

Fórmulas usadas para estimar Evapotranspiración Modelo METRIC

Cesar Francisco Vilca Gamarra

Índice

1. Componentes de la ecuación Balance de energía	3
1.1. Radiación Neta	3
1.1.1. Albedo	3
1.1.2. Radiación de onda corta entrante $R_{S\downarrow}$	4
1.1.3. Radiación de onda larga saliente $R_{L\uparrow}$	4
1.1.4. Radiación de onda larga entrante $R_{L\downarrow}$	5
1.2. Flujo de calor del suelo G	6
1.3. Flujo de calor sensible H	7

1. Componentes de la ecuación Balance de energía

Fórmulas empleadas en Allen et. al (2007).

1.1. Radiación Neta

Morse et al. 2000:

$$R_n = (1 - \alpha)R_{S\downarrow} + (R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow}) - (1 - \epsilon_0)R_{L\downarrow} \quad (1)$$

Dónde:

- R_n : Flujo de radiación neta [W/m^2]
- α : Albedo de superficie
- $R_{S\downarrow}$: Radiación de onda corta entrante [W/m^2]
- $R_{L\downarrow}$: Radiación de onda larga entrante [W/m^2]
- $R_{L\uparrow}$: Radiación de onda larga saliente [W/m^2]
- ϵ_0 : Emisividad del ancho de banda en la superficie / broad-band surface thermal emissivity

1.1.1. Albedo

Para obtener el albedo es necesario primero realizar una corrección atmosférica, dónde desarrolla la metodología propuesta por Tasumi et. al (2007).

$$\rho_{s,b} = \frac{R_{out,s,b}}{R_{in,s,b}} = \frac{\rho_{t,b} - C_b(1 - \tau_{in,b})}{\tau_{in,b} \cdot \tau_{out,b}} \quad (2)$$

Dónde:

- $R_{in,s,b}$ and $R_{out,s,b}$: at-surface hemispherical incoming and reflected radiances [$Wm^{-2}\mu m^{-1}$]
- $\tau_{in,b}$: transmitancias de la radiacion solar de entrada / effective narrowband transmittance for incoming solar radiation.
- $\tau_{out,b}$: y la de radiacion de onda corta reflejada de superficie / effective narrow band transmittance for shortwave radiation reflected from the surface.

Estimación de Transmitancias

$$\tau_{in,b} = C_1 \exp \left(\frac{C_2 P}{K_t \cos \theta_{hor}} - \frac{C_3 W + C_4}{\cos \theta_{hor}} \right) + C_5 \quad (3)$$

$$\tau_{out,b} = C_1 \exp \left(\frac{C_2 P}{K_t \cos \eta} - \frac{C_3 W + C_4}{\cos \eta} \right) + C_5 \quad (4)$$

Dónde:

- C1 - C5 : constantes dadas en el trabajo de Allen et al. (2007)
- Kt : el coeficiente de claridad que va de 0 a 1, Kt = 1 para aire limpio y Kt = 0.5 para aire turbio.
- θ_h : ángulo de incidencia solar = zenith angle (90-elevation angle)

1.1.2. Radiación de onda corta entrante $R_{S\downarrow}$

Incoming broad-band short-wave radiation, as direct and diffuse at the Earth's surface [W/m^2], represents the principal energy source for ET. Morse et al. (2000)

$$R_{S\downarrow} = \frac{G_{sc} \cos \theta_{rel} \tau_{sw}}{d^2} \quad (5)$$

Dónde:

- G_{sc} : Constante solar [$1367W/m^2$]
- θ_{rel} : Ángulo de incidencia solar [radianes]
- d^2 : Cuadrado de la distancia relativa Tierra-Sol (OJO: También se menciona el inverso del cuadrado de la distancia relativa de tierra al sol)
- τ_{sw} : Es la transmitancia en un sentido con condiciones de claridad / Transmitancia de la banda ancha [W/m^2K]

1.1.3. Radiación de onda larga saliente $R_{L\uparrow}$

Outgoing long-wave radiation, $R_{L\uparrow}$, emitted from the surface is driven by surface temperature and surface emissivity. $R_{L\uparrow}$ is computed using the Stefan–Boltzmann equation Morse et al., 2000.

$$R_{L\uparrow} = \varepsilon_0 \sigma T_s^4$$

Dónde:

- $R_{L\uparrow}$: Radiación de onda larga saliente [W/m^2]
- ε_0 : Emisividad superficial de banda ancha / Broad band surface emissivity
- σ : Constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 * 10^{-8} [Wm^{-2}K^{-4}]$)
- T_s : Temperatura de brillo de superficie [K]

1.1.4. Radiación de onda larga entrante $R_{L\downarrow}$

Incoming Long-Wave Radiation

$$R_{L\downarrow} = \varepsilon_a \sigma T_a^4 \tag{6}$$

Dónde:

- $R_{L\downarrow}$: Radiación de onda larga entrante [W/m^2]
- ε_a : Effective atmospheric emissivity (dimensionless)
- σ : Constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 * 10^{-8} [Wm^{-2}K^{-4}]$)
- T_a : Near-surface air temperature [K]

1.2. Flujo de calor del suelo G

Soil heat flux is the rate of heat storage in the soil and vegetation due to conduction. General METRIC applications compute G as a ratio G/R_n using an empirical equation by Bastiaanssen (2000) representing values near midday

$$\frac{G}{R_n} = (T_s - 273,15)(0,0038 + 0,0074\alpha)(1 - 0,98 \text{ NDVI}^4) \quad (26) \quad (7)$$

Where:

- T_s : surface temperature (K)
- α : surface albedo

G is then calculated by multiplying G/R_n by R_n .

1.3. Flujo de calor sensible H