



# La Teledetección de la Humedad del Suelo y la Evapotranspiración

Erika Podest, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology  
Amita Mehta, Goodard Space Flight Center

Mayo 8, 2023



# Objetivos

Al finalizar esta presentación los participantes podrán entender:

- Los conceptos básicos de la humedad del suelo y la evapotranspiración
- Las características de los datos relevantes a la humedad del suelo y la evapotranspiración
- Las aplicaciones de la humedad del suelo y la evapotranspiración

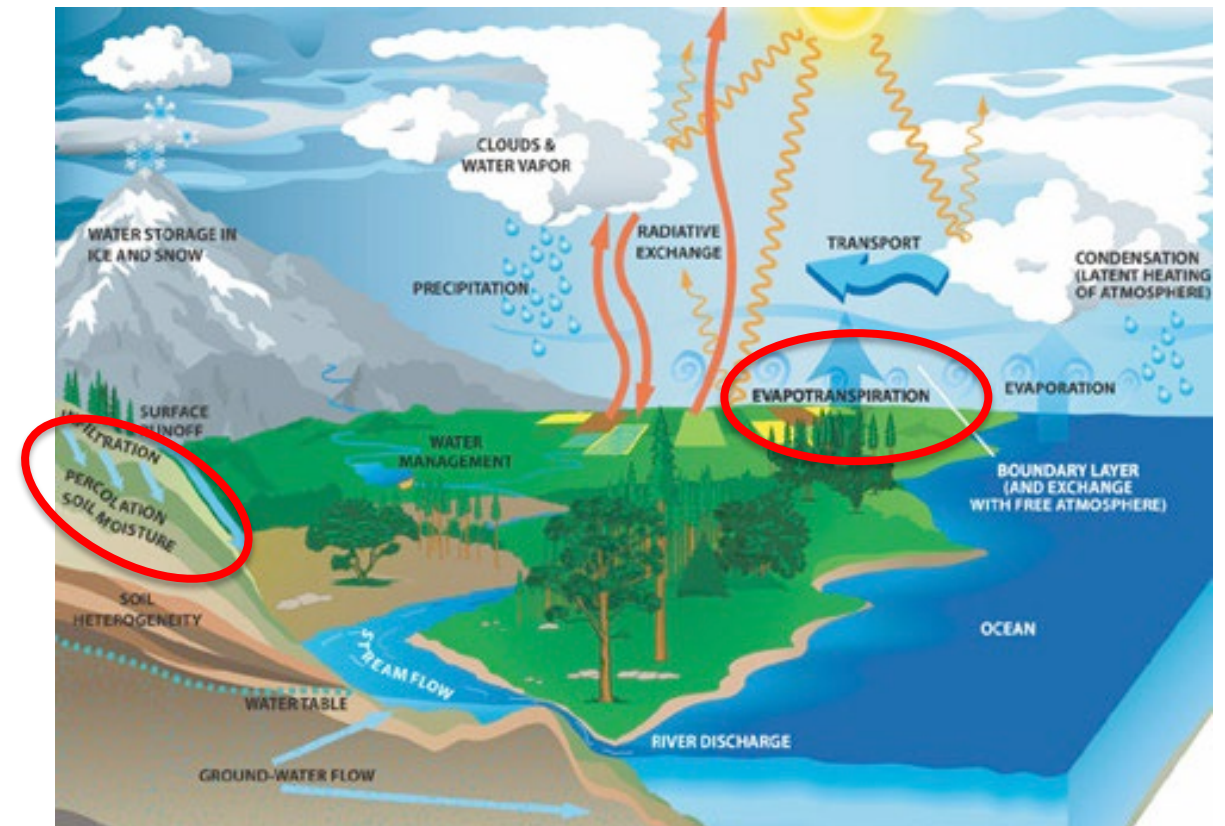


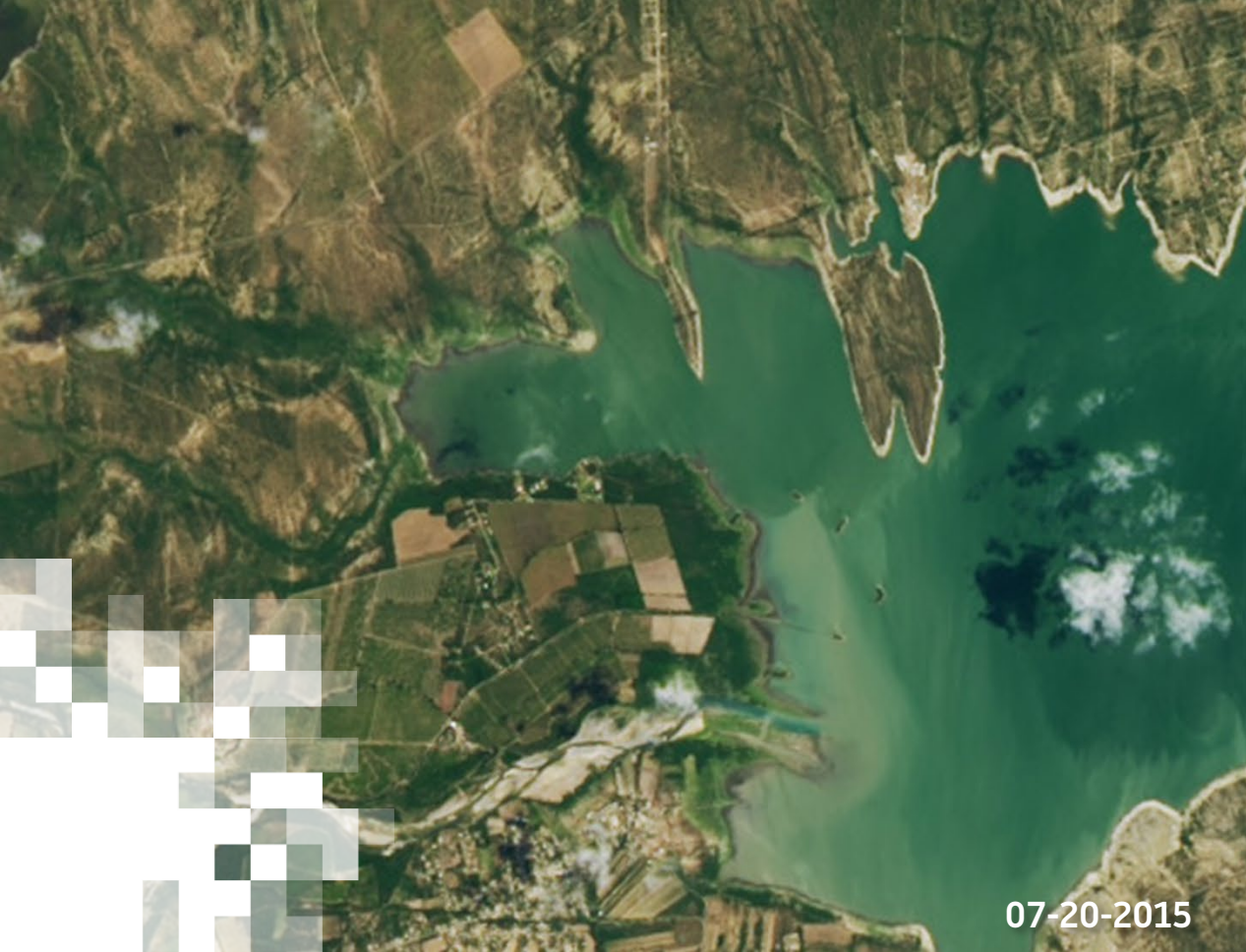
\* Fuente de la imagen: <http://smap.jpl.nasa.gov/science/applications/>



# El Ciclo Hidrológico

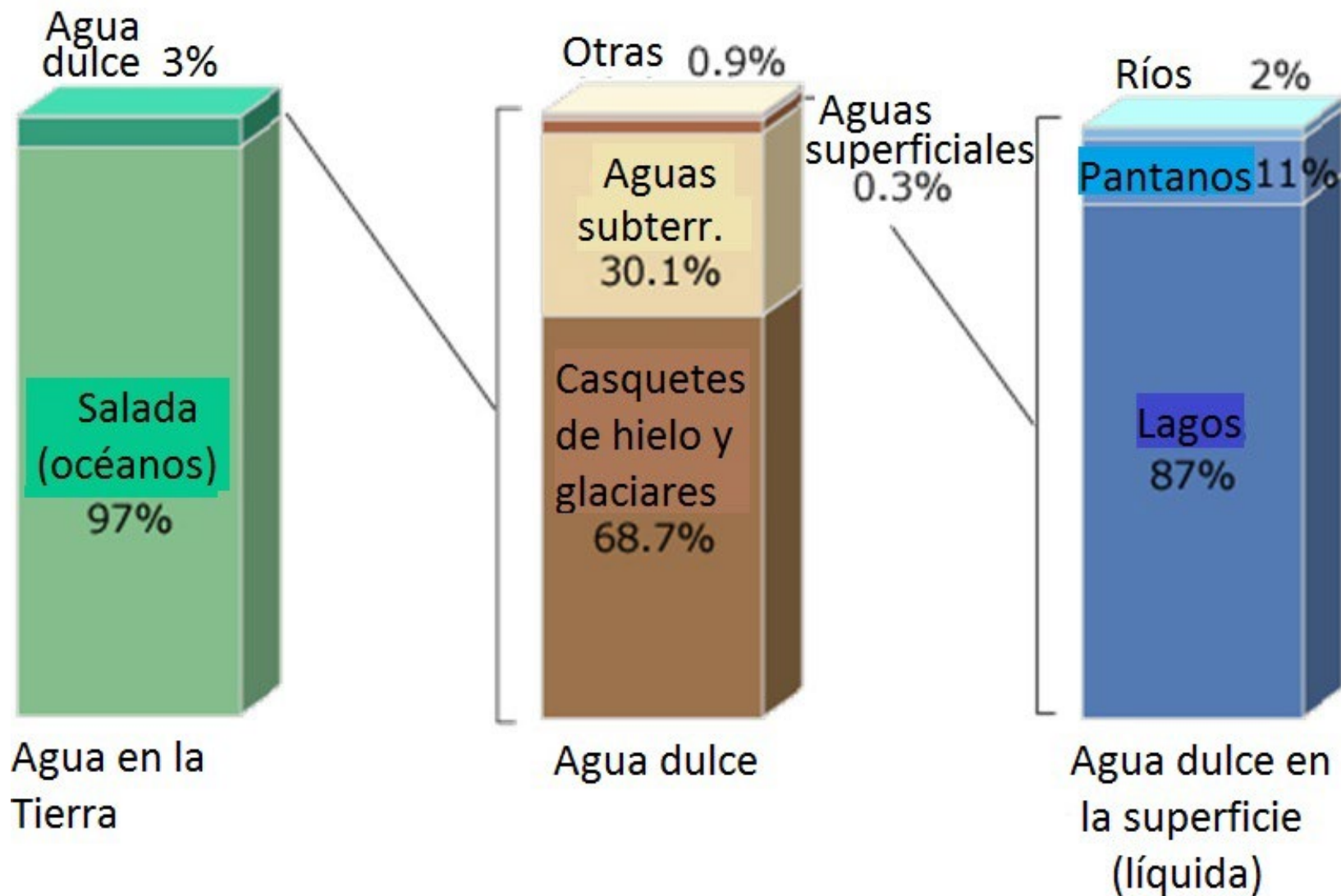
- Para una gestión hidrológica sustentable, es crítico tener estimaciones exactas de los componentes del ciclo hidrológico.
- La humedad del suelo y la evapotranspiración (ET) son grandes componentes de los presupuestos de agua dulce a nivel mundial y regional.
- Los datos de la humedad del suelo y la ET tienen aplicaciones en:
  - Gestión de recursos hídricos
  - Monitoreo y gestión de inundaciones y sequías
  - Agricultura





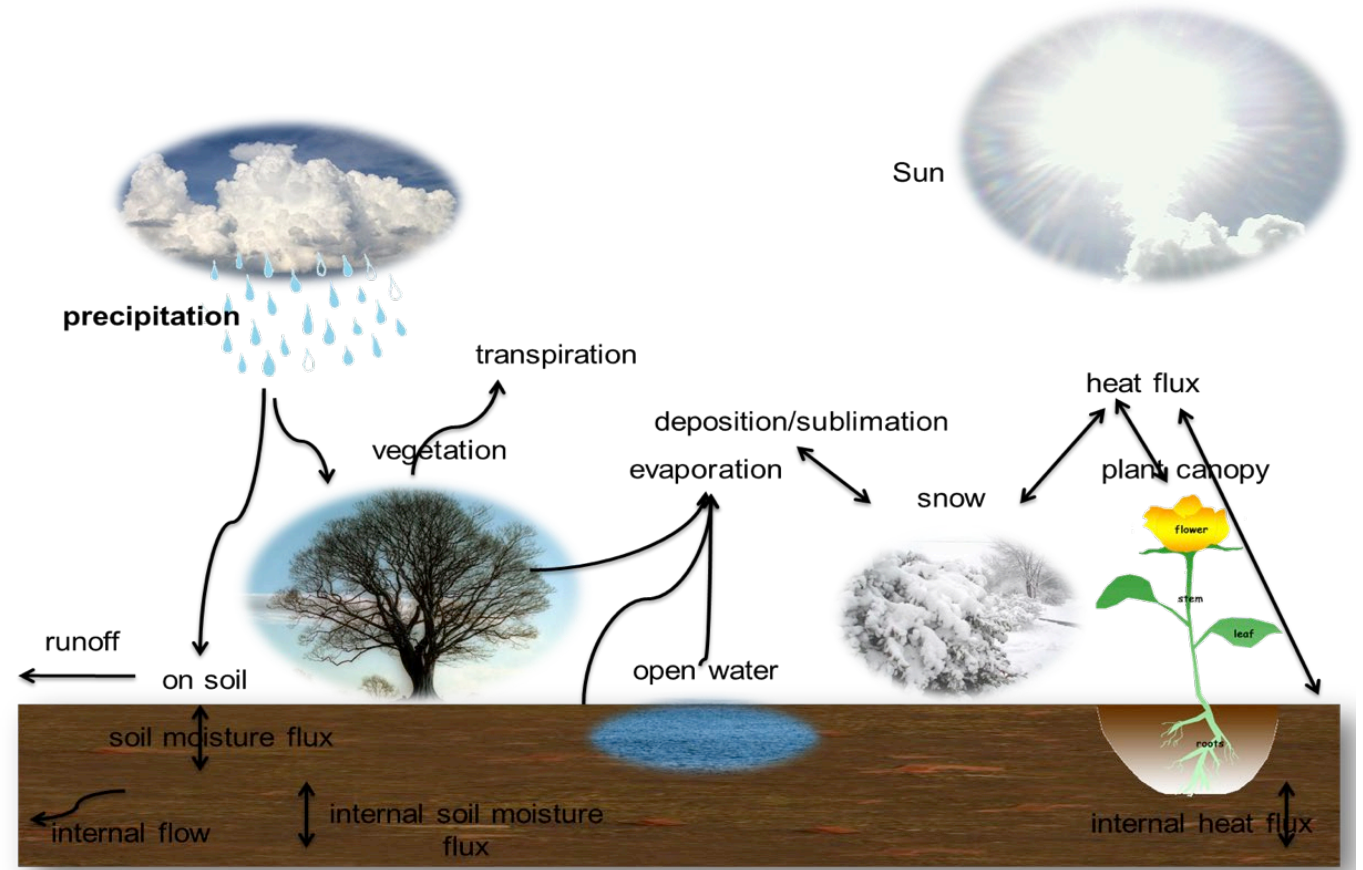
Humedad del Suelo del Satelite SMAP (Soil  
Moisture Active Passive)

# Distribución del Agua en la Tierra



# Importancia de la Humedad del Suelo

- Por cada kilogramo de agua en la tierra, sólo 1 miligramo está almacenado como humedad del suelo.
- La humedad del suelo ejerce control significativo sobre:
  - Procesos hidrológicos
  - Procesos ecológicos
  - Procesos meteorológicos

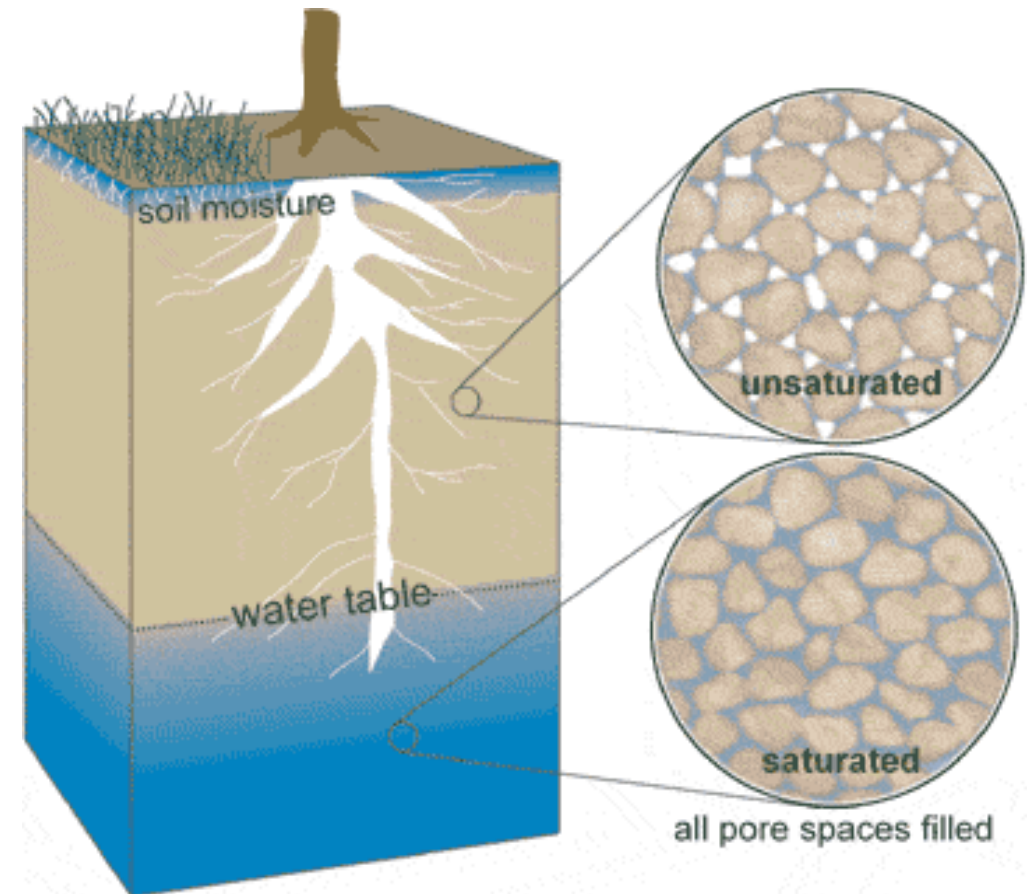
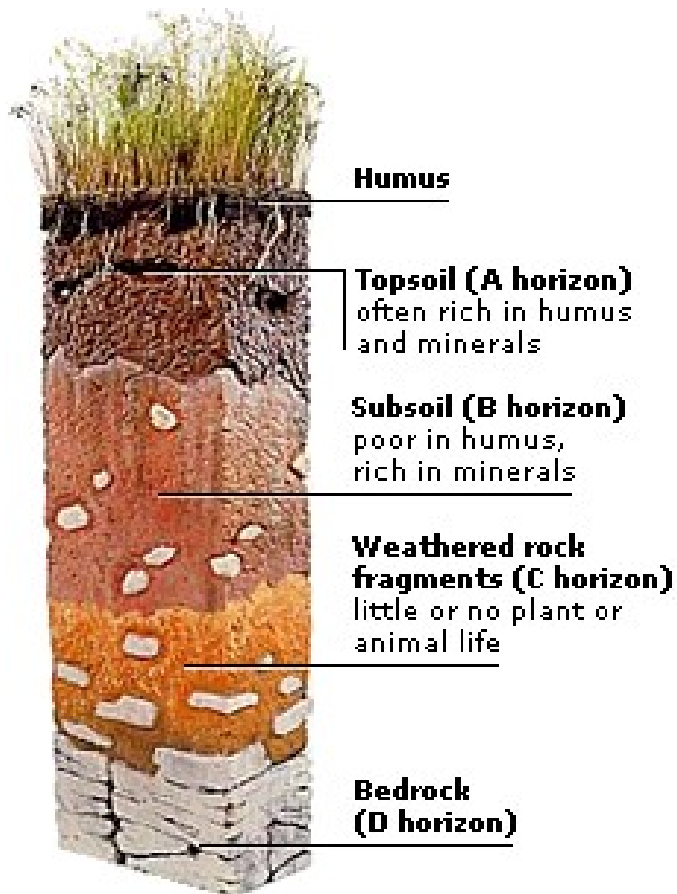


\* Source: Pachepsky, Y., Radcliffe, D. E., & Selim, H. M. (2003). *Scaling methods in soil physics*. Boca Raton, FL: CRC Press.

\* Crédito para la imagen: Chen et. Al. 1996, 1997; Chen and Dudhia, 2001; Ek et. Al. 2003; Koren et. Al. 1999



# Perfil del Suelo



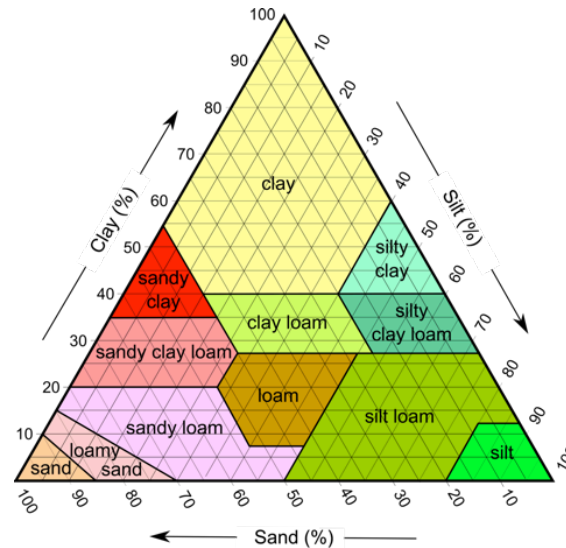
# Factores Influenciando la Humedad del Suelo

- La humedad del suelo varía con el tiempo y el espacio.
- Principales factores que influyen la distribución de la humedad del suelo:

## Lluvia



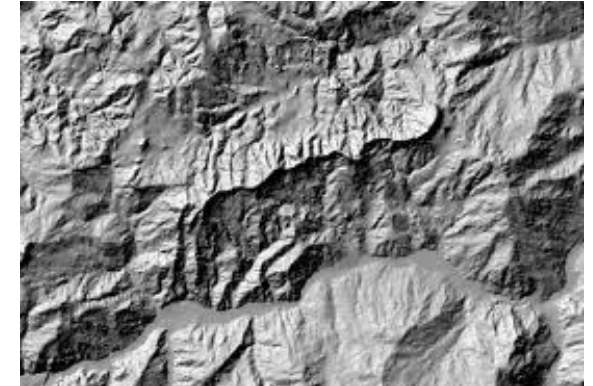
## Textura del suelo



## Vegetación

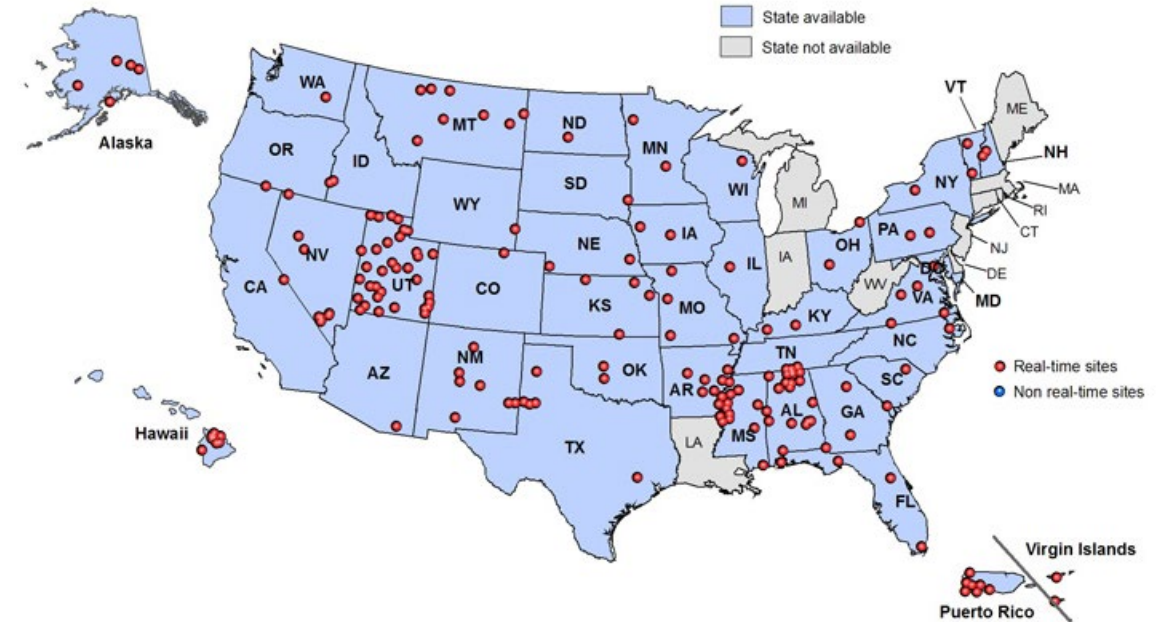
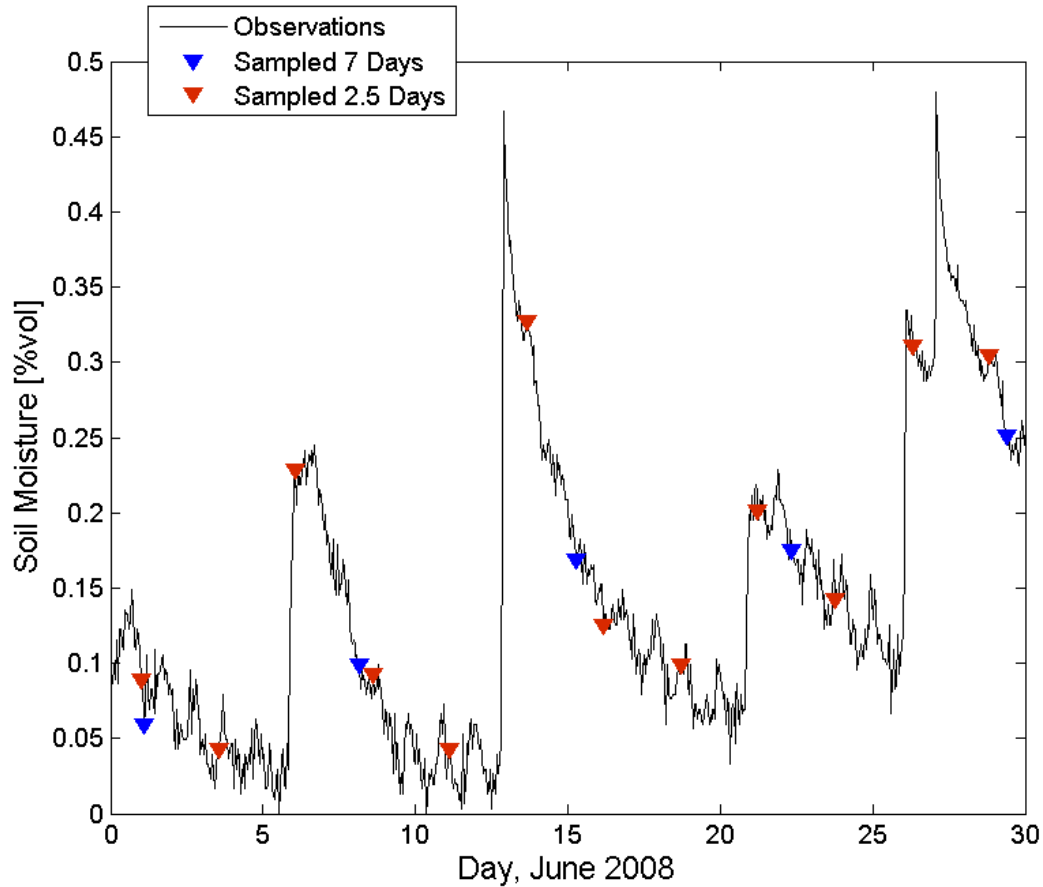


## Topografía





# La Importancia de Medir la Humedad del Suelo Desde el Espacio



## Disminución de la humedad del suelo entre lluvias

El período medio entre tormentas implica que se requiere un muestreo de cada 3 días o más frecuente para calcular la variabilidad de la humedad del suelo

Source: Sun et. al, 2006, How often does it rain? *J. Climate*, 19



# Aplicaciones de la Humedad del Suelo



Mejores pronósticos meteorológicos y climáticos



Monitoreo y pronóstico de inundaciones



Mejoras de producción agrícola y pronósticos de rendimientos de cultivos



Salud humana y enfermedades transmitidas por vectores

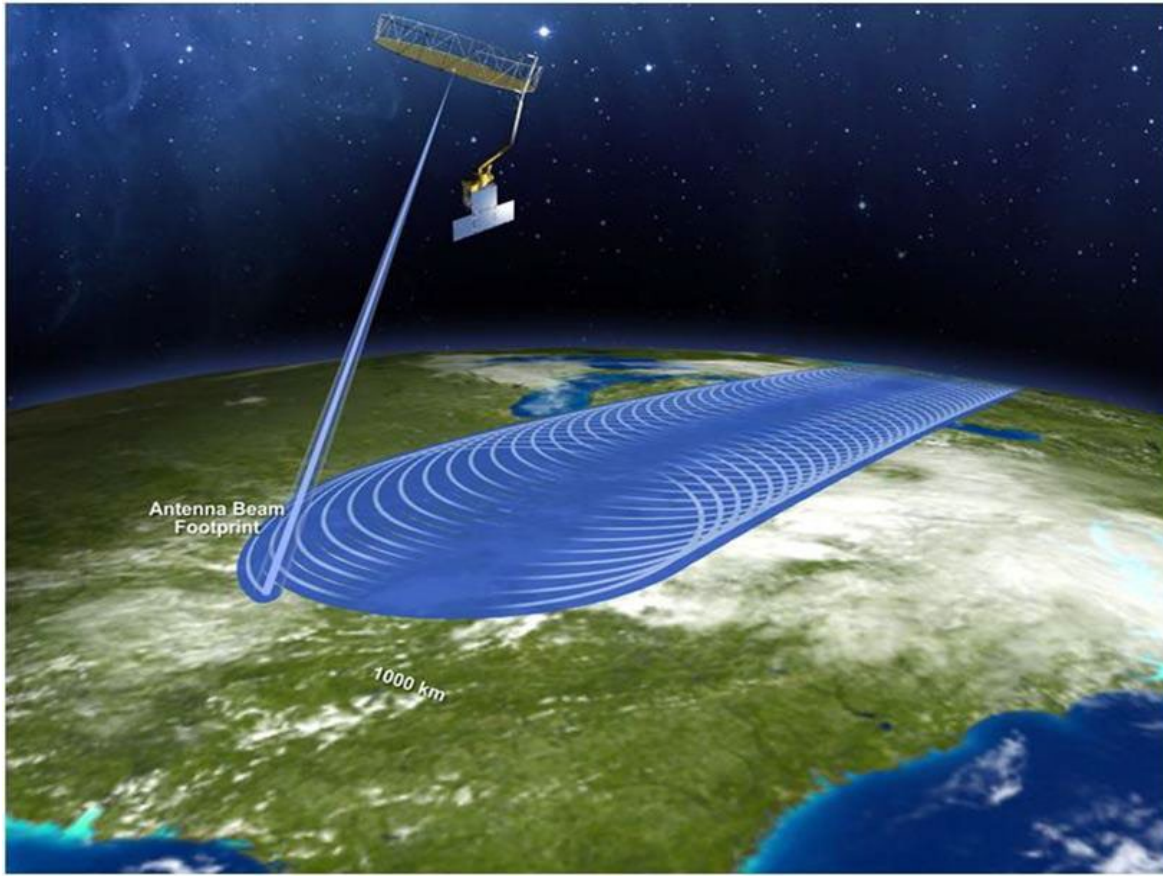


Monitoreo y alerta temprana de sequías



# SMAP (Soil Moisture Active Passive)

Mide la humedad en los 5 cm superiores del suelo globalmente cada 3 días



Lanzado el 31 de enero de 2015

## Radar (ya no funciona)

- Frecuencia: 1.26 GHz
- Polarización: VV, HH, HV
- Resolución: 3km
- Exactitud relativa: 1.0 dB (HH y VV), 1.5 dB (HV)

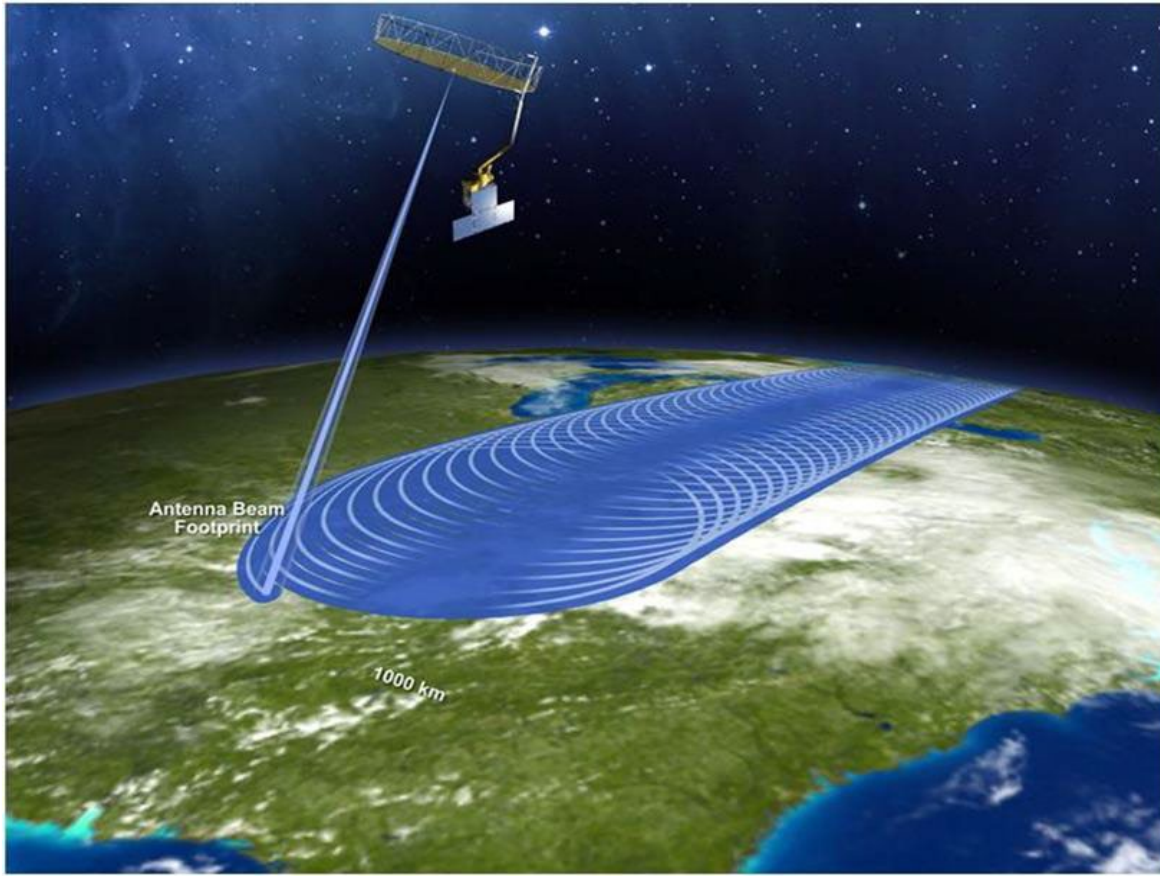
## Radiómetro

- Frecuencia: 1.41 GHz
- Polarización: H, V, 3<sup>ro</sup> y 4<sup>to</sup> Stokes
- Resolución: 40km
- Exactitud relativa: 1.3K



# SMAP – Panorama

Mide la humedad en los 5 cm superiores del suelo globalmente cada 3 días



Lanzado el 31 de enero de 2015

## Antena compartida

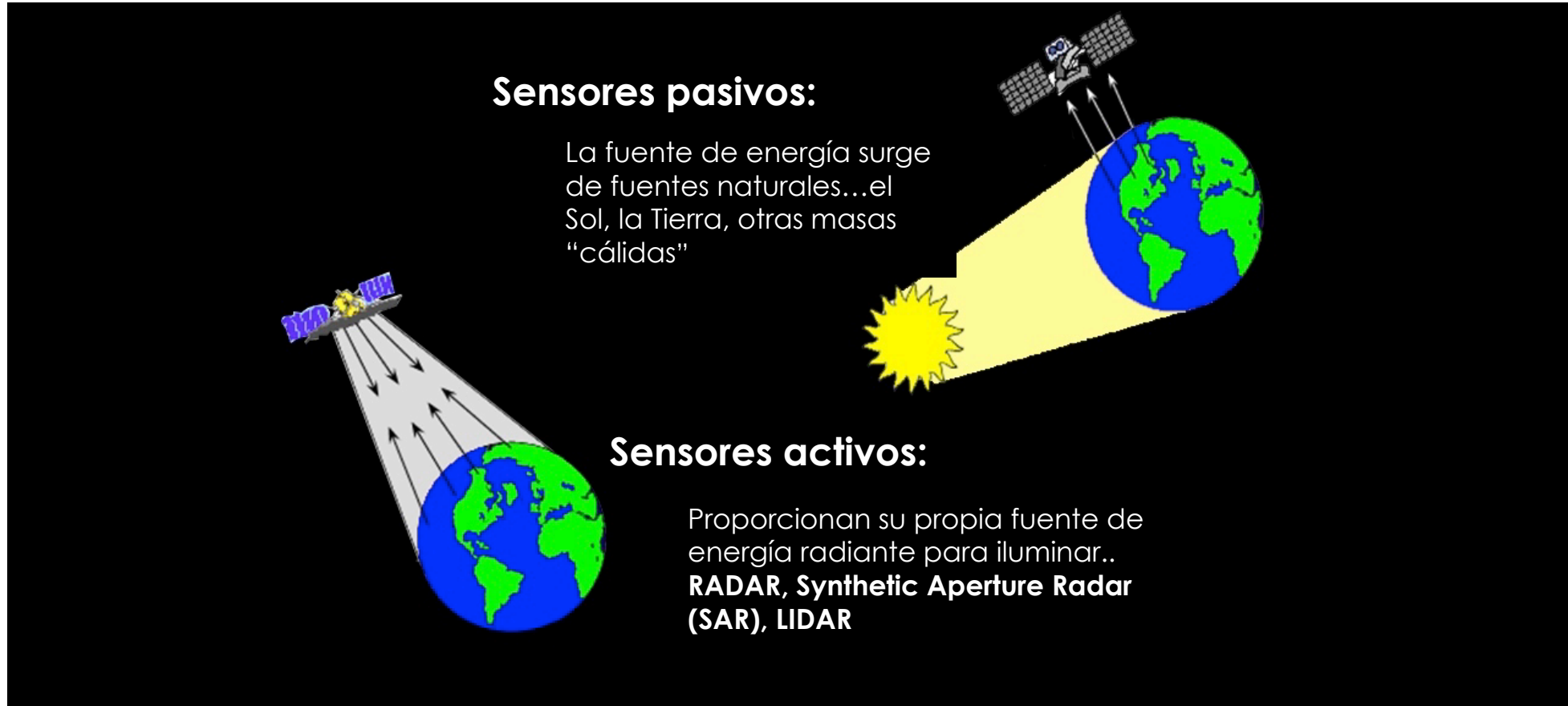
- 6 m de diámetro
- Escaneo cónico a 14.6 r.p.m.
- Angulo de incidencia constante: 40 grados
- Barrido: 1000 km de ancho
- Barrido y órbita permiten cobertura global cada 2 o 3 días

## Órbita

- Órbita a las 6 am/pm
- 685 km de altitud

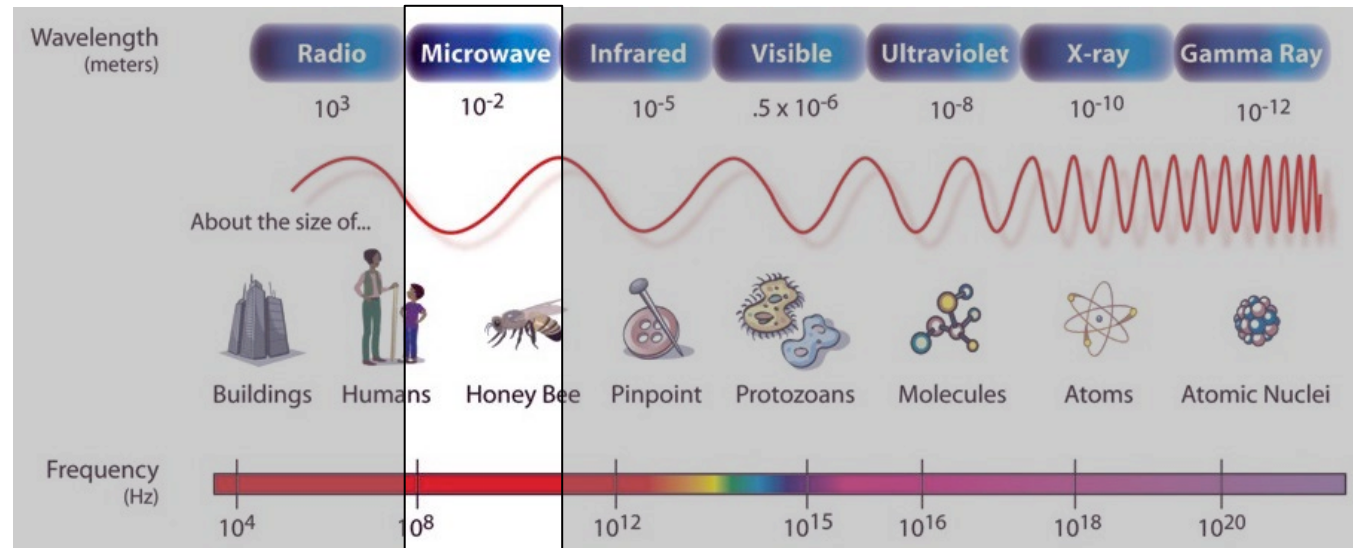


# Teledetección Pasiva y Activa



# Teledetección con Microondas

- El suelo queda oculto tras nubes y vegetación para sensores visibles e infrarrojos
- Los sensores ópticos funcionan al medir luz solar dispersada y son de uso diurno solamente
- Las microondas pueden penetrar a través y la vegetación , operar día y noche y son sumamente sensibles al agua en el suelo debido al cambio en las propiedades dieléctricas del suelo

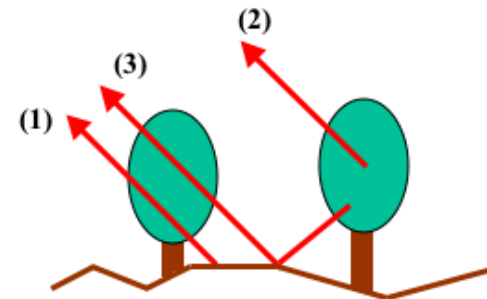


# Método de Medición

- $p = H, V$  (radiómetro)
- $pq = VV, HH, HV$  (radar)
- Contribuciones de: suelo, vegetación y la interacción suelo-vegetación
- La humedad del suelo es el contribuyente principal a la señal.
- Las mediciones de la humedad del suelo se corrigen para los efectos de la vegetación, rugosidad de la superficie y temperatura.

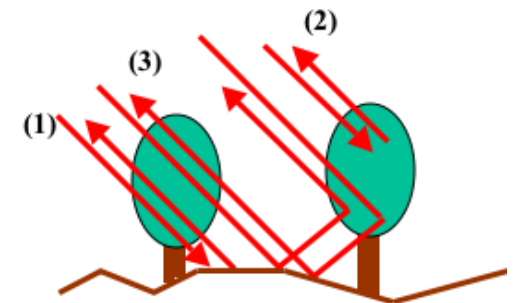
## Emisión

$$T_{Bp}^t = T_{Bp}^s L_p + T_{Bp}^v + T_{Bp}^{sv}$$



## Retrodispersión

$$\sigma_{pq}^t = \sigma_{pq}^s L_{pq}^2 + \sigma_{pq}^v + \sigma_{pq}^{sv}$$



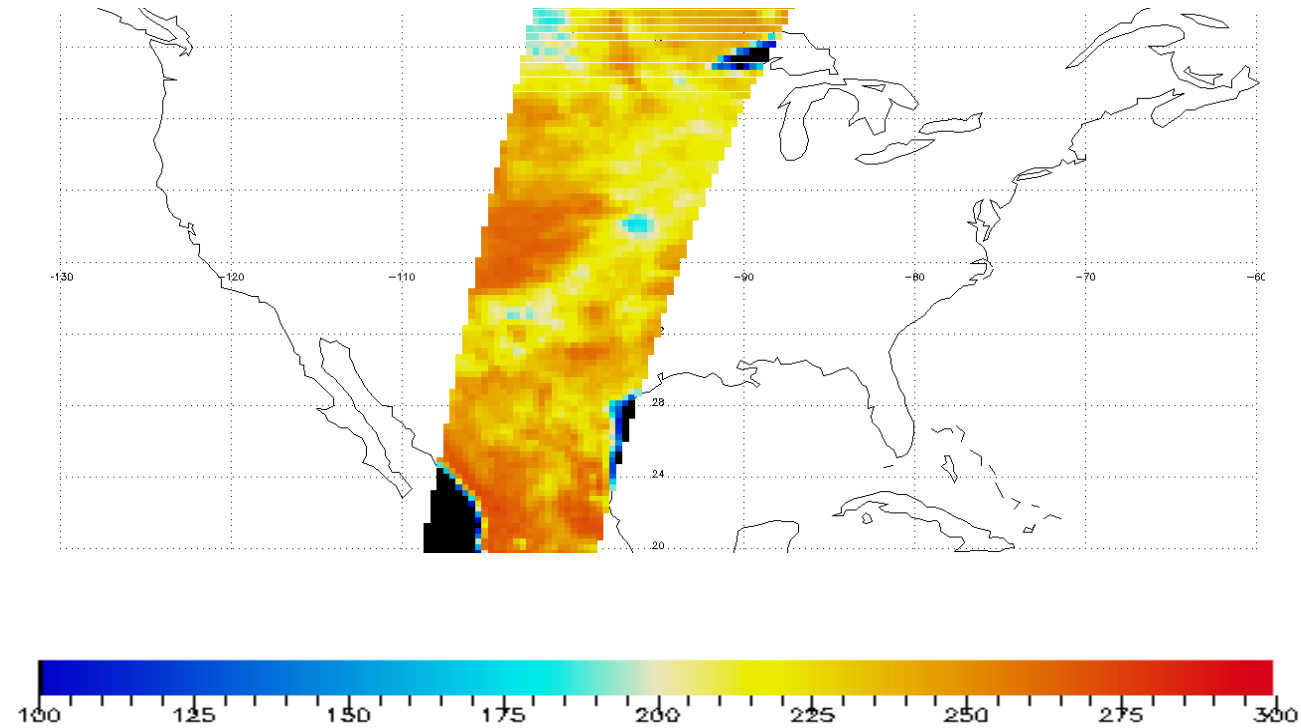
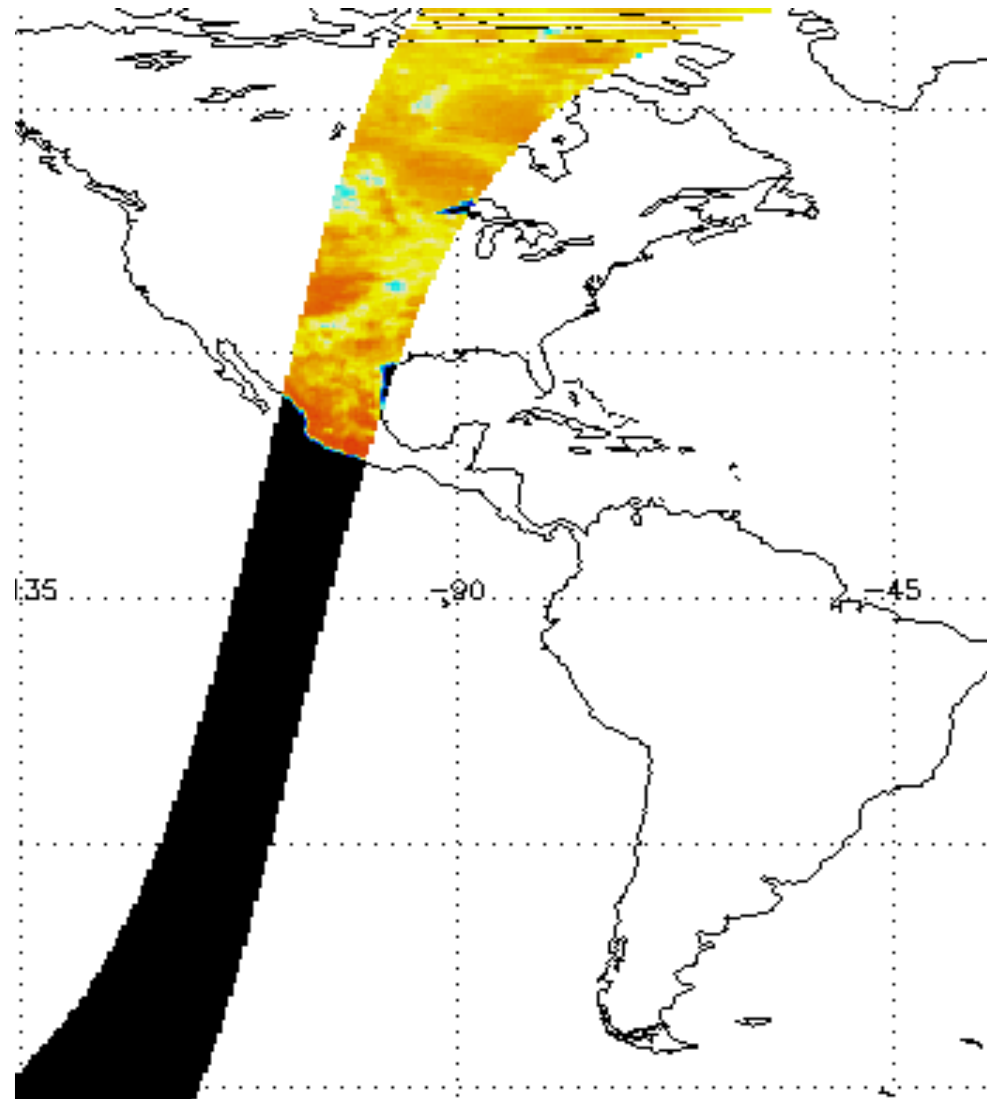


Product Type	Product description	Gridding (resolution)	Granule Extent
L1A_Radar	Parsed SMAP Radar Telemetry (start-July 7, 2015)		Half Orbit
L1B_S0_LoRes	Low resolution radar sigma0 in time order (start-July 7, 2015)	5x30 km	Half Orbit
L1C_S0_HiRes	High resolution radar sigma0 on Swath Grid (start-July 7, 2015)	1 km	Half Orbit
L1A_Radiometer	Parsed Radiometer Telemetry		Half Orbit
L1B_TB	Geolocated, calibrated brightness temperature in time order	36 km	Half Orbit
L1B_TB_E	Backus-Gilbert interpolated, calibrated brightness temperature in time order	9 km	Half Orbit
L1C_TB	Geolocated, calibrated brightness temperature on EASE2 grid	36 km	Half Orbit
L1C_TB_E	Backus-Gilbert interpolated, calibrated brightness temperature on EASE2 grid	9 km	Half Orbit
L2_SM_A	Radar soil moisture (start-July 7, 2015)	3 km	Half Orbit
L2_SM_P	Radiometer soil moisture	36 km	Half Orbit
L2_SM_P_E	Radiometer soil moisture	9 km	Half Orbit
L2_SM_AP	SMAP active-passive soil moisture	9 km	Half Orbit
L2_SM_SP	SMAP radiometer/Copernicus Sentinel-1 soil moisture	3 km	Sentinel-1
L3_SM_P	Daily global composite radiometer soil moisture	36 km	Daily - Global
L3_SM_P_E	Daily global composite radiometer soil moisture	9 km	Daily - Global
L3_FT_A	Daily global composite radar freeze/thaw state (start-July 7, 2015)	3 km	Daily – North of 45 deg N
L3_SM_A	Daily global composite radar soil moisture (start-July 7, 2015)	3 km	Daily - Global
L3_SM_AP	Daily global composite active passive soil moisture (start-July 7, 2015)	9 km	Daily - Global
L3_FT_P	Daily composite freeze/thaw state	36 km	Daily - Global
L3_FT_P_E	Daily composite freeze/thaw state	9 km	Daily - Global
L4_SM	Surface and Root Zone soil moisture	9 km	3 hours - Global
L4_C	Carbon Net Ecosystem Exchange	9 km	Daily – North of 45 N
L1B_TB_NRT	Near Real Time Geolocated, calibrated brightness temperature in time order	36 km	Half Orbit
L2_SM_P_NRT	Near Real Time Radiometer soil moisture	36 km	Half Orbit





# Datos del Radiómetro de SMAP – Nivel 1C

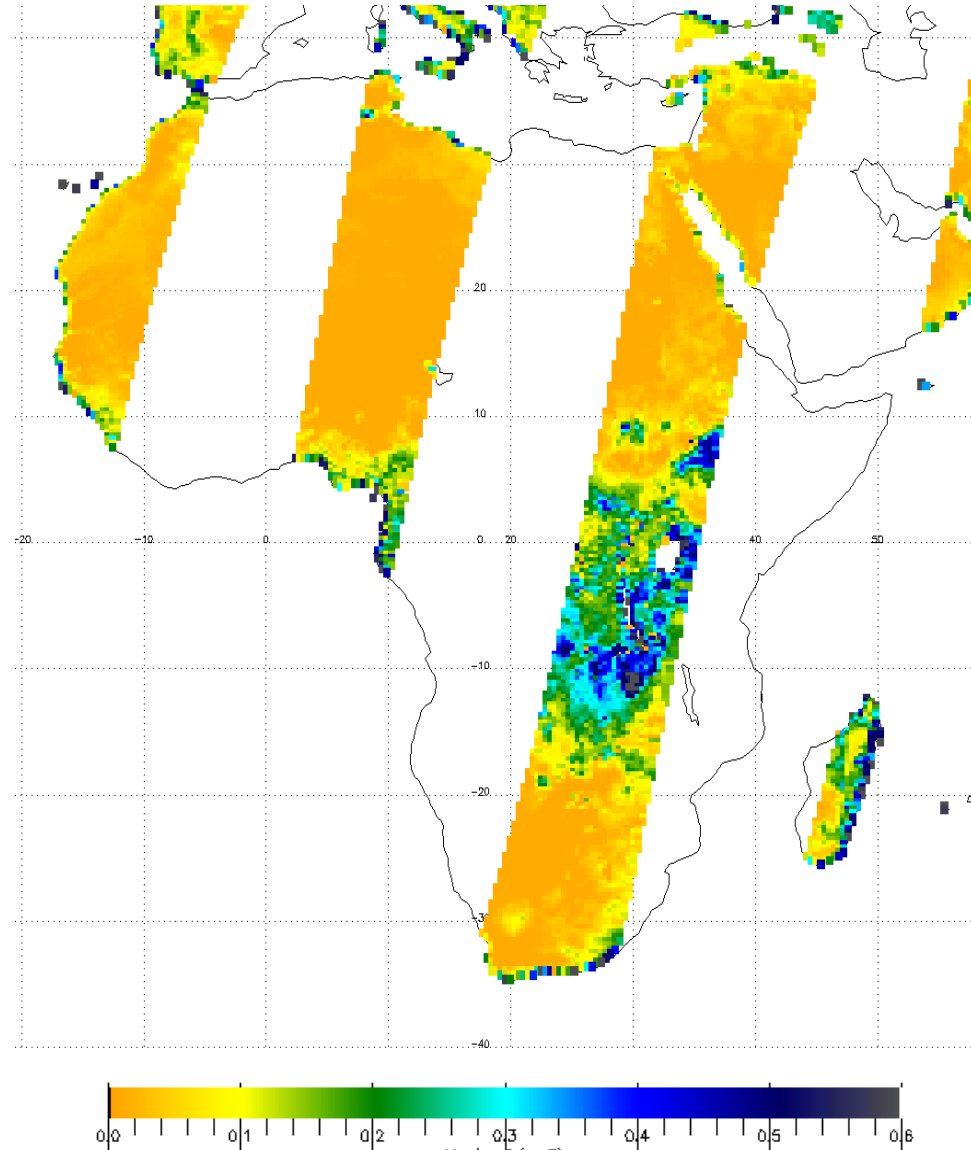


Temperatura de Brillo (Brightness Temperature) - Kelvin

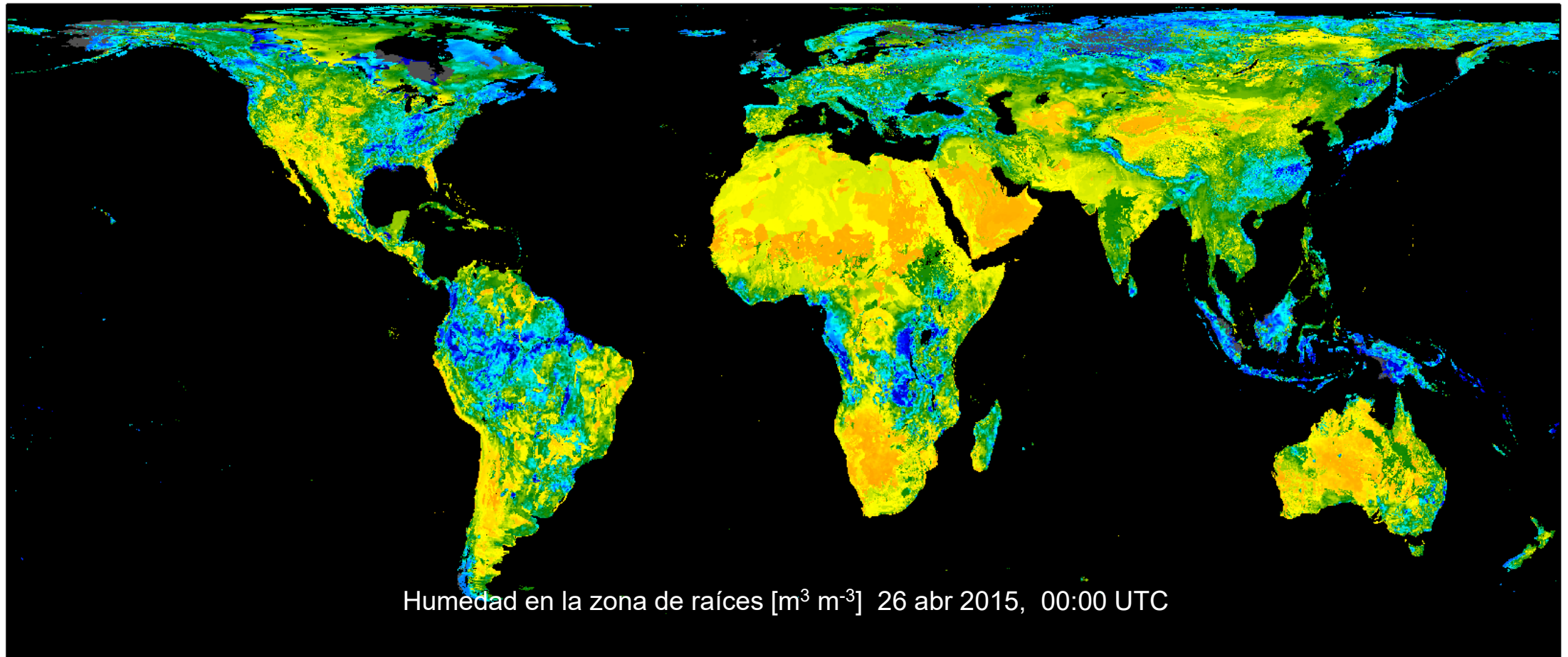


# Humedad del Suelo Derivada del Radiómetro- Nivel 3

Volumetric Soil Moisture  
(cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>)

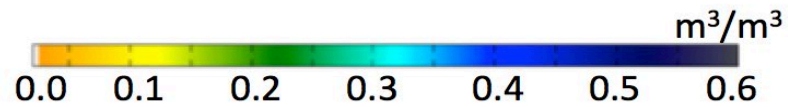
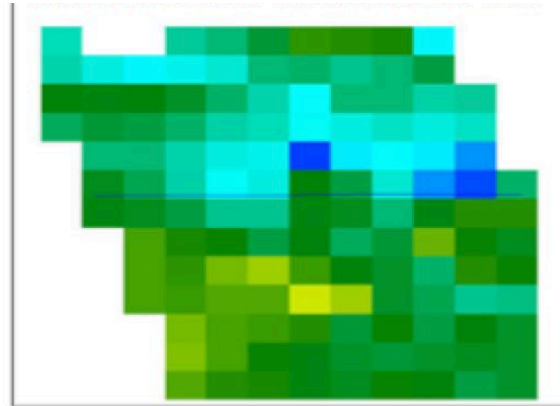


# Humedad en la Zona de Raíces – Nivel 4



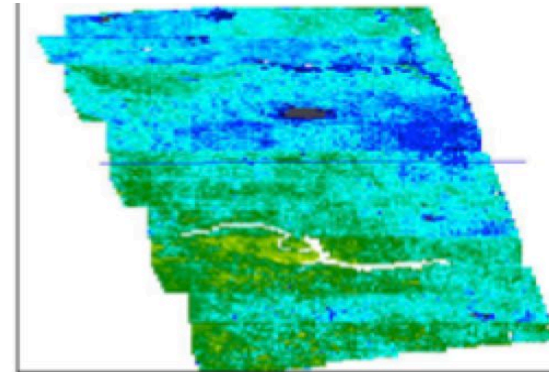
# SMAP – Producto Activo-Pasivo Usando Sentinel-1

Producto pasivo  
Humedad del suelo a 36 km

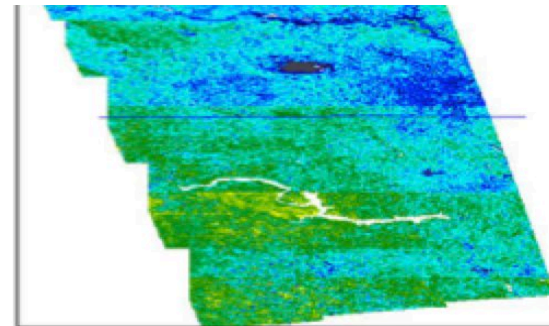


Humedad del suelo en diferentes  
resoluciones para el 17 de mayo de  
2015, en Manitoba, Canadá

Producto activo-pasivo SMAP-  
Sentinel-1  
Humedad del suelo a 3 km

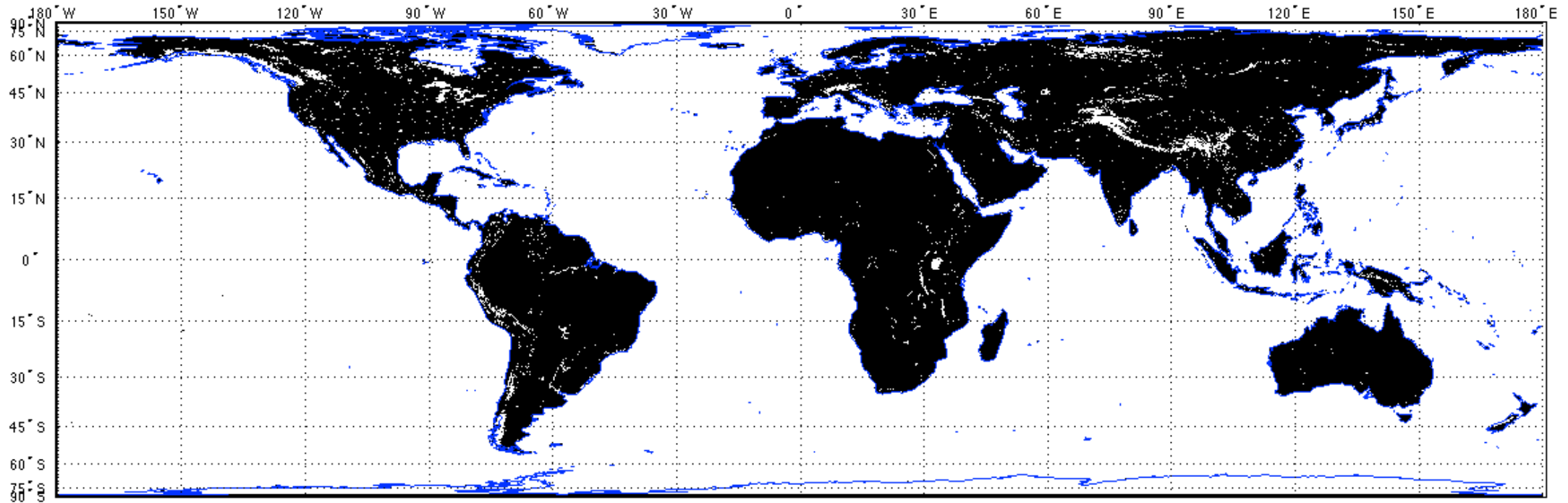


Producto activo-pasivo SMAP-  
Sentinel-1  
Humedad del suelo a 1 km



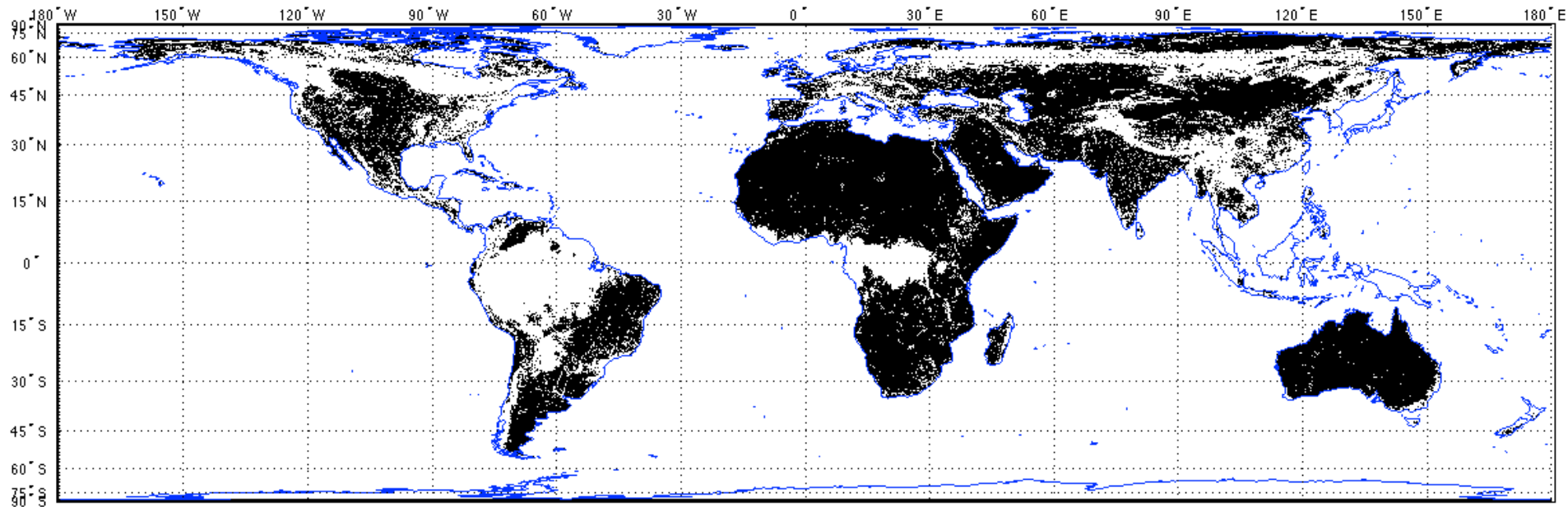
# Mapa de Áreas donde se Mide la Humedad del Suelo

- Contorno recuperable (píxeles negro):
  - Fracción urbana < 1
  - Fracción ácuea < 0.5
  - Desviación estándar de pendiente MED < 5 grados



# Calidad de la Medición de la Humedad del Suelo

- Contorno de la calidad de la medición (píxeles negros indican buena calidad)
  - Contenido en agua de la vegetación  $\leq 5$  kg/m<sup>2</sup>
  - Fracción urbana  $\leq 0.25$
  - Fracción ácida  $\leq 0.1$
  - Desviación estándar de pendiente MED  $\leq 3$  grados



# Acceso a Datos de SMAP: NSIDC

<http://nsidc.org/data/smap/>

NSIDC National Snow & Ice Data Center

DATA RESEARCH NEWS ABOUT

SEARCH Web pages

NASA Distributed Active Archive Center (DAAC) at NSIDC

**SMAP Data**  
Soil Moisture Active Passive Data

Overview

Data Sets

SMAP Data

Validation Data

**Overview**

The National Snow and Ice Data Center (NSIDC) and the Alaska Satellite Facility (ASF) will jointly manage SMAP science data on behalf of the [NASA ESDIS Project](#). Currently, NSIDC distributes

**Measuring Soil from Space**

SMAP is a NASA Earth science mission that uses microwave radar and radiometer instruments to measure soil moisture from space.

[Read more ...](#)

**RELATED RESOURCES**

[SMAP Handbook](#)  
Essential information on the programmatic, technological, and scientific aspects of SMAP data and the mission.

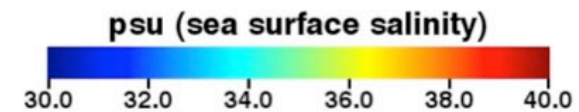
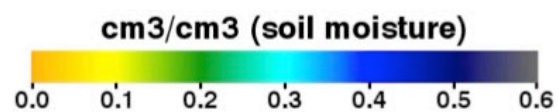
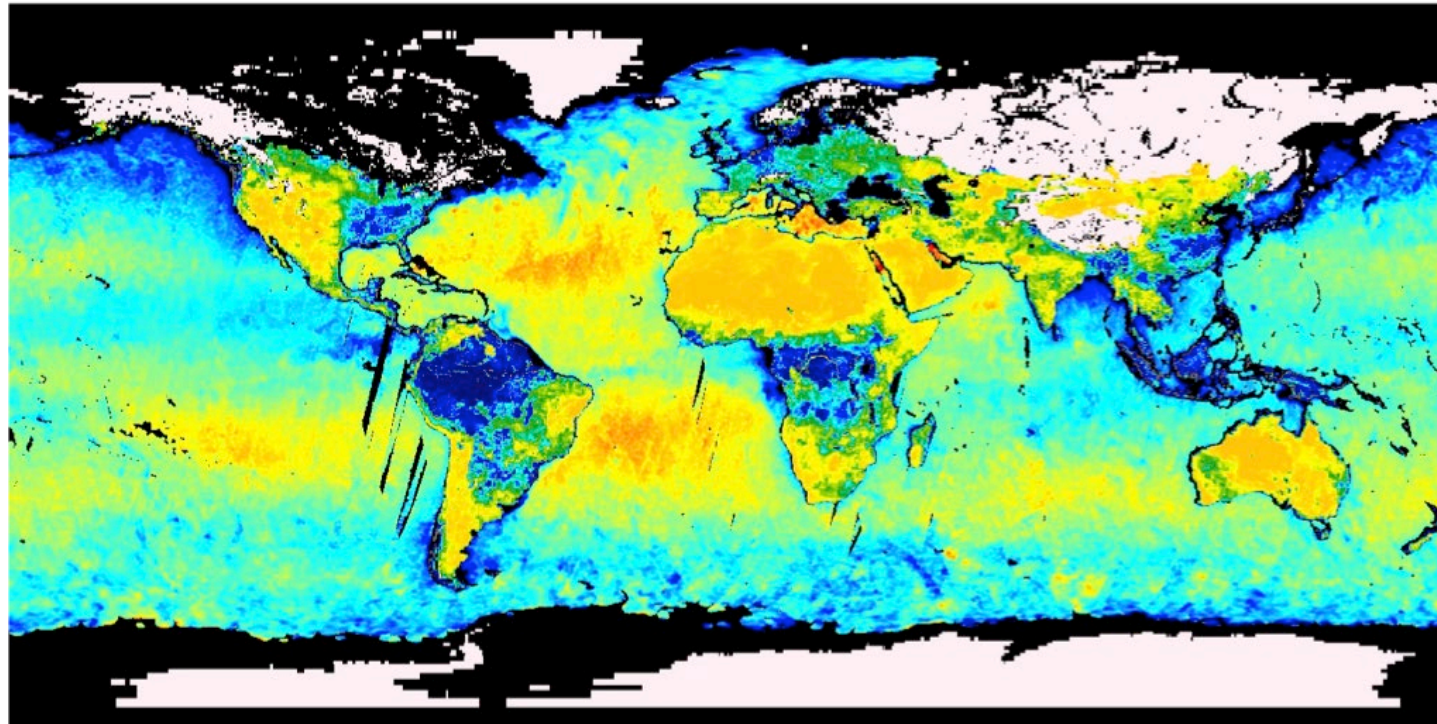
[SMAP Radar Data at ASF](#)

[SMAP Information at NASA](#)

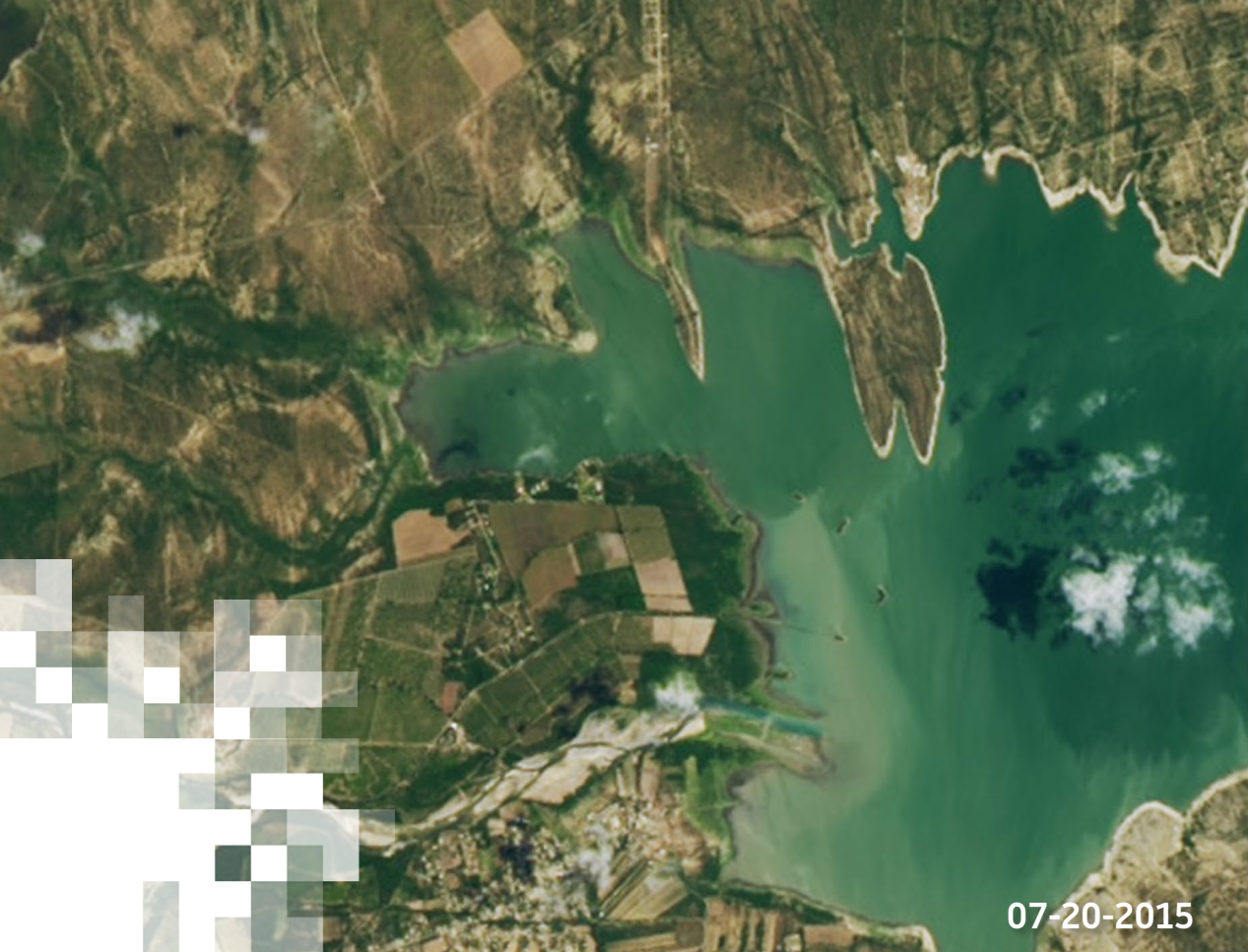


# Animación Global de la Humedad del Suelo

**SMAP: Soil Moisture + Sea Surface Salinity**  
**Mar 29 - Apr 05, 2015**





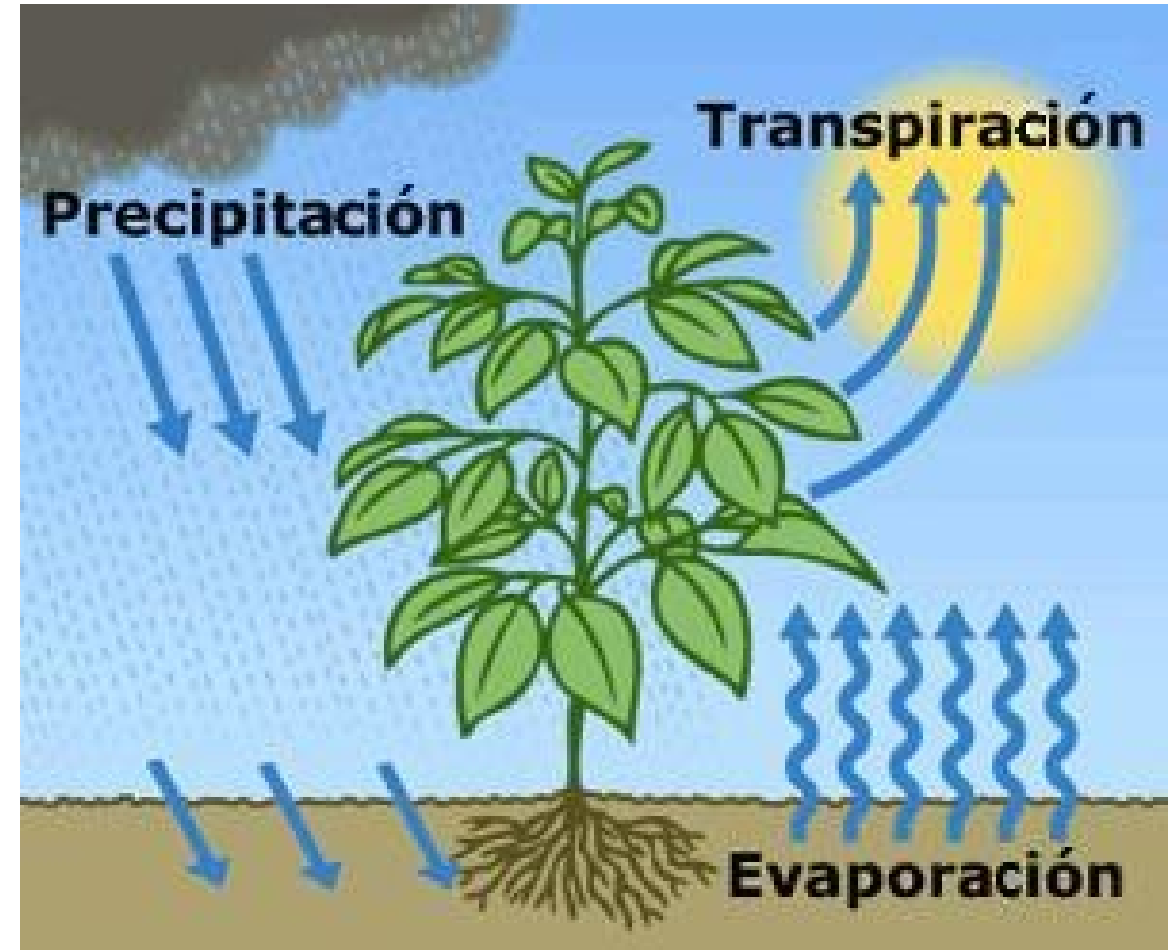


## Evapotranspiración (ET)

Para mayor información, ver: [Webinar de ARSET sobre la ET](#)

# ¿Qué es la evapotranspiración (ET)?

- La suma de la evaporación de la superficie de la tierra más la transpiración de las plantas
- La ET transfiere agua de la superficie de la tierra a la atmósfera en forma de vapor
- Se requiere energía para que la ET ocurra (para convertir agua líquida en vapor).



Source: USGS



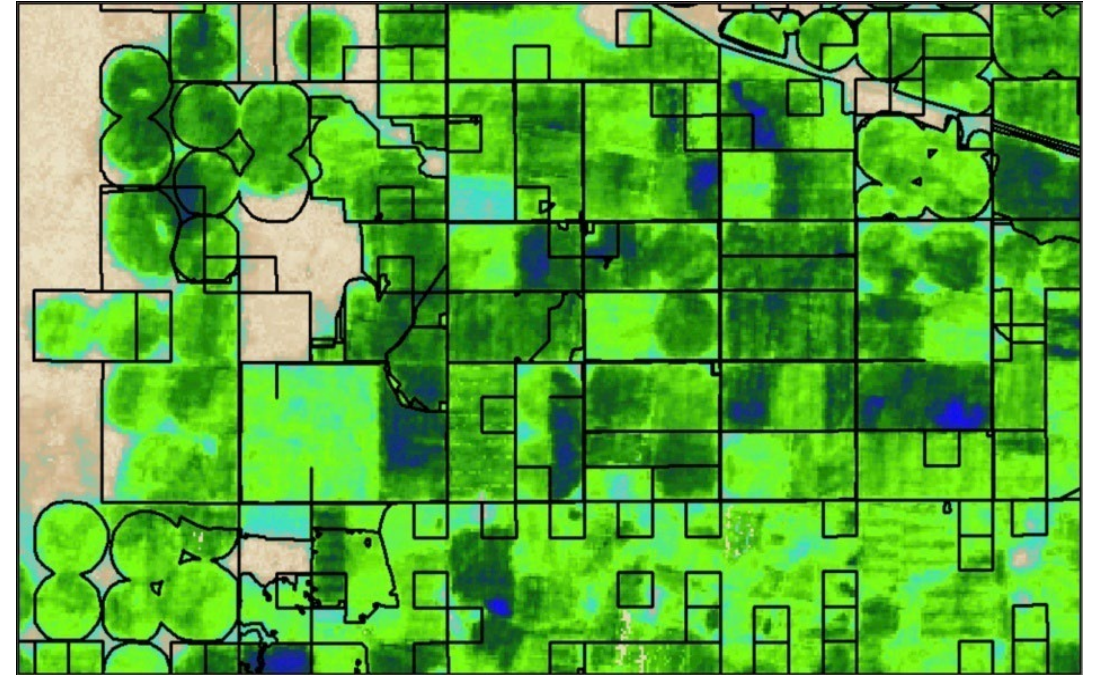
# La Importancia de la ET

- La ET es un componente crítico del balance hidrológico y energético de las interacciones clima-suelo-vegetación
- Útil para:
  - determinar el consumo agrícola del agua
  - evaluar condiciones de sequía
  - formular balances hídricos
  - monitorear el agotamiento de acuíferos
  - monitorear cultivos y balances de carbono



# Las Dificultades de Medir la ET

- La ET depende de muchas variables:
  - radiación solar en la superficie
  - temperaturas de la tierra y del aire
  - humedad
  - vientos en la superficie
  - condiciones del suelo
  - cobertura vegetal y tipos de vegetación
- Sumamente variable a través del espacio y el tiempo



# Mediciones de la ET en el Suelo

## Limitación:

- Estas son mediciones puntuales y no pueden capturar la variabilidad de manera adecuada.



Torres de Flujo



Lisímetros

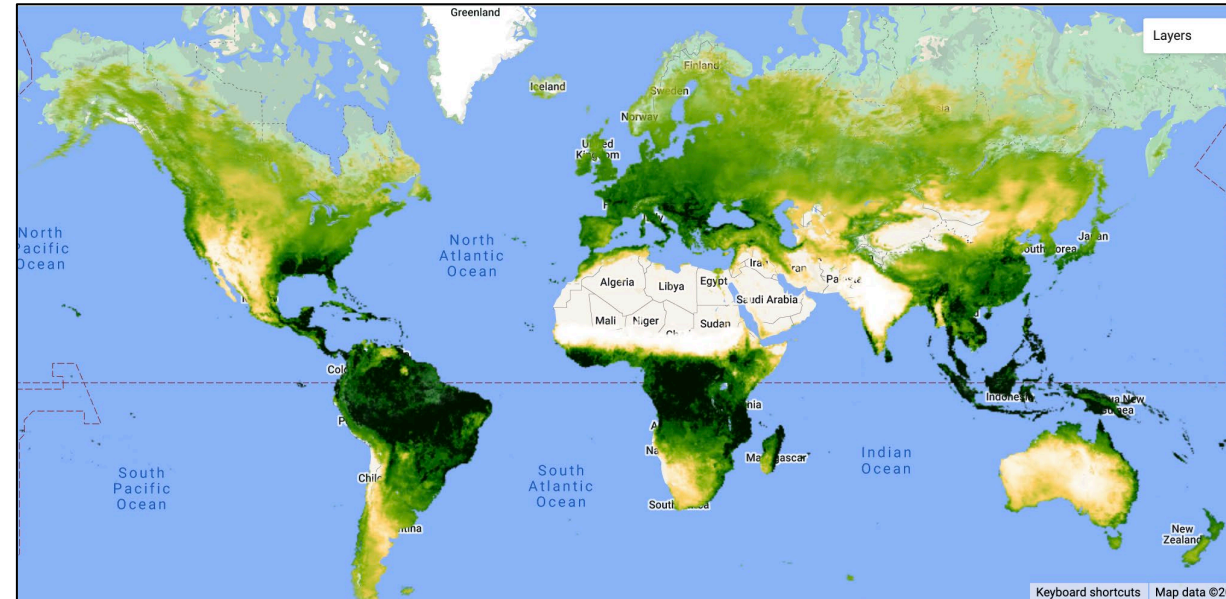


# Beneficios de estimar la ET a partir de Datos de Teledetección

Los satélites proporcionan mediciones relativamente frecuentes y espacialmente continuas de variables biofísicas que se utilizan para estimar la ET a diferentes escalas espaciales incluyendo:

- Radiación
- Temperaturas de la superficie terrestre
- Cobertura vegetal y densidad de esta
- Precipitación
- Humedad del suelo
- Variables meteorológicas y climáticas

Evapotranspiración basada en MODIS



# Sensores Remotos para Observaciones de la ET

Satélite	Sensores	Parámetros
Terra y Aqua	MODIS	Normalized difference vegetation Index (NDVI) (Índice de vegetación de diferencia normalizada) Leaf Area Index (LAI) (Índice de área foliar) Albedo (fracción de radiación solar superficial reflejada de vuelta)
Landsat	OLI and ETM+	Reflectancia Espectral (Banda térmica)

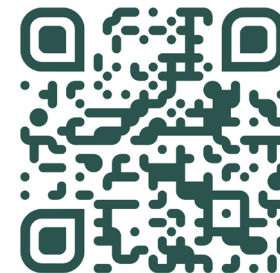


# Estimación de la ET

La ET puede derivarse principalmente de:

- Balance hidrológico superficial  
 $ET = \text{Precipitación} + \text{Irrigación} - \text{Escorrentía} - \text{Aguas subterráneas} + \text{Transporte vertical del agua} \pm \text{Flujo subsuperficial} \pm \text{Contenido húmedo del suelo}$
- **Balance Energético de la Superficie**  
 $ET \text{ (Flujo de calor latente)} = \text{Radiación superficial neta} - \text{Flujo de calor del suelo} - \text{Flujo de calentamiento sensible}$
- Datos meteorológicos y de la <sup>1</sup>**Vegetación/Cultivos** (Ecuación Penman-Monteith)
- Estimación de ET por Modelos de la Superficie Terrestre
  - ej., Global Land Data Assimilation System (GLDAS): <http://ldas.gsfc.nasa.gov>

<sup>1</sup>Basado en: OLI, MODIS, VIIRS





# Productos de Datos de ET Basados en la Teledetección

- MOD16: MODIS Global Evapotranspiration Project  
<http://ntsg.umd.edu/project/mod16>
- METRIC: Mapping Evapotranspiration with high-Resolution and Internalized Calibration (Mapeo de la evapotranspiración con alta resolución y calibración internalizada)  
<http://eeflux-level1.appspot.com>
- GLDAS: Global Land Data Assimilation System (Sistema global de asimilación de datos de tierras)  
<http://ldas.gsfc.nasa.gov/gldas/>



# METRIC ET

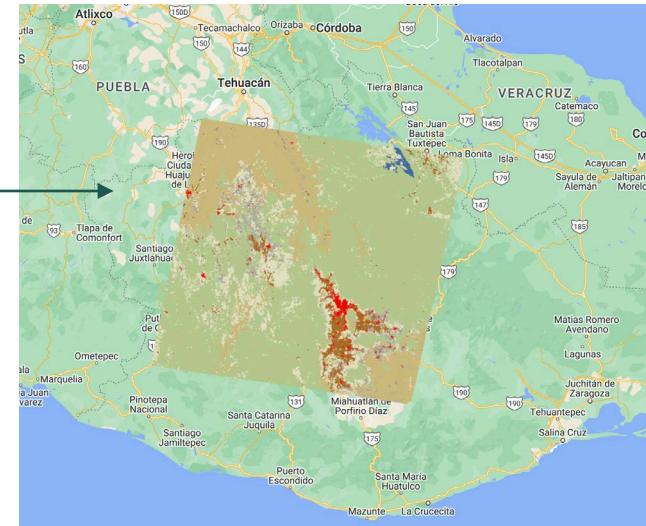
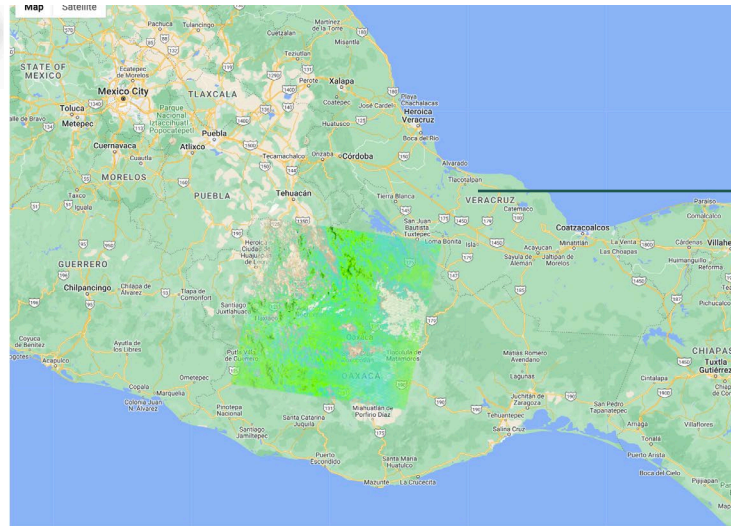
<http://eeflux-level1.appspot.com>

- ET basada en Landsat
- Resolución espacial: 30 m
- Resolución temporal: 16 días



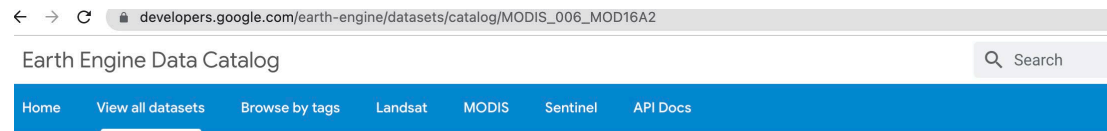
ET Derivada de una imagen de Landsat-8 el 6 de agosto de 2022

Cobertura vegetal

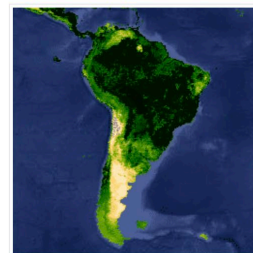


# MOD16A2 ET

- ET basada en MODIS
- **Usaremos el producto de ET basada en MODIS Mod16A2, disponible de GEE**
- Resolución espacial: 500 m
- Resolución temporal : 8 días



## MOD16A2.006: Terra Net Evapotranspiration 8-Day Global 500m



### Dataset Availability

2001-01-01T00:00:00Z-2023-02-02T00:00:00

### Dataset Provider

[NASA LP DAAC at the USGS EROS Center](#)

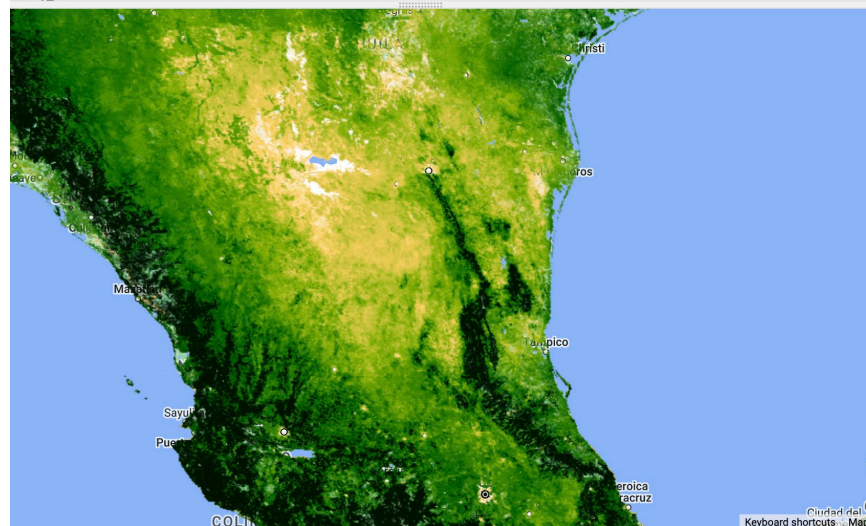
### Earth Engine Snippet

```
ee.ImageCollection("MODIS/006/MOD16A2")
```

### Tags

8-day evapotranspiration global mod16a2 modis nasa

```
MODIS_006_MOD16A2 *
1 var dataset = ee.ImageCollection('MODIS/006/MOD16A2')
2   filter(ee.Filter.date('2022-08-01', '2022-08-31'));
3 var evapotranspiration = dataset.select('ET');
4 var evapotranspirationVis = {
5   min: 0.0,
6   max: 300.0,
7   palette: [
8     'ffffff', 'fcd163', '99b718', '66a000', '3e8601', '207401', '056201',
9     '004c00', '011301'
10  ],
11 };
12 Map.setCenter(6.746, 46.529, 2);
13 Map.addLayer(evapotranspiration, evapotranspirationVis, 'Evapotranspiration');
14
```





**¡Gracias!**

