



Estimación de la evapotranspiración de referencia en casos de falta de algún dato meteorológico. Viabilidad de los métodos propuestos por la FAO en la vertiente norte de la Isla de Tenerife.

A. Pérez-Buenafuente¹, J. Rodrigo-López²

(1) Dpto. Suelos y Riegos. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias

(2) Dpto. Ingeniería, Producción y Economía Agraria. Centro Superior de Ciencias Agrarias. Universidad de La Laguna

En el presente trabajo se analizan los distintos procedimientos que recomienda la FAO (en Allen et al., 1998) para la estimación de los datos meteorológicos que son imprescindibles en el cálculo de la evapotranspiración (ET) mediante la ecuación FAO Penman-Monteith, con intención de tantear su posible aplicación en aquellas zonas de la isla de Tenerife ubicadas lejos de alguna estación meteorológica completa. Los resultados obtenidos han demostrado la utilidad de estas aproximaciones.

1. Introducción

La evapotranspiración (ET) es el principal componente de la pérdida de agua de los ecosistemas terrestres por lo que su cuantificación es de gran importancia en hidrología, agronomía y ciencias afines. Pero la ET no es fácil de medir en campo; para ello se precisa de aparatos específicos que suelen ser caros, exigen gran precisión y requieren un personal dedicado a investigación. Por esta causa suele estimarse por métodos más indirectos.

La ET puede deducirse a partir de datos meteorológicos. Se han desarrollado gran número de ecuaciones empíricas o semiempíricas con este fin, pero algunas de ellas solo son válidas bajo condiciones climáticas y agronómicas específicas y no pueden aplicarse en situaciones diferentes de las cuales fueron desarrolladas originariamente. Numerosos investigadores han analizado la viabilidad de estos métodos de cálculo en diferentes zonas del globo hasta que se sostuvo que el método FAO Penman-Monteith (1) era (y sigue siendo actualmente) el método estándar recomendado para la definición y cálculo de de la ET (Allen et al., 1998). A continuación se muestra dicha ecuación:

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

siendo: ET_o la evapotranspiración de referencia (mm día^{-1}), R_n la radiación neta sobre la superficie del cultivo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$), G la densidad de flujo de calor hacia o desde el suelo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$), T la temperatura del aire a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$), u_2 la velocidad del viento a 2 m de altura (m s^{-1}), e_s la presión de vapor en saturación (kPa), e_a la presión de vapor (kPa), $(e_s - e_a)$ el déficit de presión de vapor (kPa), Δ la pendiente de la curva de presión de vapor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$), γ la constante psicrométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Como puede apreciarse, la ecuación precisa medidas diarias, decenales o mensuales de datos que sólo serán conocidos si la zona se encuentra cercana a una estación meteorológica bien equipada, cosa que no ocurre en la mayoría de los casos. Para estas situaciones la FAO ha propuesto algunos métodos empíricos para deducir dichos parámetros y recomienda rotundamente que el dato no disponible sea estimado por medio de alguno de dichos procedimientos y que, una vez obtenido éste, sea la ecuación FAO Penman-Monteith (1) la elegida para el cálculo de la ET_o (Allen et al. 1998).

2. Metodología

En primer lugar, suponiendo la ausencia de cada dato meteorológico, se estimó su valor mediante el procedimiento que, para ello, propone la FAO (en Allen et al. 1998). Seguidamente se comparó la



ET_o calculada, a partir de los datos reales recogidos en la estación C448U Valle Guerra-Isamar, con las ET_o estimadas a partir de los datos obtenidos con los métodos sugeridos por la FAO:

2.1. Método para estimación de la humedad

Para estimar la ET_o mediante la ecuación FAO Penman-Monteith es preciso conocer la presión de vapor (e_a), que se deduce de los valores de humedad relativa máxima y mínima. Pero asumiendo que la temperatura de rocío se produce a una temperatura próxima a la T_{min} , puede deducirse que:

$$e_a = e^o(T_{min}) = 0.6108 \exp\left(\frac{17.27 T_{min}}{T_{min} + 237.3}\right) \quad (2)$$

donde $e^o(T)$ es la presión de vapor en saturación (kPa) a una temperatura dada (T). En climas áridos se recomienda el uso de una temperatura 1 ó 2 °C por debajo de la T_{min} (Allen *et al.* 1998).

Método para estimación de la radiación

2.1.1. Estimación de la radiación solar a partir de la insolación.

La radiación puede obtenerse a partir de la insolación con la expresión: $R_s = (0.25 + 0.5 n/N) R_a$, donde n son las horas de sol al día, N son las horas que dura el día y R_a es la radiación extraterrestre.

2.1.2. Estimación de la radiación solar a partir de diferencias en la temperatura del aire

Los cielos despejados dan lugar a altas temperaturas diurnas (T_{max}), ya que la atmósfera es transparente a la radiación solar que llega, así como a bajas temperaturas nocturnas (T_{min}), ya que tampoco la atmósfera absorbe la radiación de onda larga que emite la tierra al enfriarse. Por contra, cuando el cielo está cubierto, las T_{max} y T_{min} son menores y mayores respectivamente. Por tanto, la diferencia entre la T_{max} y T_{min} del aire puede usarse como indicador de la nubosidad, así como de la fracción de Radiación extraterrestre que alcanza la superficie de la tierra, según la siguiente expresión (Método de Hargreaves):

$$R_s = k R_s \sqrt{(T_{max} - T_{min})} R_a \quad (3)$$

Siendo: R_a la radiación extraterrestre ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$), T_{max} la máxima temperatura del aire (°C), T_{min} la mínima temperatura del aire (°C), $k R_s$ un coeficiente de ajuste ($^{\circ}\text{C}^{-0.5}$). El coeficiente de ajuste $k R_s$ es empírico y oscila entre 0.16 y 0.19 según se trate de una región interior o costera respectivamente.

2.1.3. Método empírico para estimación de la radiación en regiones insulares.

En las regiones insulares las masas de aire que gobiernan las condiciones atmosféricas están fuertemente dominadas por la masa de agua circundante. Cuando los datos de Radiación disponibles de estaciones cercanas no sean apropiados, puede obtenerse una primera estimación (en forma de medias mensuales) de la radiación solar por medio de la siguiente relación empírica:

$$R_s = 0.7 R_a - b \quad (4)$$

donde: R_s es la radiación solar ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$), R_a es la radiación extraterrestre ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) y b es la constante empírica igual a $4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$. La constante empírica b representa el hecho de que las regiones insulares suele presentarse una nubosidad que reduce, en unos $4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, el valor de la radiación solar producida en cielo despejado ($0.7 R_a$) (Allen *et al.* 1998).



2.2. Estimación de ET_o con la mínima información disponible

Cuando la radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento son desconocidas, aún podría estimarse la ET_o usando la ecuación de ET_o de Hargreaves (5).

$$ET_o = 0.0023 (T_{media} + 17.8) (T_{max} - T_{min}) 0.5 Ra \quad (5)$$

Esta ecuación debe ser verificada en cada nueva región comparándola con la ec. FAO Penman-Monteith en estaciones capaces de medir radiación solar, humedad y viento (Allen *et al.* 1998).

3. Discusión y conclusiones

Utilizando los datos de humedad y radiación estimados según la FAO se obtuvieron unos valores de ET_o que se ajustaron muy bien a la ET_o calculada con los datos recogidos en la estación.

La ecuación ET_o de Hargreaves (5), propuesta por la FAO para los casos con mínima información disponible, sobreestimó en gran medida la ET_o . Consultar Fig. nº1.

La ecuación aportada por la FAO para estimar la radiación en regiones insulares (4) sobreestimó la ET_o en los meses centrales del año, al usar como coeficiente b el valor constante de $4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ planteado por Allen *et al.* Sin embargo, al ajustar dicho coeficiente b asignándole a éste un valor distinto en función de la frecuencia mensual del régimen climático del alisio (Ver Fig. nº2), la correlación obtenida con la ET_o calculada fue muy alta; presentándose aquí como un procedimiento empírico de gran precisión a nivel local para estimar la radiación media mensual en la vertiente norte de la isla de Tenerife y bajo la capa de inversión térmica de subsidencia (mar de nubes). Un ajuste similar podría incrementar la exactitud de la mencionada ecuación en otras regiones, siempre y cuando estén igualmente afectadas por un régimen de nubosidad previsible.

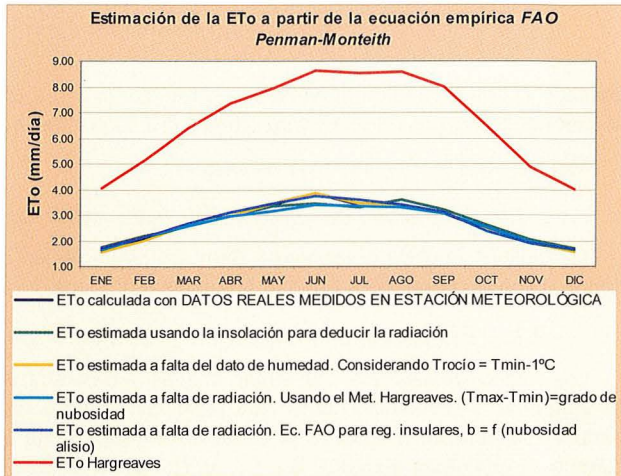


Fig. nº1: ET_o calculada y ET_o estimadas usando la ecuación FAO Penman-Monteith.

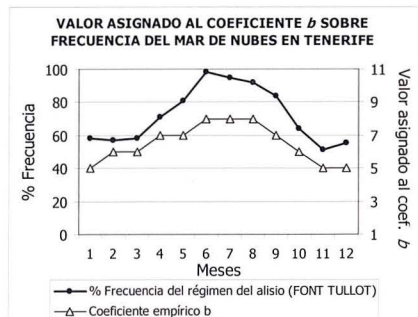


Fig. nº2: Valor asignado al coef. b en función de la frecuencia del régimen climático del alisio (mar de nubes).

4. Referencias

- ALLEN, R. G., D. Raes, L.S. Pereira, M. Smith. 1998. *Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper nº 56. Roma, Italia.
- DORTA, P. 1999. *Las invasiones de aire sahariano en Canarias*. Consejería de Agricultura Pesca y Alimentación. Gobierno de Canarias. S/C de Tenerife.
- FONT TULLOT, I. 1956. *El tiempo atmosférico en las Islas Canarias*. S.N.M. Serie A. Madrid.