

Evapotranspiración y balance hídrico

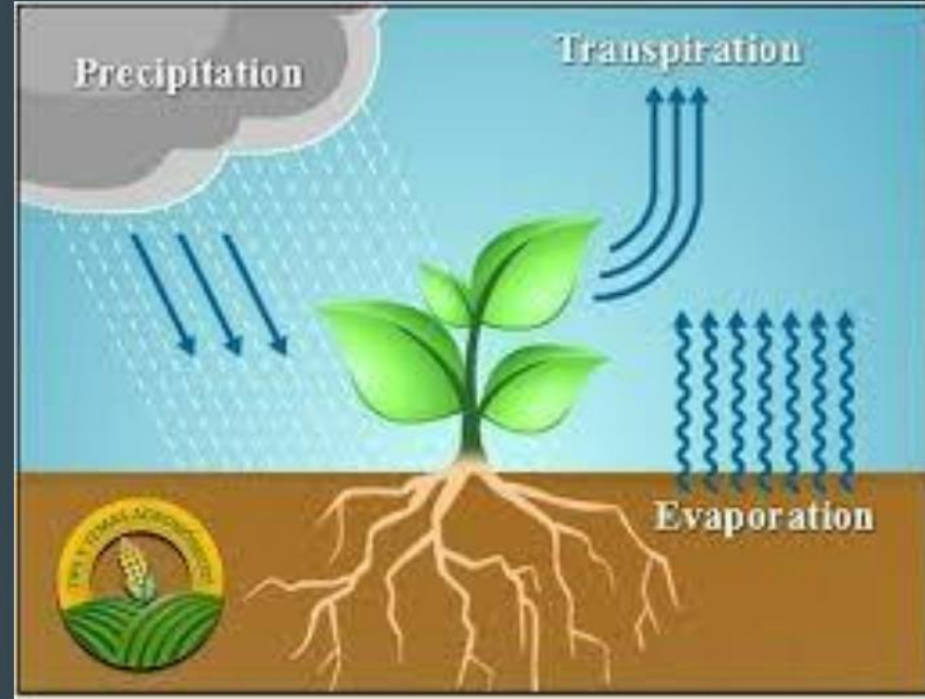


Climatología 2023

¿Qué es la evapotranspiración?

Evaporación: Proceso por el que el agua pasa de estado líquido a vapor a una temperatura menor al punto de ebullición.

Transpiración: Proceso por el cual el agua de la vegetación es transferida a la atmósfera en forma de vapor.

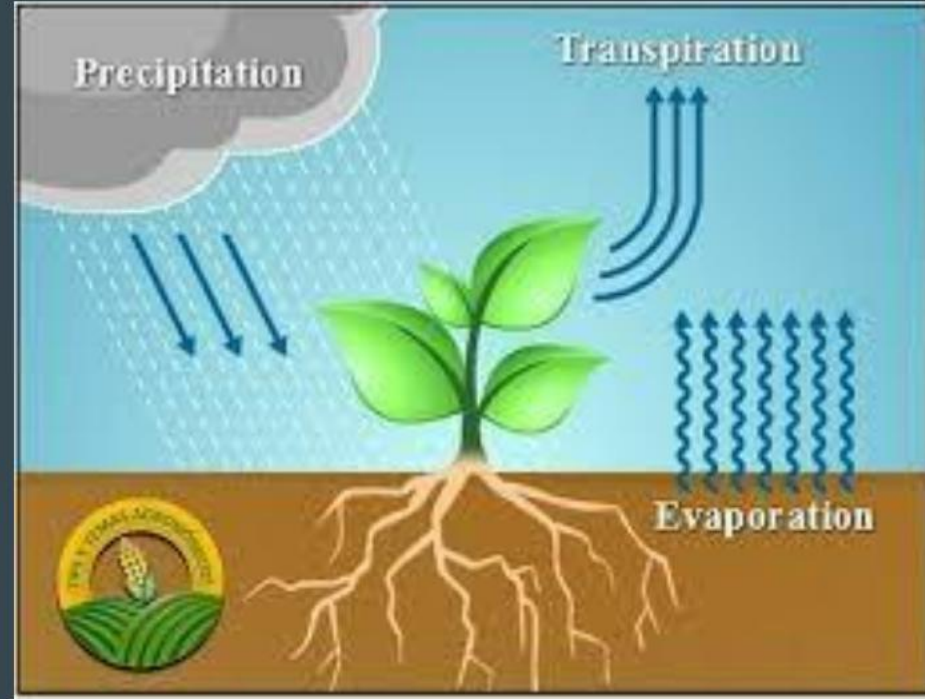


¿Qué es la evapotranspiración?

Evaporación: Proceso por el que el agua pasa de estado líquido a vapor a una temperatura menor al punto de ebullición.

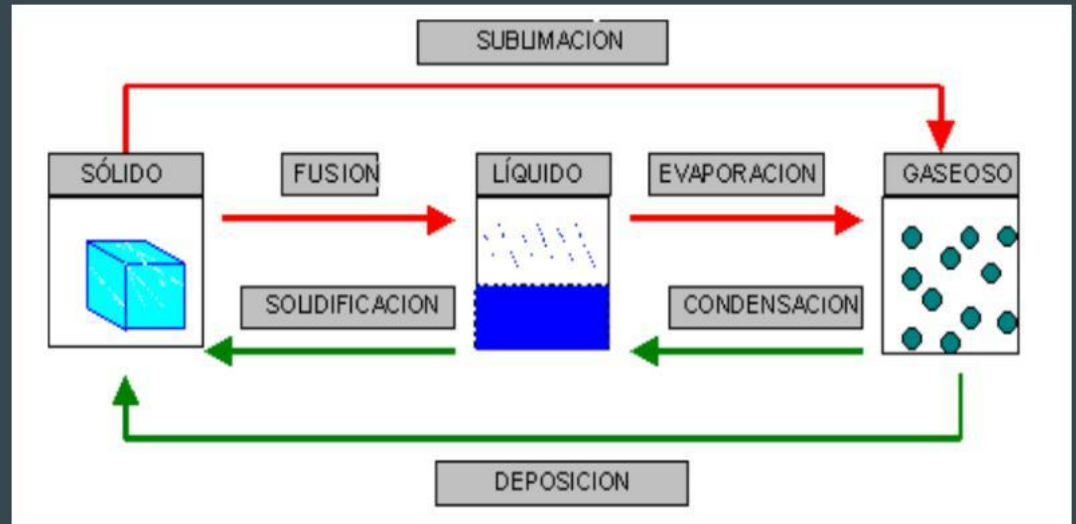
Transpiración: Proceso por el cual el agua de la vegetación es transferida a la atmósfera en forma de vapor.

Evapotranspiración: Proceso por el que el agua es transferida a la atmósfera desde el suelo por evaporación y desde la vegetación por transpiración.



Concepto de evaporación

Ebullición $\neq$ Evaporación



Factores que influyen en la evapotranspiración

Poder evaporante: es la cantidad de agua que la atmósfera es capaz de absorber si dispone de toda el agua necesaria, bajo determinadas condiciones meteorológicas.

Factores meteorológicos:

- **Temperatura:** mayor temperatura → mayor tasa de evaporación
- **Radiación solar:** más radiación → más temp
- **Humedad relativa:** mayor HR → menor capacidad de absorber vapor
- **Velocidad del viento:** más viento → mayor efecto “barrido”

Evaporación:

Es la cantidad de agua que puede ser evaporada por una superficie de agua pura, por unidad de área, de tiempo y bajo las condiciones atmosféricas.

Es una magnitud difícil de medir y no se ha podido encontrar un proceso representativo de las condiciones medias de un lugar.

Instrumentos que miden la evapotranspiración directamente:

- Tanque de evaporación
- Evaporímetro de piche

Tanque de evaporación

- Diámetro 1.20m
- $h=0.25\text{m}$
- Anemómetro
- Pluviómetro

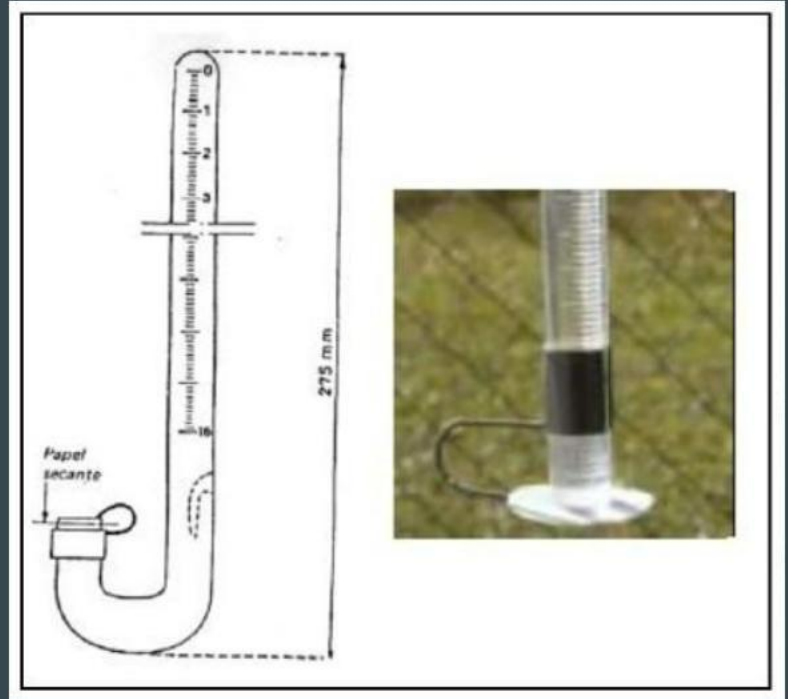


Evaporímetro Piche

Tubo de 1 cm de diámetro, abierto en un extremo y tapado en el otro. Se rellena con agua destilada.

Relación con tanque:

$E_{\text{vap. tanque}} = E_{\text{vap. Piche}} \cdot 0.8$



Evapotranspiración Potencial (ETP) y Evapotranspiración Real (ETR)

ETP:

Es la máxima cantidad posible de agua que perdería el suelo por evaporación y transpiración, suponiendo que este estuviera saturado.

ETR:

Es la que se produce realmente bajo las condiciones meteorológicas, de humedad de suelo y de vegetación existente en un lugar y en un período dado.

Evapotranspiración Potencial (ETP) y Evapotranspiración Real (ETR)

ETP: Es la máxima cantidad posible de agua que perdería el suelo por evaporación y transpiración, suponiendo que este estuviera saturado.

ETR: Es la que se produce realmente bajo las condiciones meteorológicas, de humedad de suelo y de vegetación existente en un lugar y en un período dado.

$$ETR \leq ETP$$

Medida de la evapotranspiración

No se mide directamente, se despeja de las relaciones originadas por el **balance hídrico**.

Lisímetro: recipiente enterrado y cerrado de forma que el agua drenada es acumulada en el drenaje.

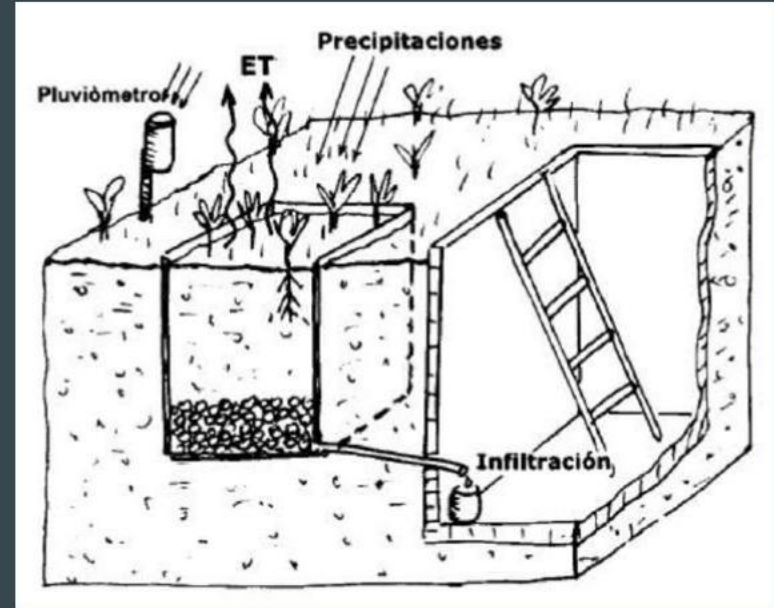
$$RR + \text{riego} = ETR + I + dA$$

RR: Precipitación

ETR: Evapotr real

I: infiltración

dA: Almacenamiento



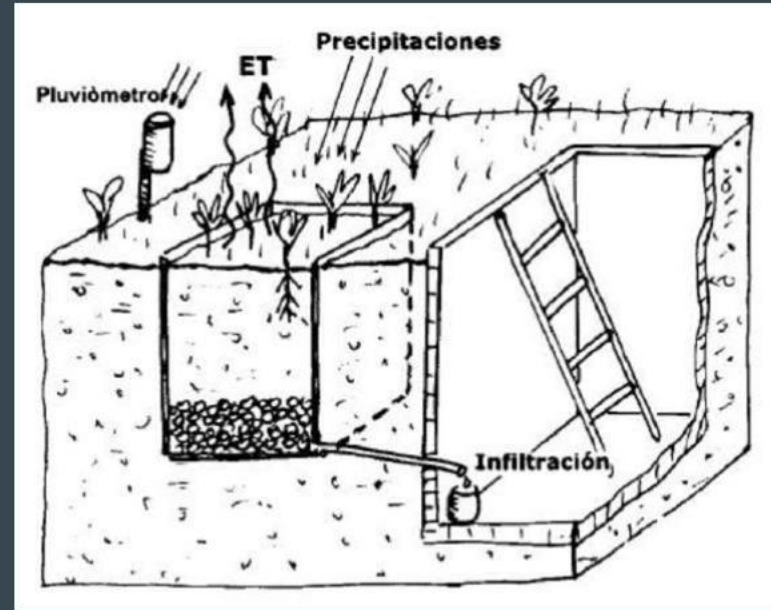
HN

Medida de la evapotranspiración

Medir la ETP es más fácil de medir porque no hay que preocuparse por dA.

$$RR + \text{Riego} = ETP + I$$

RR: Precipitación
ETR: Evapotr real
I: infiltración



Métodos para el cálculo de ETP

MÉTODOS INDIRECTOS	FORMULA	PARÁMETROS
Holdridge	$ETP_{mensual} = \frac{58,93 * tm * Ndm}{Ndaño}$	ETP mensual (mm)
		Ndm = Total días del mes
		tm = Temperatura media mensual
		Ndaño = Total días del año

Métodos para el cálculo de ETP

MÉTODOS INDIRECTOS	FORMULA	PARÁMETROS
Thornthwaite	$ETP_{sin\ corr.} = 16 \left(\frac{10 \cdot t}{I} \right)^a$	$ETP_{sin\ corr.} = \text{ETP mensual en mm/mes}$
		$t = \text{temperatura media mensual, } ^\circ\text{C}$
		$I = \text{índice de calor anual}$ $I = \sum i$
		$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1,514}$
	$ETP = ETP_{sc} \left(\frac{N * d}{365} \right)$	$ETP = \text{Evapotranspiración potencial corregida}$ $N = \text{número máximo de horas de sol,}$ $d = \text{número de días del mes}$
	$a = 0,000000675 * I^3 - 0,0000771 * I^2 + 0,01792 * I + 0,49239$	

Métodos para el cálculo de ETP

APÉNDICE 4

Número máximo de horas de sol (Doorenbos y Pruitt, 1977)

Lat. Norte	En	Feb	Mar	Abr	May	Jn	Jul	Ag	Sep	Oc	Nov	Dic
Lat Sur	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
50	8,5	10,1	11,8	13,8	15,4	16,3	15,9	14,5	12,7	10,8	9,1	8,1
48	8,8	10,2	11,8	13,6	15,2	16,0	15,6	14,3	12,6	10,9	9,3	8,3
46	9,1	10,4	11,9	13,5	14,9	15,7	15,4	14,2	12,6	10,9	9,5	8,7
44	9,3	10,5	11,9	13,4	14,7	15,4	15,2	14,0	12,6	11,0	9,7	8,9
42	9,4	10,6	11,9	13,4	14,6	15,2	14,9	13,9	12,9	11,1	9,8	9,1
40	9,6	10,7	11,9	13,3	14,4	15,0	14,7	13,7	12,5	11,2	10,0	9,3
35	10,1	11,0	11,9	13,1	14,0	14,5	14,3	13,5	12,4	11,3	10,3	9,8
30	10,4	11,1	12,0	12,9	13,6	14,0	13,9	13,2	12,4	11,5	10,6	10,2
25	10,7	11,3	12,0	12,7	13,3	13,7	13,5	13,0	12,3	11,6	10,9	10,6
20	11,0	11,5	12,0	12,6	13,1	13,3	13,2	12,8	12,3	11,7	11,2	10,9
15	11,3	11,6	12,0	12,5	12,8	13	12,9	12,6	12,2	11,8	11,4	11,2
10	11,6	11,8	12,0	12,3	12,6	12,7	12,6	12,4	12,1	11,8	11,6	11,5
5	11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,4	12,3	12,3	12,1	12,0	11,9	11,8
0° Ecuador	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1

Una versión más moderna y más detallada de esta tabla se encuentra en Allen et al. (1988)
<http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e0j.htm#annex%202.%20meteorological%20tables>

Cálculo de la ETP según Thornthwaite.

1. Cálculo del índice de calor mensual (i)
2. Cálculo del Índice de calor anual (I)
3. Cálculo del exponente (a)
4. Cálculo de la ETP sin corregir
5. Complementar las horas de sol según latitud
6. Complementar el total días del mes
7. Cálculo de la ETP corregida

FORMULA	PARÁMETROS
$ETP_{sin\ corr.} = 16 \left(\frac{10.t}{I} \right)^a$	$ETP_{sin\ corr.}$ = ETP mensual en mm/mes
	t = temperatura media mensual, °C
	I = índice de calor anual $I = \sum i$
$ETP = ETP_{sc} \left(\frac{N * d}{365} \right)$	$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1,514}$
	ETP = Evapotranspiración potencial corregida N = número máximo de horas de sol, d = número de días del mes
$a = 0,000000675 * I^3 - 0,0000771 * I^2 + 0,01792 * I + 0,49239$	

Balance hídrico

¿Qué es el balance hídrico?

Se conoce como **balance hídrico (BH)** a la relación entre los aportes de agua realizados a través de la precipitación y las pérdidas a la atmósfera ocasionados por la evapotranspiración.

¿Qué es el balance hídrico?

Se conoce como **balance hídrico (BH)** a la relación entre los aportes de agua realizados a través de la precipitación y las pérdidas a la atmósfera ocasionados por la evapotranspiración.

¿Porqué nos interesa?



Parámetros usados para el balance hídrico

Consiste en definir mes a mes los siguientes parámetros (en mm):

- RR: Precipitación media mensual
- ETP: Evapotranspiración potencial (ETP de Thornthwaite)
- R: Reserva
- ETR: Evapotranspiración real
- VR: Variación de la reserva
- F: Falta
- Ex: Exceso

Análisis de los parámetros

RR - ETP: Balance de entradas y salidas de agua del suelo.

- si $(RR - ETP) > 0 \rightarrow$ Mes húmedo
- si $(RR - ETP) < 0 \rightarrow$ Mes seco

Reserva del suelo (R):

- La reserva máxima de agua por unidad de superficie en (mm) que el suelo es capaz de almacenar en su perfil.
- La cantidad de agua que supere la reserva máxima se incurrirá en superficie o en profundidad.

Análisis de los parámetros

- Si $(RR - ETP) > 0 \rightarrow$ Mes húmedo $\rightarrow$ Exceso pasa a reserva
- Si $(RR - ETP) < 0 \rightarrow$ Mes seco $\rightarrow$ Reduce la reserva

Cálculo de la reserva para el mes i:

- $R_i = R_{i-1} + (RR_i - ETP_i)$ si $0 < R_{i-1} + (RR_i - ETP_i) < R_{max}$
- $R_i = R_{max}$ si $R_{i-1} + (RR_i - ETP_i) > R_{max}$
- 0 si $R_{i-1} + (RR_i - ETP_i) < 0$

Nota: Se toma como valor de referencia climática de reserva máxima el valor de 100mm por metro cuadrado

Análisis de los parámetros

Variación de la reserva (VR):

Es la diferencia entre la reserva del mes y la del mes anterior

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

Evapotranspiración Real (ETR):

Es el volumen que realmente se evapotranspira en el mes. El agua disponible para evaporar será la que cae como RR en el mes y que está disponible en el suelo.

- $ETR = ETP$; si $RR > ETP$ (húmedo)
- $ETR = RR + |VR|$; si $RR < ETP$ (seco)

Análisis de los parámetros

Para los meses húmedos $\rightarrow ETR_i = ETP_i$

Para los meses secos $\rightarrow ETR_i = R R_i + |V R_i|$

F: Falta de agua ó déficit

Es la cantidad de agua que falta para cubrir las necesidades potenciales del agua para evaporar y transpirar.

$$F_i = ETP_i - ETR_i$$

Análisis de los parámetros

Ex: Exceso

Es la cantidad de agua que supera la reserva máxima y que se perderá en escorrentía

- $Ex_i = 0$; si $(RR_i - ET_{Pi}) \leq 0$