

## ASPECTOS TEÓRICOS METODOLÓGICOS DE LA CUANTIFICACION DEL BALANCE HÍDRICO EN CUENCAS CARASICAS.

Iván Gonzáles Piedra \*  
José Evelio Gutiérrez \*

### RESUMEN

Es por todos los hidrólogos lo completo del cálculo del balance hídrico en cuencas con desarrollo cársico. El presente trabajo ofrece de forma simple y abreviada, algunos aspectos de orden teórico metodológico para el establecimiento del balance hídrico en este tipo de cuencas. Se hace referencia a las características que tiene en Cuba la relación funcional escurrimiento-lluvia, punto de partida importante y aspecto básico en todo balance, y muy en especial para el balance mensual; se hace el análisis por separado para el área afectada por el Carso para toda la cuenca en su conjunto. Este método de análisis ofrece grandes perspectivas para la cuantificación del balance hidrológico en estos tipos de unidades y en consecuencia para el pronóstico de los recursos hídricos de las mismas.

En caso concreto del balance hídrico en cuencas hidrológicas superficiales (CHS), además del rasgo anterior, se hace particularmente importante el periodo de tiempo considerando, puesto que al tratarse de procesos y fenómenos hidrólogo-meteorológicos de los componentes del balance, ocurre que para periodo de tiempo relativamente cortos, algunos procesos como los cambios de almacenamientos, A) se encuentran en una etapa determinada que por su importancia cuantitativa deben considerarse dentro del balance. Sistematizando para una CHS del balance está dado por la expresión:

$$A = P - (R + E) \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

- P.- lluvia promedio (mm)
- R.- escurrimiento promedio (mm)
- E.- evaporación total promedio (mm).

En el caso particular de considerar el valor promedio de cada componente del balance P, R y E como valores representativos para una cuenca, estaríamos en presencia del modelo simple o ecuación típico-representativa del periodo hiperanual, dando por sentado un promedio anual para muchos años de observaciones. Para este modelo específico los cambios de almacenamiento dados por las desigualdades cuantitativas de años secos y años húmedos (al desarrollarse un balance promedio hiperanual) tenderían a igualarse, mientras mayor es el número de años, en pocas palabras, sigue el mismo principio

---

\* FACULTAD DE GEOGRAFÍA, UNIVERSIDAD DE LA HABANA, CUBA.

estadístico del teorema central del límite, quedando la ecuación, para este caso, como sigue:

Si  $A \rightarrow \infty$

$$\text{Entonces: } P = R + E \dots \dots \dots (2)$$

Cuando  $A$  tiende a infinito.

En el caso particular de CHS con desarrollo cársico, y en nuestra experiencia para la zona tropical (y específicamente para Cuba), también es aplicable de un modo general la ecuación (2), aunque se deben tener en cuenta los detalles y principios que se explican más adelante.

Puede asumirse que el humedecimiento del suelo provocado por las lluvias para casi de inmediato a la atmósfera (a través de la evaporación de las capas superiores) y la otra parte (relativamente menor) se infiltra, convirtiéndose con relativa rapidez en componente subterránea del escurrimiento ( $u$ ). Debido a esto se hace posible entender que la ecuación (2) pueda emplearse, con alguna modificación, en el balance mensual de cuencas con desarrollo cársico.

De acuerdo con lo anterior, el balance en este tipo de cuencas se describe como sigue:

### 1.- PREMISAS

Área total de la cuenca  $A \text{ Km}^2$

Área afectada por el Carso  $F_R A. \text{ Km}^2$

Área no afectada por el Carso  $(1 - F_R)A \text{ Km}^2$

Siendo  $F$ , parte de la cuenca  $A$  afectada por el Carso  
( $1 \rightarrow F_R > 0$ )

### 2.- ESTABLECIMIENTO DEL BALANCE HÍDRICO MENSUAL

área no cársica  $(1 - F_R) A$ :

El balance hídrico para el Área no cársica puede describirse así:

$$P_T = R_{OT} + E_{OT} \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

$P_T$  = lluvia total mensual para el mes  $T$

$R_{OT}$  = escurrimiento total mensual para el mes  $T$

$E_{OT}$  = evaporación total mensual para el mes  $T$

Como se conoce que para las condiciones física-geográficas de Cuba, especialmente las de tipo hidrometeorológicas, existe una relación muy estrecha entre el escurrimiento y las lluvias correspondientes a la CHS, dicha relación, generalmente lineal tiene la forma:

$$R_{OT} = a_0 + b_0 P_T \dots\dots\dots (4)$$

Si tenemos en cuenta la validez ya comenzada de la ecuación (2) para estos casos, podemos plantear que la evaporación total de esta parte de la cuenca puede considerarse como sigue.

$$E_{OT} = a_0 + (1 - b_0)P_T \dots\dots\dots (5)$$

Donde  $a_0$  y  $b_0$  son el intercepto de la recta  $R_{OT} = F(P_T)$  y su pendiente, respectivamente.

b. Área cársica  $f_R$  A:

El balance hídrico en el área cársica puede describirse así

$$P_T = R_{RT} + E_{RT} + I_{RT} \dots\dots\dots (6)$$

Donde  $I_{RT}$  = infiltración total en el área cársica

Simplificando y asumiendo que  $I_{RT}$  aumenta con el aumento de la lluvia  $P_T$  :

$$I_{RT} = K P_T + A \dots\dots\dots (7)$$

Donde  $K$  debe considerarse el coeficiente de infiltración en el Carso, es decir, la parte de  $P$  que penetra directamente en este. Por tanto  $1 > 0$  y  $A$  representa la pérdida inicial del escurrimiento en el área cársica.

Para el cálculo del escurrimiento en el área cársica  $R_R$  puede considerarse la formula siguiente:

$$R_{RT} = R_{OT} - A = -(a_0 + A) + b_0 P_T \dots\dots\dots (8)$$

Considerando la posibilidad de despejar la evaporación del área cársica  $E_{RT}$  de la formula (6), esta queda así:

$$E_{RT} = P_T - R_{RT} - I_{RT} = a_0 + (1 - b_0 - K) P_T \dots\dots\dots (9)$$

C. de toda la cuenca.

El escurrimiento total puede calcularse según las formulas (4) y (8):

$R_T = R_{OT} + R_{RT} = (1 - f_R) R_{OT} + f_R R_{RT}$  que substituyendo por sus expresiones lineales sería:

$$R_T = (1 - f_R) (-a_0 + b_0 P_T) + f_R (-(a_0 + A) + b_0 P_T) \dots\dots\dots (10)$$

La evaporación total puede calcularse según las formulas (5) y (9):

$E_T = E_{OT} + E_{RT} = (1 - f_R) E_{OT} + f_R E_{RT}$  que sustituyéndolas por sus respectivas expresiones lineales sería:

$$E_T = (a_O + (1 - b_O) P_T) + (a_O + (b_O - k) P_T)$$

Y que simplificando quedaría de esta forma:  $E_T = a_O + (1 - b_O) P_T - K f_R P_T \dots\dots$   
(11)

La lámina total en el Carso  $I_T$  tiene diferentes vías, entre las principales  $I_{RT}$  ya analizada. No obstante existen otras que dependen de la ubicación relativa del área afectada por el carso dentro de la cuenca, que no abordaremos en el presente trabajo por requerir una explicación más detallada y compleja.