



**TRABAJO PRACTICO Nº 7:**  
**CICLO HIDROLÓGICO. EVAPORACIÓN. EVAPOTRANSPIRACIÓN. BALANCE HIDROLÓGICO**

El método de FAO Penman-Monteith \* para estimar  $ET_o$  utiliza la ecuación:

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

Donde:

- $ET_o$  evapotranspiración de referencia [mm/día<sup>-1</sup>],  
 $R_n$  Radiación neta en la superficie del cultivo [MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>],  
 $G$  densidad de flujo de calor del suelo

- [MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>],  
 $T$  Temperature media diaria a 2 m [°C],  
 $u_2$  Velocidad del viento a 2 m [m s<sup>-1</sup>],  
 $e_s$  presión de saturación del vapor [kPa],  
 $e_a$  presión real de vapor [kPa],  
 $e_s - e_a$  déficit de la presión de saturación [kPa],  
 $\Delta$  pendiente de la curva de presión de vapor [kPa °C<sup>-1</sup>],  
 $\gamma$  constante psicrometrica [kPa °C<sup>-1</sup>].

En los ejercicios que siguen los pasos para calcular los valores de  $ET_o$  correspondientes a los meses del año 2008 para la estación Diamante (Lat: 32°03'00"S), altura: z=40 m. (Ver NT de FAO N° 56)

**Ej. 1.** Calcular el valor de  $\Delta$  (pendiente de la curva de de presión de vapor) en [kPa °C<sup>-1</sup>],

$$\Delta = \frac{4098 \left[ 0.6108 \exp \left( \frac{17.27T}{T + 237.3} \right) \right]}{(T + 237.3)^2}$$

- $\Delta$  pendiente de la curva de de presión de vapor [kPa °C<sup>-1</sup>],  
 $T$  Temperatura media a 2 m [°C]

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>T(°C)</b>	26.7	25.1	22.8	19.6	16.5	11.4	11.5	14.3	16.2	19.7	24.5	25.5	19.6
$\Delta$ (kPa °C <sup>-1</sup> )													

**Ej. 2** Obtenga la Radiación neta onda corta en la fitósfera a partir de los datos de Radiación global ( $R_g$ ) medidos en la estación meteorológica que se indican en la Tabla. Tenga en cuenta que ( $R_{ns}$ ) - radiación neta en onda corta- es  $R_{ns} = (1-\alpha)R_g$  y se utiliza  $\alpha=0.23$  para un cultivo de referencia-.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>R<sub>g</sub></b> (ly/d)	588	521	451	410	274	253	225	342	417	541	586	639	
<b>R<sub>ns</sub></b> (ly/d)													
<b>R<sub>ns</sub></b> (MJ m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )													

**Ej. 3** Utilice el gráfico de la Figura 2.8 (Unidad 2) que presenta la Radiación solar extraterrestre ( $R_a$ ) en función de la latitud y época del año, expresada en Ly/día para estimar la Radiación solar en días despejados ( $R_{so}$ ) para el día 15 de cada mes, z(m).  $R_{so} = (0.75 + 2 \cdot 10^{-5}z)R_a$ . Convierta los datos a MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup> y complete la Tabla

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>R<sub>a</sub></b> (ly/d)													
<b>R<sub>a</sub></b> (MJ m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )													
<b>R<sub>so</sub></b> (MJ m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup> )													

(\* ) (FAO, 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. En: <http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e00.HTM>)







c) Estación Mendoza CC = 250 mm

	Enero	Febr	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic	Anual
EP	134	107	88	50	28	14	15	25	43	71	100	126	
PP	20	25	18	16	6	4	2	1	4	16	16	23	
PP - EP													
Alm													
Alm													
ER													
EXCESO													
DEFICIT													

**Ej. 19** Esquematice en forma gráfica el ciclo del agua en el ecosistema, estableciendo todos los ingresos y salidas del mismo. ¿Cuáles son los registros medios de Evapotranspiración y Precipitación en la Provincia de Entre Ríos? ¿Se registran meses con exceso o déficit hídricos?

**Ej. 20** a) Defina: Capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y agua útil (AU). b) Calcule el almacenaje a agua en capacidad de campo, al punto de marchitez permanente y contenido de agua útil en:

I) Cereales en suelo arcilloso  
 Profundidad de raíces: 50 cm.  
 % agua en CC: 30 %  
 % agua en PMP: 17 %  
 Densidad aparente: 1.4 g/cm<sup>3</sup>

II) Forestales en suelo arenoso  
 Profundidad de raíces: 110 cm  
 % agua en CC: 24 %  
 % agua en PMP: 13 %  
 Densidad aparente: 1.25 g/cm<sup>3</sup>

**Ej. 21** Ingrese a la página <http://ponce.sdsu.edu/onlineablaneycriddle.php> y calcule el uso consuntivo para el cultivo de maíz considerando 'insolación': media, 'HR': media, 'velocidad del viento': ligera, para los mismos datos del ejercicio 17. Compare los resultados. (Tenga en cuenta que para cada mes se deben ingresar los datos y luego calcular).

**Ej. 22** Ingrese a la página <http://ponce.sdsu.edu/onlineapenman.php> y calcule ETo para todos los meses del ejercicio 1 –utiliza la fórmula de Penman-.

**Ej. 23** Ingrese a la página <http://ponce.sdsu.edu/onlineapenmanmonteith.php> y calcule ETo para todos los meses del ejercicio 1 –utiliza la fórmula de Penman-Monteith. Compare con los resultados del ejercicio 1.

**TABLA: Factores de conversión de unidades de radiación**

	Coeficiente para obtener energía recibida por unidad de superficie y de tiempo				Evaporación equivalente
	MJ m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup>	J cm <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup>	cal cm <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup>	W m <sup>-2</sup>	mm día <sup>-1</sup>
1 MJ m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup>	1	100	23.9	11.6	0.408
1 cal cm <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup>	4.1868 10 <sup>-2</sup>	4.1868	1	0.485	0.0171
1 W m <sup>-2</sup>	0.0864	8,64	2.06	1	0.035
1 mm día <sup>-1</sup>	2.45	245	58.5	28.4	1