

GUIA DE ESTUDIO N° 8

EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

INTRODUCCIÓN

La evapotranspiración es el fenómeno combinado de evaporación desde el suelo y transpiración de las plantas. Como todo proceso que implica un cambio de estado, la evapotranspiración absorbe energía para el pasaje de agua líquida a vapor de agua.

La intensidad de la evapotranspiración depende de una serie de factores que regulan su intensidad:

Factores meteorológicos: (radiación solar, viento, temperatura, humedad atmosférica)

Consideremos lo que sucede en una superficie de agua libre (lagos, ríos, océanos, etc) la evaporación es posible solo cuando recibe suficiente cantidad de energía como para que las moléculas de agua aumenten su energía cinética y los movimientos sucesivos para que algunas de esas moléculas puedan vencer la tensión superficial y escapar hacia la atmósfera en forma de vapor. Esa energía se obtiene de la radiación solar, y esta es la principal reguladora del proceso.

La evaporación, además, está regulada por su intensidad por otros factores atmosféricos, directamente vinculados a la difusión del vapor de agua en la masa de aire circundante. Los factores meteorológicos intervinientes son los siguientes:

Viento: cuya velocidad está directamente relacionada con la intensidad de evaporación.

Gradiente vertical de humedad: también conocido como hidrolapso. Relacionado indirectamente con la evaporaciones a través del déficit de saturación. La cantidad de vapor de agua a dos niveles de altura en la atmósfera generalmente acusa valores diferentes. Sobre la superficie el aire está en estado de saturación y en altura (1 a 1,5 metros) el valor registrado es inferior. Cuanto mayor sea la diferencia del estado higrométrico del aire a esos dos niveles tanto mayor será la intensidad de evaporación. La intensidad de la evaporación se reduce cuando el contenido de vapor es similar para ambos niveles (aire en estado de saturación máxima).

Otro factor meteorológico que regula la intensidad de evaporación es el calor suministrado por una masa de aire cálido que se desplaza horizontalmente sobre una superficie (calor advectivo).

Existen otros factores inherentes a las masas de agua, tales como la concentración de sales (a mayor concentración salina, menor evaporación) y características de mayor o menor irregularidad de la superficie actúan variando el ángulo de incidencia de los rayos solares, por ende la radiación absorbida.

Factores edáficos:

Consideremos ahora un suelo desnudo sin vegetación, aquí actúan todos los factores atmosféricos mencionados anteriormente, excepto la superficie del agua. En el suelo operan otros factores, (factores edáficos) propios de las características físico-químicas del suelo: color, textura, estructura, concentración de sales, mayor o menor retención de agua por parte de sus partículas, su disponibilidad de agua (contenido de humedad).

La evaporación de un suelo desnudo depende exclusivamente de la cantidad de agua presente en el mismo. Las partículas que componen el suelo poseen un cierto grado de retención de agua, determinando en definitiva, la intensidad de la evaporación. Por causas del desecamiento, aumentan el poder de retención de agua en el suelo. Esta retención se incrementa aún más, cuando el mismo comienza a perder la capacidad de campo.

Factores bióticos:

Además de todos los factores mencionados anteriormente, se suman los propios de la misma vegetación. Al considerar la evaporación del suelo y las plantas se habla de **evapotranspiración**. Los factores bióticos, reguladores de la intensidad de la evapotranspiración, responden a características morfológicas y fisiológicas de los vegetales:

- Tipo de formación vegetal (césped, pradera, bosque, selva, sotobosque, cultivo)
- Color del vegetal
- Densidad de la cubierta vegetal sobre la superficie
- Superficie foliar
- Densidad estomática
- Ritmo estomático
- Tipo y densidad del sistema radicular
- Profundidad de las raíces
- Actividad respiratoria
- Filotaxis (disposición de las hojas alrededor del tallo)

Si bien existen diferencias en la intensidad del proceso, en cada caso particular analizado, todos dependen de la evapotranspiración, de factores de orden atmosféricos: radiación solar, velocidad del viento y gradiente de vapor. De forma tal que podemos pensar que si sobre las tres superficies consideradas, la radiación, la velocidad del viento y el hidrolapso registran valores semejantes, la pérdida de vapor de agua será muy semejante en los tres medios.

La máxima cantidad de evaporación depende de los procesos atmosféricos y de las características propias del cultivo, esa cantidad máxima posible, de acuerdo a las condiciones atmosféricas presentes sobre el medio, se denomina **evapotranspiración potencia EP**. El término potencial implica el concepto del máximo posible bajo esas condiciones atmosféricas.

La influencia de los factores atmosféricos es la misma en los casos analizados, todos tienen el mismo potencial de evapotranspiración, sucede que para la superficie de suelo desnudo el valor potencial de evapotranspiración es teórico, para la superficie saturada de agua el valor de **evapotranspiración real (ER)** coincidirá con el valor teórico. El menor valor de la evapotranspiración real con relación a la potencial, depende del estado de energía del agua en el suelo, y de factores anatómicos y fisiológicos de las plantas. Así, es diferente para las distintas especies de vegetales y para las diferentes fases del ciclo vegetativo de los cultivos.

Los valores de evaporación y evapotranspiración se pueden obtener por estimaciones o a través de instrumentos específicos.

Evapotranspiración potencial

Definición: se llama evapotranspiración potencial (EP) a la cantidad máxima de agua que puede ser perdida por evaporación desde el suelo y por transpiración de las plantas cuando el suelo se encuentra con un contenido óptimo de humedad (capacidad de campo), cubierto por completo con un manto herbáceo de poca altura (5 cm), en activo crecimiento y cuyo albedo sea aproximadamente de un 25%.

La evapotranspiración resulta entonces, el proceso inverso de las precipitaciones, y su conocimiento permite establecer el grado en que se satisfacen las necesidades de agua de un área determinada. Este fenómeno es de suma importancia e interés para la planificación y desarrollo de actividades agrícolas.

Evapotranspiración real

Definición: es la cantidad de agua, expresada en milímetros, que evapora el suelo y las plantas de acuerdo al contenido circunstancial de agua que posea el suelo, dependiendo de los diferentes gradientes de humedad que condicionan todos los factores en el momento de su determinación.

Importancia de la estimación y determinación de EP y ER

El agua no es un recurso del que se dispone libremente, debe ser cuidadosamente consumido, existe una necesidad importante de economizar la precipitación y el agua suministrada por el riego. Una tarea importante es la de determinar la magnitud de la EP y ER, relacionándola con los niveles de humedad del suelo, los recursos hídricos de la región y las necesidades de los cultivos en sus diferentes etapas de crecimiento y desarrollo.

La estimación o medición de la EP y ER permite:

- Conocer aspectos hidrológicos del balance de agua en una determinada región
- Conocer la marcha de la humedad del suelo a lo largo del año
- Su conocimiento facilita la implementación de riegos a través de la construcción de diques, embalses, acequias, dimensionamiento de bombas, etc.

Estimación

Consiste en formulaciones teóricas basadas en los elementos meteorológicos, de fácil medición, que actúan como factores reguladores de la EP.

Métodos para estimar la evapotranspiración potencial

Método de Papadakis: considera como único elemento a la humedad del aire.

$$EP \text{ (mm / mes)} = 5,625 (e.\text{max} - e)$$

Donde:

e = tensión de vapor media mensual

e.max = tensión de vapor de saturación correspondiente a la temperatura máxima mensual.

Método de Pennam: basa su estimación en los siguientes elementos atmosféricos:

- Humedad del aire
- Velocidad del viento
- Radiación neta

La fórmula de Pennam se caracteriza por su exactitud, ya que considera varios elementos meteorológicos en su formulación. No existen valores de radiación neta en nuestro país debido a la falta de registro.

$$EP \text{ (mm / mes)} = \frac{\Delta R_n + E_a}{\Delta + \alpha} . f$$

Donde:

Δ = gradiente de la curva de saturación a la temperatura del período considerado

R_n = radiación neta del lugar

E_a = coeficiente aerodinámico que depende de la velocidad del viento y del vapor de agua existente en la atmósfera.

α = constante psicrométrica

f = factor de corrección que varía entre 0,6 y 0,8

Método de Thornthwaite: este autor solo considera, para el cálculo de su método estimativo, las temperaturas medias mensuales de la localidad en estudio. Según el autor, la evapotranspiración potencial representa la necesidad de agua en una determinada región.

$$EP \text{ (mm / mes)} = 1,6 \cdot \frac{(10 t)^a}{I}$$

Donde:

I = índice calórico anual obtenido de $\sum i$

i = índice calórico mensual, el cual se obtiene de aplicar la siguiente fórmula

$$i = \frac{(T)^{1,514}}{5} \quad T = \text{temperatura media mensual}$$

La fórmula representa la cantidad de energía que posee el suelo, utilizada en los procesos de evaporación.

a = exponente en función de I

$$[a = (675 \cdot 10^{-7}) \cdot I^3 - (771 \cdot 10^{-5}) \cdot I^2 + 0,1792 \cdot I + 0,49239]$$

Otros métodos para estimar la evapotranspiración potencial

- Método gravimétrico
- Método de Blaney y Criddle (apto para zonas áridas y semiáridas)
- Método de Gras y Christiansen (contempla distintas etapas del ciclo del cultivo)
- Método de Hansen modificado
- Método racional (curva única de Hansen)
- Método de Turc
- Método de Makking
- Técnica del cociente de Bowen

Nota

Esta Guía de Estudio se corresponde con contenidos de la Unidad temática E (E.1) del Programa Analítico.

Bibliografía Unidad temática E.1

Castillo, F.E.; Castellvi Sentis, F. 1996. Evapotranspiración. En: Agrometeorología. Pp. 259-278. Ediciones Mundi-Prensa.

De Fina, A.L.; Ravelo, A.C. 1975. XI. Humedad atmosférica. Evaporación. Nubes. En: Climatología y Fenología Agrícolas. Pp. 133-158. EUDEBA. 2º Ed.

Hurtado, R.H.; Specha, L.B. 2011. VII.3 Evaporación y evapotranspiración. En: Agrometeorología. Murphy, G.M.; Hurtado, R.H. (eds.). Editorial Facultad de Agronomía. UBA. Pp: 85-102.