

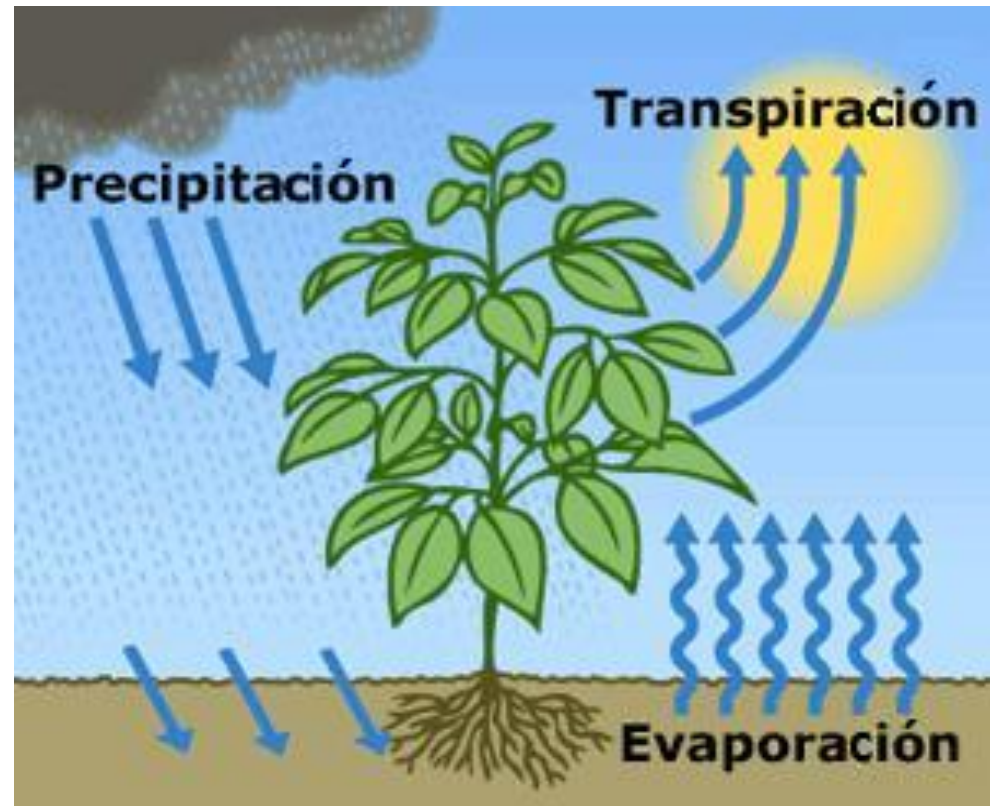


Evapotranspiración

¿Qué es la evapotranspiración?



La suma de la evaporación de la superficie de la tierra más la transpiración de las plantas



Fuente: USGS



En breve

- La importancia de la ET
- Las dificultades de la medición de la ET
- Beneficios y oportunidades de utilizar la percepción remota para la ET
- Métodos de derivar la ET utilizando la percepción remota:
- Resumen



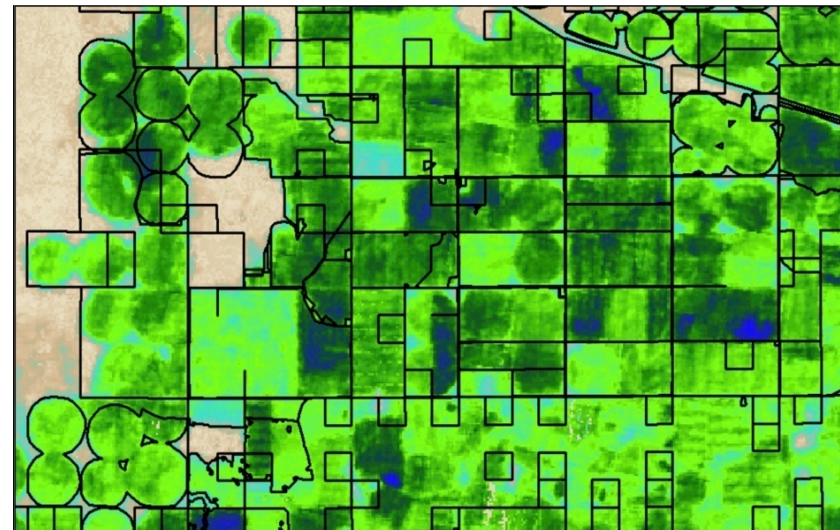
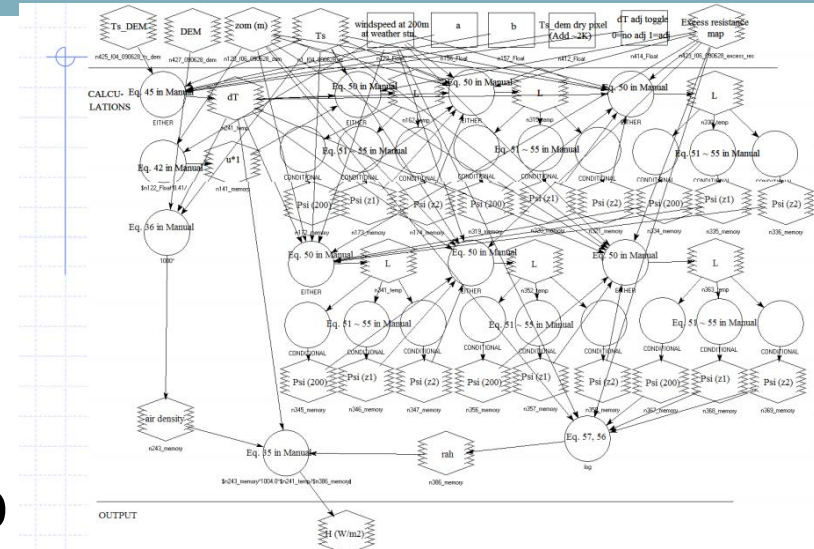
La importancia de la ET

- Componente crítico del equilibrio de agua y energía de las interacciones clima-suelo-vegetación.
- Se usa para
 - ▣ Determinar el consumo agrícola del agua
 - ▣ Asesorar condiciones de sequía
 - ▣ Desarrollar presupuestos hídricos
 - ▣ Monitorear agotamiento de acuíferos
 - ▣ Etc....

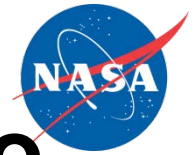


Las dificultades de medir la ET

- La ET es compleja (muchos variables)
- La ET varía a través del tiempo y el espacio (UN MONTÓN!)



Limitaciones principales de la medición de la ET a nivel del suelo



Son mediciones puntuales y no pueden capturar la variabilidad espacial



Torres de flujo turbulento

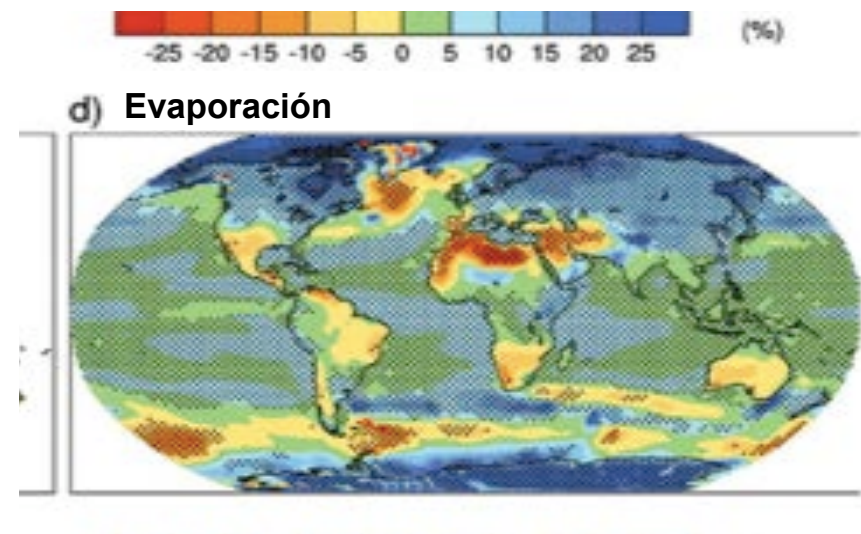
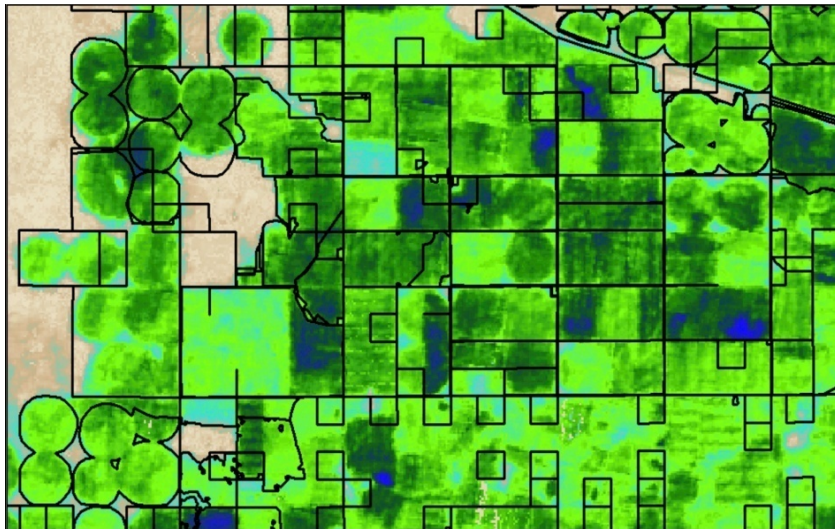


Lisímetros



Los beneficios de usar datos de la percepción remota satelital

- Proporcionan medidas relativamente frecuentes y espacialmente continuas de variables biofísicas a diferentes escalas espaciales:
 - ▣ Radiación
 - ▣ Manto de vegetación y densidad



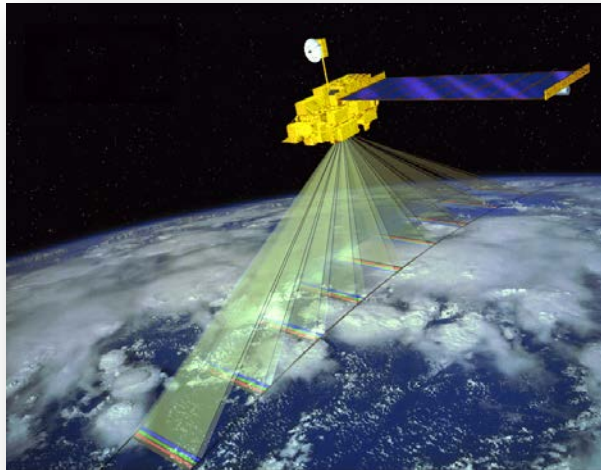
Métodos de derivar la ET

Método	Resolución Espacial	Fuente	Disponibilidad
Modelos de superficie terrestre: NLDAS/GLDAS	1 1/8° grado (Global)	NASA/NOAA	Gratis/descargable
Otros modelos físicos: MODIS	1 km (Global)	Universidad de Montana	Gratis/descargable
Equilibrio energético: METRIC/SEBAL	30 m (Local, Regional)	Varias	No gratis/contrato
Relaciones vegetación/ET	30 m (Local, Regional)	Varias	Gratis/No Gratis
ALEXI/ DisALEXI	10 km – 30 m	USDA	No disponible aún

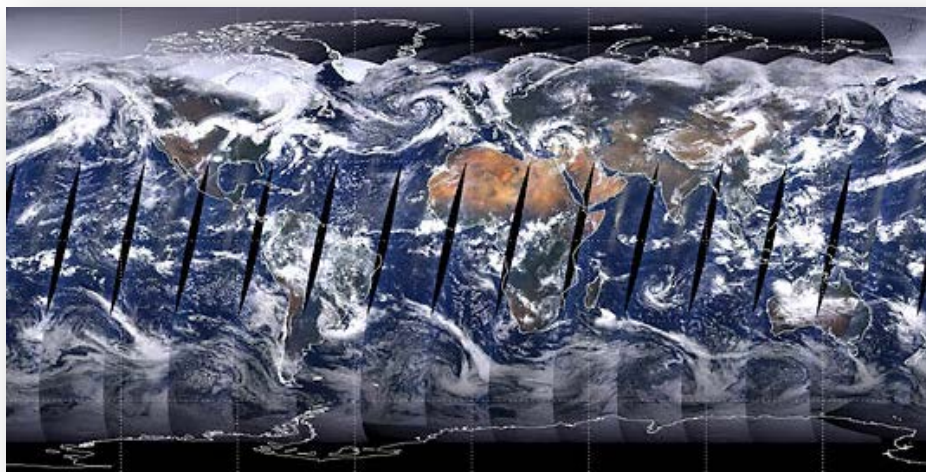
Métodos de derivar ET: MODIS

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) Espectrorradiómetro

imágenes de resolución moderada



- Resolución espacial
 - 250m, 500m, 1km
- Resolución temporal
 - Diaria, 8 días, 16 días, mensual, trimestral, anual
 - 2000-presente
- Formatos de datos
 - Hierarchical data format – Earth Observing System Format (HDF-EOS) (Formato de datos jerárquico – sistema de observación terrestre)



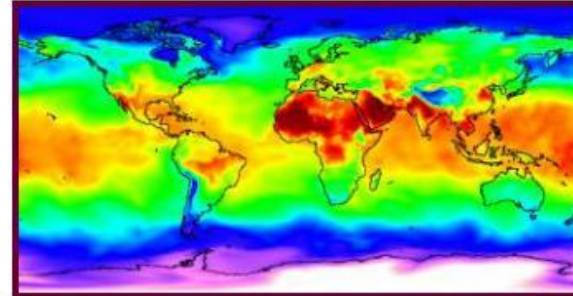
- Cobertura espectral
 - 36 bandas (bandas principales incluyen roja, azul, IR, casi IR, MIR)
 - Bandas 1-2: 250m
 - Bandas 3-7: 500m
 - Bandas 8-36: 1000m

MODIS- Productos globales de la ET

Numerical Terradynamic Simulation Group (NTSG), Universidad de Montana



Datos de entrada del MODIS (RS)
(Albedo, FPAR/LAI, cubierta terrestre)



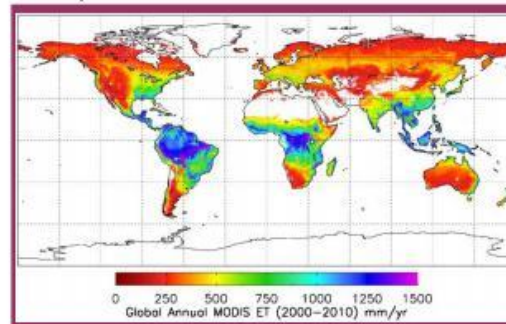
Datos meteorológicos diarios (MET)
(S↓, VPD, Temperatura. No Precp!)

Ecuación Penman-Monteith

$$\lambda E = \frac{\Delta \cdot R_a \cdot (R_n - G) + \rho \cdot C_p \cdot VPD}{R_a \cdot (\gamma + \Delta) + \gamma \cdot R_s}$$

ET MODIS: evaporación del suelo, evaporación de agua interceptada por la cubierta forestal y transpiración de las plantas.

$$ET = f(RS, MET)$$

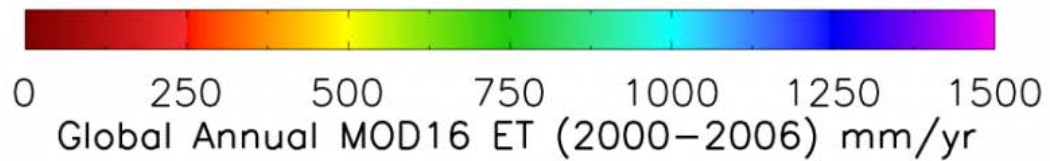
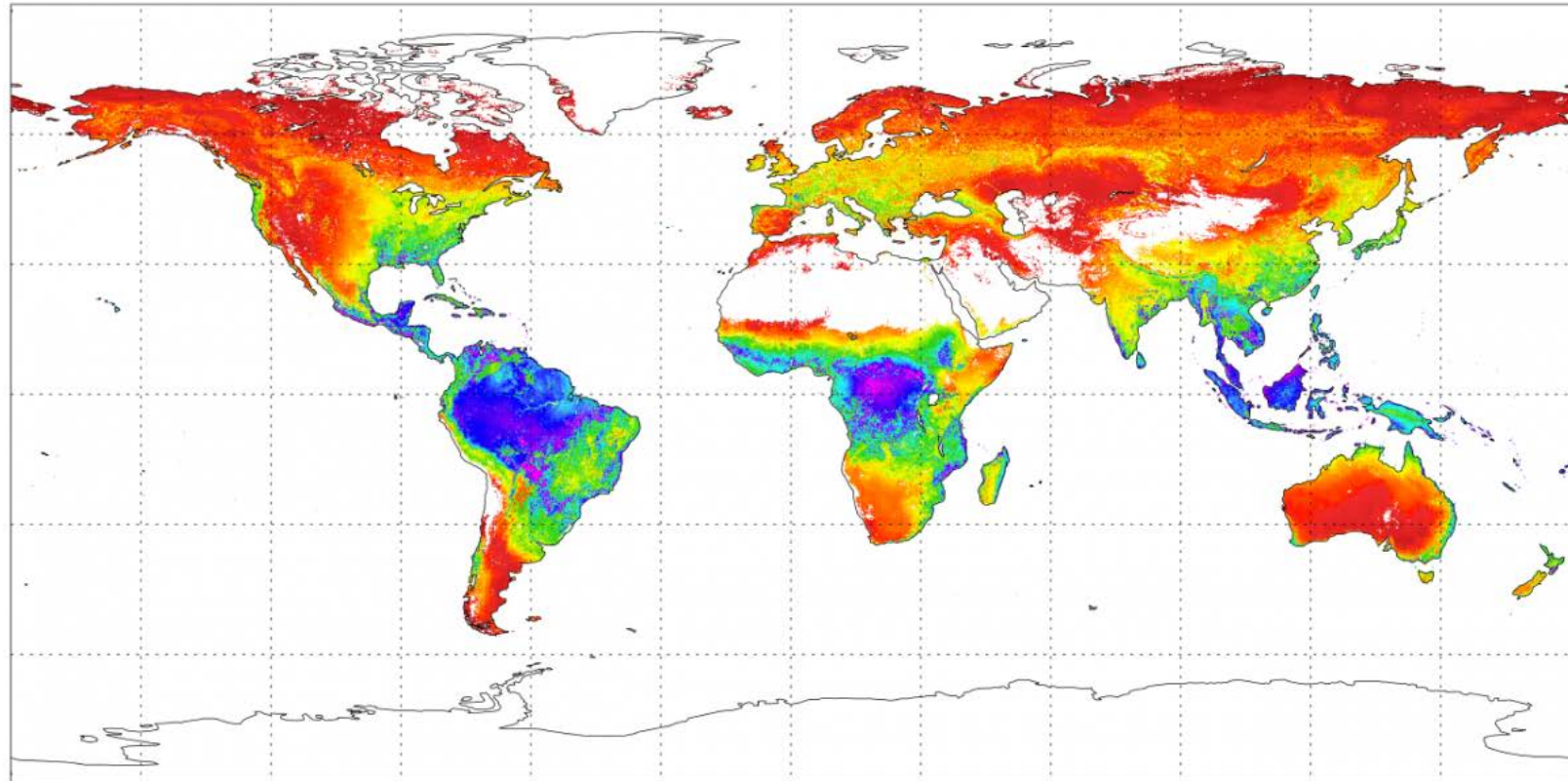


Características de los productos de la ET del MODIS

- Resolución espacial: 1 km
- Cobertura espacial: Global
- Plazo temporal: 8 días, mensual, anual
- Período de tiempo: 2000-2014
- Descarga de datos:

<http://www.ntsg.umt.edu/project/mod16>

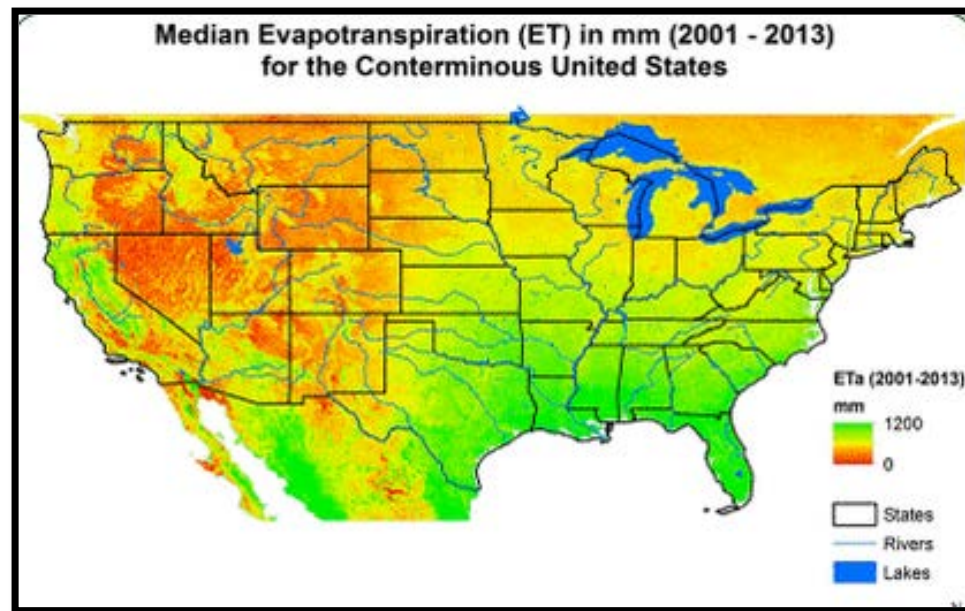
Conjunto de datos- MOD16 Global Terrestrial ET



ET WaterSMART del USGS



http://www.usgs.gov/climate_landuse/lcs/projects/wsmartet.asp



ET total anual ET (medio de 2001-2013) derivada del conjunto de datos termales de 1 km a basado en el MODIS. El producto está compuesto de la acumulación de la ET de 8 días de enero a diciembre.

Resúmenes mensuales y anuales disponibles en el “Geoportal” del USGS

<http://cida.usgs.gov/gdp/>

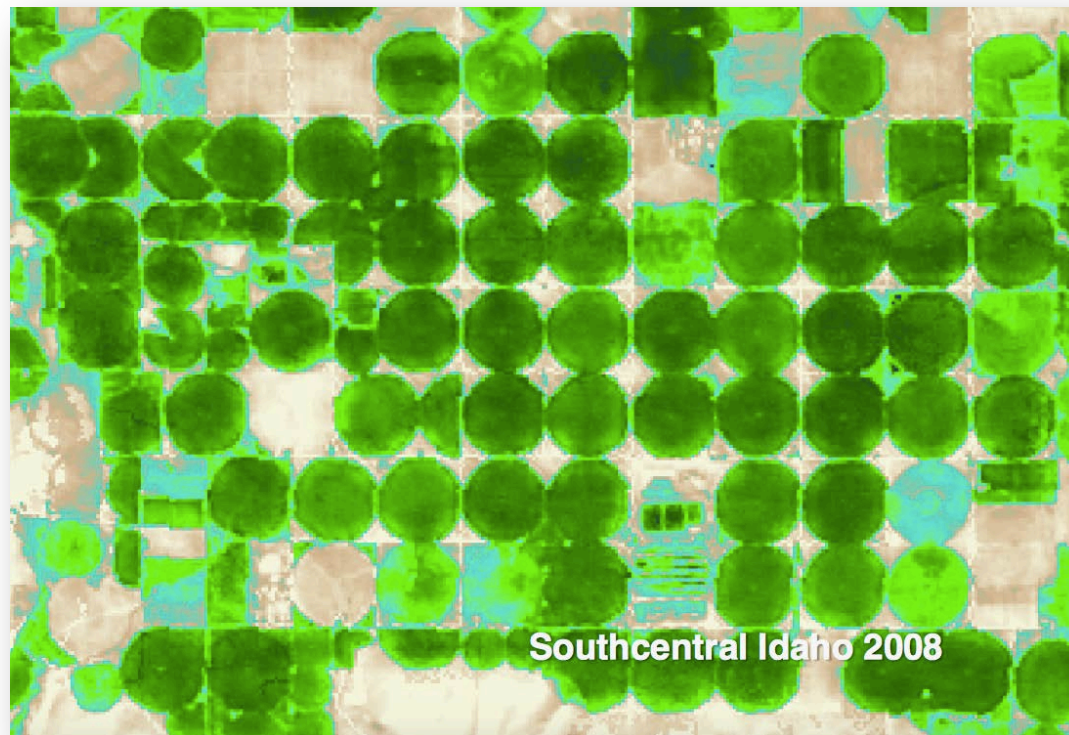
Métodos de derivar la ET: Landsat

Equilibrio energético e índices de vegetación



¿Por qué Landsat?

- Landsat ofrece ET a nivel de sembradíos individuales
- Landsat tiene una banda termal que es importante para algunas aplicaciones de la ET

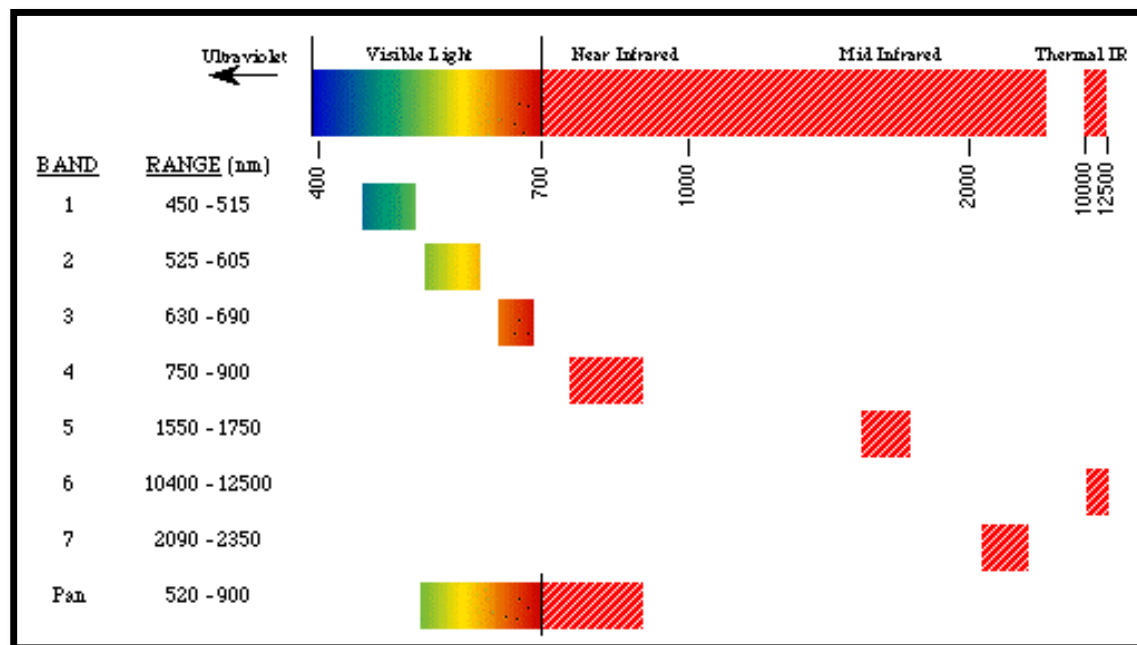


Source: Richard Allen, University of Idaho



Características del Landsat: Espectral

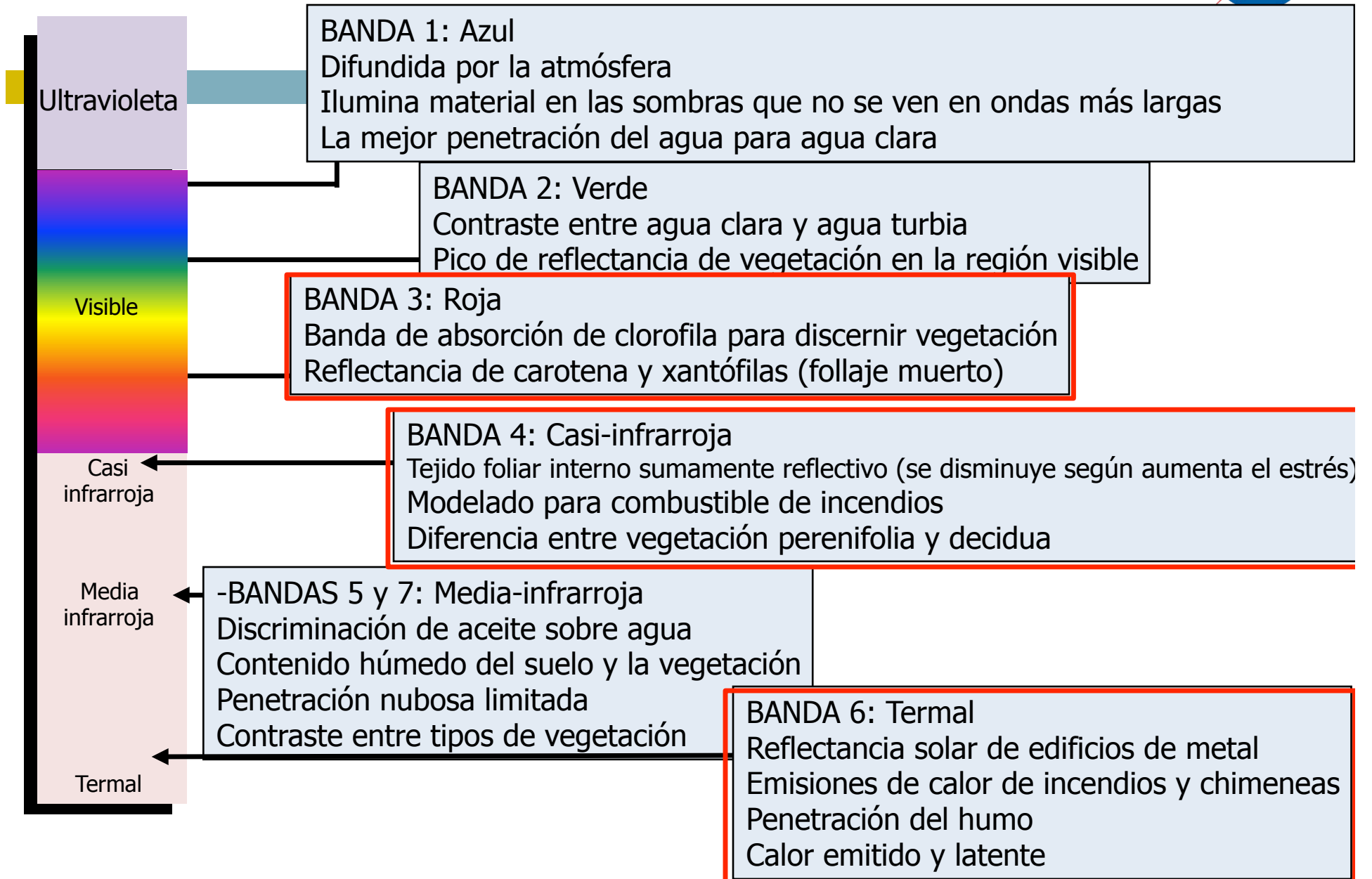
- Los instrumentos miden principalmente luz reflejada de la superficie de la Tierra (con una excepción)
- Los instrumentos del Landsat están diseñados para detectar ondas de longitud infrarroja (casi y medias).



Bandas del Landsat del ETM+ (Landsat 7)

Source: NASA Goddard Space Flight Center

Bandas del Landsat: ¿Qué es importante para la ET?



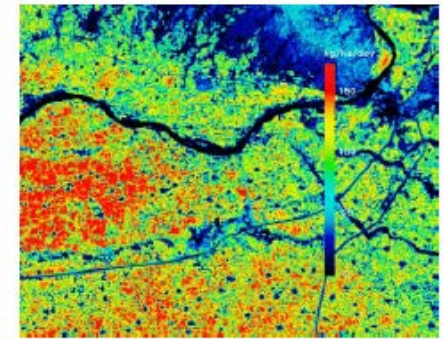
Métodos de derivar la ET: Equilibrio energético

Evolución del método de equilibrio energético



□ SEBAL –

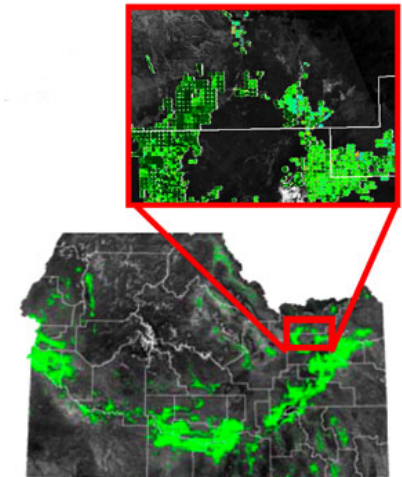
- Surface-Energy Balance Algorithm for Land (Algoritmo de equilibrio energético superficial para la tierra)
- Desarrollado por el Dr. Wim Bastiaanssen (Países Bajos)
- Aplicaciones: ET y productividad agrícola



India: Crop growth on 4 February 2001

□ METRIC

- Mapping Evapotranspiration with High Resolution and Internalized Calibration (Mapeo de evapotranspiración con alta resolución y calibración internalizada)
- Desarrollado por el Dr. Rick Allen, Universidad de Idaho



Agricultural evapotranspiration for southern Idaho. Image courtesy of IDWR.

Fuente: Rick Allen, Universidad de Idaho



Cómo funciona METRIC

Requiere satélites con roja, casi IR e IR termal

Rn: Reflectancias del Landsat y temperaturas superficiales

G se estima del Rn, temp. superf. e índices de vegetación

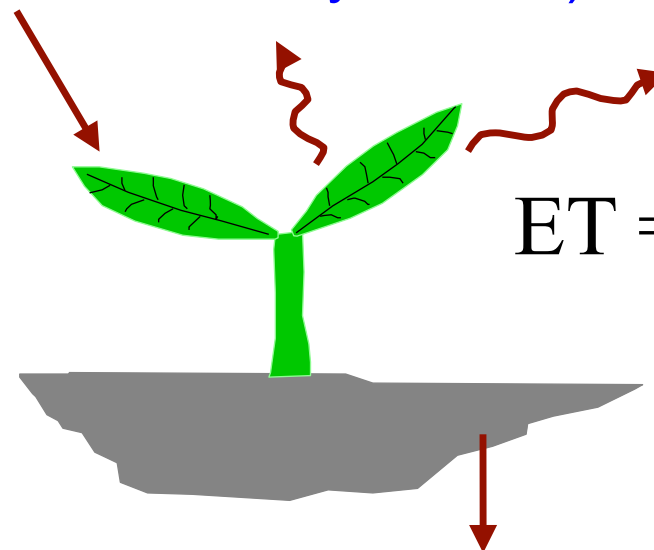
H se estima de la gama de temp. superf, asperosidad y velocidad del viento.

(Rn -radiación del sol y el cielo)

(H – calor al aire)

Verdad básica:

La evaporación consume energía



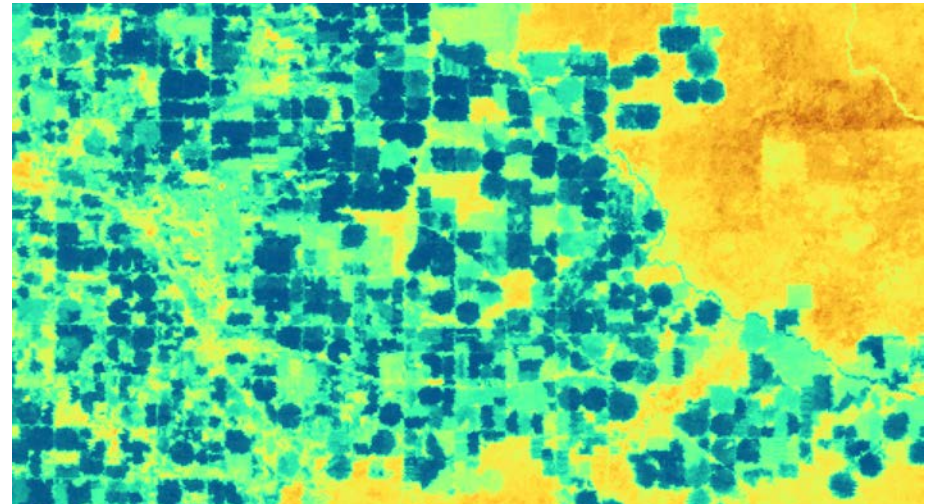
$$ET = R_n - G - H$$

(G –calor al suelo)

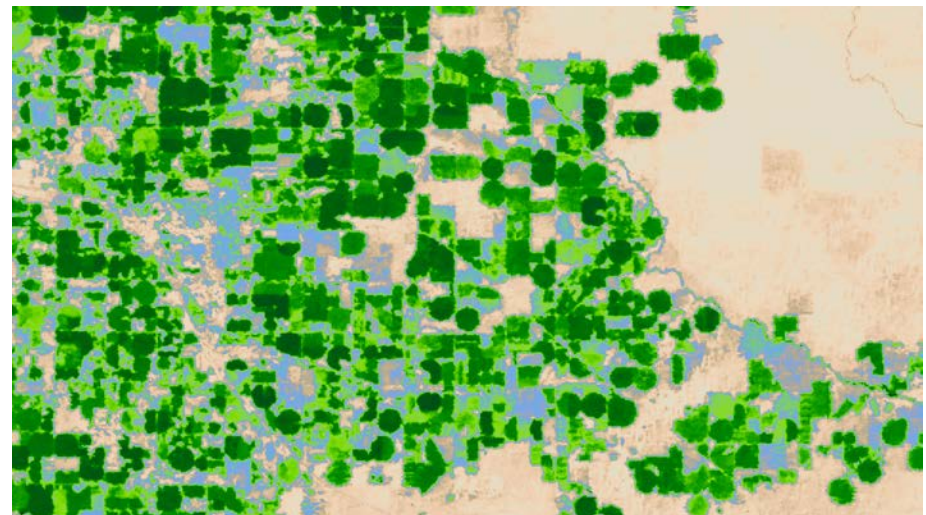


ET del METRIC

Ésta es una imagen de campos agrícolas en Idaho de la banda termal del Landsat. Los campos irrigados son más frescos (azul), mientras las áreas adyacentes son más cálidas (amarillo y rojo)

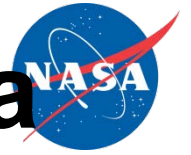


Esta imagen es un mapa de la evapotranspiración creada usando METRIC. Las áreas con ET más alta aparecen en tonos verdes más oscuros.

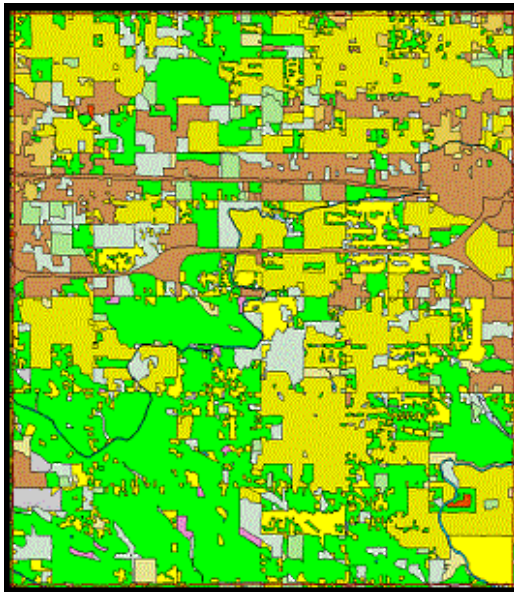


Credit: NASA/Goddard Scientific Visualization Studio

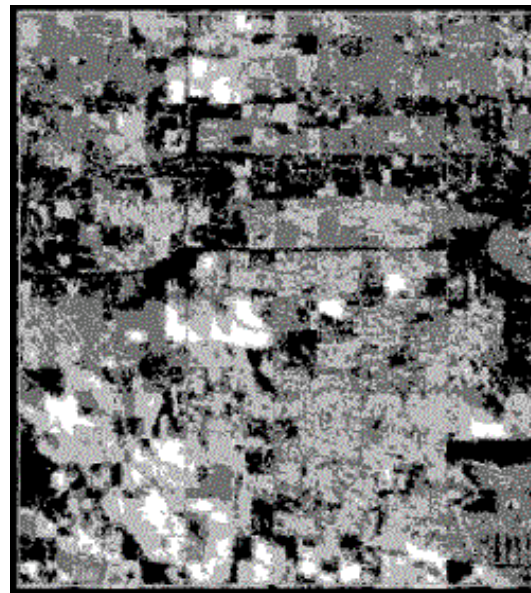
ET según clase de uso de la tierra



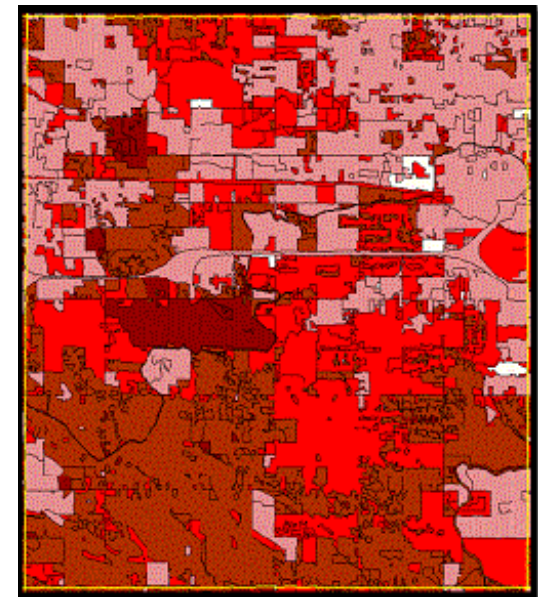
¿Cómo cambia el uso del agua según cambia el uso de la tierra?



Uso de la tierra / Manto terrestre



ET del METRIC

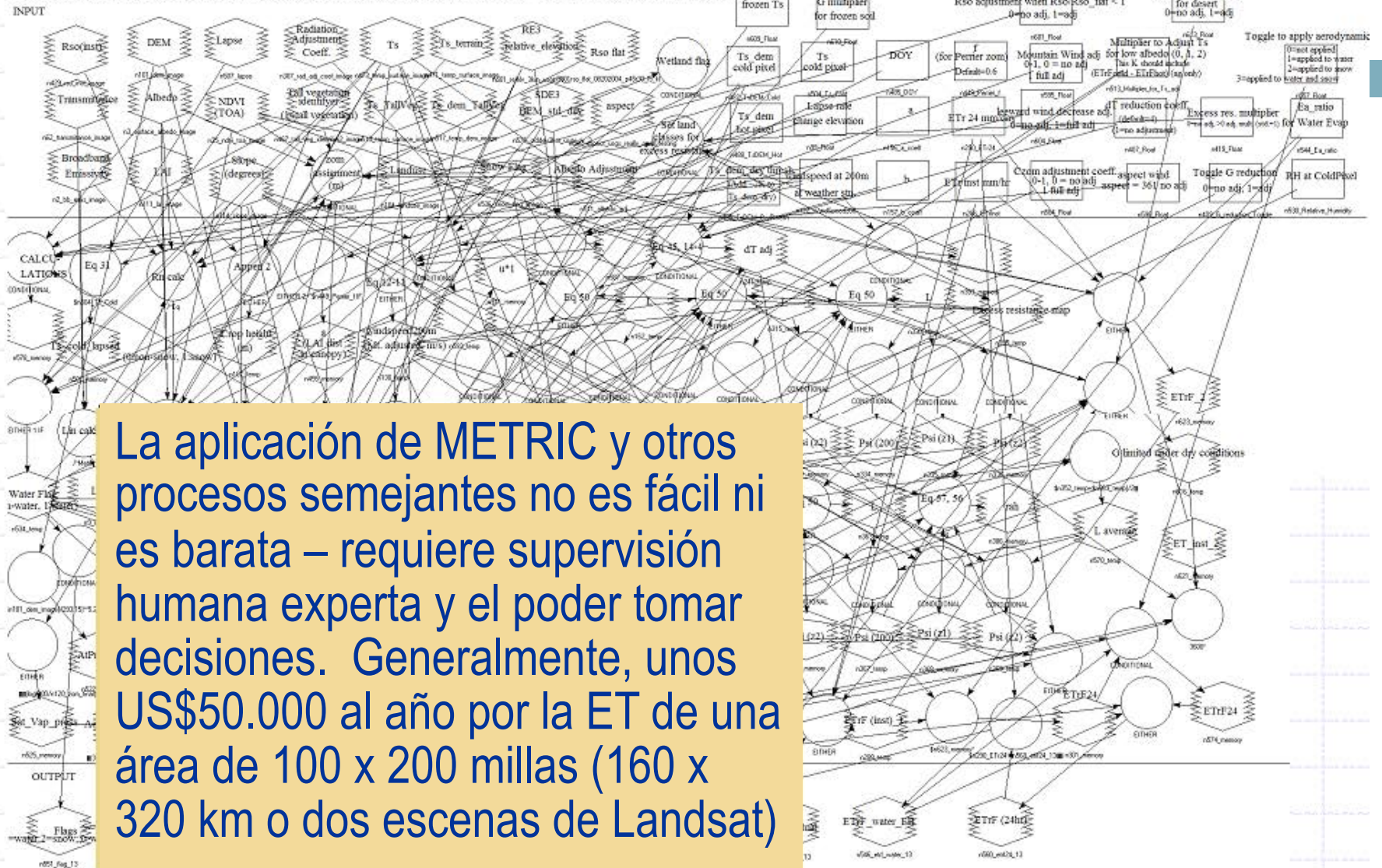


ET según uso de la tierra / Manto terrestre

Fuente: Anthony Morse, Idaho Department of Water Resources

Sub-modelo “completo” METRIC™-ERDAS para calor sensible y ET_rF

v02, Main energy balance model for METRIC: Sensible heat flux, Net radiation, Ground heat flux, Reference ET fraction and ET. Last change: Sept 2011. R.Trezza for frozen soil and G-reed. in desert
 Copyright (C) 2003-2011. R.G.Allen, M.Tasumi, R.Trezza, J.Kjaersgaard, and University of Idaho. All rights reserved. --Populated by VBscript 9/13/2011 at 10:07:34 AM



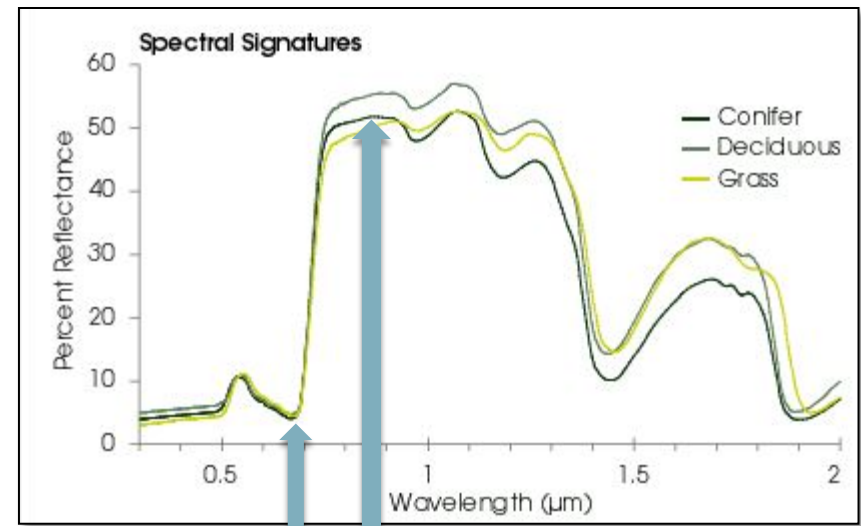
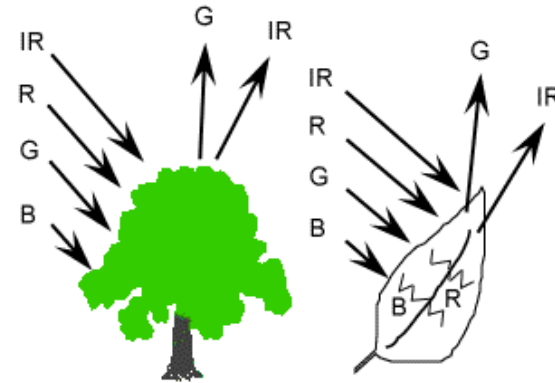
La aplicación de METRIC y otros procesos semejantes no es fácil ni es barata – requiere supervisión humana experta y el poder tomar decisiones. Generalmente, unos US\$50.000 al año por la ET de una área de 100 x 200 millas (160 x 320 km o dos escenas de Landsat)

Métodos de derivar la ET: Índices de vegetación



¿Qué es un índice de vegetación?

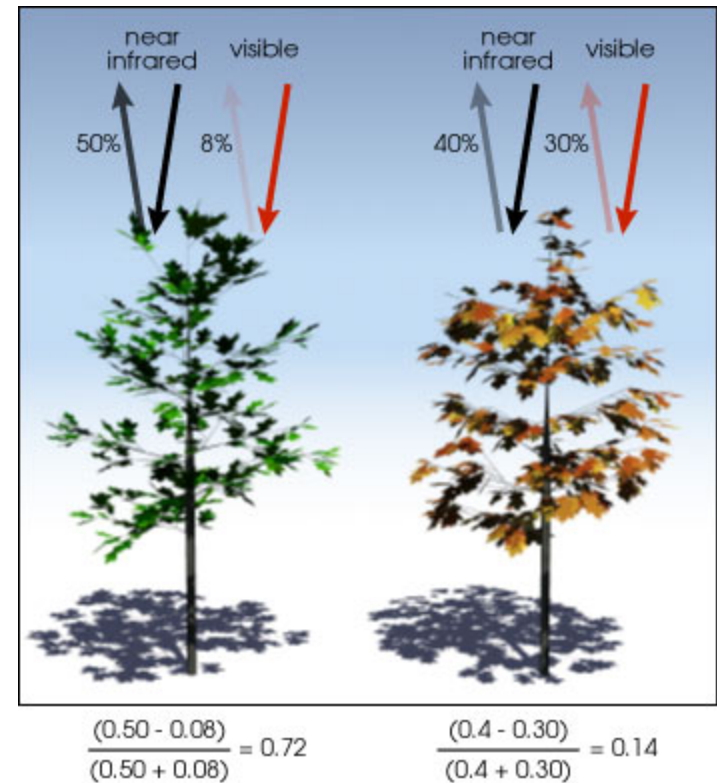
- Se basa en la relación entre las longitudes de onda rojas y casi rojas.
- ▣ La clorofila absorbe gran parte de lo visible (rojo)
- ▣ La estructura de las plantas refleja gran parte de lo casi infrarrojo





¿Qué es el NDVI?

- Normalized Difference Vegetation Index (Índice normalizado de diferencia de vegetación)
- Formula del NDVI:
Casi infrarrojo – rojo
Casi infrarrojo + rojo
- Valores varían de -1.0 a 1.0
 - ▣ Valores negativos hasta 0 significan que no hay hojas verdes
 - ▣ Values cerca de 1 indicant la mayor densidad possible de hojas verdes.



Crédito para el imagennt: Robert Simmon



Ejemplos del NDVI

Casi infrarrojo – rojo

Casi infrarrojo + rojo

Los valores representan diversos niveles de densidad de vegetación



Norteamérica, julio 2000



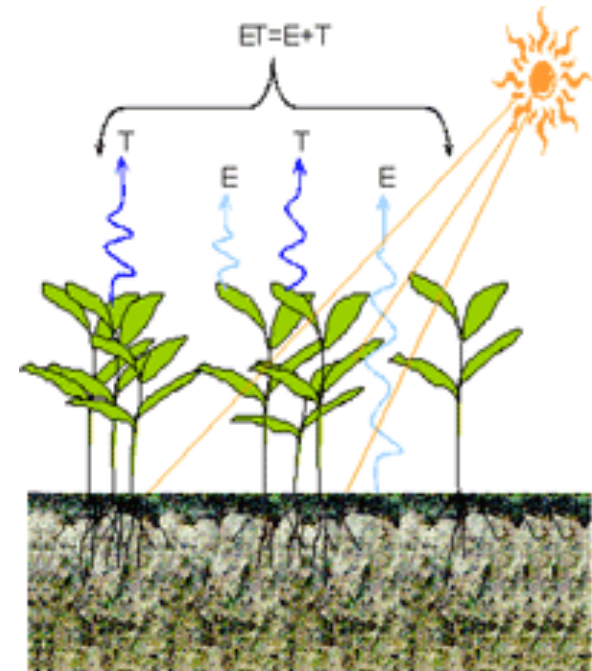
África, marzo 2000

Otros términos que debe conocer...



Evapotranspiración de cultivo (ETc)

- ETc = el proceso combinado de la transpiración de un cultivo (T) y la evaporación de la superficie del suelo (E) para un cultivo bien irrigado (no-estresado)
- ETo = ET de referencia (medida en el suelo). Típicamente, una superficie con grama bien irrigada.

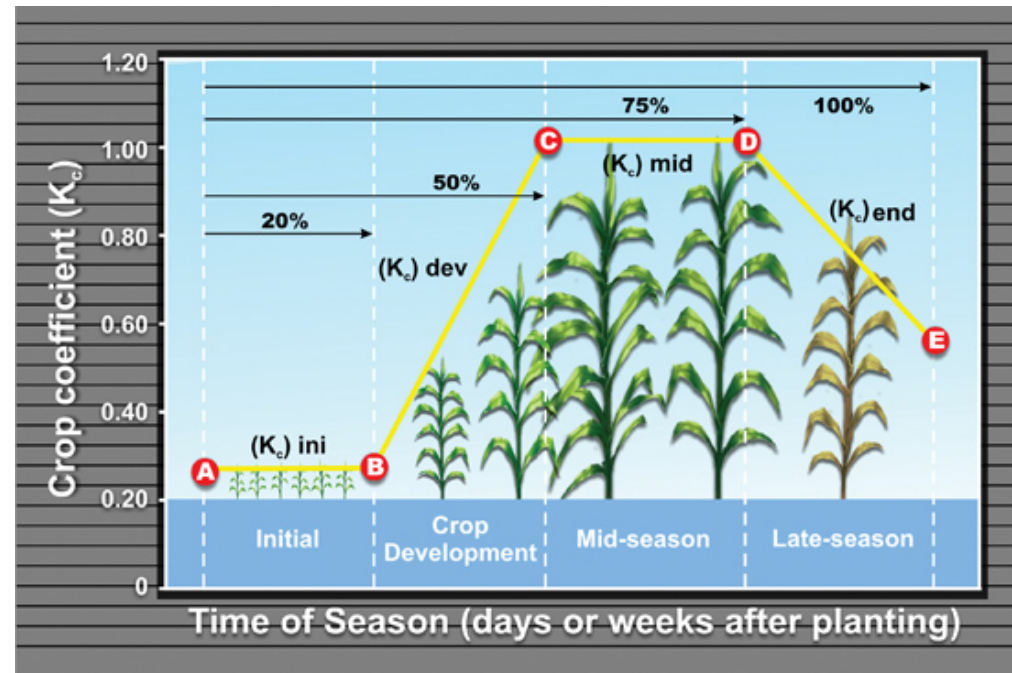


Fuente: California Department of Water Resources



Coeficiente de cultivo (K_c)

- Varía según el tipo de cultivo, etapa de crecimiento y algunas prácticas culturales.

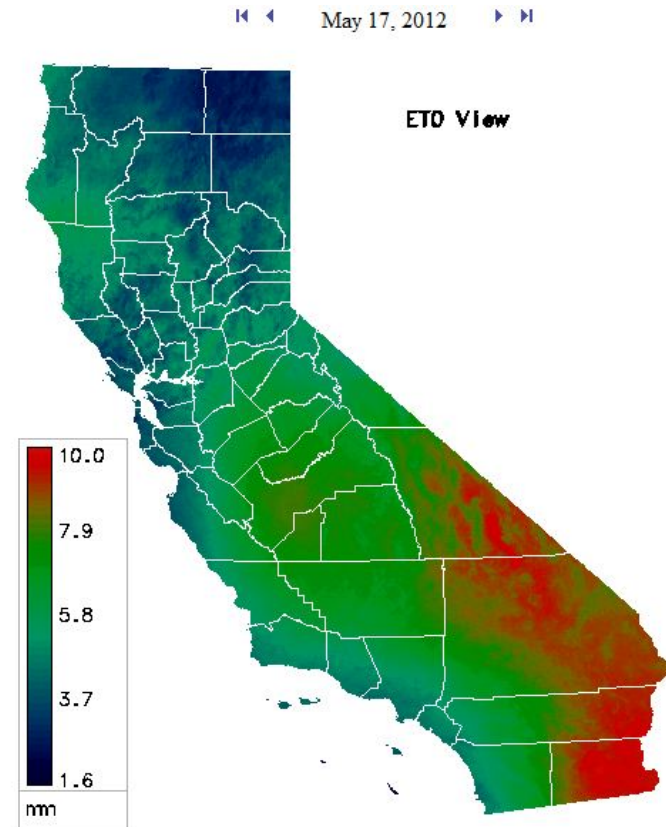


Fuente: Universidad de Nebraska-Lincoln Extension



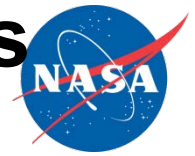
Para calcular la ETc

- Aplicar coeficiente de cultivo (Kc) a la ET de referencia (ETo) : $ETc = Eto * Kc$
- En California, el California Irrigation Management Information System (CIMIS) brinda valores diarios de ETo, en cuadrícula sobre el estado entero a 2km de resolución.



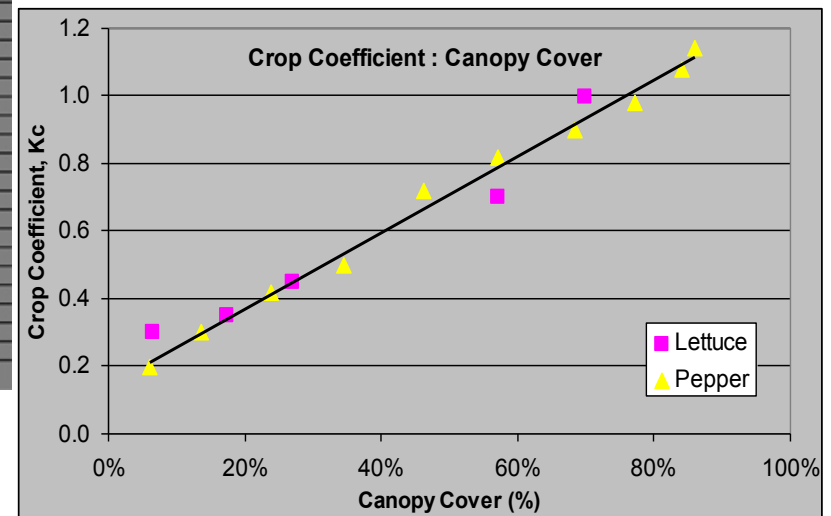
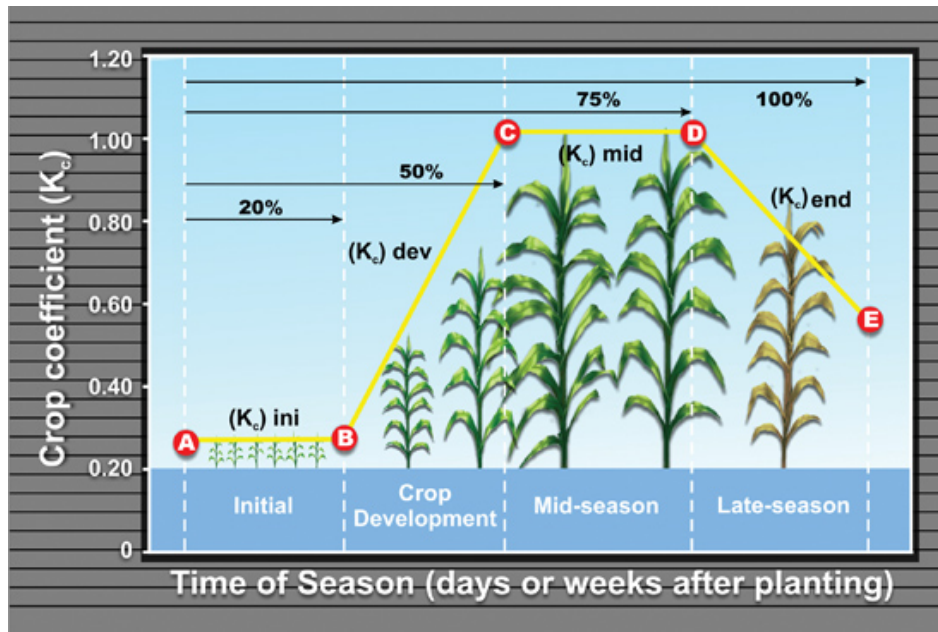
Daily Eto values from CIMIS

Coeficientes de cultivo (K_c) vs. Índices de vegetación



K_c está relacionada a la intercepción de luz (manto del suelo)

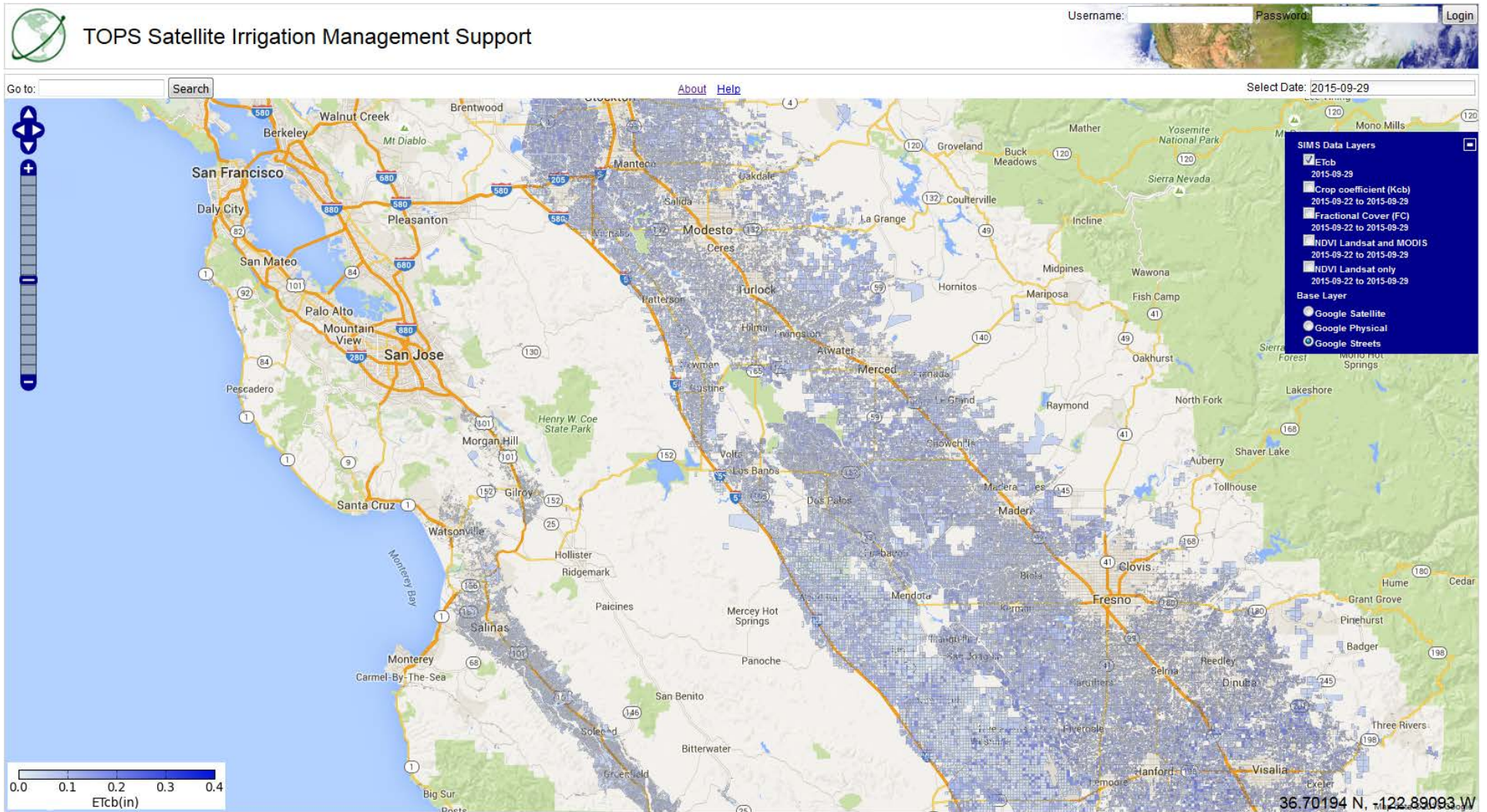
Hay una relación directa entre el K_c y el NDVI



Source: Tom Trout, USDA

Apoyo satelital para la gestión de irrigación TOPS

<http://ecocast.arc.nasa.gov/dgw/sims/>

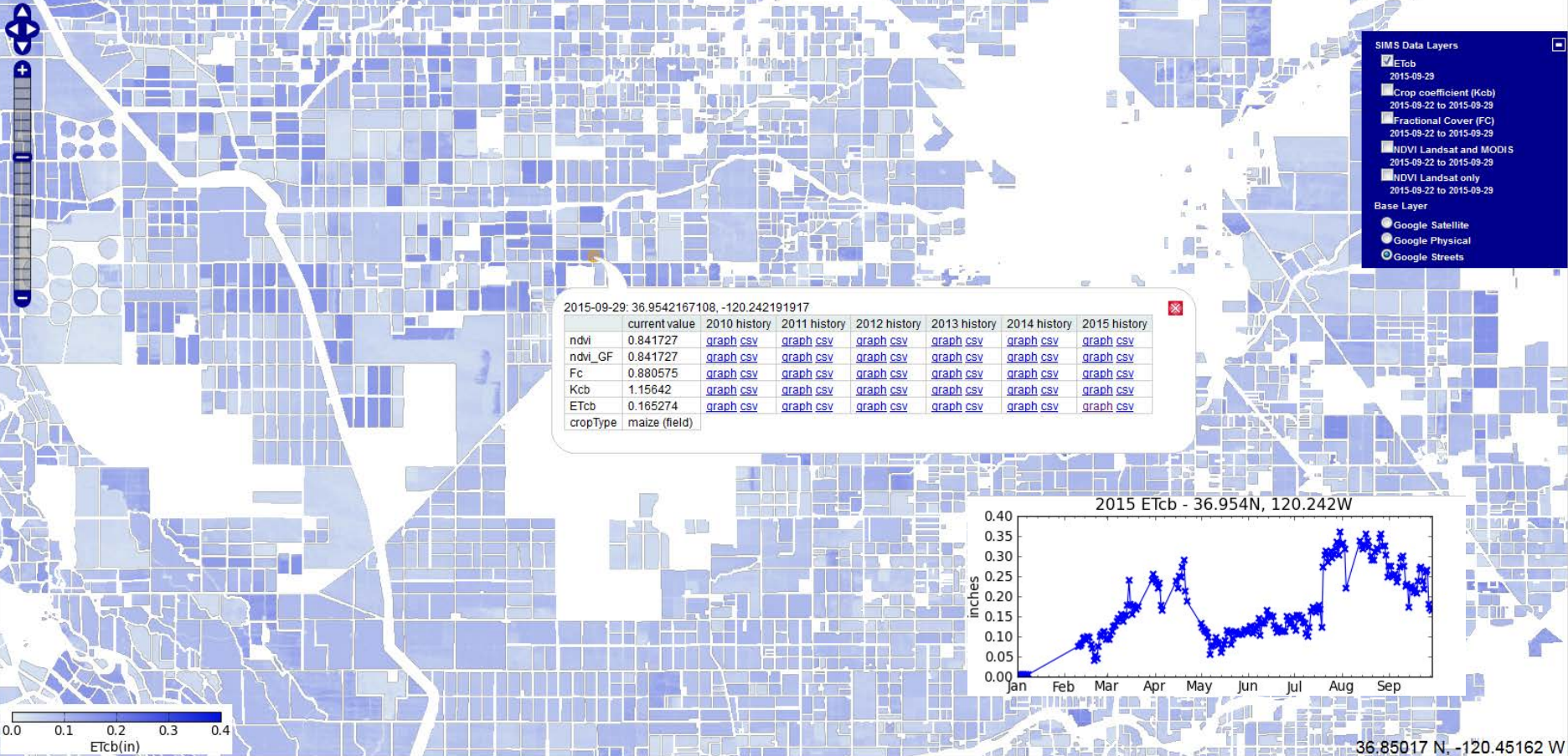




Go to: Search

[About](#) [Help](#)

Select Date: 2015-09-29



SIMS Data Layers

- ETcb
2015-09-29
- Crop coefficient (Kcb)
2015-08-22 to 2015-08-29
- Fractional Cover (FC)
2015-08-22 to 2015-08-29
- NDVI Landsat and MODIS
2015-08-22 to 2015-08-29
- NDVI Landsat only
2015-08-22 to 2015-08-29

Base Layer

- Google Satellite
- Google Physical
- Google Streets

Ventajas/desventajas de la ET derivada de las índices de vegetación



- Útil principalmente para estimar la ET de un cultivo bien irrigado en una superficie de suelo seco
- Este método es sencillo, rápido y barato.
- Puede usarse con otros tipos de imágenes--no sólo los de Landsat



Resumiendo

- ❑ La ET no se mide directamente desde los satélites.
- ❑ El derivar la ET es un proceso complejo (algunos métodos son más complejos que otros).
- ❑ Hay múltiples productos de la ET disponibles que utilizan diferentes métodos e instrumentos de percepción remota a diferentes resoluciones temporales y espaciales.
- ❑ Todos los datos de la ET derivados de Landsat requieren capacidades de procesamiento especial

iGracias!