

## BALANCE HIDRICO

Partiendo del conocimiento de las precipitaciones medias mensuales y de la evapotranspiración mensual estimada, podemos estudiar el balance del agua en el suelo a lo largo del año. El conocimiento del balance de humedad (balance hídrico) es necesario para definir la falta y excesos de agua y es de aplicación para las clasificaciones climáticas, definir la hidrología de una zona y para la planificación hidráulica. En este tema abordaremos el método de estimación del balance hídrico directo y exponencial. En el método directo el agua del suelo se va perdiendo mes a mes hasta agotar la reserva para poder cubrir las necesidades de agua (evapotranspiración). En el método exponencial, la reserva de humedad del suelo se va agotando exponencialmente, la pérdida de agua durante el período seco se ajusta a una exponencial negativa de manera que cuanto más seco está el suelo más difícil es extraer el agua y, por tanto, más difícil es llegar a la evapotranspiración.

### METODO DIRECTO

El balance hídrico consiste en definir mes a mes los siguientes parámetros (en mm):

P	: precipitación media o mediana mensual
ET	: evapotranspiración (potencial o de referencia)
P-ET	: diferencia entre la P y la ET
R	: reserva
VR	: variación de la reserva
ETR	: evapotranspiración real
F	: falta
Ex	: exceso
D	: drenaje

A continuación analizaremos los diferentes parámetros.

#### - P-ET

Es el balance mensual de entradas y salidas potenciales de agua del suelo. La diferencia nos clasifica los meses en secos ( $P-ET < 0$ ) y en húmedos ( $P-ET > 0$ ) según las entradas superen o no a las salidas potenciales.

#### - R, reserva del suelo

Cuando en un mes se produzcan más entradas que salidas, ( $P > ET$ ) el agua sobrante pasará a engrosar la reserva del suelo; por el contrario, cuando las salidas sean mayores que las entradas se reducirá la reserva del suelo.

Sin embargo, el suelo tiene una capacidad de retención de humedad en función de sus características físicas y cuando se alcance la capacidad de retención máxima del suelo, el agua añadida "en exceso" escurrirá superficialmente o en profundidad. Por tanto debemos exponer el concepto de reserva máxima o cantidad de agua por unidad de superficie (mm) que el suelo es capaz de almacenar en su perfil.

Como referencia climática se toma una reserva máxima de 100 mm. El valor se toma como referencia climática para comparaciones entre distintas zonas (independientemente del suelo y vegetación). Thornthwaite y Mather, 1955, dieron valores de reserva máxima entre 50 y 400; por otro lado Thornthwaite, 1948, en su clasificación climática utilizó como referencia climática la reserva de 100 mm, y Turc en su índice de productividad agrícola emplea una reserva de 100 mm (RFU = "reservoir facilement utilisable").

Si queremos modelizar la realidad, desde un punto de vista edafológico, o para regadío, podemos calcular para cada horizonte del suelo (y para la suma de todos hasta la profundidad efectiva del perfil edáfico) la capacidad para retener agua como diferencia entre el contenido de agua a capacidad de campo y en el punto de marchitamiento

o estimarlo en función de las respectivas texturas.

Si consideramos también la vegetación, la profundidad del suelo donde tienen lugar las pérdidas por evapotranspiración viene definida por la profundidad del sistema radicular de la vegetación y, por tanto, la reserva máxima será la capacidad del suelo para retener agua hasta esa profundidad.

En el balance hídrico, la reserva del mes se calcula agregando los incrementos (P-ET) cuando estos son positivos. Así la reserva en el mes "i" (en función de la del mes anterior "i-1") será:

$$R_i = \begin{cases} R_{i-1} + (P_i - ET_i) & \text{si } 0 < R_{i-1} + (P_i - ET_i) < R_{\text{máx}} \\ R_{\text{máx}} & \text{si } R_{i-1} + (P_i - ET_i) > R_{\text{máx}} \\ 0 & \text{si } 0 > R_{i-1} + (P_i - ET_i) \end{cases}$$

Los valores de la reserva se irán acumulando mes a mes en el período húmedo, según los incrementos P-ET > 0, y disminuirán al llegar el período seco, decreciendo mes a mes según los valores mensuales P-ET < 0. Como hemos visto, la reserva nunca tendrá como valor uno mayor que la reserva máxima, ni un número negativo.

Como se aprecia en la fórmula, necesitamos la reserva del mes anterior para comenzar el cálculo de la reserva, por ello, asignamos un valor hipotético a un mes y realizamos ciclos anuales de cálculo (aunque el cuadro del balance hídrico tenga un mes inicial y otro final) hasta que la hipótesis de que partimos se confirme al final del ciclo. A efectos de cálculo, se suele suponer que después del período seco la reserva del suelo es nula, en consecuencia se empieza el cálculo de "R" con el primer mes húmedo y se asigna al mes anterior una reserva nula. Si, tras los cálculos, al final del período seco quedase agua en el suelo, se deberán recalcular las reservas agregando la reserva existente al final del período seco a las reservas del período húmedo. Si de nuevo se modificase la reserva del último mes seco se volvería a calcular otra vez la reserva.

Si todos los meses son húmedos podemos utilizar los supuestos anteriores, pero en todo caso llegaremos a que la reserva es igual a la reserva máxima para todos los meses. Por el contrario, si todos los meses son secos la reserva será nula en todos los meses.

#### - VR: variación de la reserva

Es la diferencia entre la reserva del mes en el que estamos realizando el cálculo y la reserva del mes anterior:

$$VR_i = R_i - R_{i-1}$$

#### - ETR: evapotranspiración real

Aunque según el clima habrá una capacidad potencial de evapotranspirar la evapotranspiración potencial sólo se podrá evapotranspirar tal cantidad si hay agua disponible. La evapotranspiración real es el volumen de agua que realmente se evapotranspira en el mes dependiendo de que haya suficiente agua disponible para evaporar y así llegar a la ET potencial o de referencia o no (por tanto, la ET<sub>i</sub> es siempre mayor o igual a la ETR<sub>i</sub>). El agua disponible para evaporar será la que cae como precipitación en el mes considerado y la existente en la reserva del suelo.

En el período húmedo, al cubrir la precipitación la demanda potencial la ET real es igual a la potencial; es decir,

$$ETR_i = ET_i$$

En el período seco, el agua que se evapora será el agua de precipitación más la que extraemos del suelo ó

variación de la reserva (la reserva que nos queda menos la que teníamos el mes anterior, como tendrá signo negativo se toma el valor absoluto); es decir:

$$ETR_i = P_i + |VR_i|$$

- F: falta de agua

Es el volumen de agua que falta para cubrir las necesidades potenciales de agua (para evaporar y transpirar).

Por tanto, la falta de agua es:  $F_i = ET_i - ETR_i$ .

- Ex: exceso de agua

Es el agua que excede de la reserva máxima y que se habrá perdido por escorrentía superficial o profunda. Por tanto:

$$\begin{aligned} Ex_i &= [P_i - ET_i - VR_i] && \text{si } (P_i - ET_i) > 0 \\ Ex_i &= 0 && \text{si } (P_i - ET_i) \leq 0 \end{aligned}$$

Como es lógico sólo puede haber exceso si la precipitación ha compensado previamente la ET, es decir, en los meses húmedos.

- D: desagüe

Algunos autores usan "D" como déficit de agua, que nosotros hemos llamado falta -"F"- y "Ds" como desagüe. El exceso de agua se dirigirá hacia los niveles de aguas freáticas y los ríos. Thornthwaite propuso que el 50 % del excedente de agua de un mes se escurra hacia los ríos durante el mes en cuestión y el resto se infiltra hacia las capas profundas. Así tenemos:

$$D_i = 0,5 \cdot [D_{i-1} + Ex_i]$$

La regla adoptada es simple: un cuarto del excedente de un mes se escurra durante el mes siguiente, un octavo durante el tercer mes, un dieciseisavo el cuarto mes, y así sucesivamente. El valor adoptado del 50% (0,50) puede diferir en períodos cortos del mes o superficies pequeñas, así para pequeñas cuencas de New Jersey, Mather propuso el valor del 75% (multiplicar por 0,75).

En el caso de que exista nieve (se puede modelizar con  $t_m < -1^\circ\text{C}$ ), habrá que estimar el volumen de nieve acumulado. Se admite que en localidades con altitud superior a 1600 m en el primer mes siguiente a la nevada escurra el 10%, el segundo mes el 25% y los restantes el 50%; en localidades con altitudes inferiores, el primer mes escurra el 10% y los siguientes el 50% (López Cadenas y Mintegui, 1986).

Ejemplo

Balance hídrico mediante el método directo, con la ETP según Thornthwaite y una reserva máxima de 100 mm.

BALANCE HIDRICO (Método directo)

P media; ETP según Thornthwaite; R<sub>máx</sub> = 100 mm.

	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>
P	75	78	116	77	59	88	50	60	36	8	18	32
ET	47	29	22	26	30	40	45	60	78	91	92	71
P-ET	28	49	94	51	29	48	5	0	-42	-83	-74	-39
R	28	77	100	100	100	100	100	100	58	0	0	0
VR	28	49	23	0	0	0	0	0	-42	-58	0	0
ETR	47	29	22	26	30	40	45	60	78	66	18	32
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	74	39
E <sub>x</sub>	0	0	71	51	29	48	5	0	0	0	0	0
D	0	0	35	43	36	42	23	11	5	2	1	0