

Charla Recursos Hídricos
FCH, UNCPBA
Evapotranspiración
conceptos y peso en la EBH

SENSORES REMOTOS EN
AGRICULTURA REGADÍA *

DR. R. RIVAS DRA. F. DEGANO

COMISIÓN INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA DE
LLANURAS

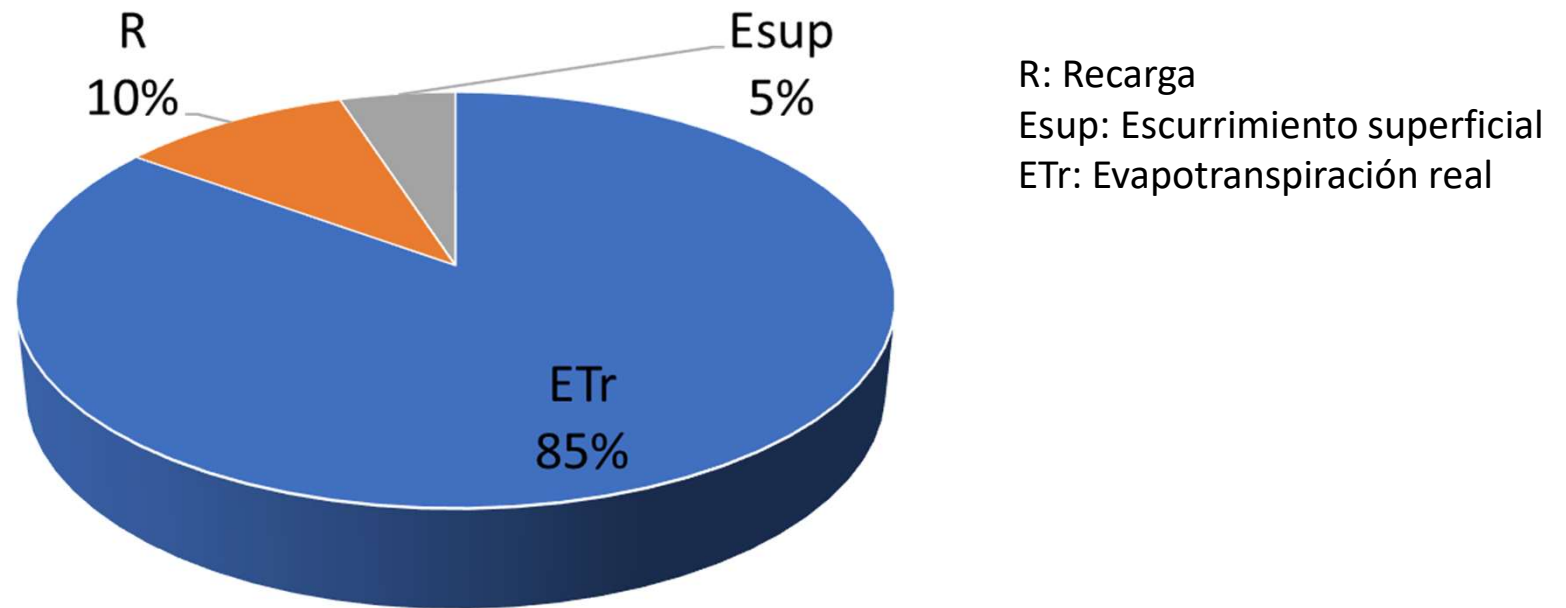
*INVITADO

Revisión de conceptos

REPASO DE CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE EVAPOTRANSPIRACIÓN A PARTIR DE DATOS METEOROLÓGICOS. DESCRIPCIÓN DE ECUACIONES – DATOS REQUERIDOS. BALANCE DE MASA. LA ECUACIÓN DE BALANCE DE ENERGÍA-SENSORES.

ESPECTRO DE DIFERENTES CUBIERTAS VEGETALES Y SUELO. DESDE LA HOJA A LA CUENCA. LÍMITES DE USO.

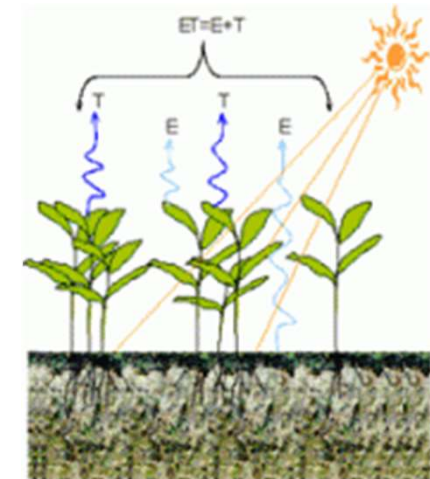
La evapotranspiración: peso en la ecuación de balance hidrológico en la llanura pampeana



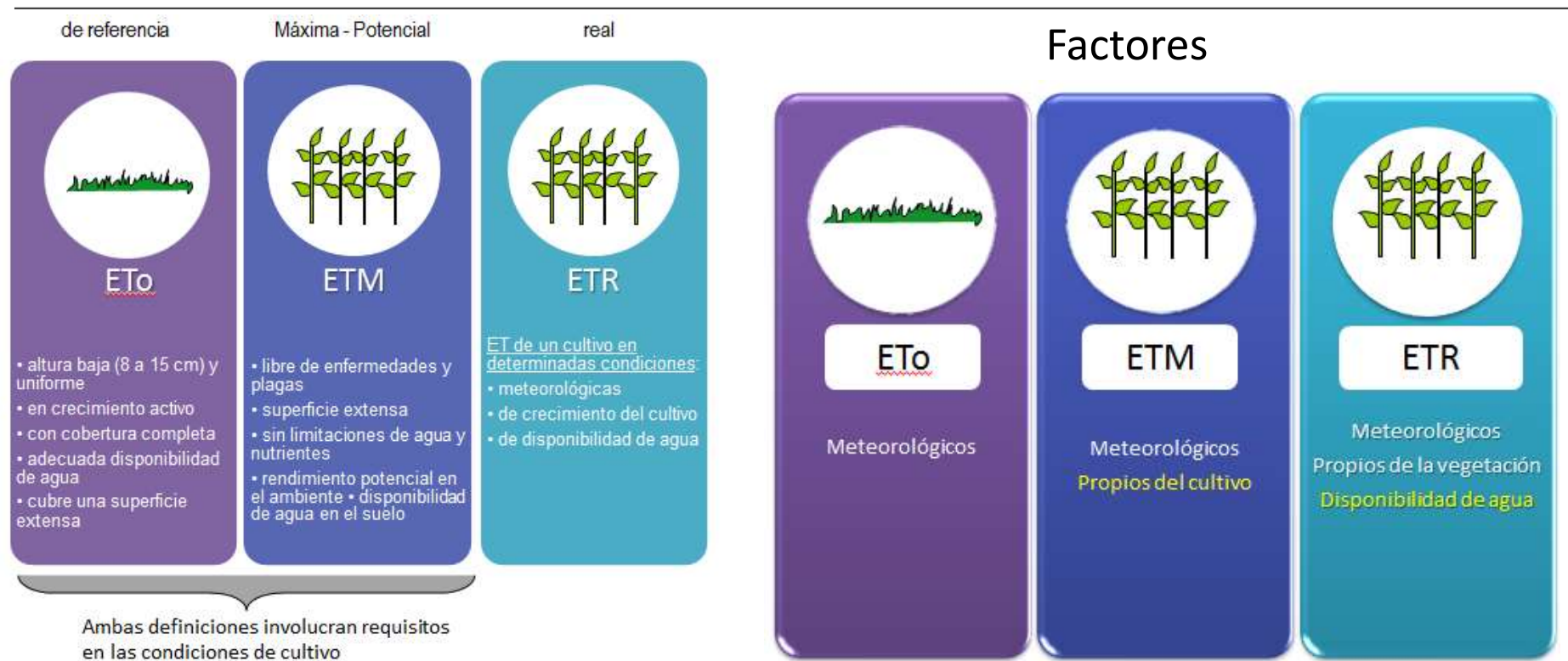
Para el cálculo se utilizó una Precipitación (mm) promedio de 1000 para una estación ubicada en proximidades de Junín.

Definición

La evapotranspiración (ET) se define como la pérdida de agua desde una superficie por evaporación (E) directa junto con la pérdida de agua por transpiración (T) de la vegetación. Constituye un importante componente del ciclo del agua y de los balances de agua (mm por unidad de tiempo) y energía (watt por metro cuadrado). Se expresa como flujo de calor latente (LE) por unidad de área o su equivalente en lámina de agua.



Definiciones de ET - factores



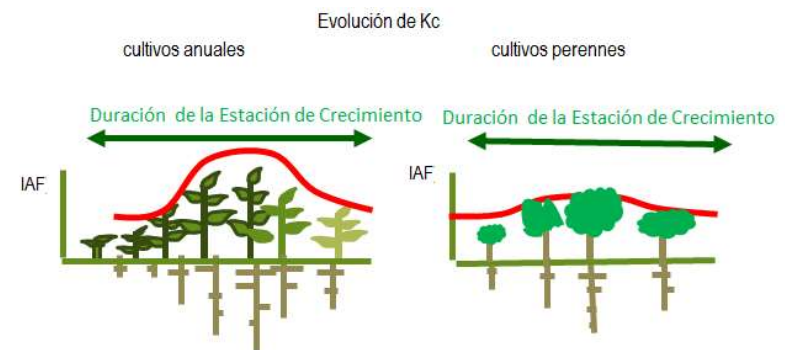
Adaptado de A. Irigoyen (2015)

El Kc (coeficiente de cultivo)



La relación ETM/E_{To} cuantifica los efectos del cultivo
Método de aproximación de ETM ($E_{To} \times K_c$)

Variables meteorológicas que afectan la ET



Adaptado de A. Irigoyen (2015)

Ecuaciones de cálculo de ET (+usadas)

$$ET_0 = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (Rn - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot u_2)}$$

Penman-Monteith-FAO56
(Allen *et al.*, 1998)

$$ETP = 0.4 \cdot (Ri + 50) \cdot \left(\frac{T}{T + 15} \right) \cdot \left(\frac{1 + (50 - HR)}{70} \right)$$

Turc, 1961

$$ETP = \alpha \cdot \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) \cdot Rn - G$$

Priestley y Taylor, 1972

$$ETP = 0.0023 \left(t_{med} + 17.78 \right) \cdot Ro \left(t_{dmax} - t_{dmin} \right)^{0.5}$$

Hargreaves y Samani, 1991

Las siglas se definen en la presentación. Los artículos de los autores de las ecuaciones se encuentran libre en la web.

El suelo y su efecto en la ET

Textura

Profundidad

Disponibilidad de nutrientes

Disponibilidad de agua

Suelo saturado



Máxima capacidad para contener agua

Límite máximo de agua disponible



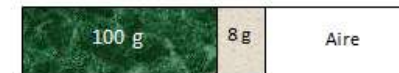
Los poros más grandes del suelo se vacían.
Se pierde el *agua gravitacional*, pero queda el *agua capilar*

Límite mínimo de agua disponible



Las raíces no pueden absorber más agua
(por convención -1,5MPa)

Agua higroscópica

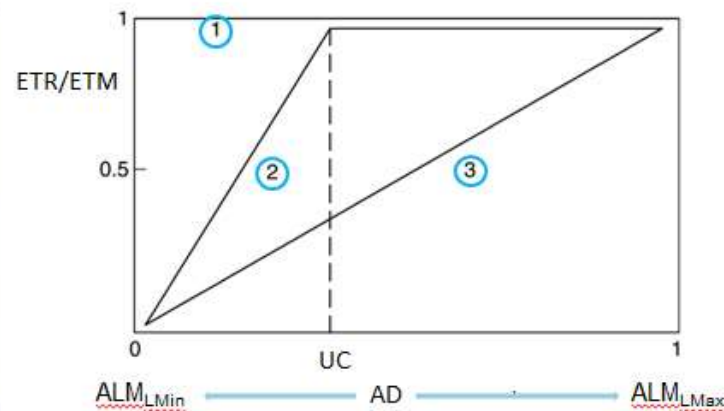


Moléculas adsorbidas sobre las superficies coloidales (*agua higroscópica*)



Ej. en números

El cociente entre ETreal y ETmáxima (ETP)



- 1- no hay efecto de la disponibilidad de agua en ETR/ETM
2- ETR/ETM es 1 hasta un determinado nivel de disponibilidad de agua, luego la disminución es lineal
3- la disminución es lineal en todo el rango de agua disponible
- UC: **umbral crítico** – (Valor de agua en el suelo a partir del cual ETR es menor a ETM)

ETR/ETM Concepto utilizado para calcular la ETR a partir de la disponibilidad de agua

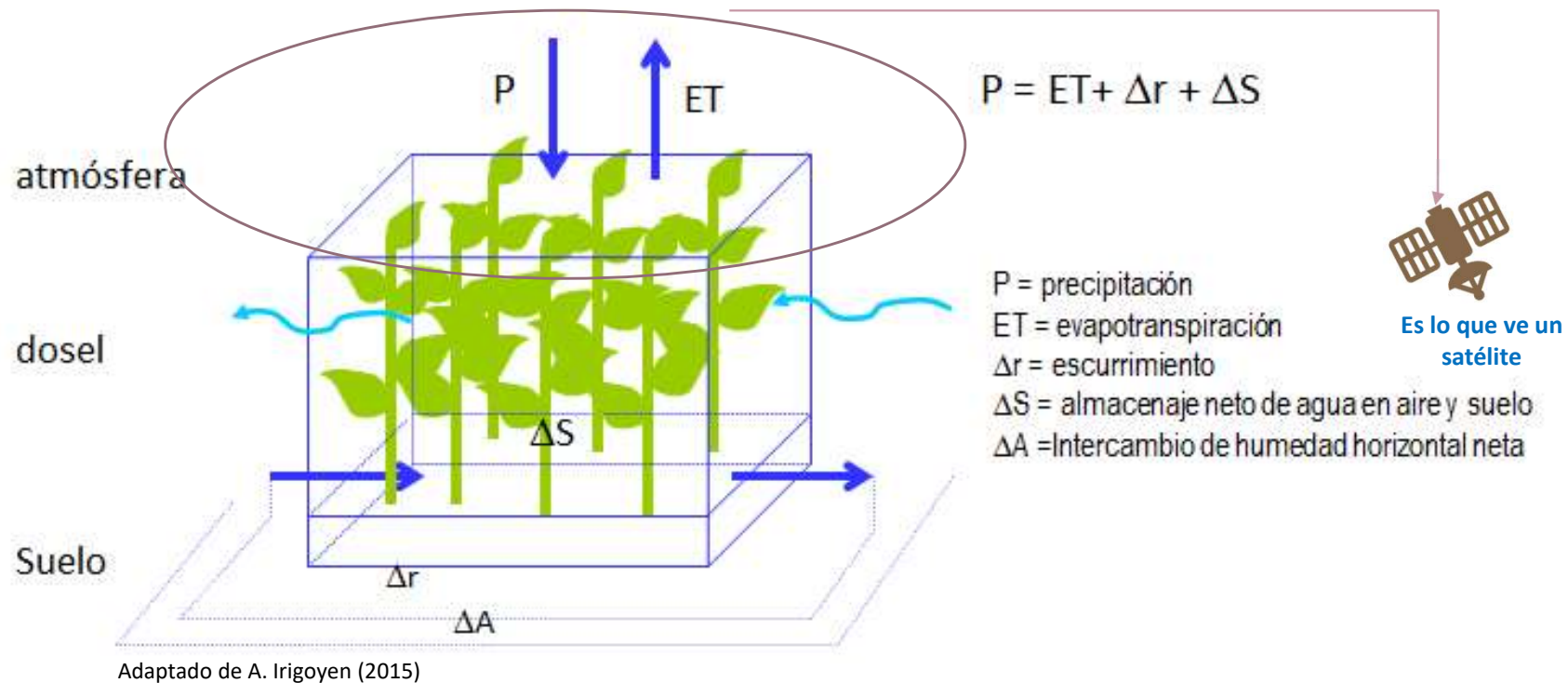
Si no se conoce el UC, 0,5 AD representa un nivel seguro para la mayoría de los cultivos (Doorenbos y Kassam, 1991)

AD: agua disponible

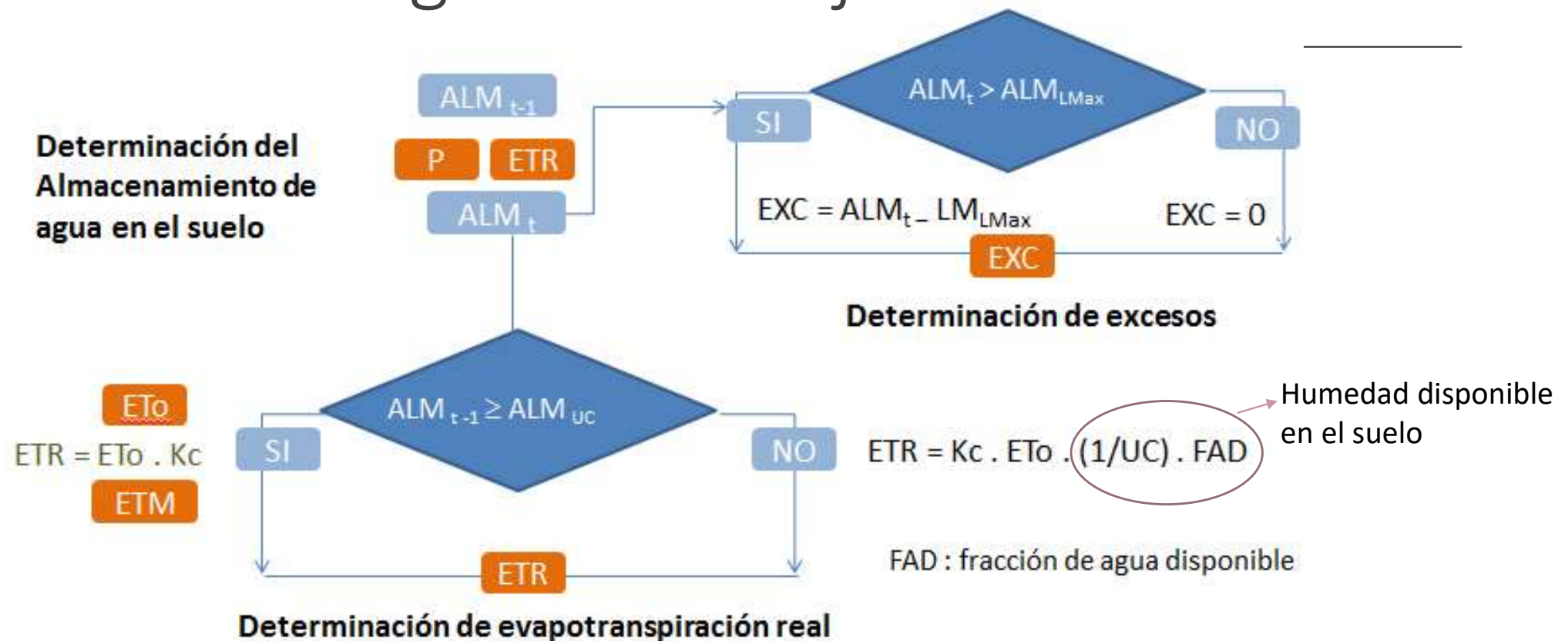
En cuanto a las especies vegetales

- Profundidad y extensión de raíces
 - Radiación reflejada
 - Resistencia al transporte de agua
 - Arquitectura de las plantas (IAF, altura, ángulo de las hojas)
 - Rugosidad aerodinámica
 - Cobertura vegetal
- + estado, densidad, desarrollo (tiempo/fecha) manejo...

El sistema suelo-planta-atmósfera



Estimación del balance de agua en el suelo – diagrama de flujo



Adaptado de A. Irigoyen (2015)

ET desde el punto de vista energético

De acuerdo con la ley de conservación de la energía los procesos de intercambio entre el sistema tierra-superficie-atmósfera pueden ser descriptos por la EBE (ecuación de balance de energía):

$$R_n + H + LE + G + A + A_h = dw/dt$$

R_n es la radiación neta, H el flujo de calor sensible, LE el flujo de calor latente, G el flujo de calor en el suelo, A es la energía utilizada por las plantas y animales (considerado despreciable), A_h es la energía de advección horizontal en la capa y dw/dt es la variación de energía del sistema (considerado nulo en régimen permanente y prácticamente nulo en transitorio). A nivel de la superficie se define que el flujo que ingresa a ésta es positivo y el flujo saliente negativo.

Ecuación de Balance de Energía

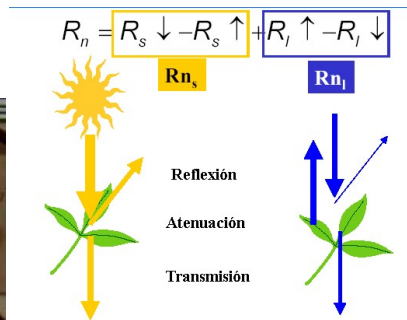
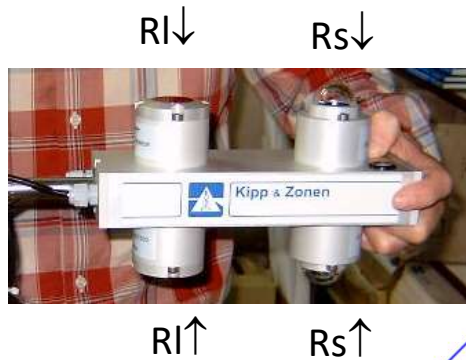
La ecuación operativa, en una dimensión, que gobierna el BE viene dada por la forma en que se distribuye la radiación neta (R_n) a nivel de superficie, por medio del flujo de calor en el suelo (G), el flujo de calor sensible (H) y el flujo de calor latente (LE) (Brutsaert, 1984):

$$R_n + G + H + LE = 0$$

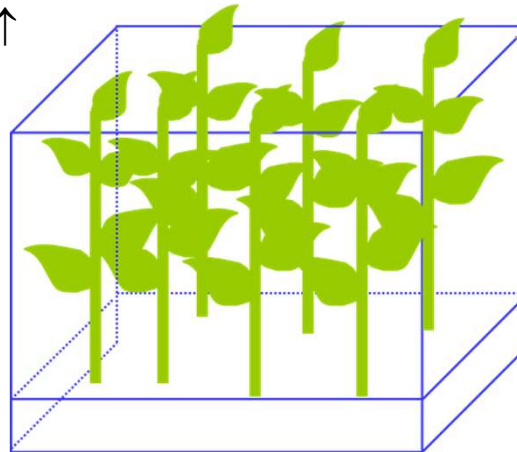
Los términos de la EBE vienen dados en unidades de flujo por unidad de superficie ($W\ m^{-2}$)

El sistema energético

Sensor de radiación neta (CRN1)



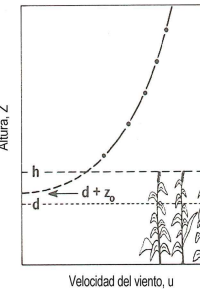
LE se estima
como término
residual de la EBE



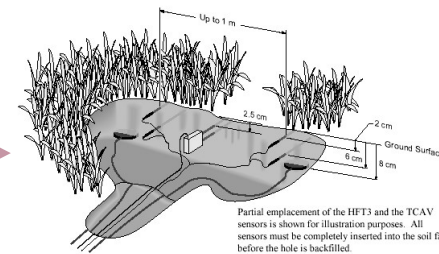
H

G

Esquema
simplificado



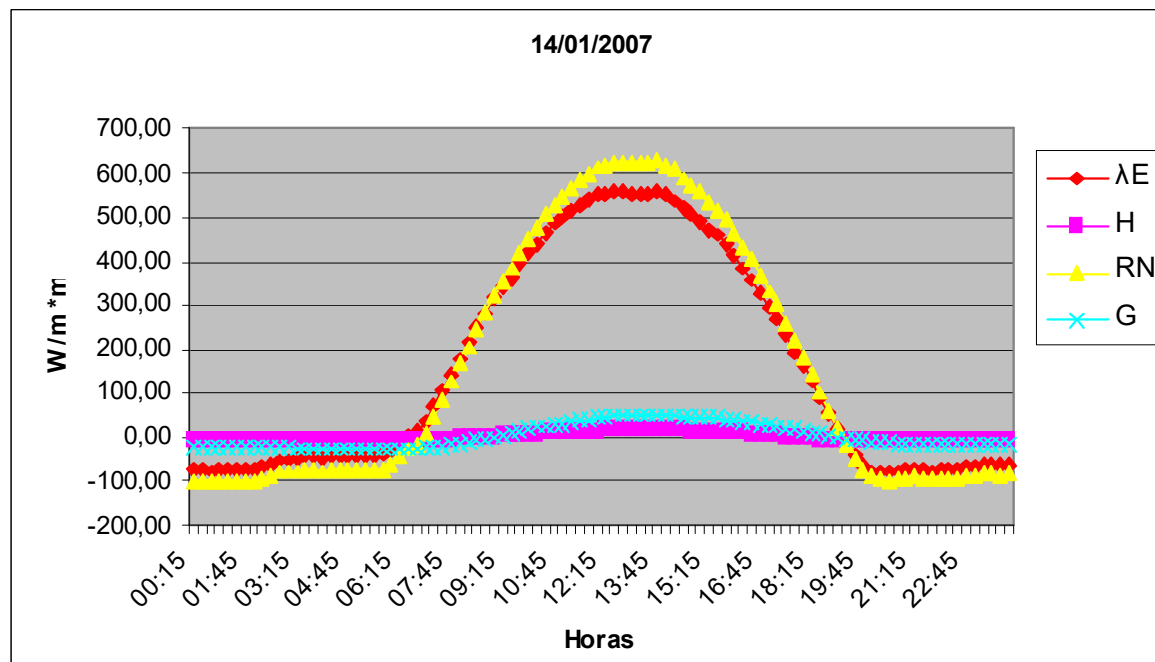
Medidor de velocidad de viento en
3D relacionado con el transporte
turbulento de calor y humedad en
la atmósfera



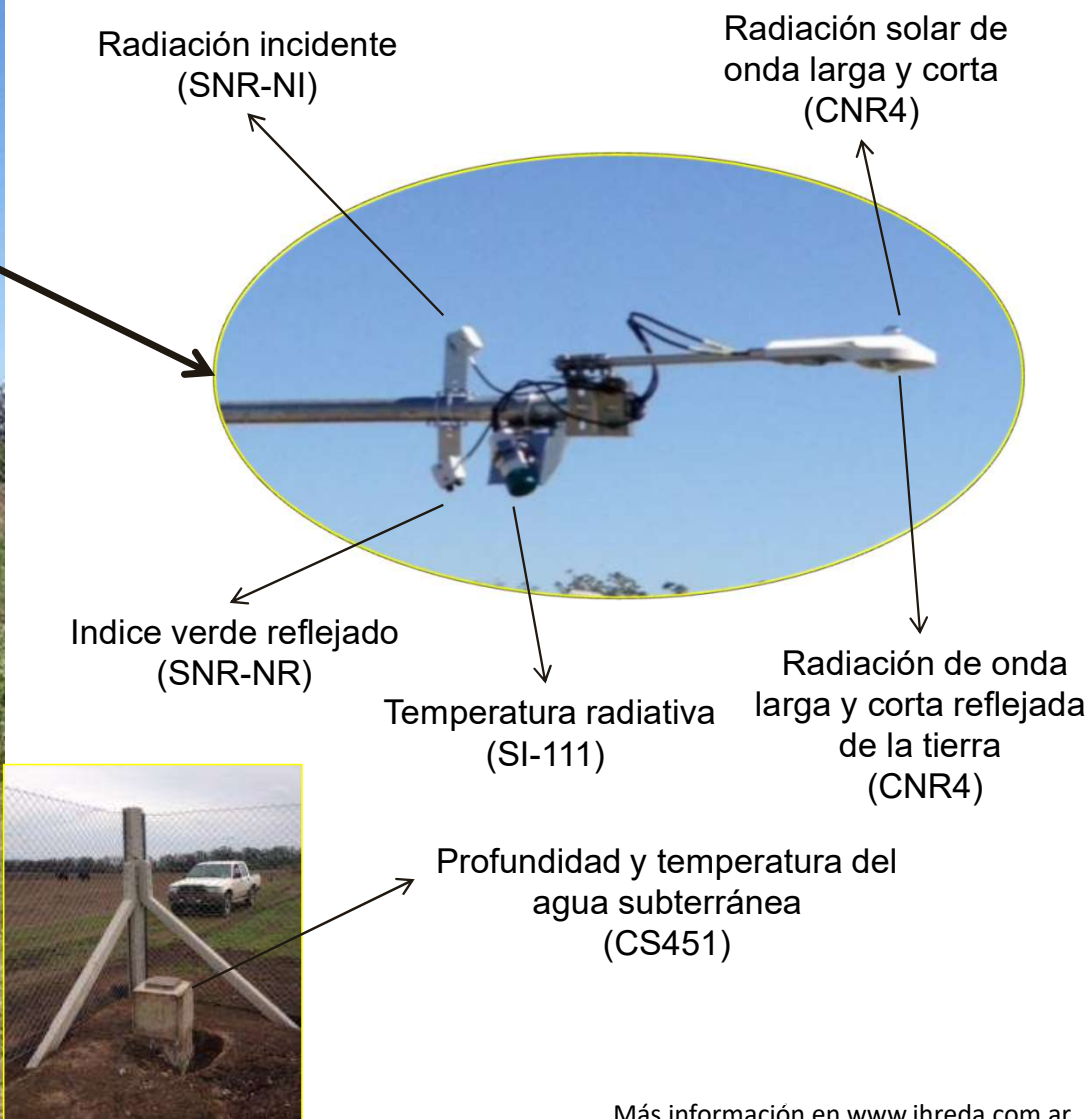
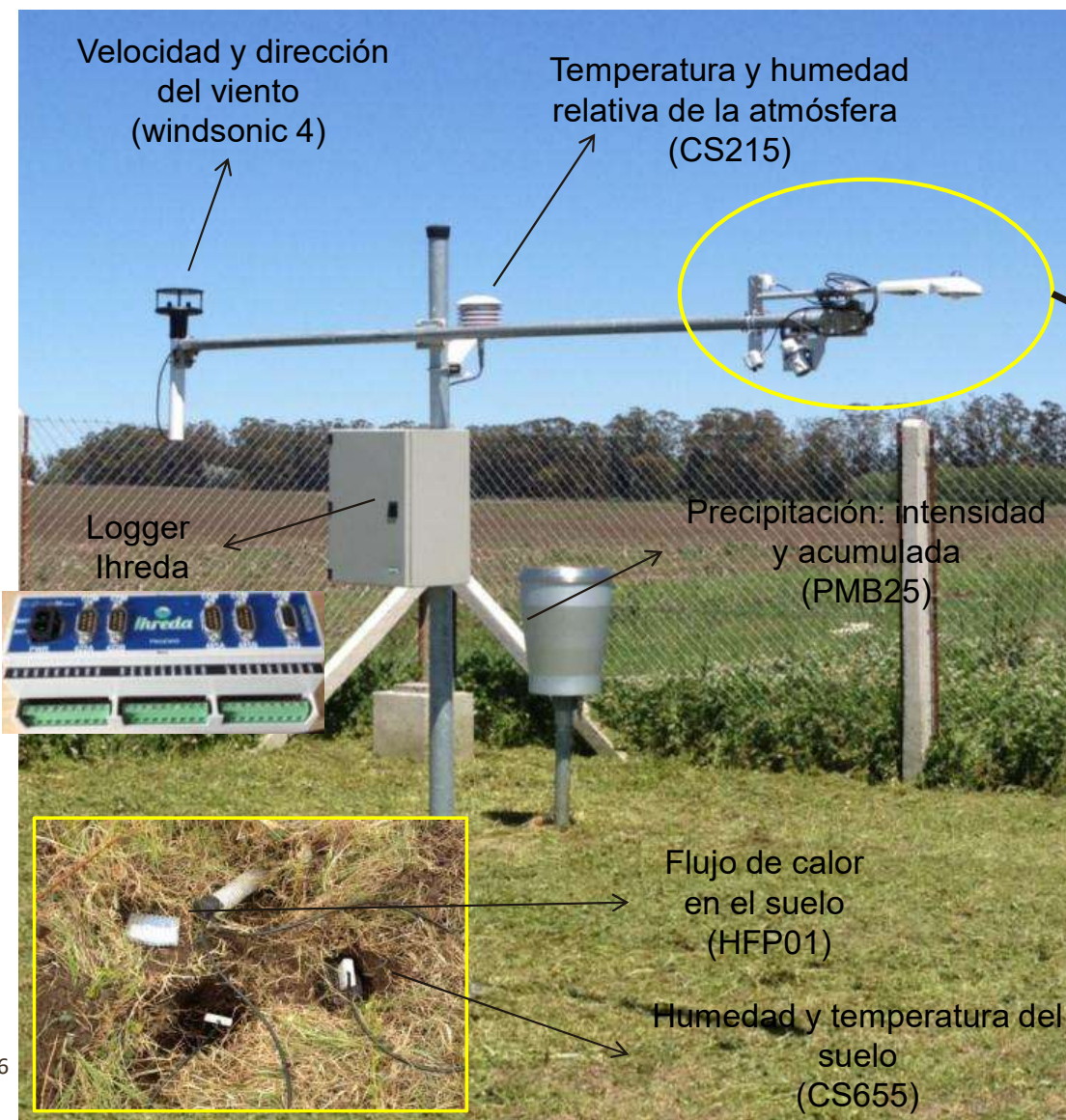
Medidor de flujo
de calor en el
suelo y sensor de
humedad de
suelo

Comportamiento de los términos de la EBE

La radiación neta en la superficie se puede distribuir como muestra la figura inferior. La superficie observada es un pasto corto con cobertura vegetal máxima y suelo con elevada humedad.

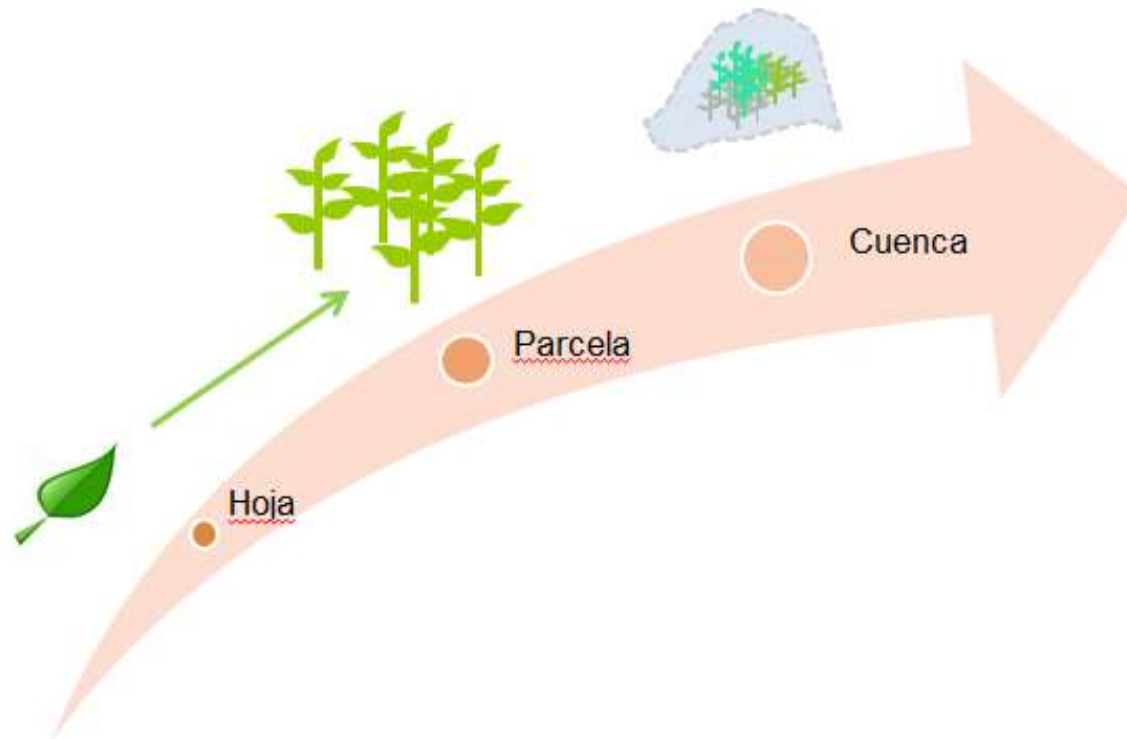


Estación Balance de Energía EM45- Ea. La Lucila (Pje. El Solcito)



Más información en www.ihreda.com.ar

Escalado hacia arriba (scaling up)



Procesos – uso – límites de la datos de satélite en relación a los usos

