

# Estimación de la evapotranspiración real de vid mediante Modelos de Balance de Energía. El paquete "water"

María Victoria Munafó

Geomática y Agricultura de precisión  
INTA EEA Mendoza



27 de abril de 2019

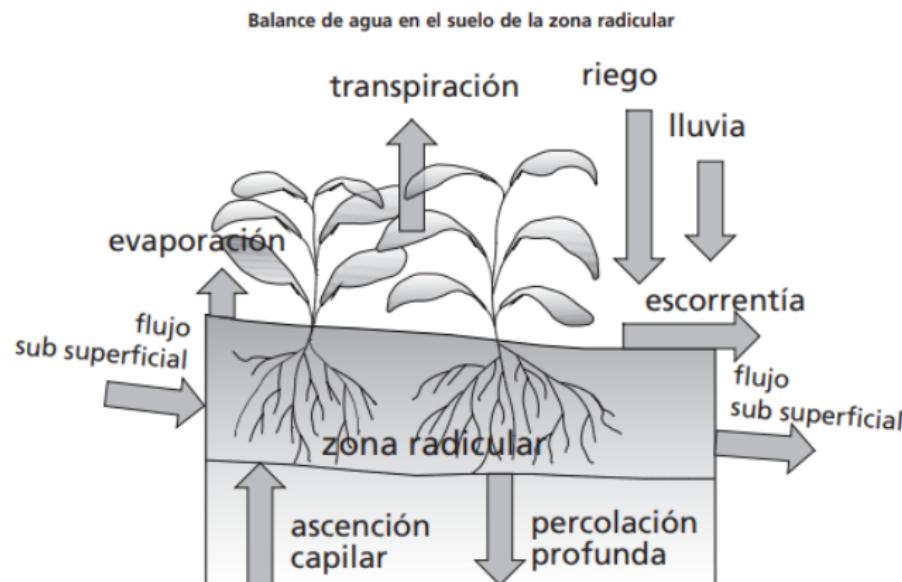
# Necesidades de agua de la vid y modelos de balance de energía: METRIC

# Necesidad de agua de los cultivos

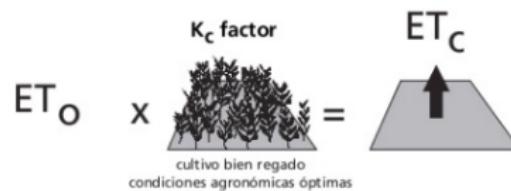
Conocer las necesidades de agua del cultivo permite:

- desarrollar estrategias de riego
- mejorar la eficiencia del uso del agua
- aumentar el área irrigada y su productividad

# Evapotranspiración



Evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_r$ ), bajo condiciones estándar ( $ET_o$ )  
y bajo condiciones no estándar ( $ET_c$ )



# Metodologías de estimación

- Balance de agua en el suelo
- Lisimetría
- Balance de energía (LSEB: Land Surface Energy Balance)



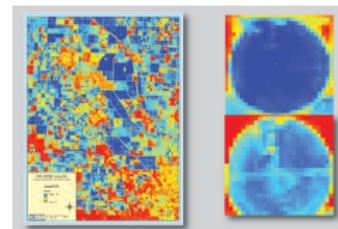
# Modelo de Balance de Energía: Land surface energy balance (LSEB)

$$LE = R_n - G - H \quad (1)$$

donde  $LE$  es el flujo de calor latente consumido por la  $ET_r$  ( $W \cdot m^{-2}$ );  $R_n$  es la radiación neta ( $W \cdot m^{-2}$ );  $G$  es el flujo de calor al suelo ( $W \cdot m^{-2}$ ); y  $H$  es el flujo de calor sensible que pasa por convección al aire ( $W \cdot m^{-2}$ ).

# METRIC: Mapping Evapotranspiration With Internalized Calibration

- Modelo realizado por Richard G. Allen en la Universidad de Idaho
- Se basa en el análisis de imágenes satelitales para obtener comparaciones píxel a píxel del estado hídrico de los cultivos.
- Desventajas:
  - Requiere de un usuario con alta especificidad.
  - El proceso clave para la obtención de resultados no está automatizado.



└ Necesidades de agua de la vid y modelos de balance de energía: METRIC

└ El paquete water

# Necesidades de agua de la vid y modelos de balance de energía: METRIC

## El paquete water

# El paquete water

**water:** Actual Evapotranspiration with Energy Balance Models

Tools and functions to calculate actual Evapotranspiration using surface energy balance models.

Version: 0.8  
 Depends: R ( $\geq$  3.0), [raster](#) ( $\geq$  2.5), [sq](#) ( $\geq$  1.2), [rgrid](#) ( $\geq$  1.2)  
 Suggests: [knitr](#), [rmarkdown](#)  
 Published: 2018-04-24  
 Author: Guillermo Federico Olmedo [aut, cre], Samuel Ortega-Farías [aut], David Fonseca-Luengo [aut], Daniel de la Fuente-Sáliz [aut], Fernando Fuentes Peñalillo [aut], María Victoria Munafó [ctb]  
 Maintainer: Guillermo Federico Olmedo <guillermo.olmedo@gmail.com>  
 BugReports: <https://github.com/midraed/water/issues>  
 License: [GPL-2](#) | [GPL-3](#) [expanded from: GPL ( $\geq$  2)]  
 URL: <http://midraed.github.io/water>  
 NeedsCompilation: no  
 Citation: [water citation info](#)  
 Materials: [README NEWS](#)  
 In views: [Hydrology](#)  
 CRAN checks: [water results](#)  
 Downloads:  
 Reference manual: [water.pdf](#)  
 Vignettes: [Landscape\\_B](#)  
[METRIC\\_Advanced](#)  
[METRIC\\_simple](#)  
 Package source: [water\\_0.8.tar.gz](#)  
 Windows binaries: r-devel: [not available](#), r-release: [not available](#), r-oldrel: [water\\_0.8.zip](#)  
 OS X binaries: r-release: [water\\_0.8.tgz](#), r-oldrel: [water\\_0.8.tgz](#)  
 Old sources: [water archive](#)  
 Linking:  
 Please use the canonical form <https://CRAN.R-project.org/package=water> to link to this page.

Repository for the development version of water package.

downloads 923B

water package is available at [CRAN network](#)

You can install development version with:

```
install.packages("devtools")
library(devtools)
install_github("midraed/water")
```

# The R Journal

## water: Tools and Functions to estimate Actual Evapotranspiration using Land Surface Energy Balance Models in R

by Guillermo Federico Olmedo, Samuel Ortega-Fariás, Daniel de la Fuente-Sáiz, David Fonseca-Luego and Fernando Fuentes-Peníailillo

**Abstract** The crop water requirement is a key factor in the agricultural process. It is usually estimated throughout actual evapotranspiration ( $ET_a$ ). This parameter is the key to develop irrigation strategies, to improve water use efficiency and to understand hydrological, climatic, and ecosystem processes. Currently, it is calculated with classical methods, which are difficult to extrapolate, or with land surface energy balance models (LSEB), such as METRIC and SEBAL, which are based on remote sensing data. This paper describes **water**, an open implementation of LSEB. The package provides several functions to estimate the parameters of the LSEB equation from satellite data and proposes a new object class to handle weather station data. One of the critical steps in METRIC is the selection of “cold” and “hot” pixels, which **water** solves with an automatic method. **water** can process a batch of satellite images and integrates most of the already published sub-models for METRIC. Although **water** implements METRIC, it will be expandable to SEBAL and others in the near future. Finally, two different procedures are demonstrated using data that is included in **water** package.

## Ventajas de "water"

- Implementación abierta de la ecuación de balance de energía,
- Permite el cálculo de los parámetros de la ecuación mediante imágenes satelitales.
- El producto es obtenido en pocos pasos mediante la incorporación de subrutinas que automatizan los procesos más complejos,
- Utiliza gran capacidad de memoria temporal para el procesamiento de grandes lotes de imágenes satelitales en corto tiempo,
- Evita la dependencia de un coeficiente de cultivo genérico.
- Integra la variabilidad espacial.

# Clasificación de funciones

## ■ Funciones generales

- Objetivo: estimar los subcomponentes del LSEB
- Subproductos: LAI, albedo, temperatura de la superficie (land surface temperature), rugosidad (momentum roughness length).
- Diferentes modelos incluídos, deben seleccionarse de acuerdo a las condiciones (argument method).

## ■ Basadas en el modelo METRIC

- Objetivo: estimar el balance de energía
- METRIC.G() estima el flujo de calor del suelo
- METRIC.EB()

## ■ Funciones internas y manejo de datos meteorológicos

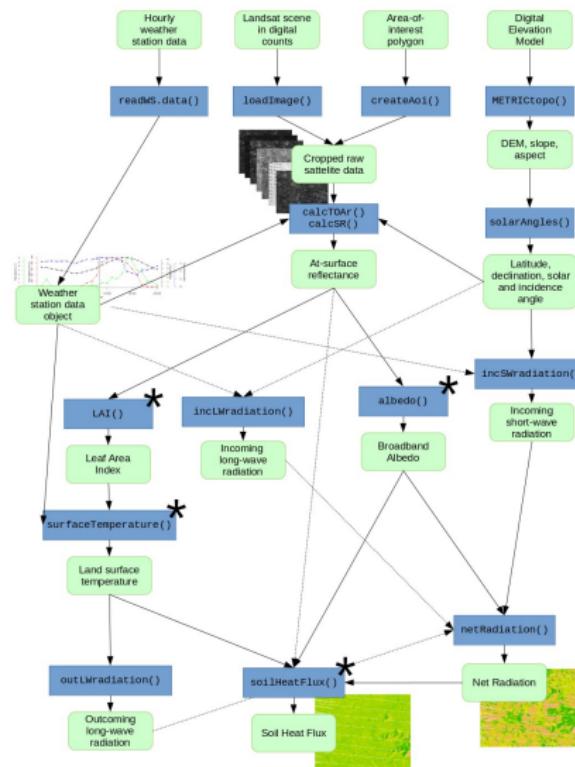
# Funciones claves

`read.WSdata()`: esta función permite importar datos meteorológicos almacenados en archivos de tablas como valores separados por comas (formato csv). El resultado es un objeto de clase `waterWeatherStation`. Los argumentos mínimos de esta función son el nombre del archivo csv y un vector con el orden de las variables mínimas (radiación, temperatura del aire, velocidad del viento y humedad relativa). Un argumento adicional es el archivo de metadatos de la imagen Landsat. Si este argumento es provisto, las condiciones meteorológicas en el momento de pasada del satélite son calculadas.

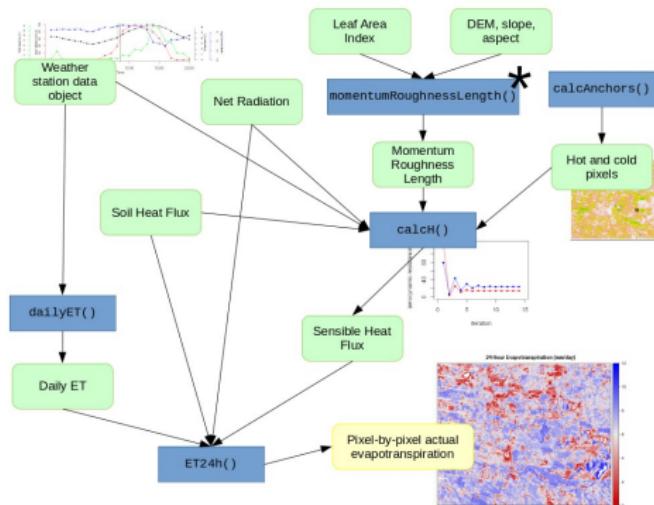
## Funciones claves

`METRIC.EB()`: Esta es la función principal del paquete `water`. Esta función ejecuta cada uno de los submodelos necesarios para estimar los componentes de la ecuación de balance de energía (ec 1), utilizando una imagen satelital y los datos de 1 estación meteorológica. Los argumentos `alb.coeff`, `LAI.method`, `Zom.method` y `anchors.method` permiten elegir diferentes submodelos o coeficientes. Otro argumento opcional es `plain`, que permite estimar utilizando un modelo digital de elevaciones o considerar la que la superficie es plana. Cuando se utiliza un modelo digital de elevaciones, la radiación neta y la temperatura de la superficie son corregidas utilizando la altitud, pendiente y aspecto.

# METRIC



# METRIC



- └ Necesidades de agua de la vid y modelos de balance de energía: METRIC
  - └ El paquete water

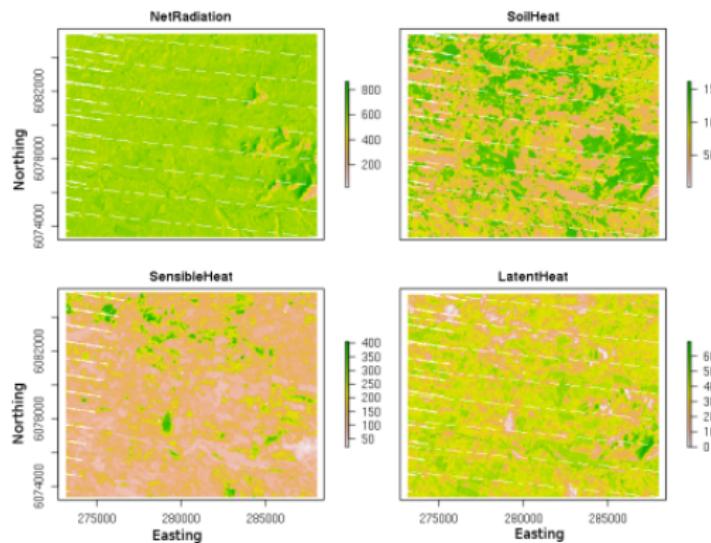
## Datos requeridos

- Set de imágenes satelitales Landsat 7 u 8
- Datos de estación meteorológica en condiciones de referencia
  - Formato CSV (comma separated values),
  - Datos horarios.
  - Variables necesarias: temperatura del aire, velocidad del viento, humedad relativa, radiación solar y precipitaciones.
- Modelo digital de elevación provisto por NASA SRTM con la misma extensión espacial que la imagen.

## Nuevos objetos propuestos

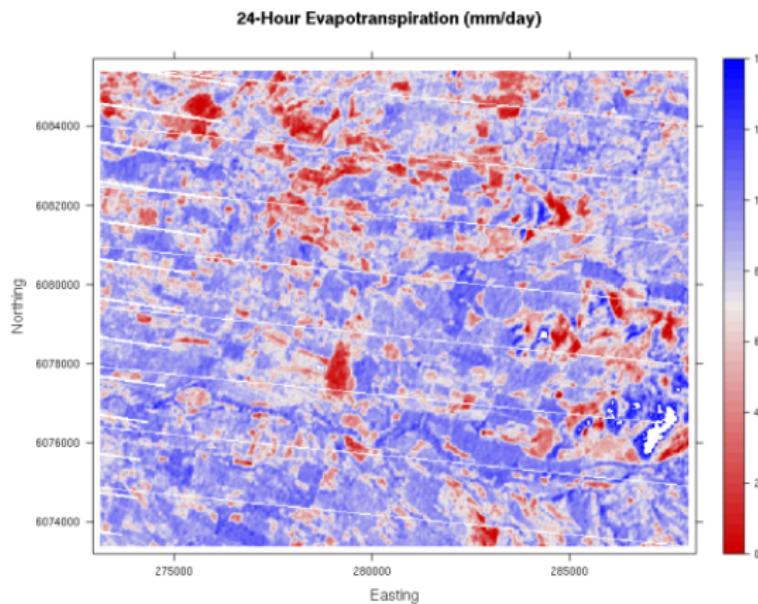
- Ambos son objetos clase S3
- `waterWeatherStation` derivado de un `data.frame`, contiene los datos meteorológicos y es factible de ser graficado
- `waterLSEB` es un `rasterStack`. Cada capa representa un componente del modelo en la imagen satelital, integrando la variabilidad espacial.

# Producto: balance de energía



Land surface energy balance ( $W \cdot m^{-2}$ ) estimated using METRIC with **water** package

# Producto: evapotranspiración real



Crop evapotranspiration in mm/day, estimated using METRIC and **water** package

# Weather Station

> **WeatherStation**

Weather Station at lat: -33.01 long: -68.86 elev: 927

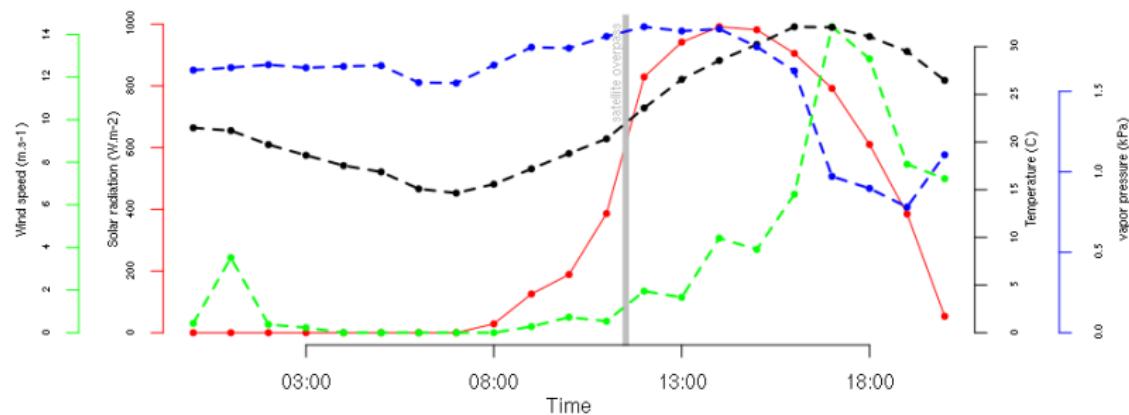
Summary:

	radiation	wind	RH	ea	temp
Min. :	0.0	Min. :0.0000	Min. :10.00	Min. :0.2425	Min. : 0.02
1st Qu.:	0.0	1st Qu.:0.1200	1st Qu.:42.00	1st Qu.:0.8589	1st Qu.:13.27
Median :	29.0	Median :0.7800	Median :58.00	Median :1.1918	Median :18.14
Mean :	204.3	Mean :0.9449	Mean :59.43	Mean :1.2255	Mean :17.92
3rd Qu.:	409.0	3rd Qu.:1.5400	3rd Qu.:76.00	3rd Qu.:1.5801	3rd Qu.:22.62
Max. :	929.0	Max. :6.3200	Max. :99.00	Max. :2.5826	Max. :33.91
NA's :	728	NA's :1	NA's :1	NA's :1	NA's :1

Conditions at satellite flyby:

	datetime	radiation	wind	RH	ea	temp	date
36	2015-09-02 11:27:18	418.32	0.26	58.81	0.7	9.61	2015-09-02

# Weather Station



└ Necesidades de agua de la vid y modelos de balance de energía: METRIC

└ Caso de estudio: aplicación en vid

# Necesidades de agua de la vid y modelos de balance de energía: METRIC

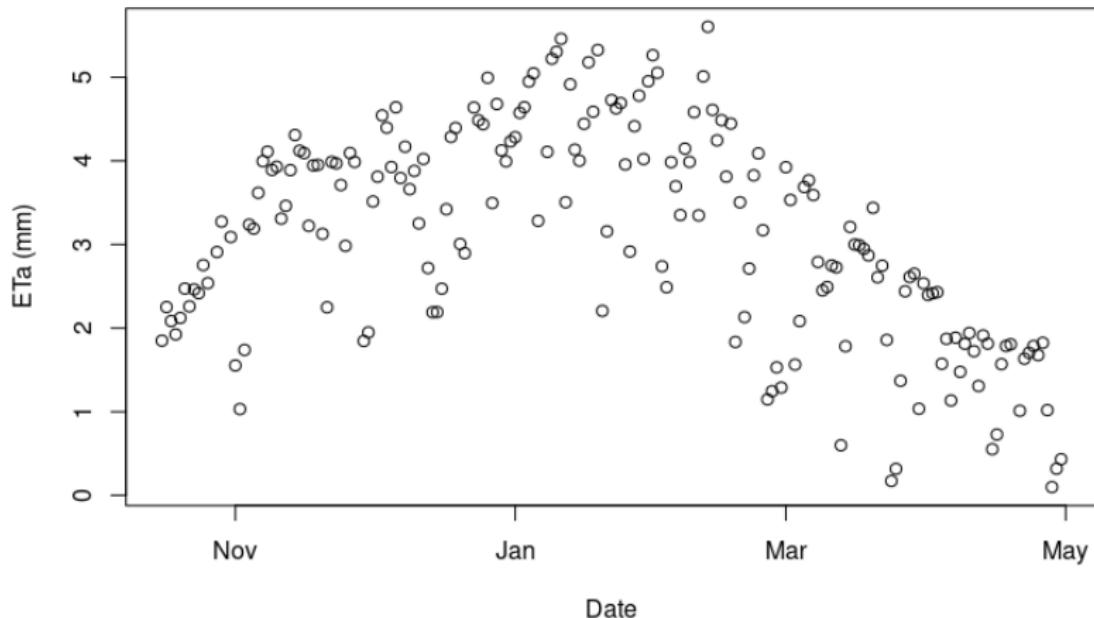
## Caso de estudio: aplicación en vid

# Kc modelado

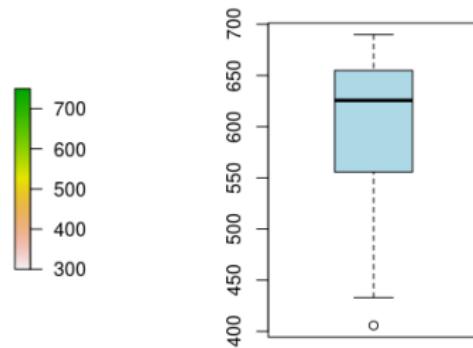
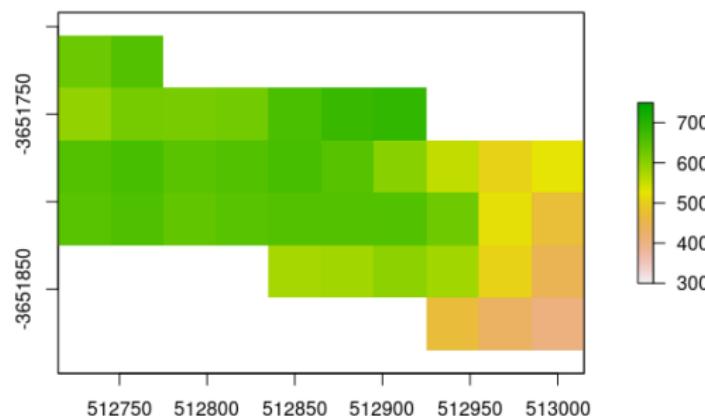
X2014.10.16



# Actual ET for WS using modeled Kc



# Acum ET<sub>a</sub>



└ Necesidades de agua de la vid y modelos de balance de energía: METRIC

└ Caso de estudio: aplicación en vid

*Muchas gracias por su atención*

