



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE PREPARATORIA AGRÍCOLA
ÁREA DE AGRONOMÍA

CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO POR EL MÉTODO DE THORNTHWAITE



Sistemas de Producción Agrícola



Sistemas
de Producción
Agrícola

Elías Jaime Matadamas Ortiz

En este documento describiremos los pasos para realizar el cálculo del balance hídrico por el método de Thornthwaite que nos permite caracterizar el clima de cualquier lugar y además nos brinda una información valiosa de la dinámica de las relaciones agua-suelo-atmósfera, la cual a su vez es importante para tomar decisiones técnicas en el manejo agronómico de los sistemas de producción agrícola.

El balance hídrico, o también llamado balance de humedad, es necesario para determinar los déficits o excesos de agua en el suelo, tomando como base los datos de **precipitación mensual** y los de la **evapotranspiración potencial (ETP)**, estos últimos previamente calculados.

1. Elaborar la tabla de datos de precipitación y ETP.

En nuestro caso partiremos de los datos de precipitación y ETP de la localidad de Chapingo, México:

Mes	Precipitación (mm)	ETP (mm)
Enero	12.1	40.48
Febrero	7.7	43.84
Marzo	14.5	65.15
Abril	30.3	76.77
Mayo	54.2	87.67
Junio	104.8	82.44
Julio	125.5	77.15
Agosto	114.1	74.87
Septiembre	91.5	67.72
Octubre	46.2	60.42
Noviembre	11.9	47.74
Diciembre	5.7	40.76
	618.5	765.01

2. Obtener los valores de la precipitación útil (Pu).

Para calcular los valores de la precipitación útil (Pu) de cada mes del año procedemos a restarle al valor de precipitación mensual, el valor de la ETP del mes en cuestión.

$$Pu = P - ETP$$

Así, para el mes de enero en Chapingo, Méx., tenemos:

$$P_u = P_{\text{ENERO}} - ETP_{\text{ENERO}} = 12.1 - 40.48 = -28.38$$

Los valores de la precipitación útil pueden resultar negativos o positivos. Cuando se obtiene un valor negativo de precipitación útil es indicativo que en ese mes la ETP sobrepasa a la precipitación. Cuando los valores son positivos significa que en esos meses la precipitación es mayor que la ETP.

Mes	Precipitación (mm)	ETP (mm)	Pu (mm)
Enero	12.1	40.48	-28.38
Febrero	7.7	43.84	-36.14
Marzo	14.5	65.15	-50.65
Abril	30.3	76.77	-46.47
Mayo	54.2	87.67	-33.47
Junio	104.8	82.44	22.36
Julio	125.5	77.15	48.35
Agosto	114.1	74.87	39.23
Septiembre	91.5	67.72	23.78
Octubre	46.2	60.42	-14.22
Noviembre	11.9	47.74	-35.84
Diciembre	5.7	40.76	-35.06
	618.5	765.01	

3. Identificar el mes de inicio del año hidrológico del sitio de estudio y calcular las reservas para cada mes del año.

El año hidrológico del sitio comienza con el mes en el que la precipitación es mayor que la ETP ($P > ETP$), después de un periodo en el que la ETP fue mayor que la precipitación ($P < ETP$). En otras palabras, el año hidrológico da inicio en el mes cuando se presenta el **primer valor positivo de precipitación útil**, después que lo han precedido meses con valores negativos de precipitación útil.

En sitios donde llueve todo el año y todos los meses presentan datos de precipitación útil positivos, es decir, que a lo largo del año siempre los valores de precipitación mensual son mayores que la ETP; entonces podemos determinar el inicio del año hidrológico en el mes de enero.

En nuestro caso de estudio para Chapingo, Méx., el año hidrológico inicia en el mes de **junio** (con un valor de precipitación útil positivo de 22.36 mm).

EN ESTE MES DE INICIO DEL AÑO HIDROLÓGICO ES CUANDO INICIAMOS EL CÁLCULO DE LAS RESERVAS.

La reserva del primer mes del año hidrológico es igual al valor de la precipitación útil de ese mes.

Mes	Precipitación (mm)	ETP (mm)	Pu (mm)	RESERVA (mm)
Enero	12.1	40.48	-28.38	
Febrero	7.7	43.84	-36.14	
Marzo	14.5	65.15	-50.65	
Abril	30.3	76.77	-46.47	
Mayo	54.2	87.67	-33.47	
Junio	104.8	82.44	22.36	22.36
Julio	125.5	77.15	48.35	
Agosto	114.1	74.87	39.23	
Septiembre	91.5	67.72	23.78	
Octubre	46.2	60.42	-14.22	
Noviembre	11.9	47.74	-35.84	
Diciembre	5.7	40.76	-35.06	
	618.5	765.01		

La reserva del mes de julio es la suma de la precipitación útil del mes de julio más la reserva del mes de junio:

$$Pu_{\text{JULIO}} = 48.35 \text{ mm} \quad RESERVA_{\text{JUNIO}} = 22.36 \text{ mm}$$

$$RESERVA_{\text{JULIO}} = 48.35 + 22.36 = 70.71 \text{ mm}$$

El suelo es un reservorio de agua y su capacidad de almacenamiento depende de sus características físicas y biológicas (textura, estructura, densidad aparente, porcentaje de porosidad, drenaje, contenido de materia orgánica, contenido de humus, etc). Esta capacidad máxima de retención de agua aprovechable por las plantas se define por un índice técnico denominado como constante de humedad a capacidad de campo (CC), que determina **la máxima cantidad de agua aprovechable por las plantas o agua capilar que un suelo puede retener a una cierta profundidad.**

La determinación de la constante de humedad a capacidad de campo, así como otros parámetros de humedad de suelo se realizan en laboratorio, y cada suelo podrá tener mayor o menor capacidad de almacenamiento de agua.

Para fines prácticos, nosotros decidimos fijar en 100 mm esa capacidad de campo. Lo anterior significa que, en nuestro caso, la máxima capacidad de almacenamiento de agua del suelo es de 100 mm. Una vez que se ha llegado a esa capacidad, las cantidades de agua adicionales se contabilizarán como **EXCEDENTES**.

Mes	Precipitación (mm)	ETP (mm)	Pu (mm)	RESERVA (mm)	DÉFICIT (mm)	EXCENTE (mm)	ETR (mm)
Enero	12.1	40.48	-28.38	0	13.5	0	26.98
Febrero	7.7	43.84	-36.14	0	36.14	0	7.7
Marzo	14.5	65.15	-50.65	0	50.65	0	14.5
Abril	30.3	76.77	-46.47	0	46.47	0	30.3
Mayo	54.2	87.67	-33.47	0	33.47	0	54.2
Junio	104.8	82.44	22.36	22.36	0	0	82.44
Julio	125.5	77.15	48.35	70.71	0	0	77.15
Agosto	114.1	74.87	39.23	100	0	9.94	74.87
Septiembre	91.5	67.72	23.78	100	0	23.78	67.72
Octubre	46.2	60.42	-14.22	85.78	0	0	60.42
Noviembre	11.9	47.74	-35.84	49.94	0	0	47.74
Diciembre	5.7	40.76	-35.06	14.88	0	0	40.76
	618.5	765.01			180.23	33.72	584.78

La reserva del mes de agosto resulta de la suma de la precipitación útil de ese mismo mes y la reserva del mes de julio:

$$Pu_{\text{AGOSTO}} + RESERVA_{\text{JULIO}} = 39.23 + 70.71 = 109.94 \text{ mm}$$

No obstante, como se tratan de reservas de agua en el suelo y la máxima cantidad de agua que el suelo puede almacenar es de 100 mm, la reserva de agosto serán esos 100 mm y el resto se contabilizará como excedente. **Por lo tanto, para el mes de agosto tendremos una reserva de 100 mm y un excedente de 9.94 mm.**

La reserva de septiembre será de 100 mm que se ha acompletado en agosto, y la precipitación útil de septiembre pasará a contabilizarse completamente como excedente de ese mismo mes.

La reserva del mes de octubre resulta de restarle a la reserva de septiembre (100 mm) la precipitación útil negativa de octubre.

$$\text{RESERVA}_{\text{SEPTIEMBRE}} - P_{u \text{ OCTUBRE}} = 100 - 14.22 = 85.78 \text{ mm}$$

La reserva de noviembre es la reserva del mes de octubre menos la precipitación útil negativa de noviembre:

$$\text{RESERVA}_{\text{OCTUBRE}} - P_{u \text{ NOVIEMBRE}} = 85.78 - 35.84 = 49.94 \text{ mm}$$

La reserva del mes de diciembre es la reserva de noviembre menos la precipitación útil negativa de noviembre:

$$\text{RESERVA}_{\text{NOVIEMBRE}} - P_{u \text{ DICIEMBRE}} = 49.94 - 35.06 = 14.88 \text{ mm}$$

La reserva del mes de enero la calcularemos partiendo de la reserva de diciembre restándole la precipitación útil negativa de enero. Como la precipitación útil negativa de enero es mayor que la reserva de diciembre; **nos quedaremos sin reserva en este mes**. Ya que el suelo se ha quedado sin agua y contabilizaremos un **déficit**.

$$\text{RESERVA}_{\text{DICIEMBRE}} - P_{u \text{ ENERO}} = 14.88 - 28.38 = - 13.5 \text{ mm}$$

A partir del mes de enero ya no contamos con reservas y la precipitaciones útiles negativas pasarán a contabilizarse netamente como déficits, hasta el mes de junio cuando la precipitación es mayor que la ETP.

4. Calcular la evapotranspiración real (ETR)

Para el cálculo de la evapotranspiración real (ETR) se procede siguiendo las siguientes reglas de decisión:

- 1) En los meses en los cuales **NO HAY DÉFICITS (0)**, la evapotranspiración real es igual a la evapotranspiración potencial: $\text{ETR} = \text{ETP}$.
- 2) En los meses en los cuales **SE HAN CONTABILIZADO DÉFICITS (>0)**:

* Cuando hay reservas en el mes anterior que no haya presentado déficit, la evapotranspiración real es igual a la precipitación de ese mes más la reserva del mes anterior que no presentó déficit.

$$ETR_{\text{ENERO}} = \text{PRECIPITACIÓN}_{\text{ENERO}} + \text{RESERVA}_{\text{DICIEMBRE}}$$

$$12.1 + 14.88 = 26.98 \text{ mm}$$

* En los meses subsiguientes la evapotranspiración real es igual a la precipitación

$$ETR = P$$

Los valores de evapotranspiración potencial, déficits y excedentes serán útiles para el cálculo de los índices que permitirán caracterizar los climas de acuerdo a la clasificación climática de Thornhtwaite.