

# Cálculo de la Evapotranspiración Potencial mediante la fórmula de Hargreaves

La fórmula de Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985) para evaluar la Evapotranspiración Potencial<sup>1</sup> necesita solamente datos de **temperaturas** y de **Radiación Solar**.

La expresión general es la siguiente:

$$ET_0 = 0,0135 (t_{med} + 17,78) R_s \quad (1)$$

donde:  $ET_0$  = evapotranspiración potencial diaria, mm/día

$t_{med}$  = temperatura media, °C

$R_s$  = radiación solar incidente, convertida en mm/día

La **radiación solar incidente**,  $R_s$ , se evalúa a partir de la **radiación solar extraterrestre** (la que llega a la parte exterior de la atmósfera, que sería la que llegaría al suelo si no existiera atmósfera); ésta última aparece según los autores como  $R_0$  ó  $R_a$ , y la leemos en tablas en función de la latitud del lugar y del mes. En este documento nos referiremos a ella como  $R_0$

## Obtención de la Radiación Solar Incidente ( $R_s$ )

Samani (2000) propone la siguiente fórmula:

$$R_s = R_0 * KT * (t_{max} - t_{min})^{0,5} \quad (2)$$

donde:  $R_s$  = Radiación solar incidente

$R_0$  = Radiación solar extraterrestre (tabla pág. 3)

$KT$  = coeficiente

$t_{max}$  = temperatura diaria máxima

$t_{min}$  = temperatura diaria mínima

Puesto que los valores de  $R_0$  están tabulados y las temperaturas máximas y mínimas son datos empíricos relativamente fáciles de obtener, la dificultad para aplicar esta sencilla expresión la encontramos en el coeficiente  $KT$ .

Para evaluar la **Radiación Solar Extraterrestre ( $R_0$ )** existen varias tablas, todas ellas en función de la latitud y del mes. Al final de este documento se incluye la tabla de  $R_0$  de Allen et al (1998). La tabla original está en **MJulio/m<sup>2</sup>/día**, aquí la presentamos en **mm./día** (de agua evaporada)<sup>2</sup>

El **coeficiente  $KT$**  de la expresión (2) es un coeficiente empírico que se puede calcular a partir de datos de presión atmosférica, pero Hargreaves (citado en Samani, 2000) recomienda  $KT = 0,162$  para regiones del interior y  $KT = 0,19$  para regiones costeras.

**Ejemplo 1:** Mediante las ecuaciones (1) y (2).

Calcular la  $ET_0$  diaria en Costa Rica para el mes de Octubre sabiendo que se encuentra a 10° de latitud norte, y que las temperaturas representativas de esos meses son:

$t_{media} = 26,8$  °C

$t_{max}$  diaria = 31,6 °C.

$t_{min}$  diaria = 23,0 °C

Valor de la **Radiación extraterrestre** (Tabla, para Octubre y 10° latitud Norte):

<sup>1</sup> En realidad es para calcular la "Evapotranspiración de Referencia". Para las diferencias entre ambos conceptos, ver Tema T040, pág 3

<sup>2</sup> Para efectuar esta conversión: 1 mm/día = MJulio/m<sup>2</sup>/día  
Para mayor exactitud, multiplicar por:  $238,85 / (597,3 - 0,57 T)$ ; donde  $T$  = temperatura media del periodo elegido

$$R_0 = 35,1 \text{ MJulios/m}^2/\text{día}$$

Para pasarlo a su equivalente en mm/día:

$$R_0 = 35,1 * 0,408 = \mathbf{14,3 \text{ mm/día}}$$

Tomando un valor de 0,17 para la constante KT, el valor de  $R_s$  sería [ecuación (2)] :

$$R_s = 14,3 * 0,20 * (31,6-23)^{0,5} = \mathbf{7,13 \text{ mm/día}}$$

Finalmente [ecuación (1)] :

$$ET_0 = 0,0135 * 8,38 * (26,8+17,8) = \mathbf{4,29 \text{ mm/día}}$$

### **Fórmula simplificada**

Sustituyendo del valor de  $R_s$  de (2) en la expresión inicial (1), y tomando para el coeficiente KT el valor medio de 0,17, resulta la expresión citada con más frecuencia en la bibliografía:

$$ET_0 = 0,0023 (t_{med} + 17,78) R_0 * (t_{max} - t_{min})^{0,5} \quad (3)$$

donde:  $ET_0$  = evapotranspiración potencial diaria, mm/día

$t_{med}$  = temperatura media diaria, °C

$R_0$  = Radiación solar extraterrestre, en mm/día (tabulada)

$t_{max}$  = temperatura diaria máxima

$t_{min}$  = temperatura diaria mínima

**Ejemplo 2:** Mediante las ecuación (3) .

Calcular la  $ET_0$  diaria en Salamanca para un día del mes de Julio sabiendo que se encuentra a 40° de latitud norte, y que las temperaturas de ese día son:

t media=24,2 °C

t max diaria = 29,8 °C.

t min diaria = 18,3 °C

Valor de la **Radiación extraterrestre** (Tabla, para Agosto y 40° latitud Norte):

$$R_0 = 36,7 \text{ MJulios/m}^2/\text{día}$$

Para pasarlo a su equivalente en mm/día:

$$R_0 = 36,7 * 0,408 = \mathbf{15,0 \text{ mm/día}}$$

Finalmente, aplicando la ecuación (3) :

$$ET_0 = 0,0023 (t_{med} + 17,78) * R_0 * (t_{max} - t_{min})^{0,5}$$
$$ET_0 = 0,0023 (24,2 + 17,78) * 15,0 * (29,8 - 18,3)^{0,5} = \mathbf{4,91 \text{ mm/día}}$$

### **Bibliografía**

Allen, R.G.; L. S. Pereira; D. Raes y Smith, M. (1998).- *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements* - FAO Irrigation and drainage paper **56**  
( <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm#Contents>)

Versión en español: <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm>

Hargreaves, G.H., Samani, Z.A., 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Eng. in Agric.*, 1(2): 96-99.

Samani, Z. (2000).- Estimating Solar Radiation and Evapotranspiration Using Minimum Climatological Data . *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol. 126, No. 4, pp. 265-267

**Tabla de Radiación solar extraterrestre en mm/día (Allen et al., 1998)** (Original en MJ·m<sup>-2</sup>·día<sup>-1</sup> ; 1 mm/día = 2,45 MJ·m<sup>-2</sup>·día<sup>-1</sup>)

Latitud	HEMISFERIO NORTE												HEMISFERIO SUR											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
70	0.0	1.1	4.2	9.4	14.4	17.3	16.1	11.4	6.1	2.0	0.0	0.0	16.9	11.7	6.4	2.0	0.1	0.0	0.0	0.9	4.4	9.6	15.2	18.5
68	0.0	1.5	4.8	9.8	14.4	17.1	15.9	11.7	6.6	2.4	0.3	0.0	16.7	12.0	6.9	2.4	0.3	0.0	0.0	1.3	4.9	10.0	15.3	18.2
66	0.2	2.0	5.3	10.1	14.5	16.9	15.8	12.0	7.1	2.9	0.6	0.0	16.7	12.2	7.4	2.9	0.6	0.0	0.2	1.7	5.3	10.4	15.3	18.0
64	0.6	2.4	5.8	10.5	14.7	16.8	15.8	12.2	7.5	3.5	1.0	0.2	16.7	12.6	7.9	3.4	1.0	0.2	0.5	2.2	5.9	10.7	15.5	17.9
62	0.9	2.9	6.3	10.9	14.8	16.8	15.9	12.5	8.0	4.0	1.4	0.5	16.8	12.9	8.3	3.9	1.4	0.5	0.8	2.6	6.3	11.1	15.6	17.9
60	1.3	3.4	6.8	11.2	14.9	16.8	16.0	12.8	8.4	4.4	1.8	0.9	16.9	13.2	8.8	4.4	1.8	0.8	1.2	3.1	6.8	11.5	15.8	17.9
58	1.8	3.9	7.2	11.6	15.1	16.9	16.1	13.1	8.9	4.9	2.2	1.3	17.0	13.5	9.2	4.9	2.2	1.2	1.6	3.6	7.3	11.8	16.0	18.0
56	2.2	4.4	7.7	11.9	15.3	16.9	16.2	13.3	9.3	5.4	2.7	1.7	17.1	13.8	9.6	5.4	2.7	1.6	2.0	4.0	7.8	12.2	16.1	18.0
54	2.7	4.9	8.2	12.2	15.4	16.9	16.2	13.6	9.7	5.9	3.2	2.1	17.2	14.0	10.0	5.9	3.1	2.0	2.4	4.5	8.2	12.5	16.3	18.1
52	3.1	5.4	8.6	12.6	15.6	17.0	16.4	13.8	10.1	6.4	3.7	2.6	17.3	14.3	10.4	6.4	3.6	2.4	2.9	5.0	8.7	12.8	16.4	18.1
50	3.6	5.9	9.1	12.9	15.7	17.0	16.4	14.0	10.5	6.9	4.2	3.1	17.4	14.5	10.9	6.8	4.1	2.9	3.3	5.5	9.1	13.1	16.6	18.2
48	4.1	6.4	9.5	13.1	15.8	17.1	16.5	14.2	10.9	7.4	4.7	3.6	17.5	14.8	11.2	7.3	4.5	3.3	3.8	6.0	9.5	13.4	16.7	18.2
46	4.6	6.9	9.9	13.4	16.0	17.1	16.6	14.4	11.2	7.8	5.1	4.0	17.6	15.0	11.6	7.8	5.0	3.8	4.2	6.4	9.9	13.7	16.8	18.2
44	5.1	7.3	10.3	13.7	16.0	17.1	16.6	14.7	11.6	8.3	5.7	4.5	17.6	15.2	12.0	8.2	5.5	4.3	4.7	6.9	10.3	13.9	16.9	18.2
42	5.6	7.8	10.7	13.9	16.1	17.1	16.7	14.8	11.9	8.7	6.2	5.1	17.7	15.4	12.3	8.7	6.0	4.7	5.2	7.3	10.7	14.2	17.0	18.2
40	6.1	8.3	11.1	14.2	16.2	17.1	16.7	15.0	12.2	9.2	6.7	5.6	17.7	15.6	12.6	9.1	6.4	5.2	5.7	7.8	11.1	14.4	17.1	18.2
38	6.6	8.8	11.5	14.4	16.3	17.1	16.7	15.1	12.5	9.6	7.1	6.0	17.7	15.7	12.9	9.5	6.9	5.7	6.2	8.2	11.4	14.6	17.1	18.2
36	7.1	9.2	11.8	14.6	16.3	17.0	16.7	15.3	12.9	10.0	7.6	6.6	17.7	15.9	13.2	9.9	7.4	6.2	6.6	8.7	11.8	14.8	17.1	18.1
34	7.6	9.7	12.2	14.7	16.3	17.0	16.7	15.3	13.1	10.4	8.1	7.1	17.7	16.0	13.5	10.3	7.8	6.6	7.1	9.1	12.1	15.0	17.1	18.1
32	8.1	10.1	12.5	14.5	16.3	16.9	16.6	15.5	13.4	10.9	8.6	7.6	17.7	16.1	13.8	10.7	8.3	7.1	7.6	9.5	12.4	15.1	17.1	18.0
30	8.6	10.5	12.8	15.0	16.3	16.8	16.6	15.5	13.6	11.3	9.1	8.1	17.6	16.2	14.0	11.1	8.7	7.6	8.0	9.9	12.7	15.3	17.1	17.9
28	9.1	10.9	13.1	15.1	16.3	16.7	16.5	15.6	13.8	11.6	9.5	8.6	17.6	16.2	14.2	11.5	9.2	8.0	8.4	10.3	13.0	15.4	17.1	17.8
26	9.6	11.3	13.4	15.3	16.3	16.6	16.4	15.6	14.1	12.0	10.0	9.1	17.5	16.3	14.4	11.8	9.6	8.5	8.9	10.7	13.3	15.5	17.1	17.7
24	10.0	11.8	13.7	15.3	16.2	16.4	16.3	15.6	14.2	12.3	10.4	9.5	17.3	16.3	14.6	12.2	10.0	8.9	9.3	11.1	13.5	15.6	17.0	17.6
22	10.5	12.1	13.9	15.4	16.1	16.3	16.2	15.7	14.4	12.7	10.9	10.0	17.2	16.4	14.8	12.5	10.4	9.4	9.8	11.5	13.8	15.7	16.9	17.4
20	10.9	12.5	14.2	15.5	16.0	16.1	16.0	15.6	14.6	13.0	11.3	10.4	17.1	16.3	14.9	12.8	10.9	9.8	10.2	11.8	14.0	15.8	16.8	17.2
18	11.4	12.9	14.4	15.5	15.9	16.0	15.9	15.6	14.7	13.3	11.7	10.9	16.9	16.3	15.1	13.1	11.2	10.2	10.6	12.2	14.2	15.8	16.7	17.0
16	11.8	13.2	14.6	15.6	15.8	15.8	15.7	15.6	14.9	13.6	12.1	11.4	16.8	16.3	15.2	13.4	11.6	10.7	11.0	12.5	14.4	15.8	16.6	16.8
14	12.2	13.5	14.7	15.6	15.7	15.6	15.6	15.5	15.0	13.8	12.5	11.8	16.6	16.2	15.3	13.6	12.0	11.1	11.4	12.8	14.5	15.8	16.4	16.6
12	12.6	13.8	14.9	15.5	15.5	15.3	15.3	15.4	15.1	14.1	12.9	12.2	16.4	16.2	15.4	13.9	12.3	11.5	11.8	13.1	14.7	15.8	16.2	16.3
10	13.0	14.1	15.1	15.5	15.3	15.1	15.1	15.3	15.1	14.3	13.2	12.7	16.1	16.0	15.4	14.1	12.7	11.9	12.2	13.4	14.8	15.7	16.0	16.1
8	13.4	14.4	15.2	15.4	15.1	14.8	14.9	15.2	15.2	14.5	13.6	13.1	15.9	15.9	15.5	14.3	13.0	12.2	12.5	13.6	14.9	15.7	15.8	15.8
6	13.8	14.6	15.3	15.3	14.9	14.6	14.7	15.1	15.2	14.7	13.9	13.4	15.6	15.8	15.5	14.5	13.3	12.6	12.9	13.9	15.0	15.6	15.6	15.5
4	14.1	14.9	15.3	15.3	14.7	14.3	14.4	14.9	15.2	14.9	14.2	13.8	15.3	15.6	15.5	14.7	13.6	13.0	13.2	14.1	15.1	15.5	15.3	15.2
2	14.4	15.1	15.4	15.1	14.4	14.0	14.1	14.7	15.2	15.1	14.5	14.2	15.1	15.5	15.5	14.9	13.9	13.3	13.5	14.4	15.1	15.4	15.1	14.9
0	14.8	15.3	15.5	15.0	14.2	13.6	13.8	14.6	15.2	15.3	14.8	14.5	14.8	15.3	15.5	15.0	14.2	13.6	13.8	14.6	15.2	15.3	14.8	14.5