

# Fórmulas usadas para estimar Evapotranspiración Modelo METRIC

Cesar Francisco Vilca Gamarra

## Balance de Energía Superficial

Recopilación de fórmulas en Allen et. al (2007)

### 1. Radiación Neta $R_n$

Morse et al. 2000:

$$R_n = (1 - \alpha)R_{S\downarrow} + (R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow}) - (1 - \varepsilon_0)R_{L\downarrow} \quad (1)$$

Dónde:

- $R_n$  : Flujo de radiación neta [ $W/m^2$ ]
- $\alpha$  : 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 [ $W/m^2$ ]
- $\varepsilon_0$  : Emisividad del ancho de banda en la superficie / broad-band surface thermal emissivity

#### 1.1. Albedo $\alpha$

Corrección atmosférica 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:

- $C_1 - C_5$  : constantes dadas en el trabajo de Allen et al. (2007)
- $K_t$  : el coeficiente de claridad que va de 0 a 1,  $K_t = 1$  para aire limpio y  $K_t = 0.5$  para aire turbio.
- $\theta_h$  : ángulo de incidencia solar = zenith angle (90-elevation angle)

## 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 [ $1367W/m^2$ ]
- $\theta_{rel}$  : 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)
- $\tau_{sw}$  : Es la transmitancia en un sentido con condiciones de claridad / Transmitancia de la banda ancha [ $W/m^2K$ ]

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

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

$$R_{L\uparrow} = \epsilon_0 \sigma T_s^4$$

Dónde:

- $R_{L\uparrow}$  : Radiación de onda larga saliente [ $W/m^2$ ]
- $\epsilon_0$  : Emisividad superficial de banda ancha / Broad band surface emissivity
- $\sigma$  : Constante de Stefan-Boltzmann ( $5,67 * 10^{-8} [Wm^{-2}K^{-4}]$ )
- $T_s$  : Temperatura de brillo de superficie [ $K$ ]

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

Incoming Long-Wave Radiation

$$R_{L\downarrow} = \epsilon_a \sigma T_a^4 \quad (6)$$

Dónde:

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

**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

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

Where:

- $T_s$  : surface temperature (K)
- $\alpha$  : surface albedo

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

**3. Flujo de calor sensible  $H$**