



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

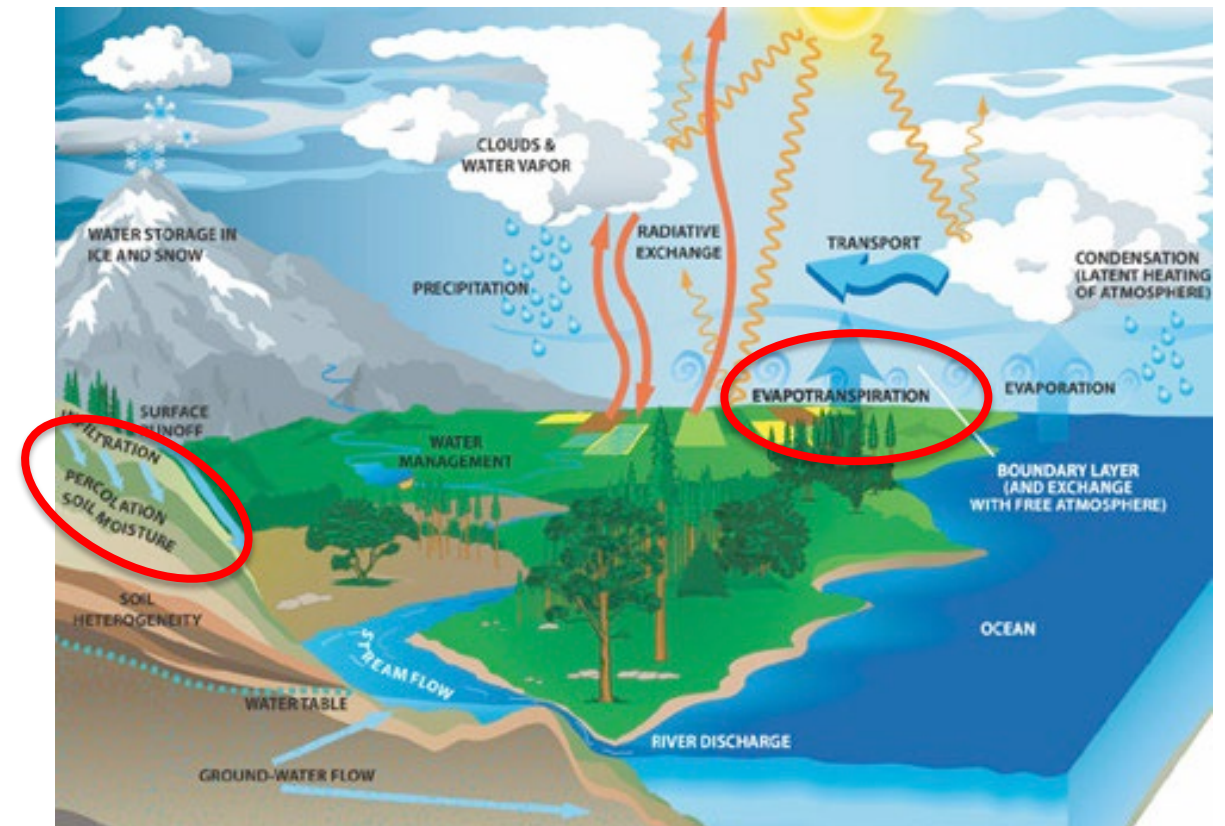


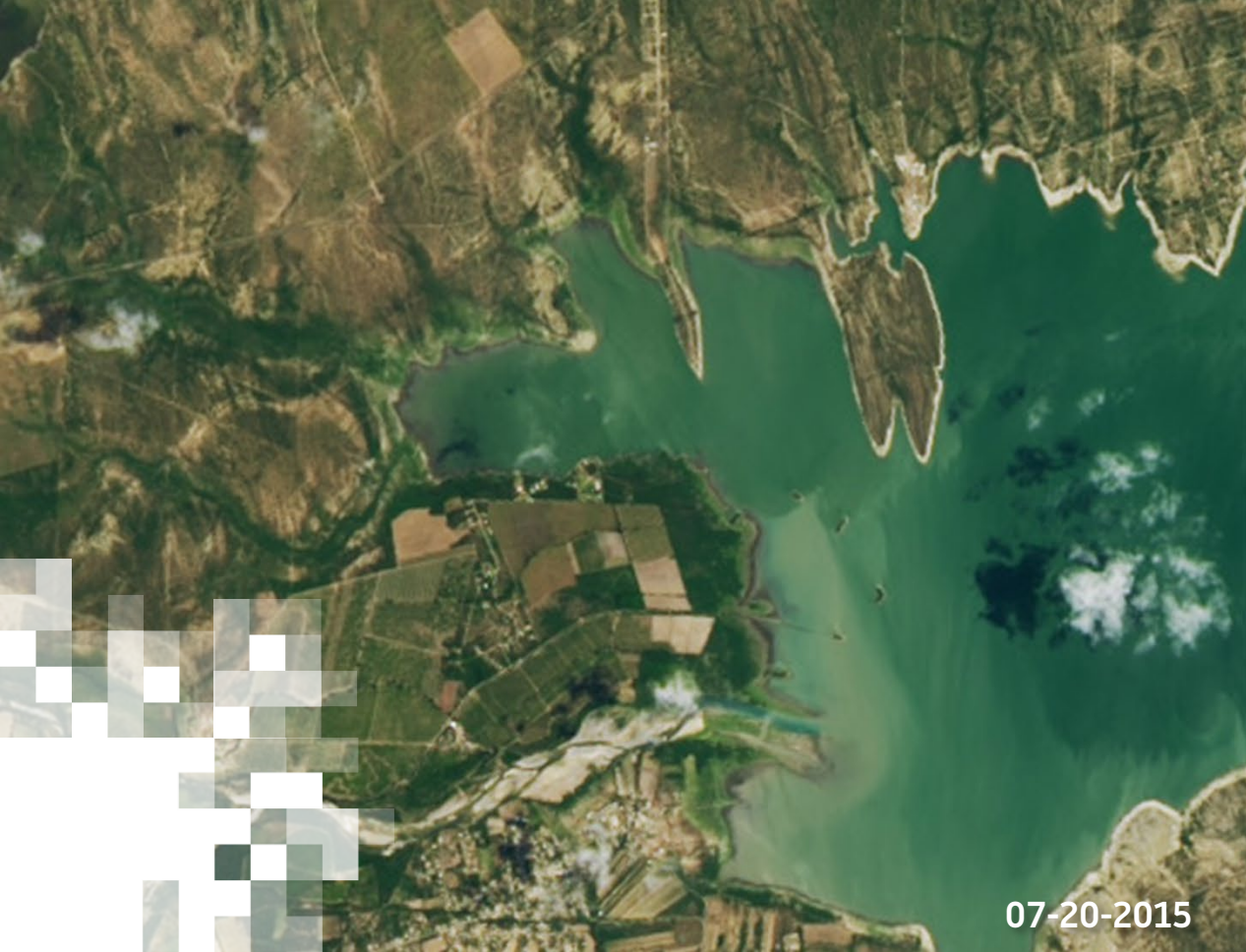
* Fuente de la imagen: <http://smap.jpl.nasa.gov/science/applications/>



El Ciclo Hidrológico

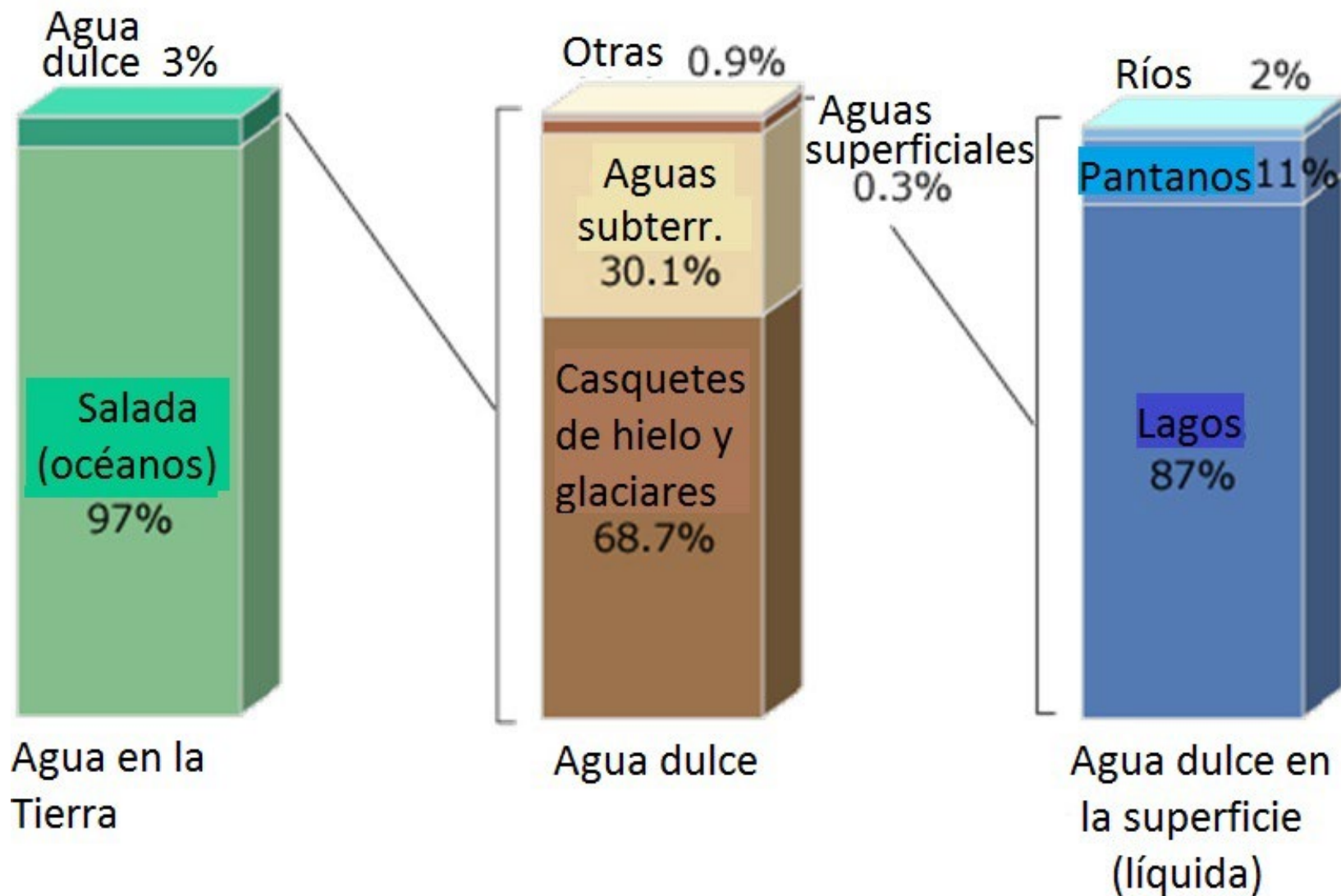
- Para una gestión hidrológica sustentable, es crítico tener estimaciones exactas de los componentes del ciclo hidrológico.
- La humedad del suelo y la evapotranspiración (ET) son grandes componentes de los presupuestos de agua dulce a nivel mundial y regional.
- Los datos de la humedad del suelo y la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





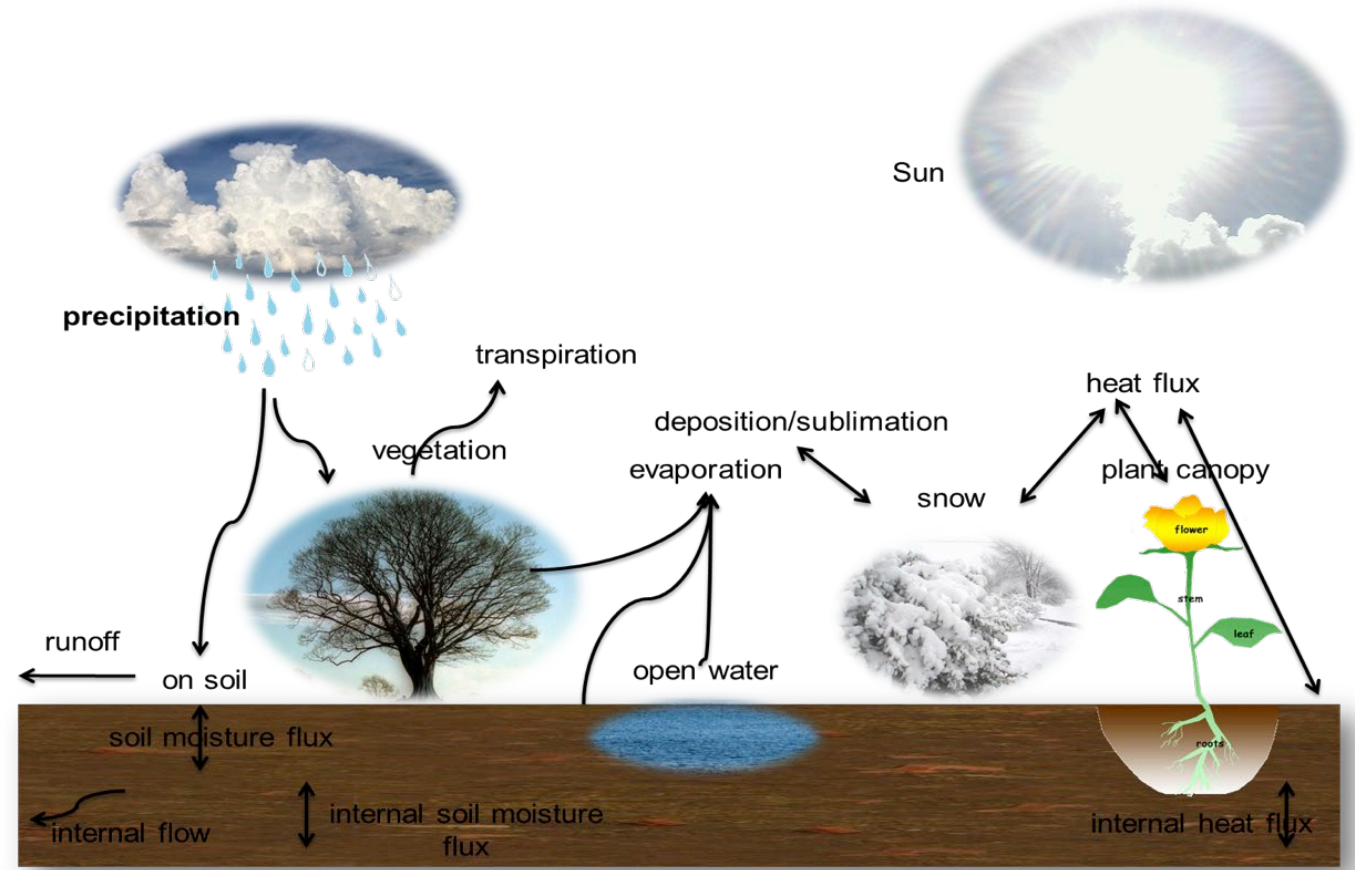
Humedad del Suelo del Satelite SMAP (Soil
Moisture Active Passive)

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

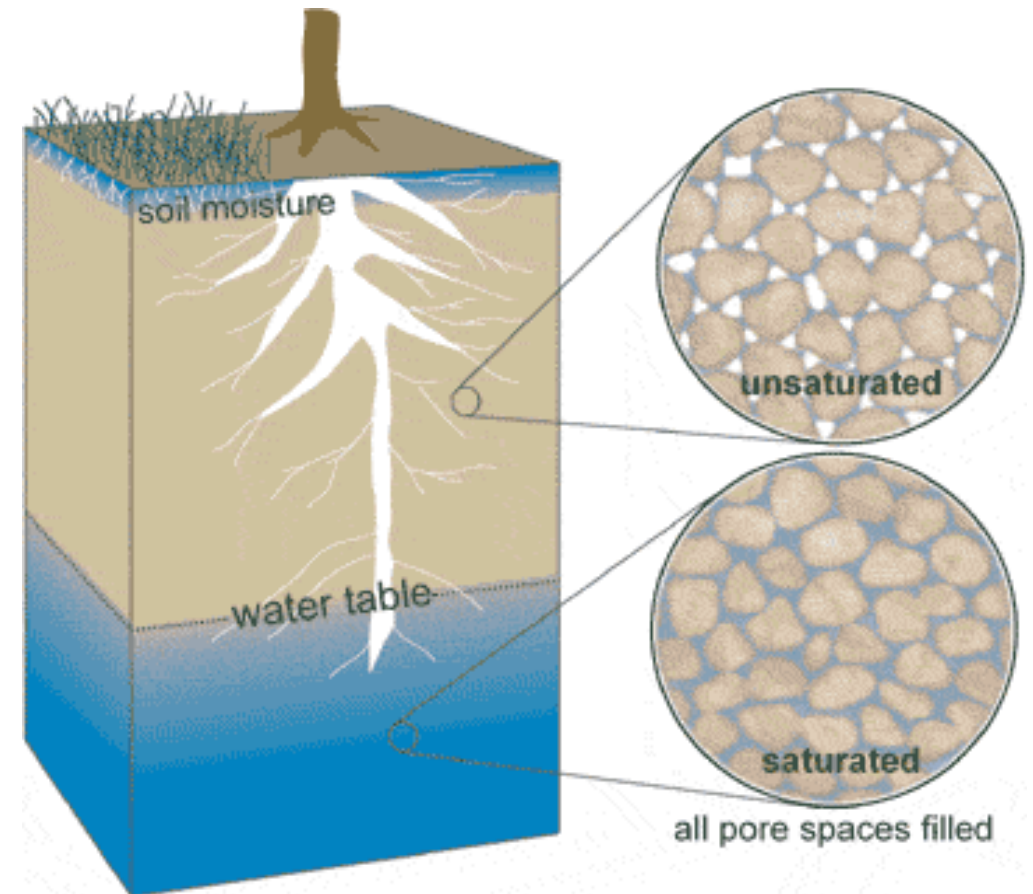
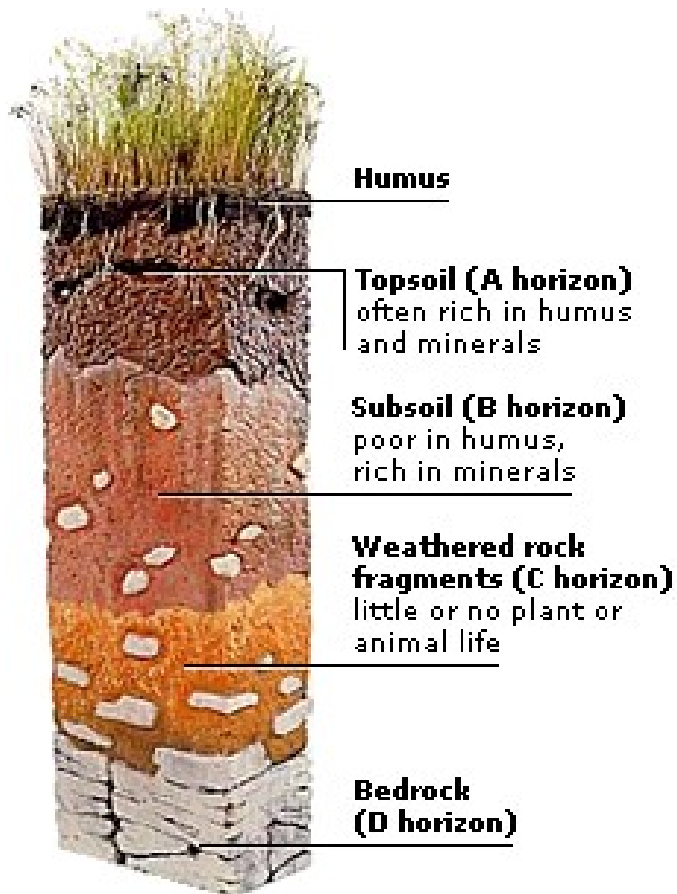


* Source: Pachepsky, Y., Radcliffe, D. E., & Selim, H. M. (2003). *Scaling methods in soil physics*. Boca Raton, FL: CRC Press.

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



Perfil del Suelo



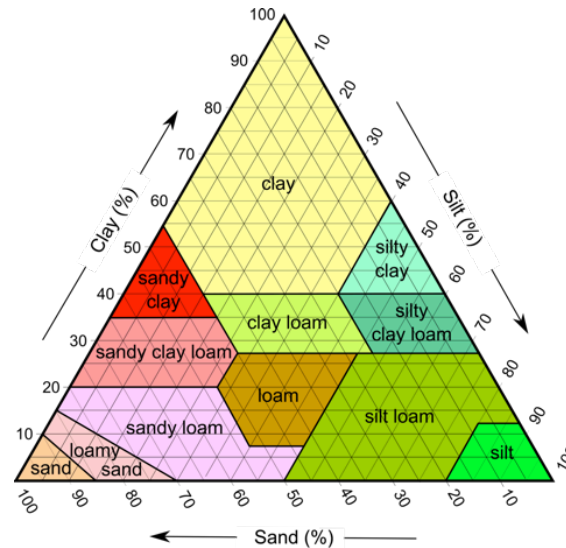
Factores Influenciando la Humedad del Suelo

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

Lluvia



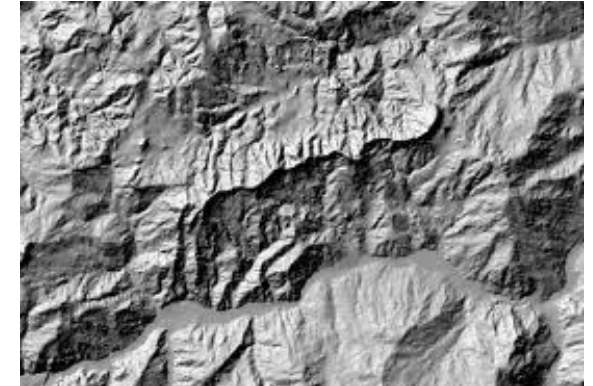
Textura del suelo



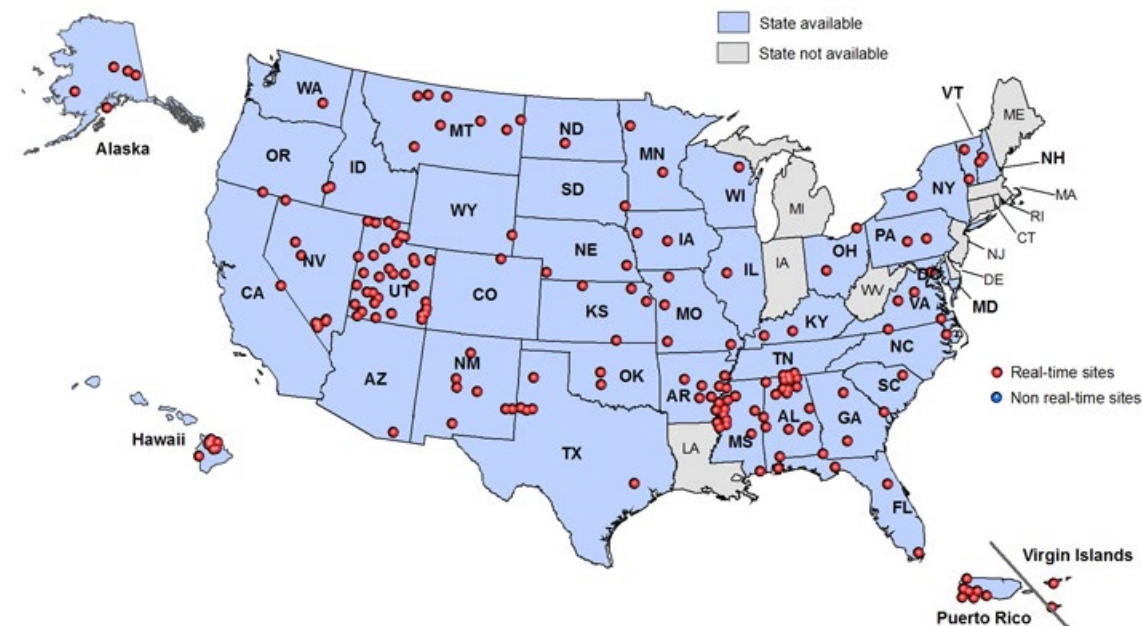
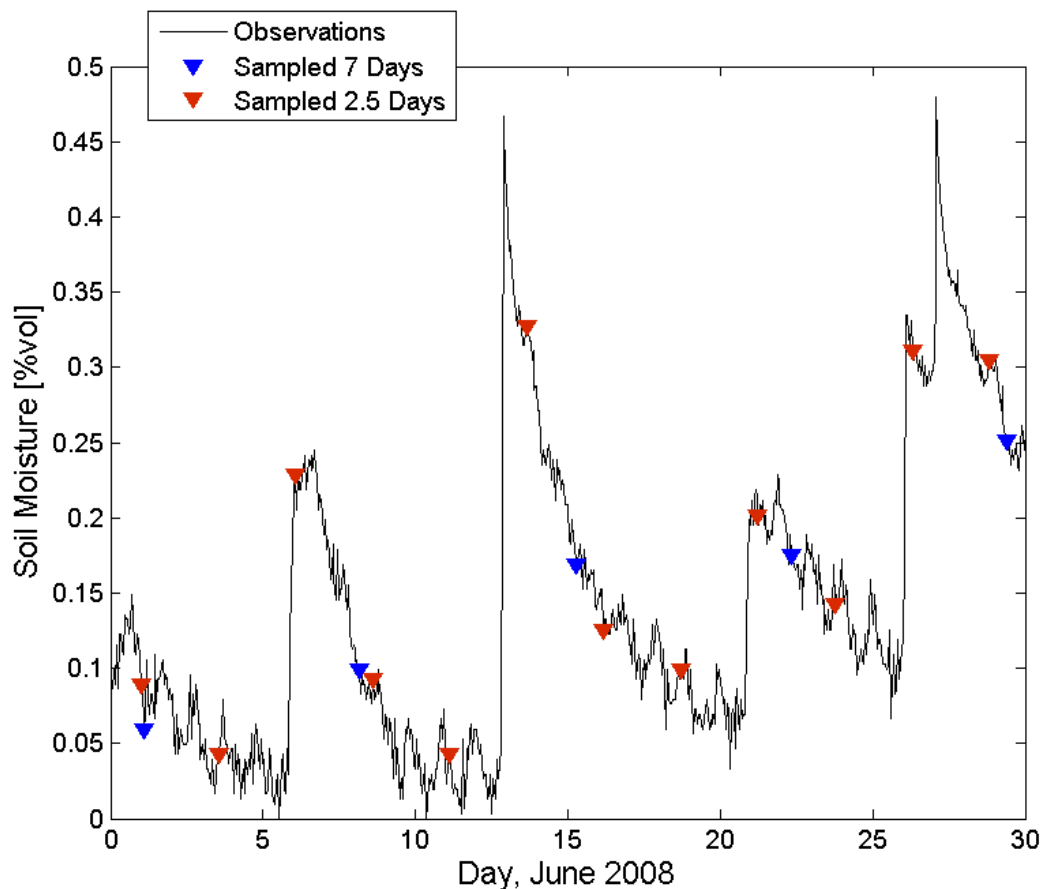
Vegetación



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

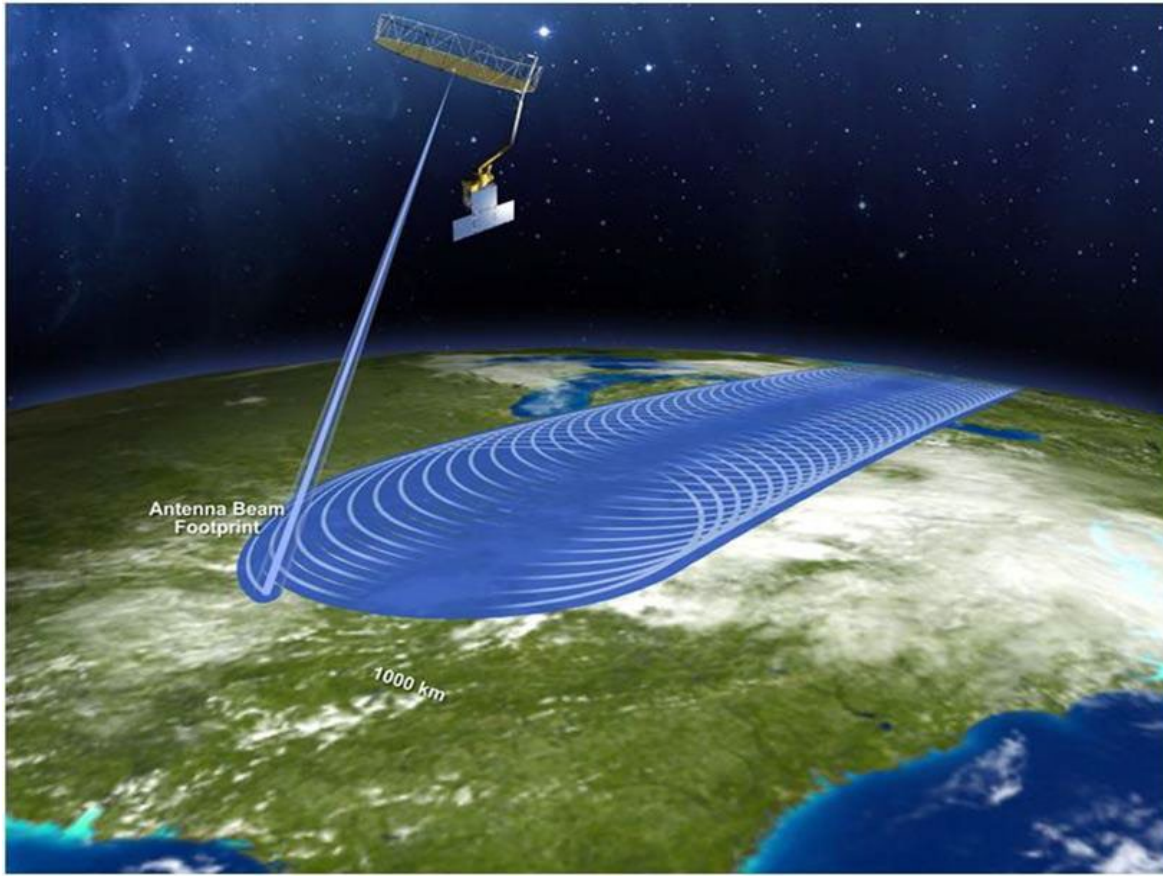


Monitoreo y alerta temprana de sequías



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)

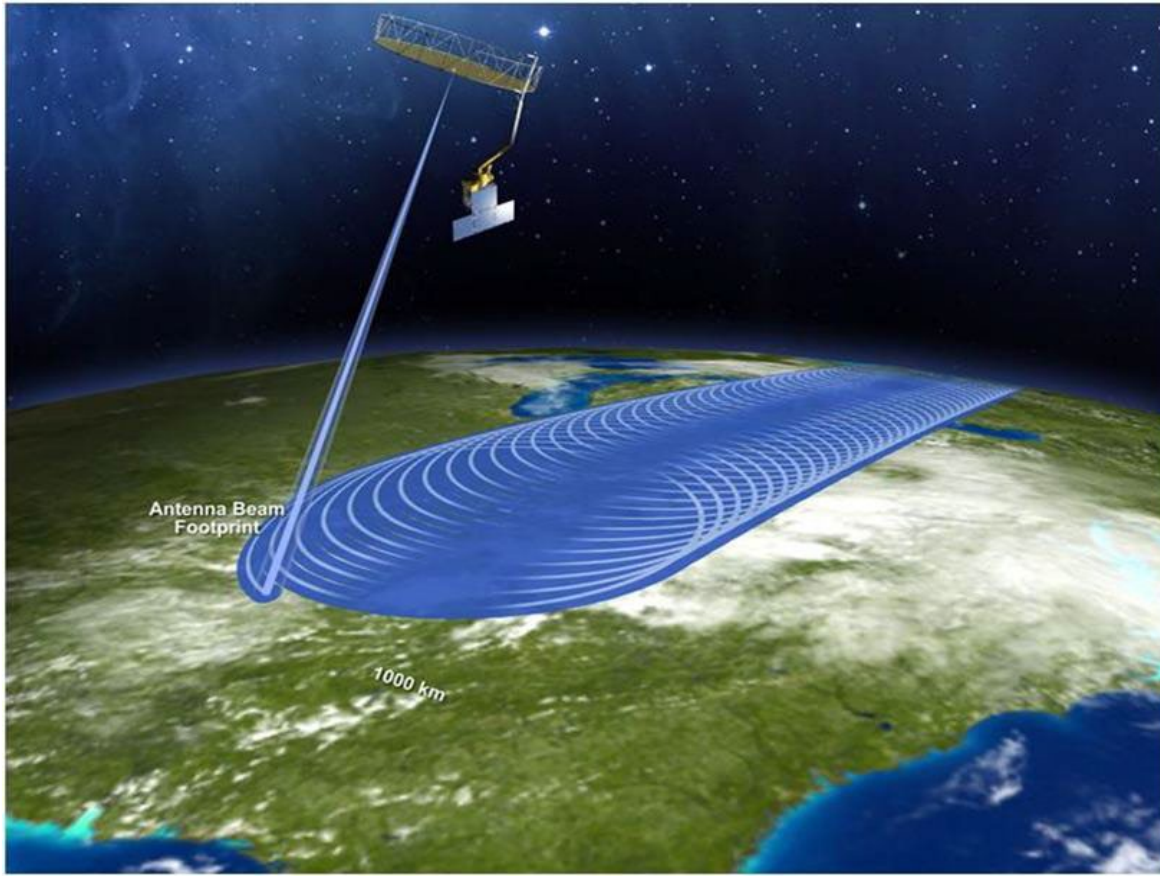
Radiómetro

- Frecuencia: 1.41 GHz
- Polarización: H, V, 3^{ro} y 4^{to} 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

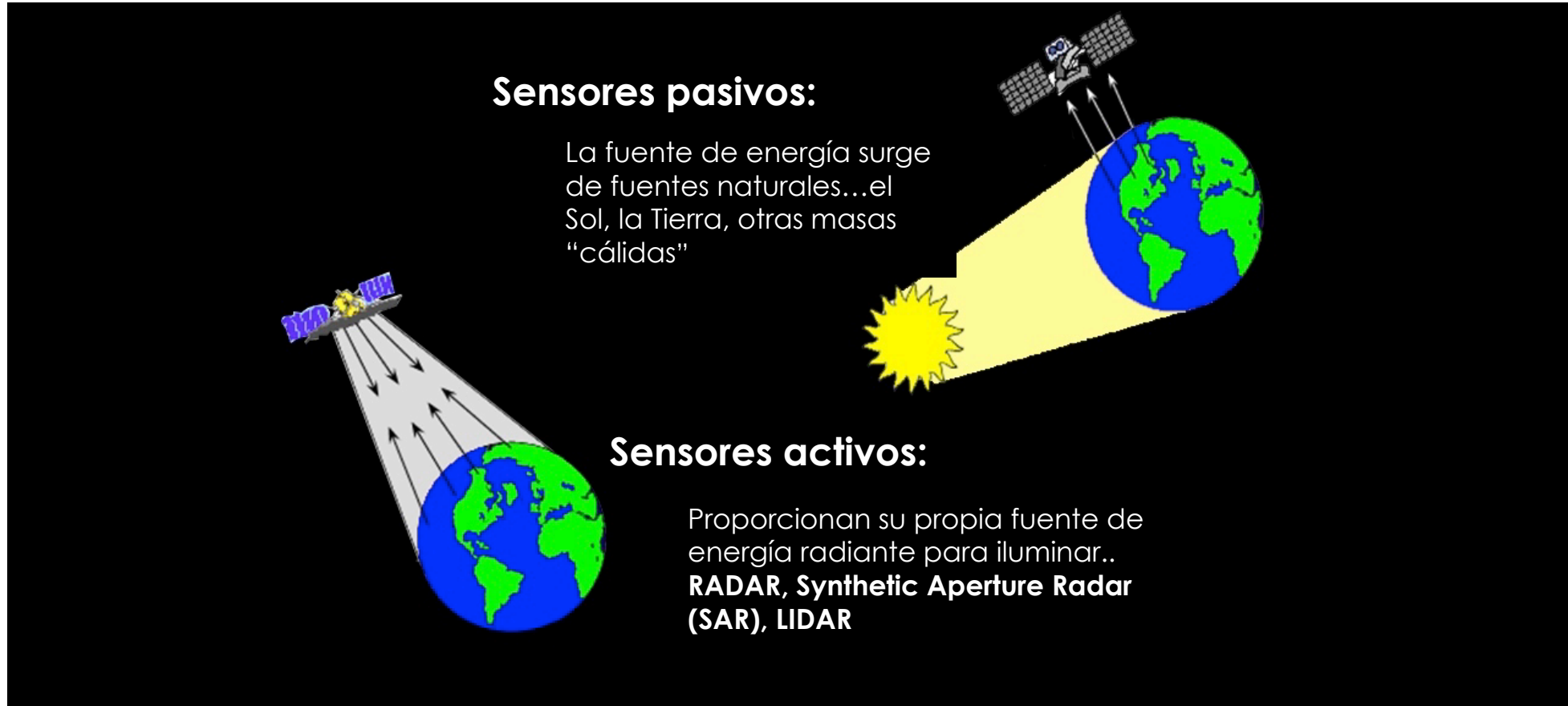
- 6 m de diámetro
- Escaneo cónico a 14.6 r.p.m.
- Angulo de incidencia constante: 40 grados
- Barrido: 1000 km de ancho
- Barrido y órbita permiten cobertura global cada 2 o 3 días

Órbita

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

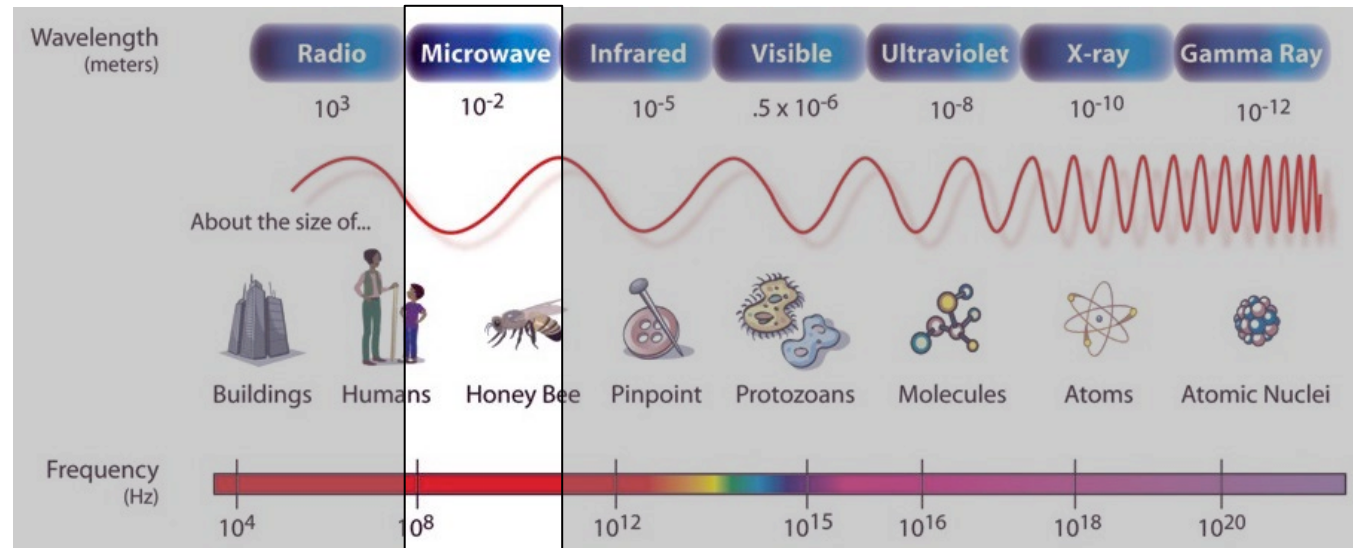


Teledetección Pasiva y Activa



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

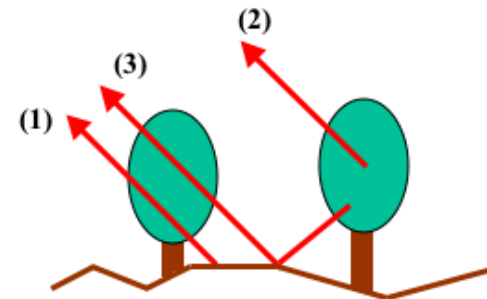


Método de Medición

- $p = H, V$ (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.

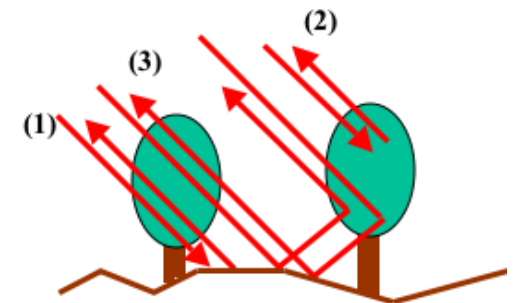
Emisión

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



Retrodispersión

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

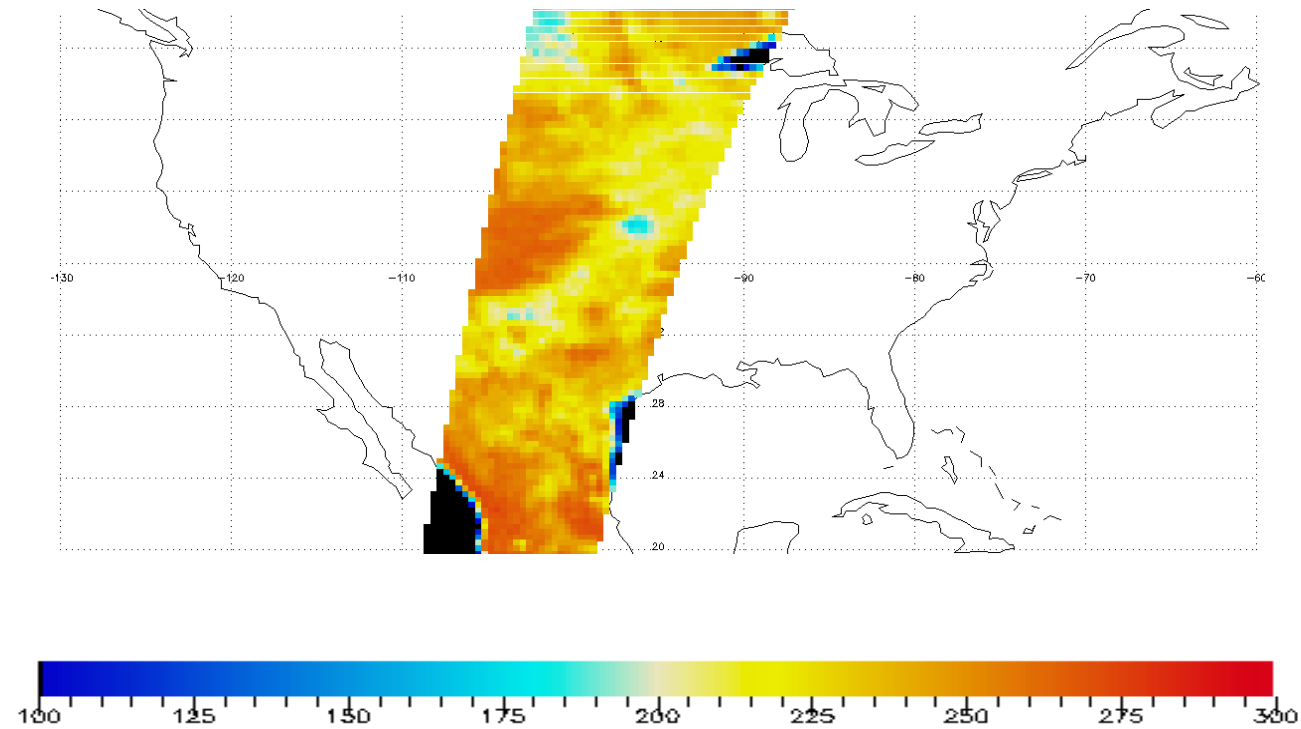
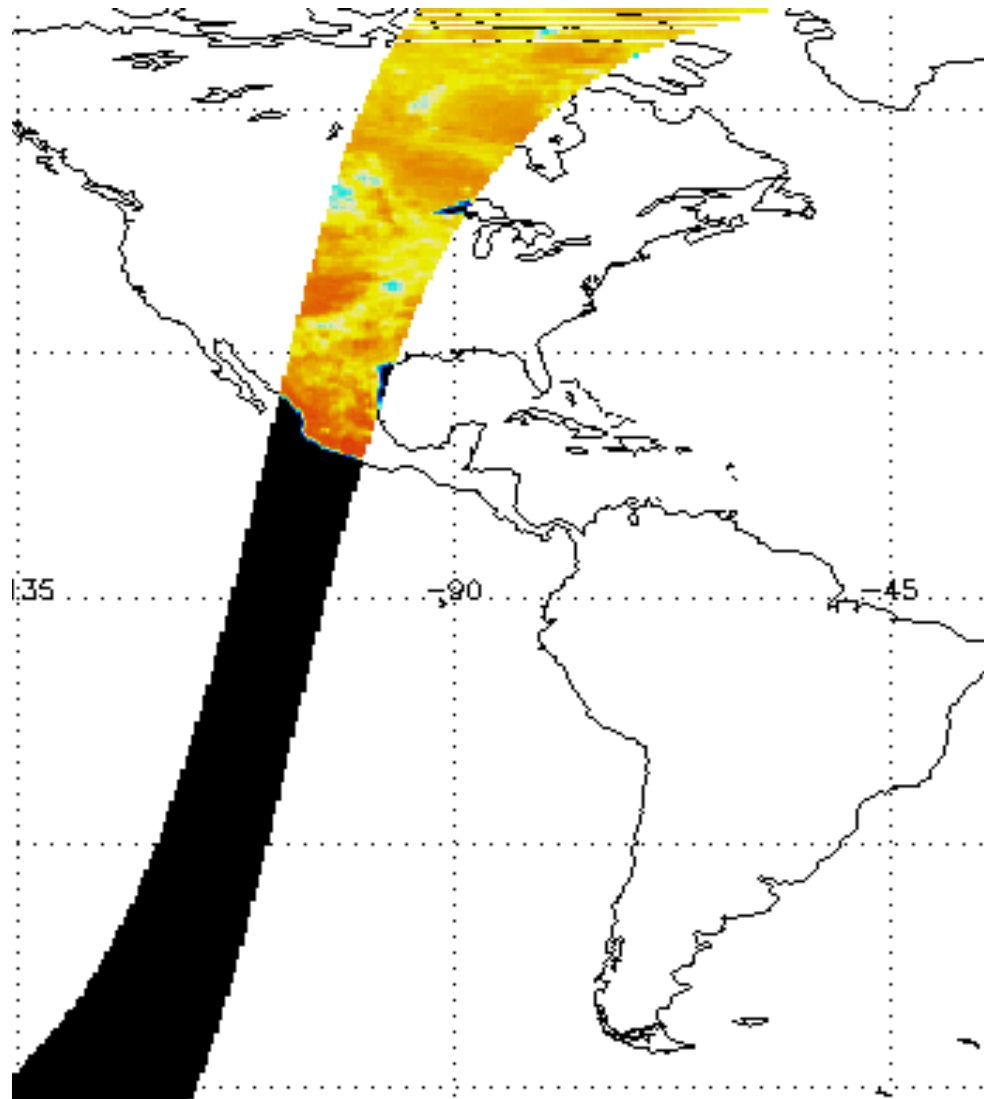




Product Type	Product description	Gridding (resolution)	Granule Extent
L1A_Radar	Parsed SMAP Radar Telemetry (start-July 7, 2015)		Half Orbit
L1B_S0_LoRes	Low resolution radar sigma0 in time order (start-July 7, 2015)	5x30 km	Half Orbit
L1C_S0_HiRes	High resolution radar sigma0 on Swath Grid (start-July 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

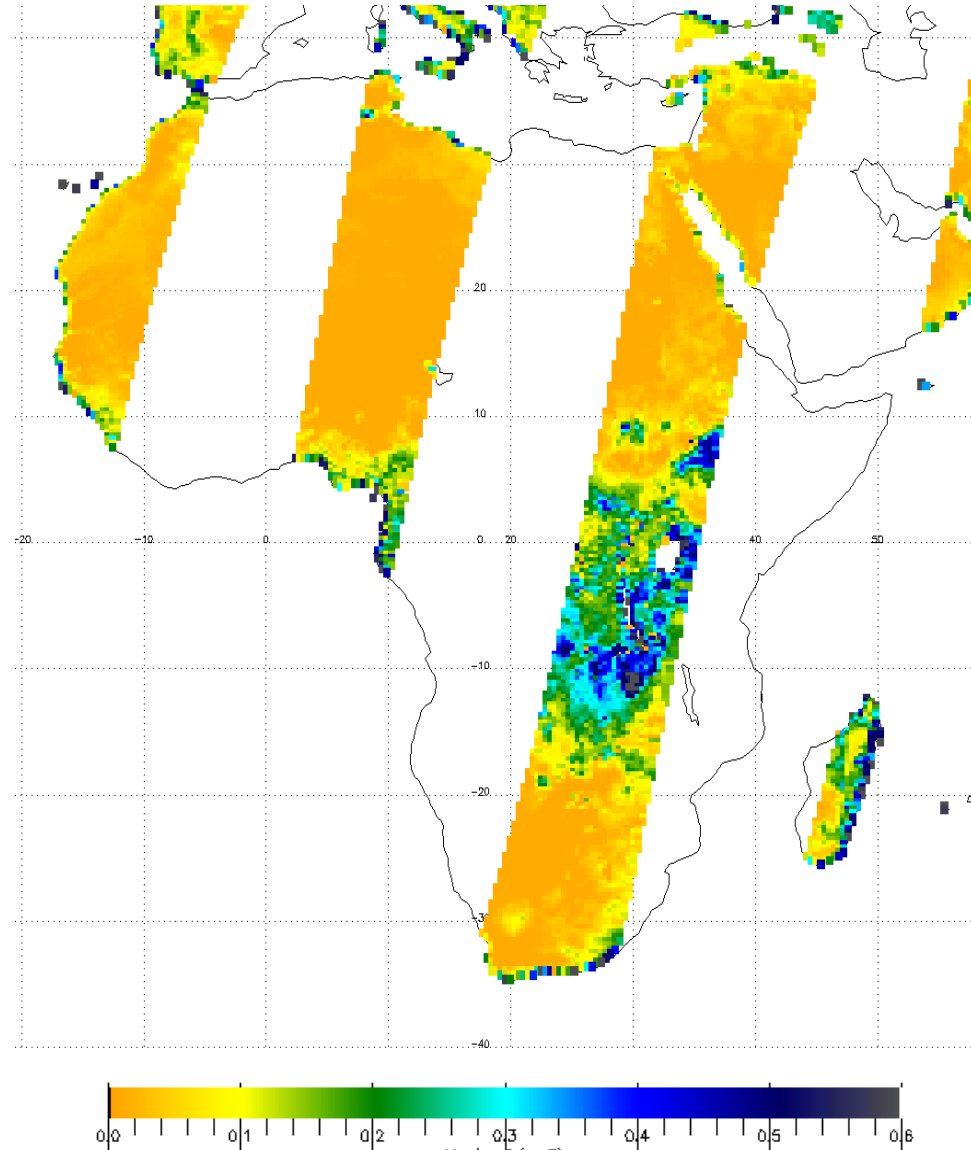


Temperatura de Brillo (Brightness Temperature) - Kelvin

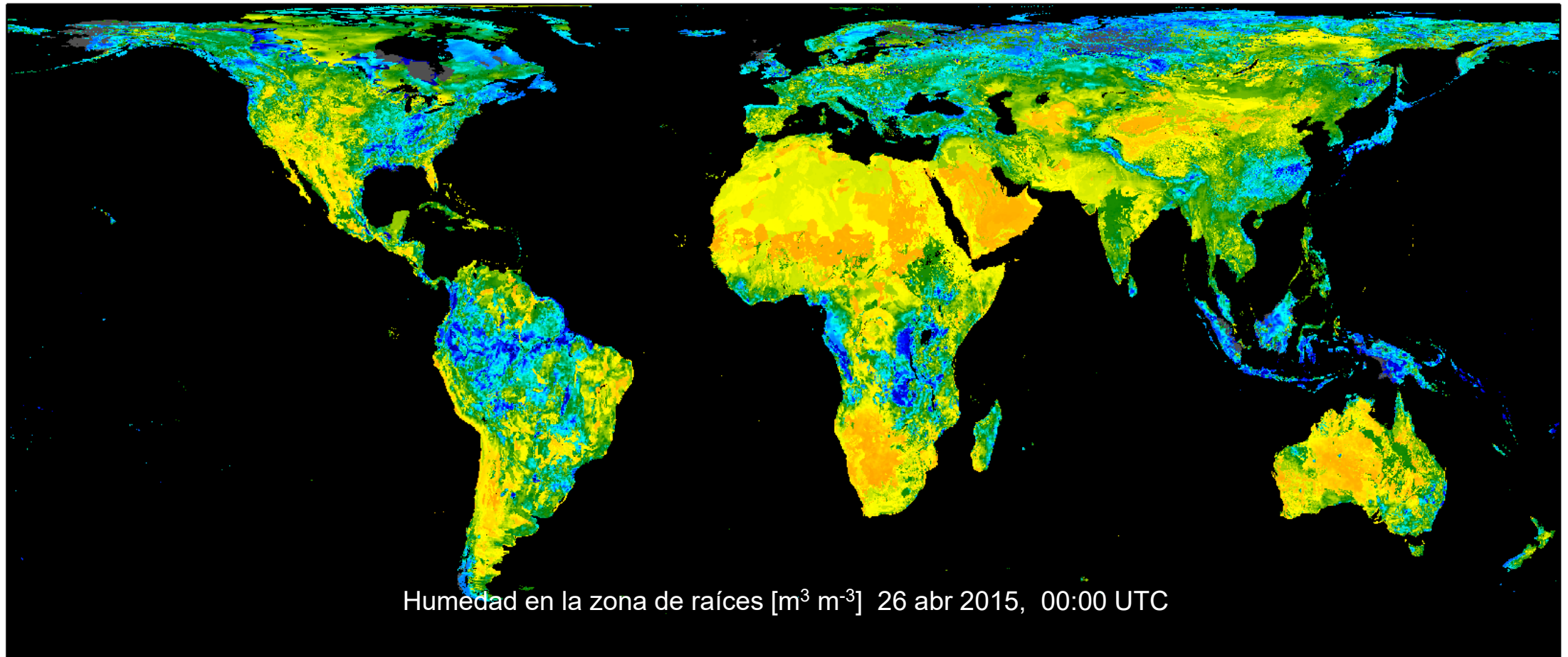


Humedad del Suelo Derivada del Radiómetro- Nivel 3

Volumetric Soil Moisture
(cm³/cm³)

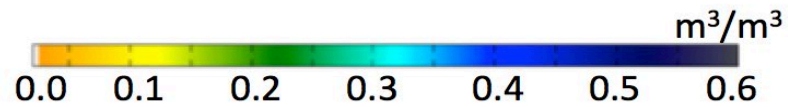
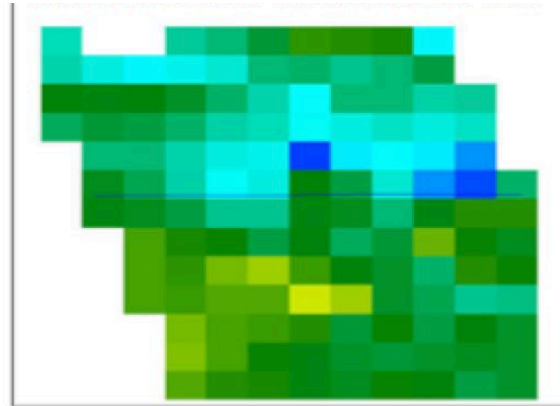


Humedad en la Zona de Raíces – Nivel 4



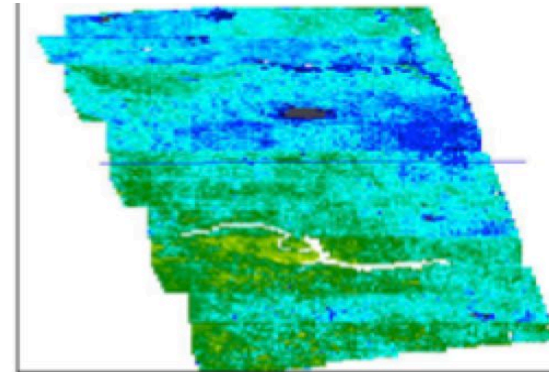
SMAP – Producto Activo-Pasivo Usando Sentinel-1

Producto pasivo
Humedad del suelo a 36 km

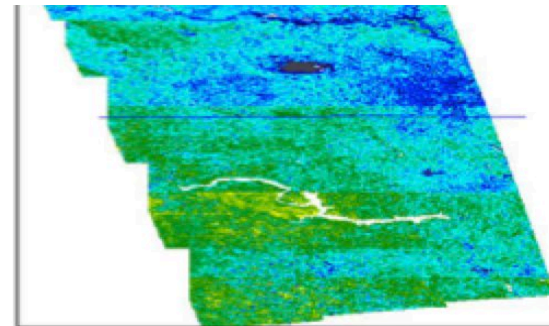


Humedad del suelo en diferentes
resoluciones para el 17 de mayo de
2015, en Manitoba, Canadá

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

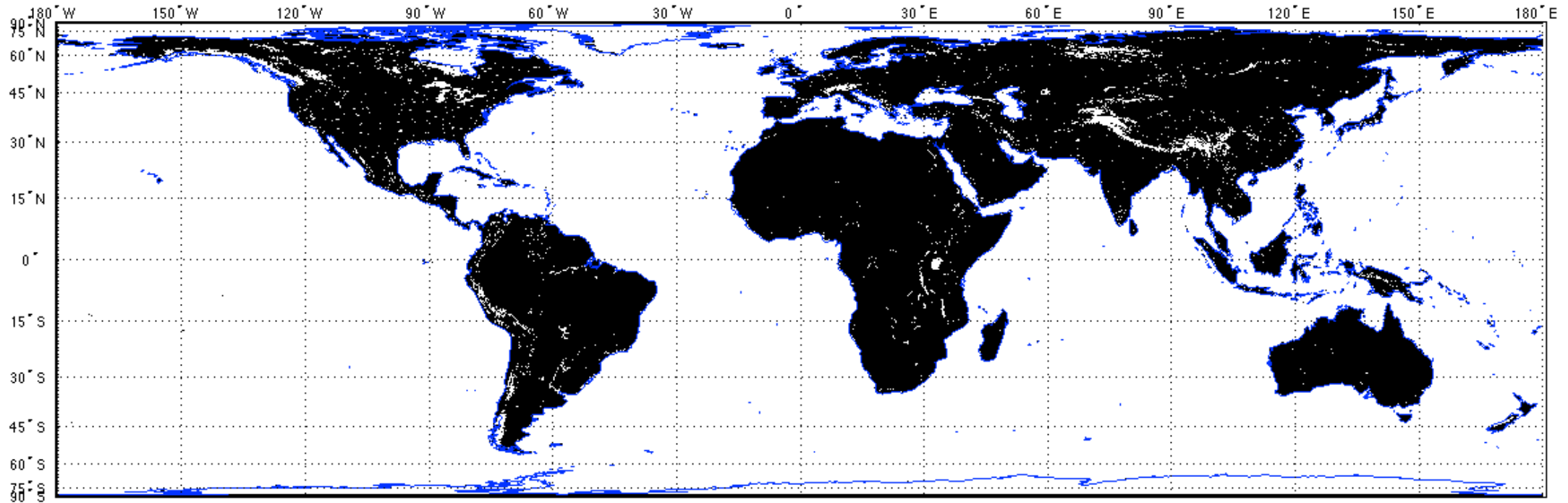


Producto activo-pasivo SMAP-
Sentinel-1
Humedad del suelo a 1 km



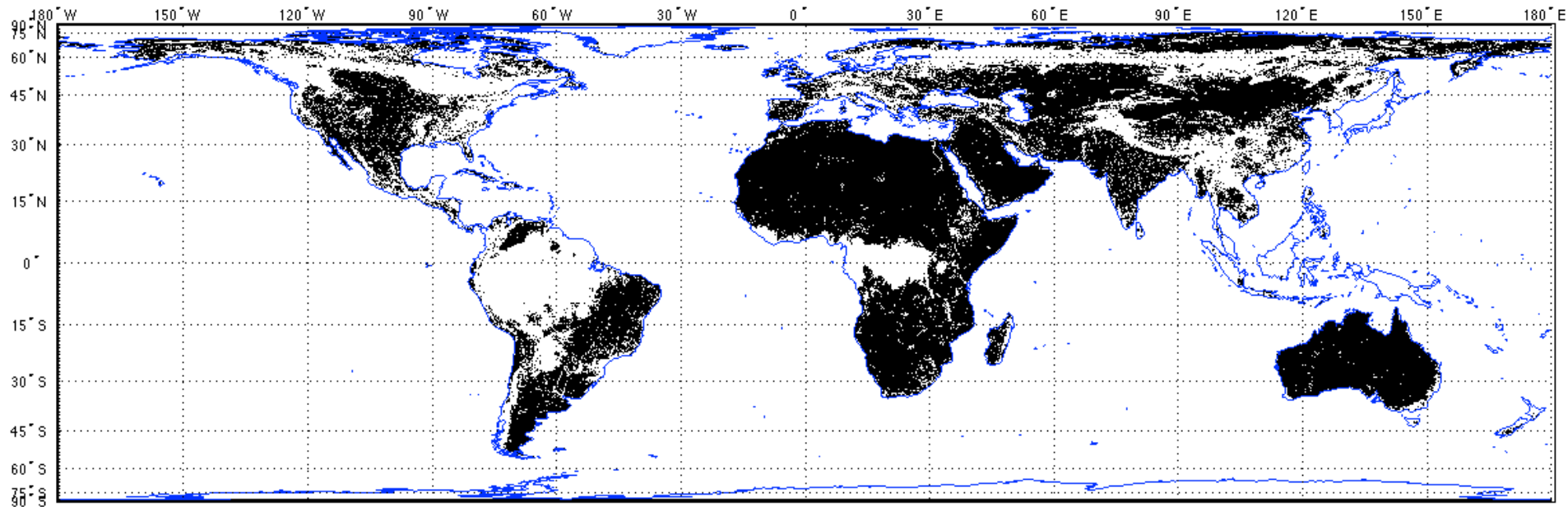
Mapa de Áreas donde se Mide la Humedad del Suelo

- 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 ≤ 5 kg/m²
 - Fracción urbana ≤ 0.25
 - Fracción ácida ≤ 0.1
 - Desviación estándar de pendiente MED ≤ 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.

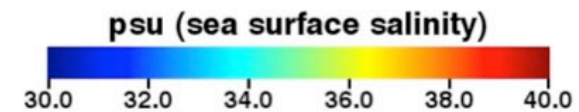
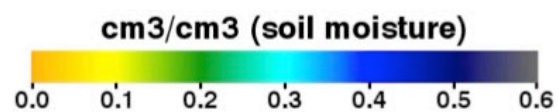
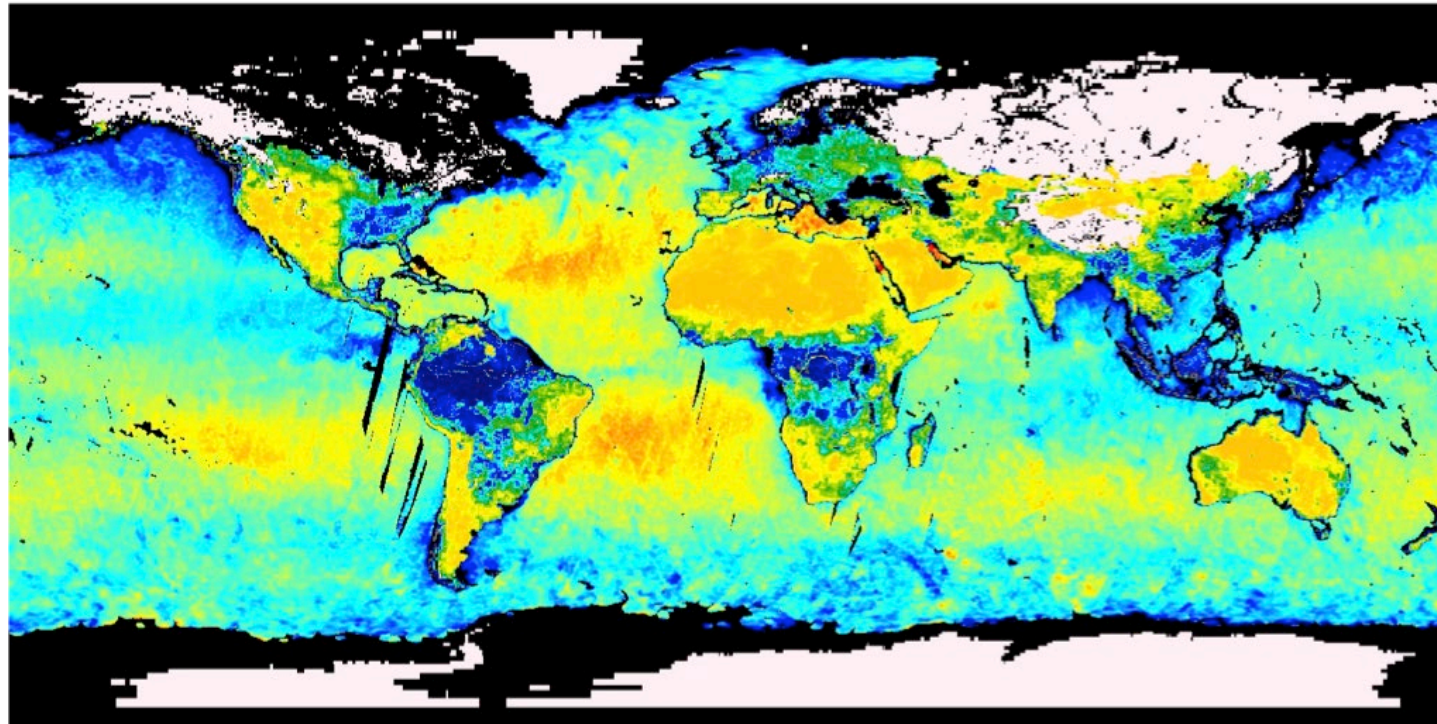
[SMAP Radar Data at ASF](#)

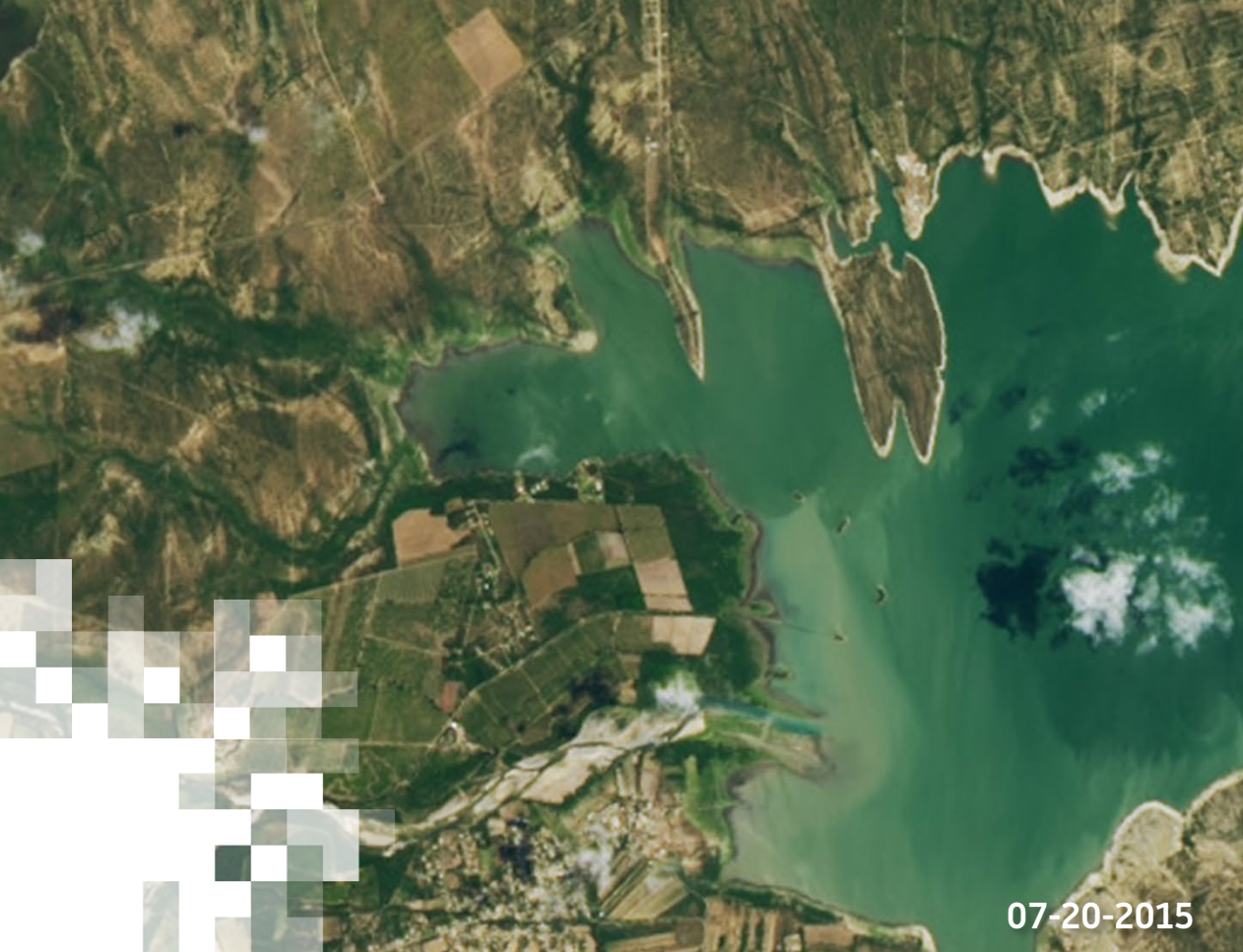
[SMAP Information at NASA](#)



Animación Global de la Humedad del Suelo

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



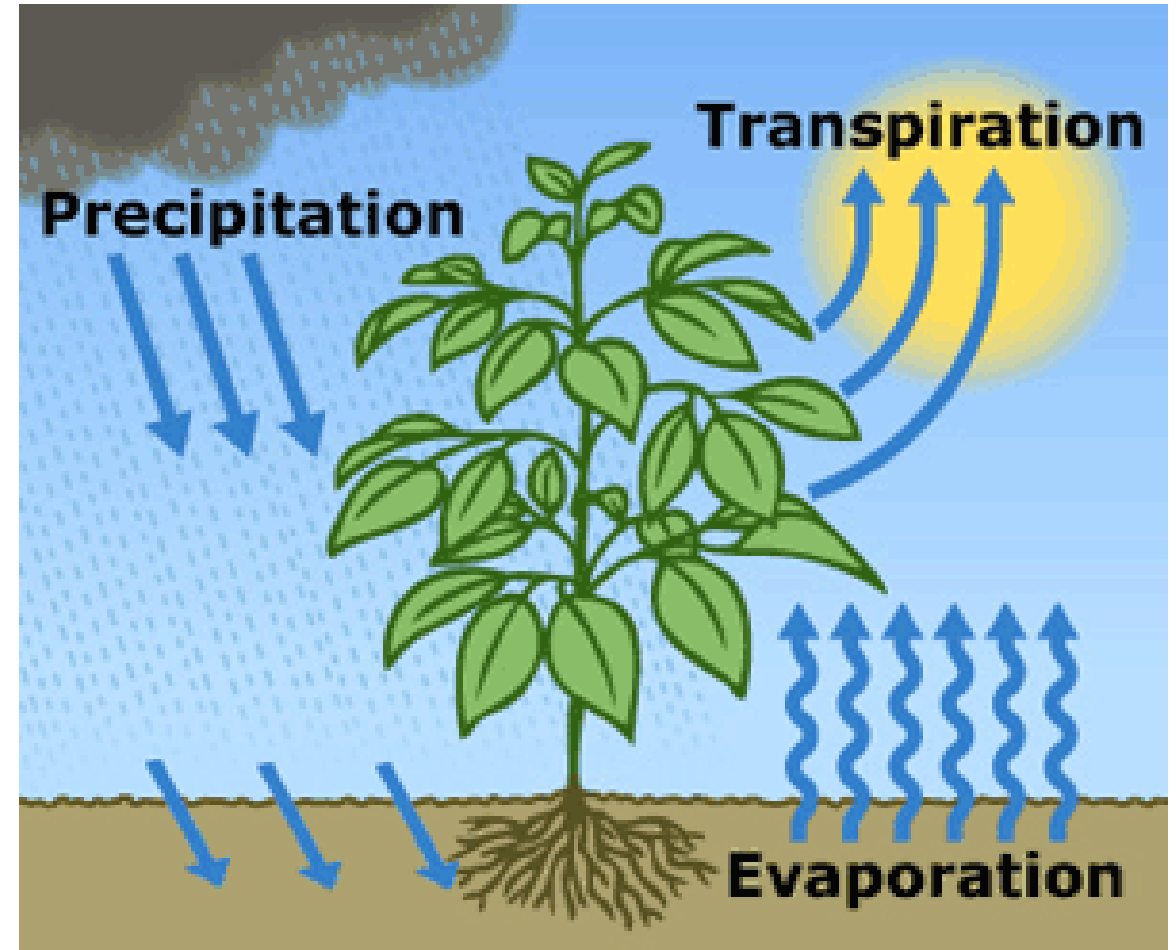


Evapotranspiración

Para más información visite: [ARSET ET Webinar](#)

What is evapotranspiration (ET)?

- The sum of evaporation from the land surface plus transpiration from plants.
- ET transfers water from land surface to the atmosphere in vapor form.
- Energy is required for ET to take place (for changing liquid water into vapor).



Source: USGS



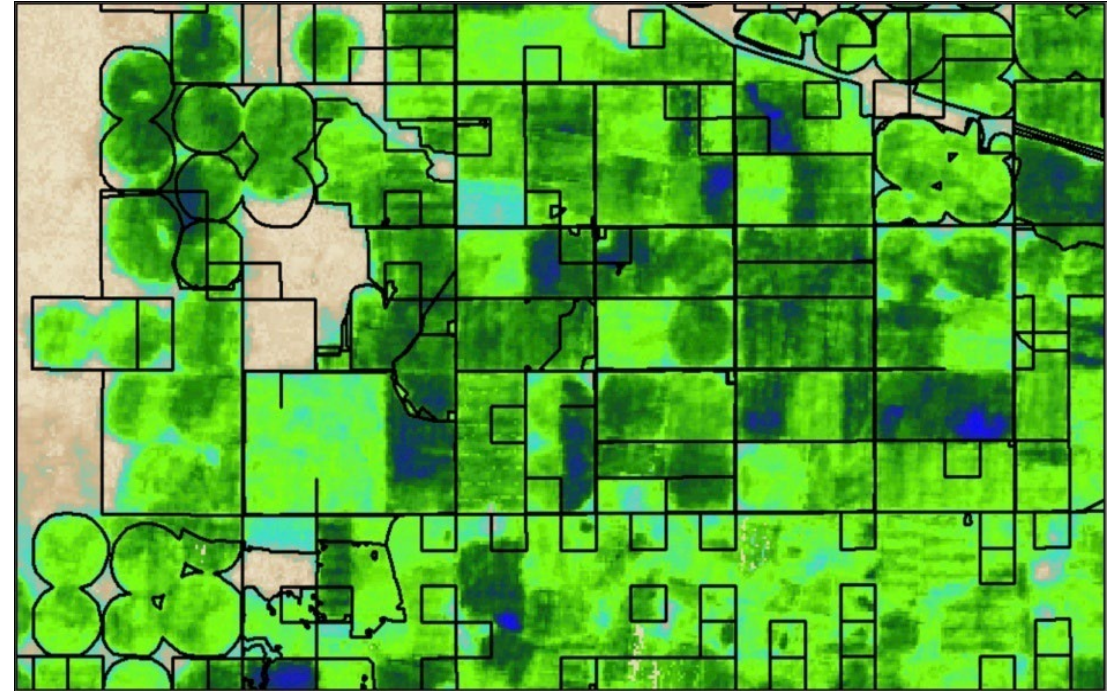
Importance of ET

- ET is a critical component of the water and energy balance of climate-soil-vegetation interactions.
- Useful for:
 - determining agricultural water consumption
 - assessing drought conditions
 - developing water budgets
 - monitoring aquifer depletion
 - monitoring crops and carbon budgets



Challenges in Measuring ET

- ET depends on many variables:
 - Solar radiation at the surface
 - Land and air temperatures
 - Humidity
 - Surface winds
 - Soil conditions
 - Vegetation cover and types
 - Highly variable in space and time



Ground Measurements of ET

Limitation

- These are point measurements and cannot capture spatial variability adequately.



Eddy Flux Towers



Lysimeters

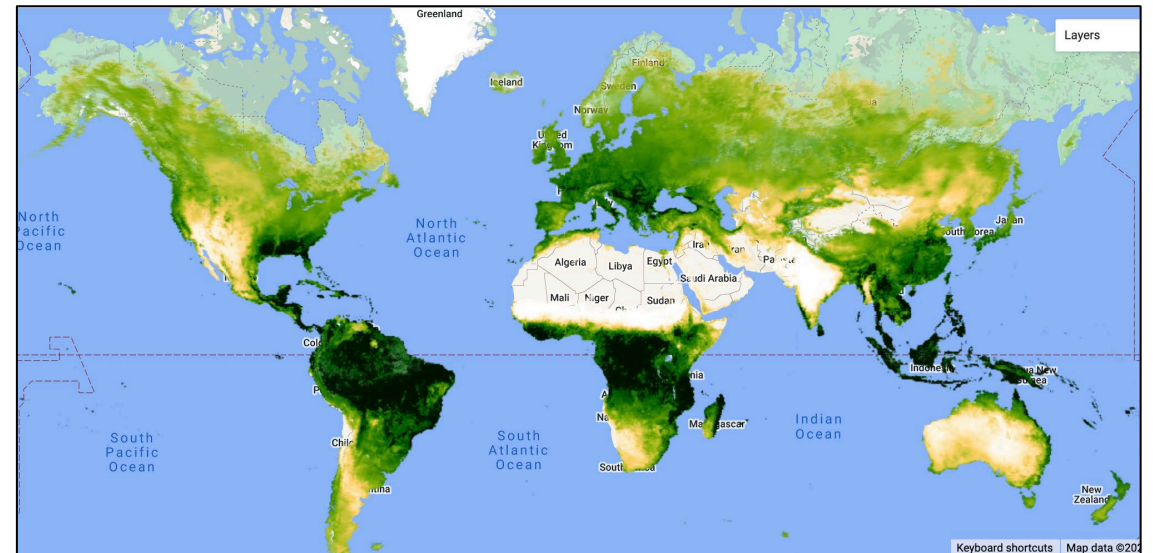


Benefits of Estimating ET from Remote Sensing Data

Satellites provide relatively frequent and spatially continuous measurement of biophysical variables used in estimating ET at different spatial scales including:

- Radiation
- Land surface temperatures
- Vegetation coverage and density
- Precipitation
- Soil moisture
- Weather and climate variables

MODIS-based Evapotranspiration



Remote Sensors and Observations for ET

Satellite	Sensors	Parameters
Terra and Aqua	MODIS	Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Leaf Area Index (LAI) Albedo (fraction of surface solar radiation reflected back)
Landsat	OLI and ETM+	Spectral Reflectance (Thermal band)



Estimation of ET

ET can be derived primarily from:

- Surface Water Balance

$ET = \text{Precipitation} + \text{Irrigation} - \text{Runoff} - \text{Ground Water} + \text{Vertical Water Transport} \pm \text{Subsurface Flow} \pm \text{Soil Water Content}$

- **¹Surface Energy Balance**

$ET \text{ (Latent Heat Flux)} = \text{Net Surface Radiation} - \text{Ground Heat Flux} - \text{Sensible Heating Flux}$

- Meteorological and **¹Vegetation/Crop Data** (Penman-Monteith Equation)
- ET Estimation by Land Surface Models

e.g., Global Land Data Assimilation System (GLDAS): <http://ldas.gsfc.nasa.gov>

¹Based on: OLI, MODIS, VIIRS



ET Data Products based on Remote Sensing

- MOD16: MODIS Global Evapotranspiration Project
<http://ntsg.umd.edu/project/mod16>
- METRIC: Mapping EvapoTranspiration with high-Resolution and Internalized Calibration
<http://eeflux-level1.appspot.com>
- GLDAS: Global Land Data Assimilation System
<http://ldas.gsfc.nasa.gov/gldas/>



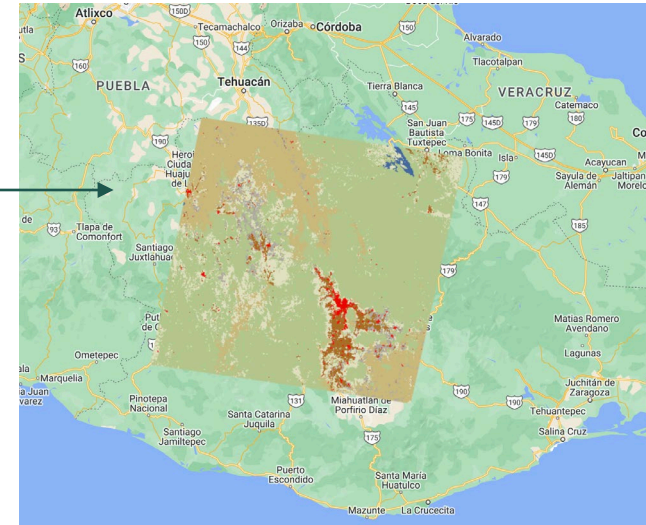
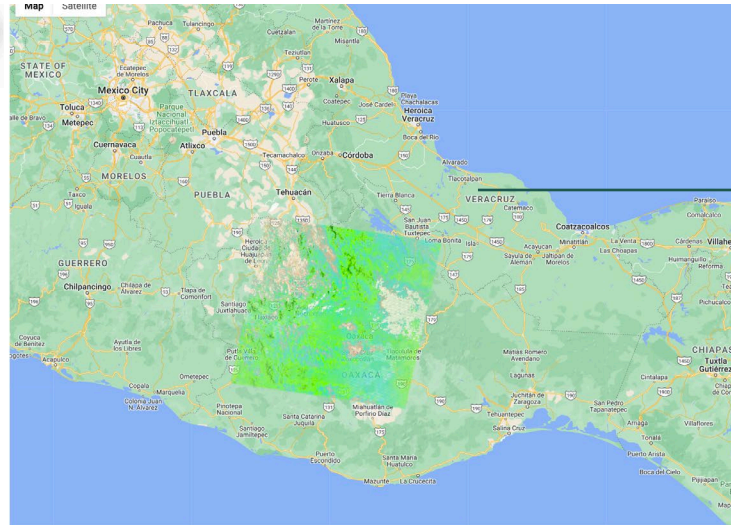
METRIC ET

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

- Landsat-based ET
- Spatial Resolution: 30 m
- Temporal resolution 16-day

ET Derived from Landsat-8 image on 6 August 2022

Land Cover



LAND COVER	
NLCD Land Cover Classification Legend	
11	Open Water
12	Perennial Ice/ Snow
21	Developed, Open Space
22	Developed, Low Intensity
23	Developed, Medium Intensity
24	Developed, High Intensity
31	Barren Land (Rock/Sand/Clay)
41	Deciduous Forest
42	Evergreen Forest
43	Mixed Forest
51	Dwarf Scrub*
52	Shrub/Scrub
71	Grassland/Herbaceous
72	Sedge/Herbaceous*
73	Lichens*
74	Moss*
81	Pasture/Hay
82	Cultivated Crops
90	Woody Wetlands
95	Emergent Herbaceous Wetlands



MOD16A2 ET

- We will use MODIS-based ET product Mod16A2, available from GEE.
- Spatial Resolution: 500 m
- Temporal Revisit: 8 day

developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/MODIS_006_MOD16A2

Earth Engine Data Catalog

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

COL

Keyboard shortcuts... Map ds





Thank You!

