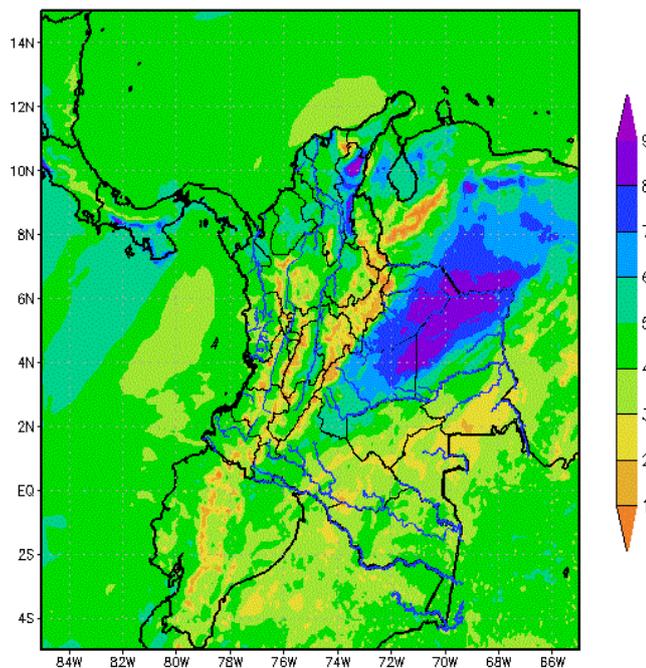


2020

PROTOCOLO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA ETO UTILIZANDO LAS SALIDAS DEL MODELO DE TIEMPO WRF-GFS DEL IDEAM

IDEAM – ETo Evapotranspiración de Referencia (mm.día⁻¹)
PRONOSTICO 14032020 – WRF Res: 10kmX10km



IDEAM – Sub. Meteorología – GMTC – Elaboro: D. Quintero y J.F. Ruiz M.

Diego Quintero - José Franklyn Ruiz Murcia

IDEAM

PROTOCOLO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA ET_0 UTILIZANDO LAS SALIDAS DEL MODELO DE TIEMPO WRF-GFS DEL IDEAM.

Diego Quintero* y José Franklyn Ruiz**

*Autor Algoritmo - Contratista Subdirección de Meteorología - IDEAM

** Implementación Operativa - Coordinador Grupo de Modelamiento de Tiempo y Clima, Subdirección de Meteorología - IDEAM

Se conoce como la evapotranspiración, ET, la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y mediante la transpiración del cultivo. Por otra parte la evapotranspiración de referencia, ET_0 , es la ET para un cultivo de alfalfa de 10cm de altura, homogéneamente distribuido y sin ninguna limitación hídrica [1].

Previo a este documento se realizó una nota técnica que evaluó cinco métodos para estimar la ET_0 en Colombia, como conclusión se encontró el mejor método para estimar la ET_0 es el método de FAO Penman Monteith [2]. Durante este protocolo se ilustrará un proceso paso a paso para calcular la evapotranspiración de referencia ET_0 espacialmente con el método de FAO Penman Monteith, tomando como insumo principal el resultado de la corrida del modelo de tiempo WRF-GFS del IDEAM.

La ecuación 1, es la ecuación de FAO Penman Monteith. Esta ecuación permite calcular la ET_0 para periodos iguales o diferentes a un día teniendo como entrada información meteorológica medida en superficie. En este caso, la información de entrada será obtenida de las salidas de los modelos de predicción del tiempo. La magnitud del flujo de calor bajo la superficie es relativamente pequeña para periodos diarios y decadiarios, por lo tanto el término G puede ser ignorado.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

ET_0 = Evapotranspiración de referencia (mm día^{-1})

R_n = radiación neta en la superficie del cultivo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

G = Flujo de calor desde el suelo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)

T = temperatura media del aire a 2m de altura ($^{\circ}\text{C}$)

u_2 = velocidad del viento a 2m de altura (ms^{-1})

e_s = presión media de vapor de saturación (kPa)

e_a = presión real de vapor (kPa)

Δ = pendiente de la curva de presión de vapor

γ = constante psicrométrica ($\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$)

En el resto del documento se propondrá la forma de estimar los términos de la ecuación 1 para estimar la ET_0 diaria, siguiendo las guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos de la FAO [1].

Los campos necesarios para su cálculo serán algunos de los arrojados por el modelo WRF, y generados por el Postprocesamiento con ARWPost. En la tabla 1 se consignan los campos necesarios para el cálculo de la ET_0 con la ecuación de FAO Penman Monteith.

Tabla 1. Variables de salida de WRF y ARWPost necesarias para el cálculo de ET_0 .

Variable	Descripción	Unidades
ACSWDN B	Flujo radiativo de onda corta entrante acumulado en la superficie	Jm^{-2}
ACLWDNB	Flujo radiativo de onda larga entrante acumulado en la superficie	Jm^{-2}
ACLWUPB	Flujo radiativo de onda larga saliente acumulado en la superficie	Jm^{-2}
PSFC	Presión atmosférica en la superficie	Pa
T2	Temperatura a 2m de altura	K
ws10	Velocidad del viento a 10m de altura	ms^{-1}
rh2	Humedad relativa a 2m de altura	%

1. Radiación Neta (R_n)

La radiación neta es la diferencia entre la radiación entrante y saliente de longitudes de onda corta y larga. La ecuación 2 representa

el cálculo la radiación neta, donde los subíndices l y s indican onda larga y corta, y los superíndices i y o entrante y saliente.

$$R_n = R_l^i + R_s^i - R_l^o - R_s^o \quad (\text{Ec. 2})$$

El flujo radiativo neto de onda corta en superficie puede aproximarse con la ecuación 3, donde α es el albedo de la superficie, que en este caso es el cultivo de referencia, por lo tanto α tiene un valor constante igual a 0.23. Esta aproximación puede hacerse, ya que la tierra prácticamente no emite radiación de onda corta dada su temperatura, entonces la radiación de onda corta saliente es la reflejada por la superficie.

$$R_{ns} = R_s^i - R_s^o = (1 - \alpha)R_s^i \quad (\text{Ec. 3})$$

Las primeras tres variables de la tabla 1, que son correspondientes al flujo radiativo, son acumulados durante todo la corrida, por lo tanto para obtener el valor acumulado diario es necesario restar al acumulado de las 24h el de las 0h, como se ilustra a continuación:

$$\begin{aligned} R_s^i &= ACSWDNB_{24h} - ACSWDNB_{0h} \\ R_l^i &= ACLWDNB_{24h} - ACLWDNB_{0h} \\ R_l^o &= ACLWUPB_{24h} - ACLWUPB_{0h} \end{aligned}$$

Los valores antes calculados se deben multiplicar por 1×10^6 , para convertir de J a MJ.

2. Velocidad del viento a 2m de Altura (u_2)

En la salida del modelo está disponible la velocidad del viento a 10m de altura, por lo tanto, para poder usar la ecuación de Penman Monteith es necesario proyectar esta velocidad hasta los 2m de altura. La ecuación 4 muestra una forma para estimar la velocidad del viento a 2m, u_2 , partiendo de la velocidad del viento u_z medida a una altura z [1]. Al aplicar esta ecuación para una altura de 10m, resulta un factor de conversión igual a 0.745, es decir $u_2 = 0.745u_{10}$. La velocidad referida es la media para el periodo considerado.

$$u_2 = u_z \frac{4.87}{\ln(67.8z - 5.42)} \quad (\text{Ec. 4})$$

La velocidad del viento a 10 metros, ws_{10} , es una salida del postprocesamiento con ARWPost, entonces, utilizando esta variable se puede estimar el campo de u_2 como:

$$u_2 = 0.745ws_{10}$$

3. Constante Psicrométrica (γ)

La constante psicrométrica permite relacionar la presión parcial de vapor con la temperatura del aire, puede calcularse con la ecuación 5, donde C_p es el calor específico a presión constante ($1.013 \times 10^{-3} \text{ MJ kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}$), P es la presión atmosférica (kPa), ϵ es el cociente del peso molecular del vapor de agua con respecto al aire seco (0.622) y λ es el calor latente de vaporización (2.45 MJ kg^{-1}).

$$\gamma = \frac{C_p P}{\epsilon \lambda} = 0.665 \times 10^{-3} P \quad (\text{Ec. 5})$$

Presión media de vapor de saturación (e_s)

La presión de vapor de saturación, e^o , puede ser calculada en función de la temperatura del aire con la ecuación 6, donde T es la temperatura en $^\circ\text{C}$, y e^o la presión de vapor de saturación en kPa . Debido a la naturaleza no lineal de la presión de vapor de saturación, su valor medio debe calcularse como la media de la presión de vapor de saturación calculada con temperaturas máximas y mínimas, según la ecuación 7 [1].

$$e^o(T) = 0.6108 \times e^{\frac{17.27T}{T+237.3}} \quad (\text{Ec. 6})$$

$$e_s = \frac{e^o(T_{max}) + e^o(T_{min})}{2} \quad (\text{Ec. 7})$$

4. Presión real de vapor (e_a)

Partiendo de la definición de la humedad relativa se puede calcular la presión real de vapor con la ecuación 8.

$$e_a = \frac{HR}{100} \times e_s \quad (\text{Ec. 8})$$

Pendiente de la curva de presión de vapor (Δ)

La pendiente de la curva de presión de vapor simplemente es la derivada de la ecuación 6 evaluada en la temperatura media (ecuación 9).

$$\Delta = \frac{4098 \times 0.6108 \times e^{\frac{17.27T}{T+237.3}}}{(T+237.3)^2} \quad (\text{Ec. 9})$$

5. Ejemplo en GrADS

Utilizando las ecuaciones y definiciones anteriores se puede obtener el mapa de la figura 1, que muestra la ETo pronosticada para un periodo diario en el territorio nacional. El siguiente fue el código de GrADS utilizado para la generación del mapa:

```
*Script para calcular la ETo para un dia
'open test.ctl'
'set mpdset hires'
'set gxout shaded'

*Radiación neta
'set t 1'
'Rn0 = ((1-0.23)*acswdnb + aclwdnb
- aclwupb)/1e6'
'set t 25'
'Rn1 = ((1-0.23)*acswdnb + aclwdnb
- aclwupb)/1e6'
'Rn = Rn1 - Rn0'

*Temperatura máxima, mínima y media
'tx = max(t2, t=1, t=25)'
'tn = min(t2, t=1, t=25)'
'tm = mean(t2, t=1, t=25)'

*Velocidad del viento
'u2 = 0.745*(mean(ws10, t=1,
t=25))'

*Constante psicrométrica
'psi = 0.665e-3*(mean(psfc, t=1,
t=25)/1e3)'

*Presión de vapor de saturación
'eox = 0.6108*exp((17.27*(tx-
273.15))/(tx-273.15+237.3))'
'eon = 0.6108*exp((17.27*(tn-
273.15))/(tn-273.15+237.3))'
'es = (eox + eon)/2'

*Presión de vapor real
'ea = mean(rh2, t=1, t=25)*es/100'

*Pendiente de la presión de vapor
'delta =
(4098*0.6108*exp((17.27*(tm-273.15))/(tm-
273.15+237.3)))/pow((tm-273.15+237.3), 2)'
```

```
*Evapotranspiración de referencia
'eto = (0.408*delta*(Rn) +
psi*(900/(tm))*u2*(es-ea))/(delta +
psi*(1+0.34*u2))'

*Display
'd eto'
'cbarn'
'draw title ETo GFS-WRF (mm/dia)'

*Guardar
'printim eto.png white'
```

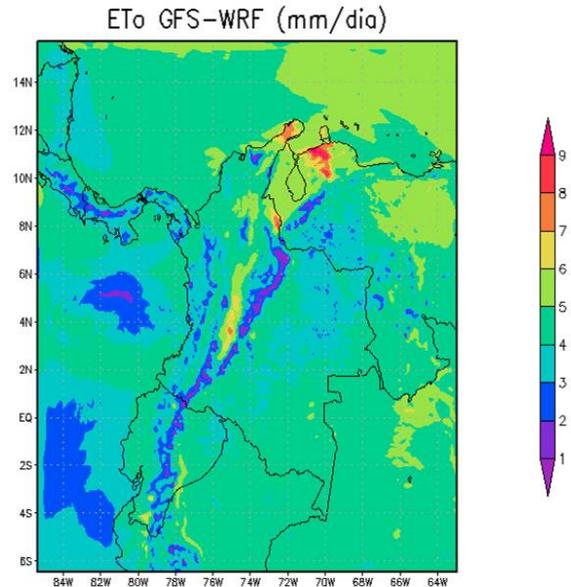


Figura 1. Mapa de la ETo hecho con GrADS para la salida del modelo WRF-GFS IDEAM Colombia (10km x 10km).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Food & Agriculture Org., 2006. *Evapotranspiración Del Cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.*
- [2] IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2017. Blanco, J & Cadena, M. "EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA (ET₀) PARA COLOMBIA",.