR = evaporación real en mm/año (Turc) o en m/año (Coutagne).

P = Precipitación en mm/año (Turc) o en m/año (Coutagne)

T = Temperatura media anual en °C.

Con la primera obtenemos una evapotranspiración real de 321,2 mm. anuales y con la segunda de 347,7 mm. Estos valores, referidos a la precipitación media de Sariñena, 405,9 mm., representan coeficientes de escorrentía de 0,21 y 0,14 respectivamente. El coeficiente obtenido en nuestra primera estimación, practicada sobre el balance de La Laguna (0,19) se sitúa, como vemos, entre los calculados mediante el balance en la cuenca.

Por otra parte, un coeficiente de escorrentía de 0,19 está dentro de lo esperado si tenemos en cuenta que los obtenidos en cuencas prepirenaicas como las del Vero y del Alcanadre se sitúan en torno a 0,28 (GARCIA-RUIZ et Al. 1921). La diferencia se justifica por la mayor evapotranspiración en la cubeta del Ebro y las pendientes más suaves de la cuenca de La Laguna en comparación con las del borde prepirenaico. En aquella, la red de drenaje no está bien jerarquizada pues, salvo el barranco de Saso Verde y otras vales poco inscritas, el resto del territorio se halla sometido a arroyamiento difuso.

Estas consideraciones otorgan cierta confianza a nuestra primera estimación del coeficiente de escorrentía, situándolo alrededor de 0,19. Además, no permiten rechazar la hipótesis de partida según la cual, la cuenca topográfica de La Laguna coincidiría con la hidrológica, sin darse pérdidas ni ganancias de cuencas adyacentes.

3. EL BALANCE DE LA LAGUNA EN LA DECADA DE LOS SETENTA

A lo largo de los años setenta la superficie ocupada por La Laguna experimenta un aumento acelerado: las 98 Has. originales se convierten 124 en 1976 y 235 en 1978. Estos incrementos no pueden atribuirse a variaciones sustanciales en el régimen de precipitación, ya que la media para el período 1970-79 es de 458,5, muy próxima a la media general (405,9 mm). Se deben más bien a la introducción de un término nuevo en el balance, las aportaciones (A) de acequias con sobrantes de regadíos, de manera que la ecuación (1) se transforma en:

$$EL - PL - SC = A \quad (3)$$

Estimando *EL* y *PL* a partir de los datos de evaporación y precipitación del año correspondiente (Cuadro 1) y calculando *SC* en función del

coeficiente de escorrentía obtenido en el apartamento anterior (0,19), resulta que las aportaciones artificiales a la laguna pueden evaluarse en $0,152 \text{ Hm}^3$ para 1976 y $1,739 \text{ Hm}^3$ para 1978. Sin estos caudales artificiales, el exceso de evaporación retornaría La Laguna a sus dimensiones originales.

Cabe notar que la modificación del balance por la intervención humana provoca un cambio sustancial en la distribución de los aportes. Si en condiciones estacionarias la escorrentía representaba dos terceras partes de las aportaciones, y la precipitación sobre La Laguna, la tercera parte restante, en 1978, con una superficie lagunar de 235 Has., algo más de la mitad de las entradas correspondían a suministros artificiales, mientras que la escorrentía veía disminuir su participación al 22 %.

Hemos visto que el mantenimiento de una determinada superficie lagunar, juzgada deseable en los objetivos de planeamiento, exige el suministro artificial de un caudal capaz de equilibrar el exceso de evaporación. La magnitud de esas aportaciones puede calcularse fácilmente a partir de la ecuación (3). Para ello hemos estimado el término evapora-

Aportación anual
suplementaria (Hm^3)

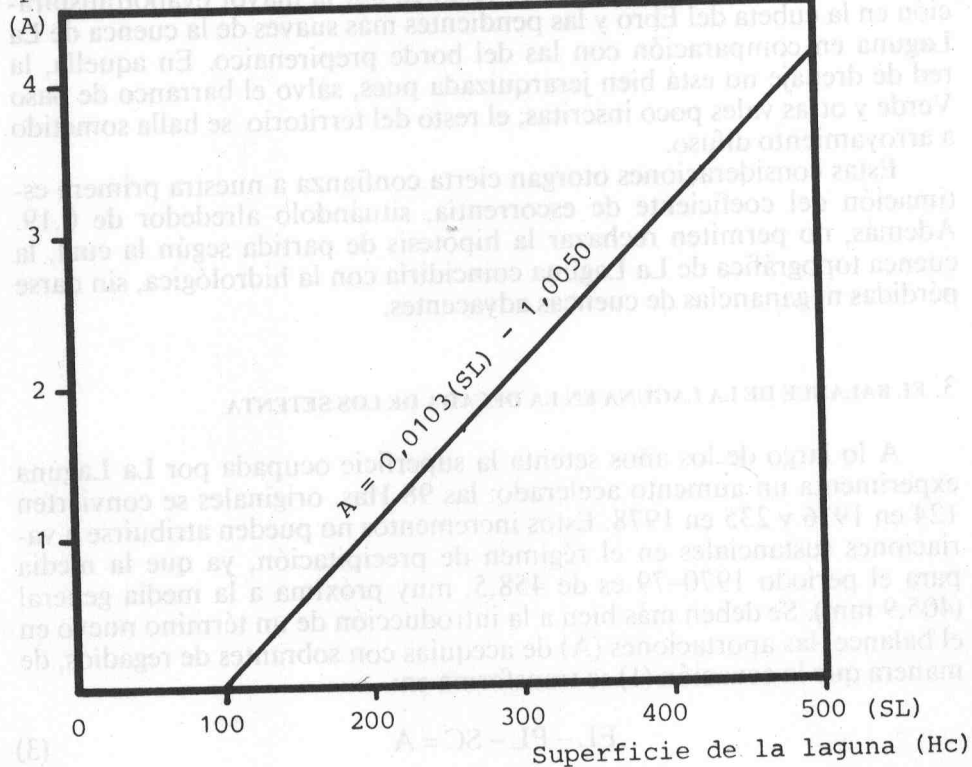


Fig. 1. Aportación anual suplementaria que se precisa para mantener diversas superficies de agua en La Laguna de Sariñena.

ción (EL) a partir de la media de Caspe multiplicada por el factor correctivo 0,8; el de precipitación (PL) mediante la media anual de Sariñena y el de escorrentía (SC) aplicando el coeficiente 0,19 a la lluvia recogida en la parte emergida de la cuenca. Los resultados se presentan en la figura 1, de cuya observación se desprende que, si apenas son necesarias aportaciones artificiales para mantener una superficie lagunar de 100 Has., ya precisamos suministrar 1 Hm³ adicional al año si pretendemos mantener una superficie de 200 Ha, mientras que para 300 Has., el caudal anual suplementario se convierte en 2 Hm³.

4. CONCLUSIONES

De este examen preliminar del balance hídrico de la laguna de Sariñena se desprenden las siguientes conclusiones:

- a) Los resultados obtenidos no permiten rechazar la hipótesis de partida, según la cual, coinciden prácticamente las cuencas topográfica e hidrológica, de manera que las pérdidas o ganancias a partir de cuencas adyacentes pueden considerarse despreciables.
- b) El coeficiente de escorrentía de la cuenca se estima en torno a 0,19.
- c) Las aportaciones artificiales por sobrantes de regadío, en 1978, se aproximaban a 1,7 Hm³/año, con tendencia creciente.
- d) En condiciones semejantes a las de 1978, la estabilidad de La Laguna pasa a depender fundamentalmente de la intervención humana, ya que más de la mitad de las aportaciones proceden de las acequias.
- e) El suministro de agua adicional que se precisa para mantener una determinada superficie lagunar viene determinado por la ecuación:

$$A = 0,0103 S - 1,0050$$

donde a es el caudal suplementario en Hm³/año y S, la superficie lagunar en Has.

5. PUBLICACIONES CITADAS

- CUSTODIO, E. y LLAMAS, M.R., 1976.- *Hidrología subterránea* (I). 1144 pags. Omega:Barcelona.
- GARCIA-RUIZ, J.M.; PUIGDEFABREGAS-TOMAS, J. y CREUS-NOVAU, J., 1981.- *Los recursos hídricos superficiales del Alto Aragón*. (224 pags. Instituto de Estudios Altoaragoneses: Huesca.
- MONTSERRAT, P., 1966.- «Vegetación de la cuenca del Ebro». *Publ. Centro pir. Biol. exp.*, 1(3): 22, Jaca.