

El Monitoreo de Aguas Subterráneas Usando Observaciones de las Misiones “Gravity Recovery and Climate Experiment” (GRACE) de la NASA

Amita Mehta, Erika Podest, Sean McCartney

25 de junio de 2020



Objetivos

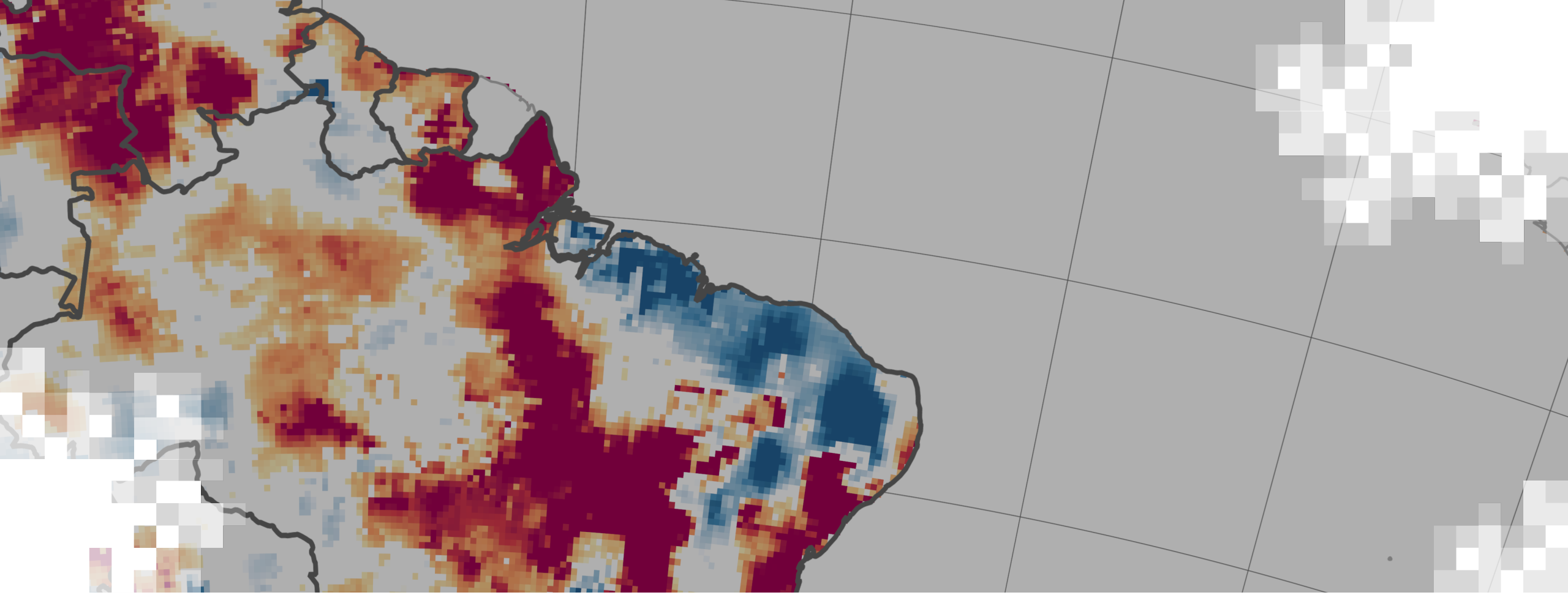
- Presentar un panorama de las misiones GRACE
- Demostrar cómo acceder y analizar datos de las misiones GRACE sobre el almacenamiento de aguas terrestres



Esquema

- Acerca de ARSET
- Descripción de las Aguas Subterráneas
- Panorama de las Misiones GRACE y GRACE-Follow On (FO)
- Ejemplos de Aplicaciones de Aguas Subterráneas Estimadas por GRACE
- Demostración: Acceso y Análisis de Datos de Aguas Subterráneas de GRACE





Acerca de ARSET

NASA Applied Remote Sensing Training Program (ARSET)

(Programa de Capacitación de Teledetección Aplicada)

<http://arset.gsfc.nasa.gov/>

- Parte del Programa de Fomento de Capacidades Científicas Aplicadas de la NASA
- Empoderando a la comunidad global a través de la capacitación de teledetección
- Temas de Capacitaciones Incluyen:
 - Calidad del Aire
 - Desastres
 - Tierras
 - Recursos Hídricos



NASA Applied Remote Sensing Training Program (ARSET)

(Programa de Capacitación de Teledetección Aplicada)

<http://arset.gsfc.nasa.gov/>

- ARSET anhela fomentar el uso de las ciencias terrestres en la toma de decisiones a través de capacitaciones para:
 - Formuladores de políticas
 - Gestores ambientales
 - Otros profesionales en los sectores público y privado

Todo el material de ARSET es gratuito y está disponible para su uso y adaptación. Si usted utiliza los métodos y/o datos presentados en alguna capacitación ARSET, por favor mencione el Programa de Capacitación de Teledetección Aplicada (ARSET) de la NASA en un reconocimiento.



Capacitaciones ARSET

 + de 150 capacitaciones



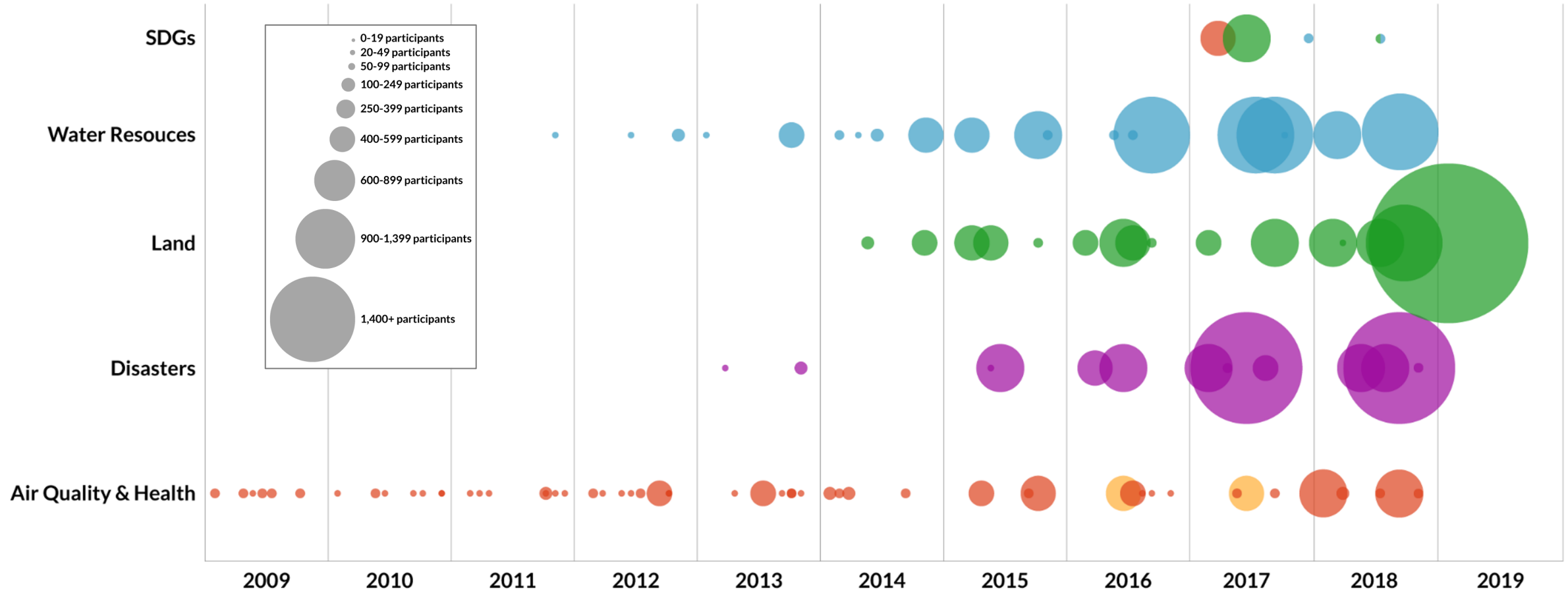
+ de 40.000 participantes



170 países



+ de 7.500 organizaciones



* El tamaño de la burbuja corresponde al número de participantes



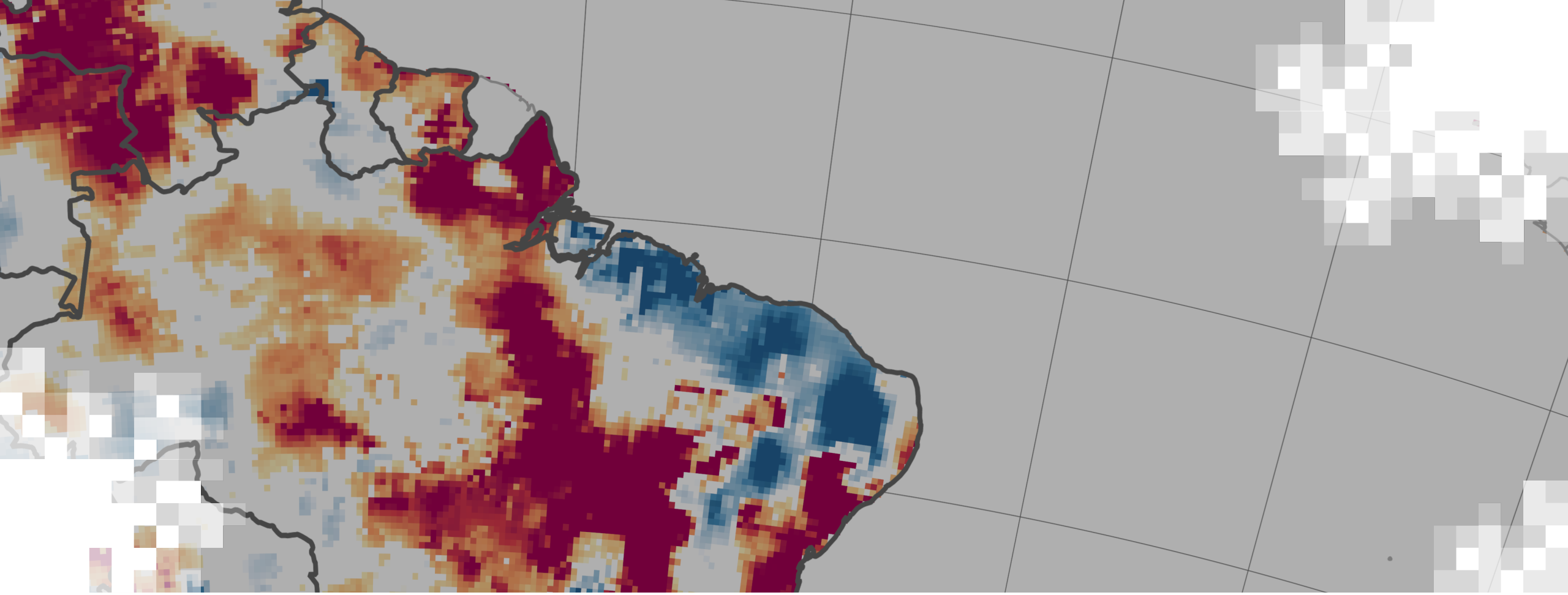
Aprenda Más sobre ARSET

<http://arset.gsfc.nasa.gov/>



The screenshot shows the ARSET website interface. At the top, there's a NASA logo and the text 'ARSET Applied Remote Sensing Training'. Navigation links include 'Home', 'About', and 'Trainings'. A search bar is on the right. The main content area features a large satellite image of a coastal area with a semi-transparent overlay. The overlay contains a dropdown menu with options: 'Fundamentals', 'Disasters', 'Health & Air Quality', 'Land', and 'Water Resources'. The selected item is 'Introduction to Remote Sensing of Harmful Algal Blooms', with details: 'Tuesdays, Sep 5-26, 2017, 11:00-12:00 or 21:00-22:00 EDT (UTC-4)' and a 'Register Now' button. On the right side, there's a sidebar with a list of links: 'ARSET', 'Online Trainings', 'In-Person Trainings', 'Sign up for the Listserv' (highlighted with a mouse cursor), 'Tools Covered', 'Suggest a Training', 'Personnel', and 'Resources'. Below this is a section for 'Upcoming Training' with a link for 'Water: Satellite Observations of Water Quality for...'. Navigation arrows are at the bottom of the main content area.





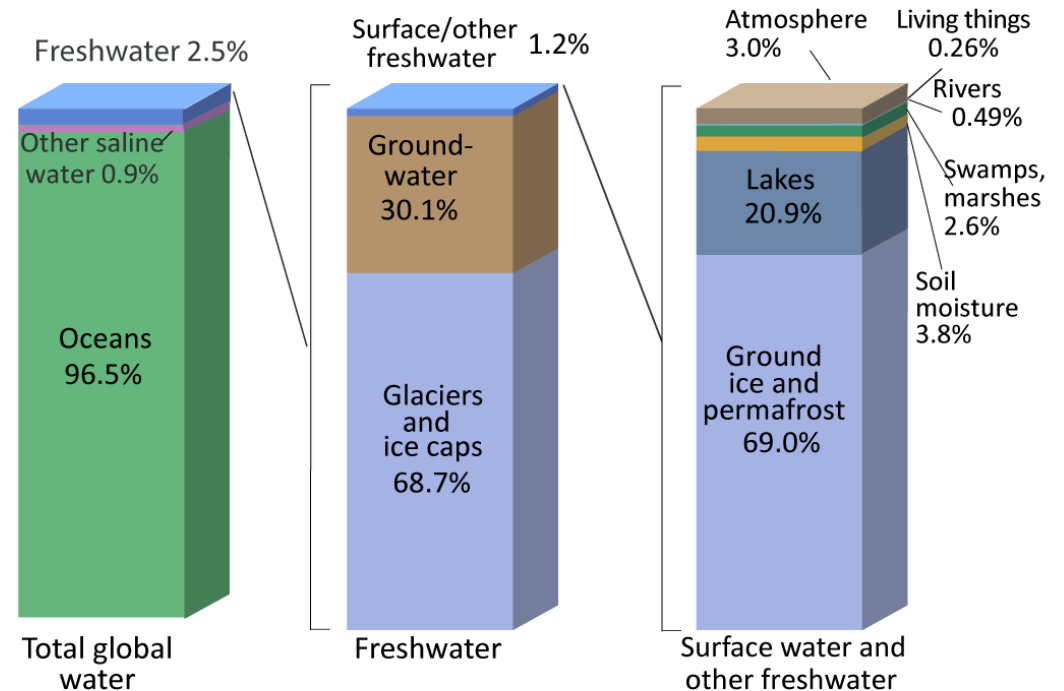
Descripción de las Aguas Subterráneas

¿Qué Son las Aguas Subterráneas?

- <https://www.ngwa.org/>
- Aguas procedentes de las precipitaciones que se infiltran al suelo y se desplazan hacia abajo para llenar fisuras y aperturas en rocas y arena.
- Las aguas subterráneas forman aproximadamente el 30% del agua dulce a nivel mundial.
- La edad de las aguas subterráneas varía de meses hasta millones de años.

Gleeson, T., Befus, K., Jasechko, S. *et al.* 2016: The global volume and distribution of modern groundwater. *Nature Geosci* **9**, 161–167 (2016). <https://doi.org/10.1038/ngeo2590>

Where is Earth's Water?



Source: Igor Shiklomanov's chapter "World fresh water resources" in Peter H. Gleick (editor), 1993, *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*. (Numbers are rounded).

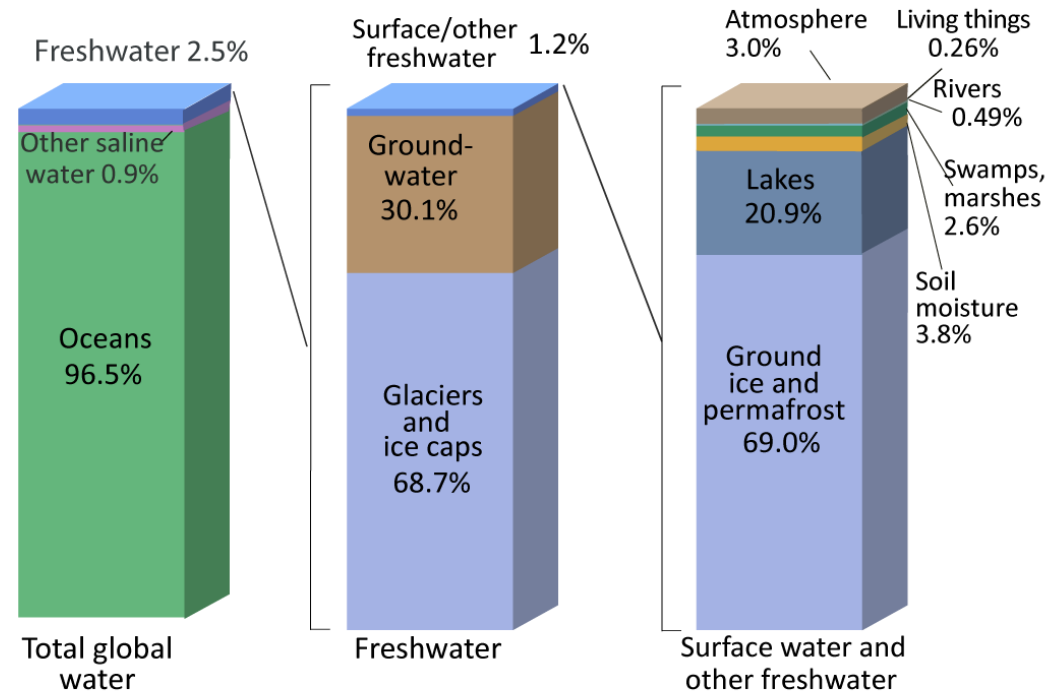


¿Qué Son las Aguas Subterráneas?

- <https://www.ngwa.org/>
- El volumen total de las aguas subterráneas en los 2km superiores de la corteza continental es de aproximadamente 22,6 millones de km³, de los cuales 0,1 a 5,0 millones de km³ tienen menos de 50 años de edad (Gleeson et al., 2016).

- El recurso más extraído en el mundo
- Un recurso renovable, depende de las condiciones ambientales regionales

Where is Earth's Water?



Source: Igor Shiklomanov's chapter "World fresh water resources" in Peter H. Gleick (editor), 1993, *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*. (Numbers are rounded).



Uso de Aguas Subterráneas

- <https://www.ngwa.org/>
- Aproximadamente el 50% del agua potable a nivel mundial se obtiene de la extracción de aguas subterráneas.
- Alrededor del 70% de las aguas subterráneas que se extraen se utilizan para la agricultura.
- A nivel mundial, cerca del 38% de tierras utiliza aguas subterráneas para irrigación.
- El monitoreo de aguas subterráneas es crucial para la gestión de recursos hídricos.

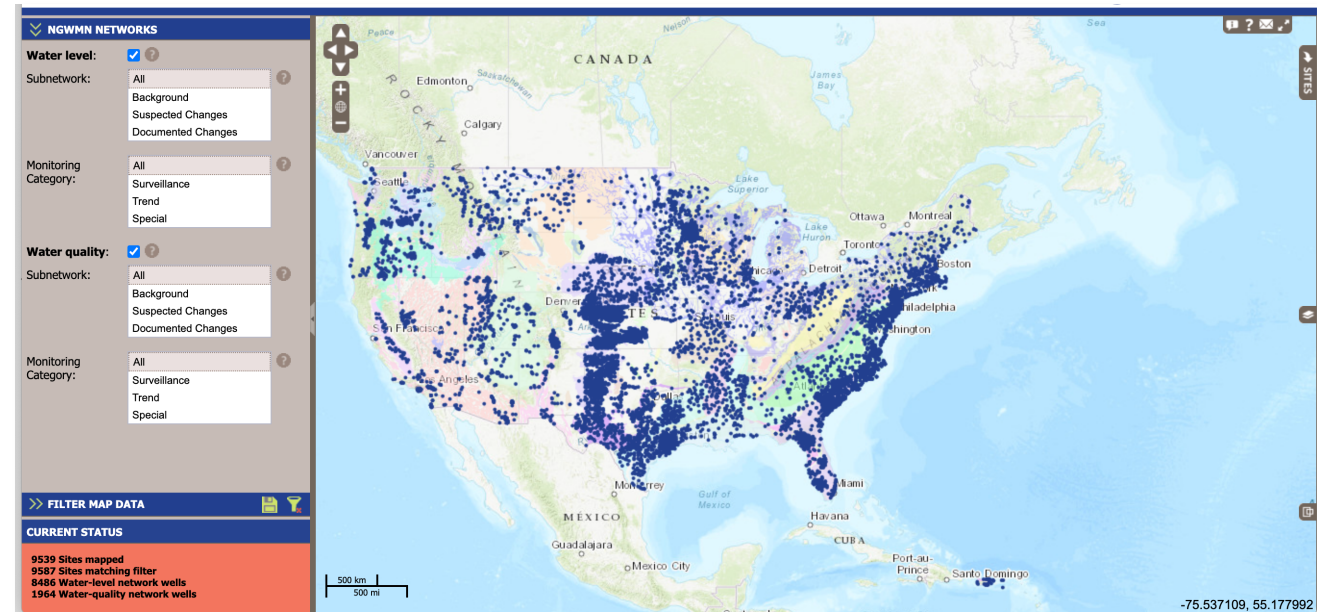
The 15 nations with the largest estimated annual groundwater extractions (2010) ^[7] are:

Country	Population 2010 (in thousands)	Groundwater extraction			
		Estimated groundwater extraction 2010 (km ³ /yr)	Breakdown by sector		
			Groundwater extraction for irrigation (%)	Groundwater extraction for domestic use (%)	Groundwater extraction for industry (%)
India	1224614	251.00	89	9	2
China	1341335	111.95	54	20	26
United States	310384	111.70	71	23	6
Pakistan	173593	64.82	94	6	0
Iran	73974	63.40	87	11	2
Bangladesh	148692	30.21	86	13	1
Mexico	113423	29.45	72	22	6
Saudi Arabia	27448	24.24	92	5	3
Indonesia	239871	14.93	2	93	5
Turkey	72752	13.22	60	32	8
Russia	142985	11.62	3	79	18
Syria	20411	11.29	90	5	5
Japan	126536	10.94	23	29	48
Thailand	69122	10.74	14	60	26
Italy	60551	10.40	67	23	10



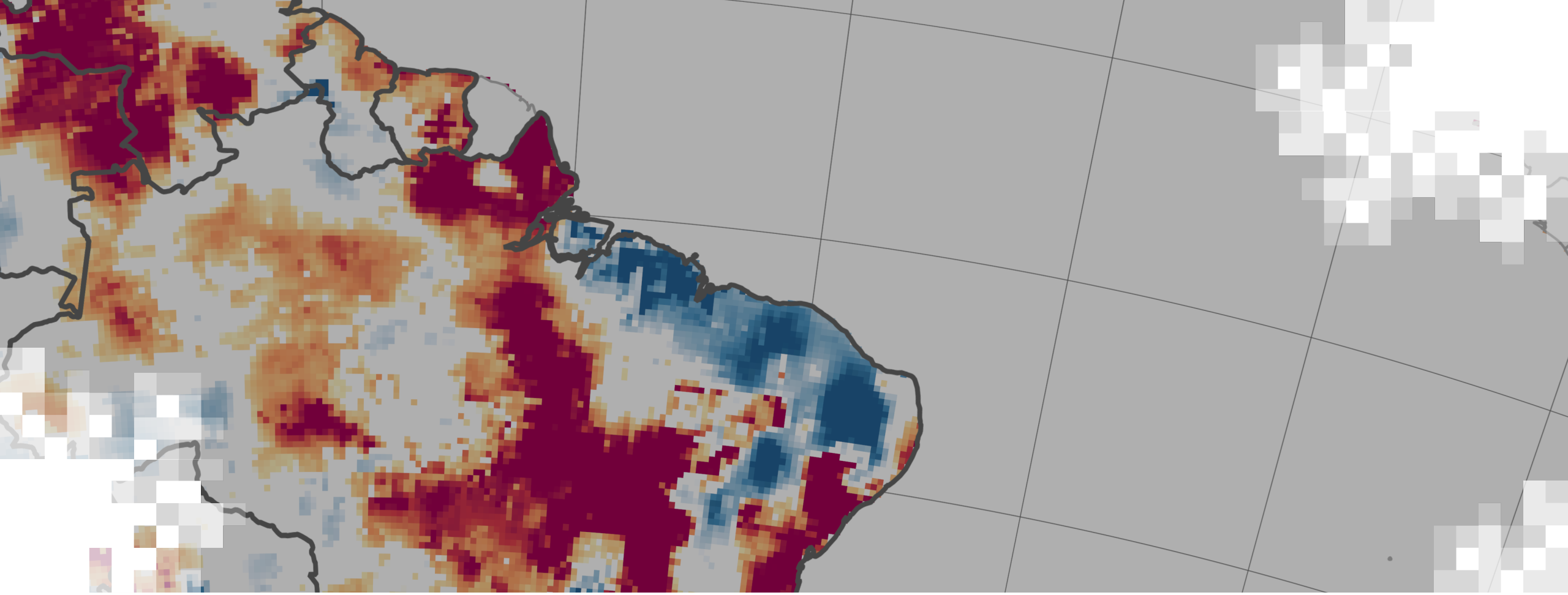
Monitoreo de Aguas Subterráneas

- Tradicionalmente, se utilizan pozos de agua para monitorear los niveles de aguas subterráneas.
- No hay mediciones directas de aguas subterráneas mediante observaciones de teledetección.
- Las mediciones de los satélites de GRACE y GRACE-FO se han utilizado para estimar la profundidad mensual total de aguas superficiales y subterráneas desde el año 2002 con una resolución de $\sim 150.000 \text{ km}^2$.
- Estas mediciones se utilizan para derivar la distribución global de aguas subterráneas en gran escala en conjunto con información hidrológica adicional.



<https://cida.usgs.gov/ngwmn/index.jsp>

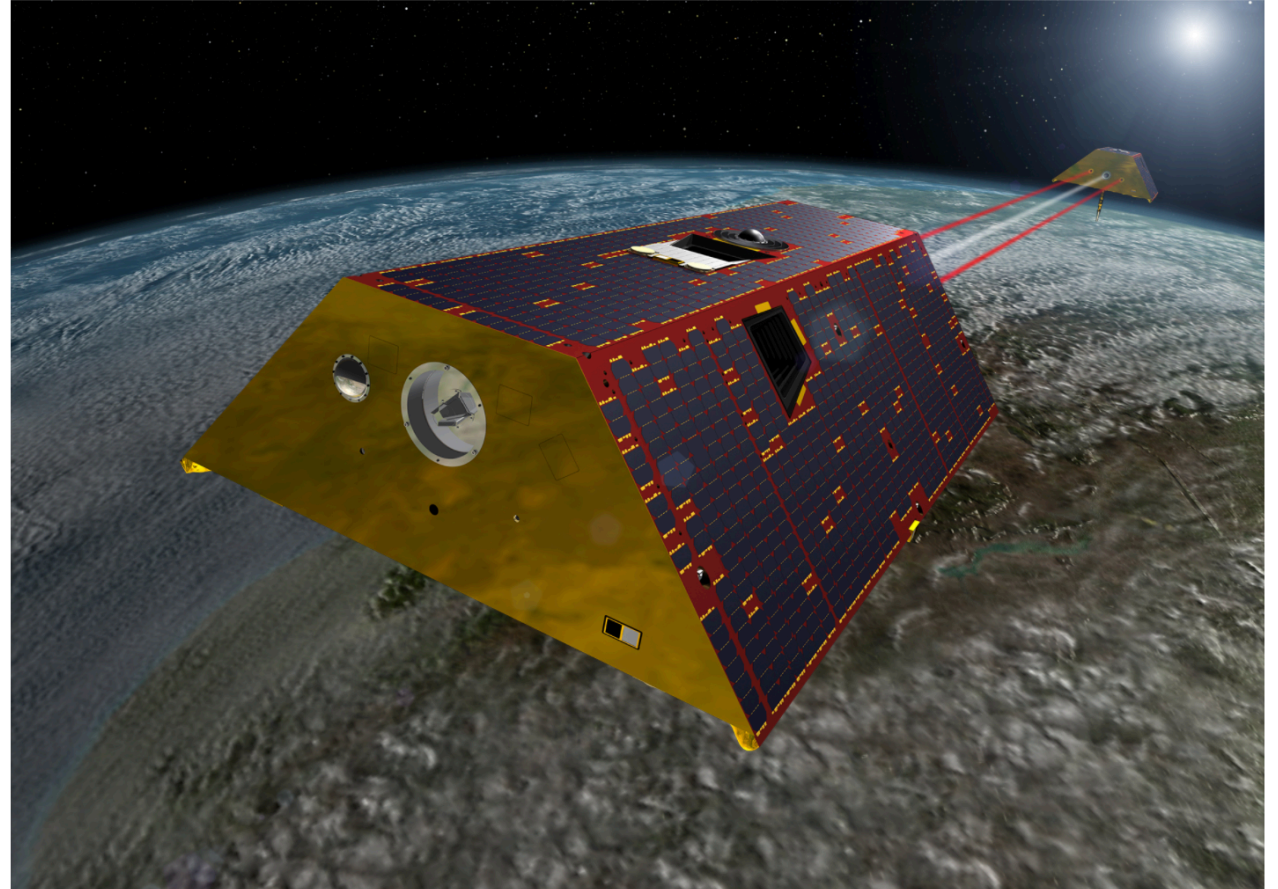




Panorama de las Misiones GRACE y GRACE-FO

GRACE y GRACE-FO

- <https://grace.jpl.nasa.gov/mission/grace/>
- <https://gracefo.jpl.nasa.gov/mission/overview/>
- Las misiones satelitales GRACE y GRACE-FO son una colaboración entre la NASA y el Centro Aeroespacial Alemán (DLR).
- Ambos son sistemas de satélites gemelos en órbita polar heliosíncrona.
- Cada uno consiste en dos satélites en la misma órbita separadas por unos 220 km.

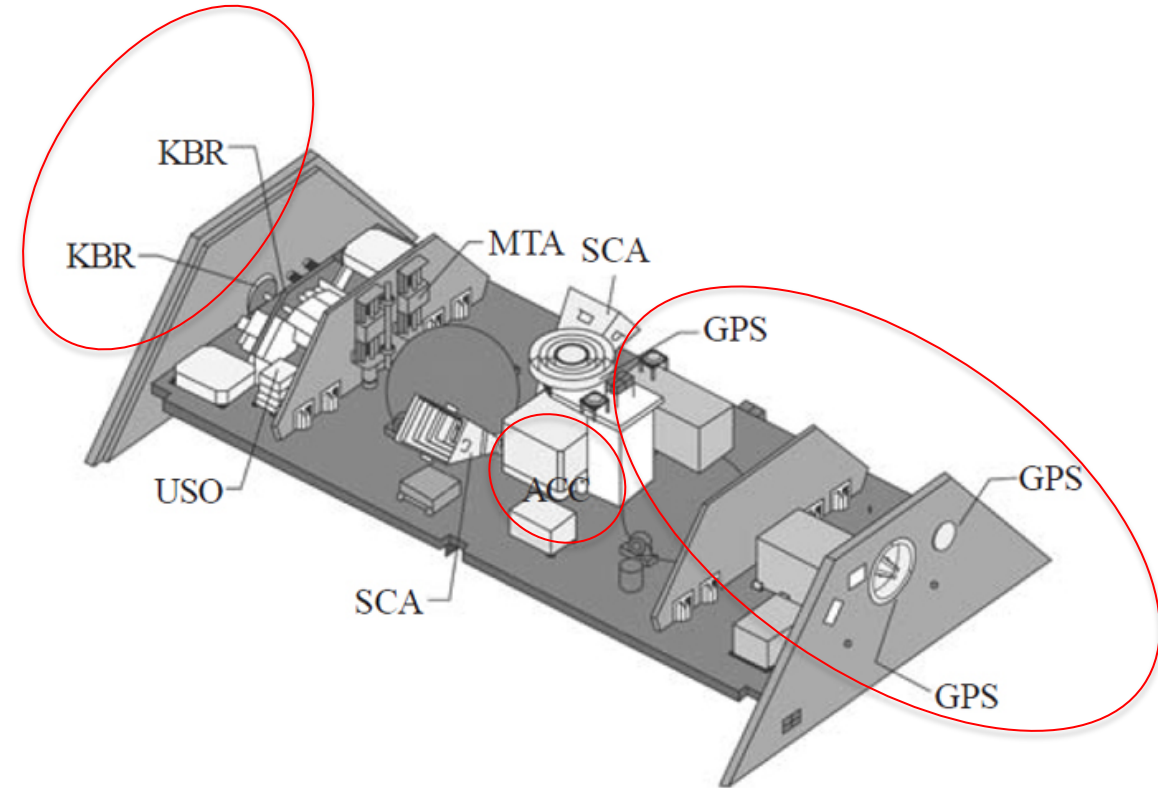


Like GRACE, the twin GRACE-FO satellites will follow each other in orbit around the Earth, separated by about 137 miles (220 km). Seen in an artist's rendering. Credit: NASA



GRACE y GRACE-FO

- <https://grace.jpl.nasa.gov/mission/grace/>
- <https://gracefo.jpl.nasa.gov/mission/overview/>
- Ofrecen una cobertura global
- GRACE: 17 de marzo de 2002 al 12 de octubre de 2017
- GRACE-FO: 22 de mayo de 2018 hasta hoy
- Sensores Principales:
 - Instrumento de Rango de Microondas Banda-K
 - Acelerómetros
 - Receptores para Sistemas de Posicionamiento Global

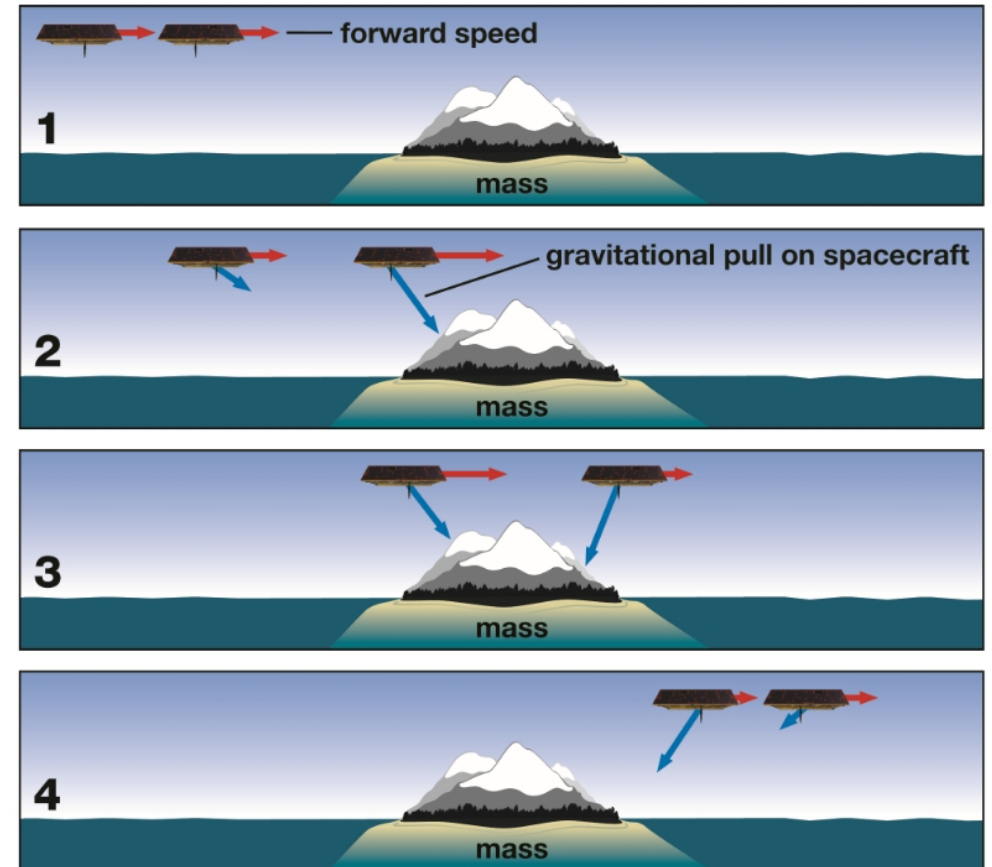


https://www.nasa.gov/mission_pages/Grace/spacecraft/index.html



Mediciones de GRACE y GRACE-FO

- Mientras los satélites gemelos orbitan alrededor de la Tierra, la distancia entre ellas es afectada por anomalías en la gravedad (cambios en la concentración en masa).
- El sistema de rango de microondas está diseñado para medir estas variaciones con un alto grado de precisión.
- Los receptores del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) determinan la posición exacta de los satélites sobre la Tierra.
- El acelerómetro mide aceleraciones no gravitatorias (como aquellas debidas a la fricción atmosférica).

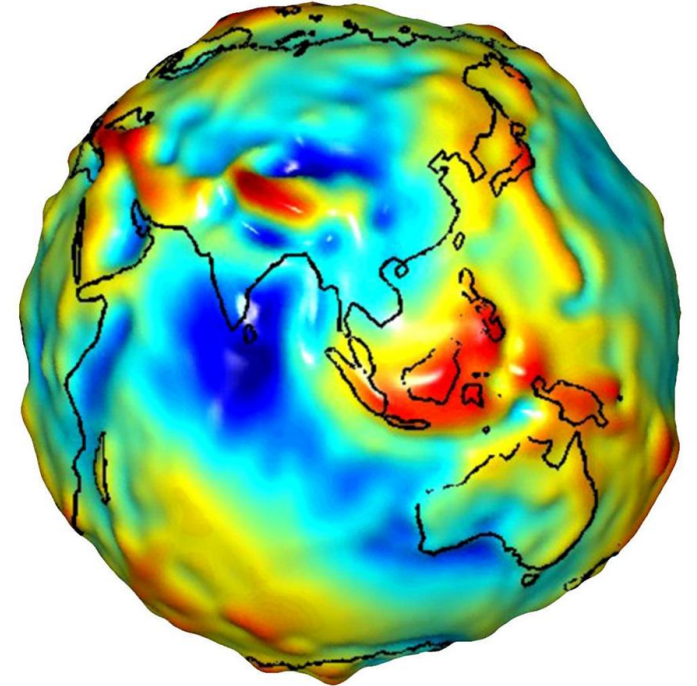


<https://gracefo.jpl.nasa.gov/resources/50/how-grace-fo-measures-gravity/>



De la Gravedad a Aguas Terrestres

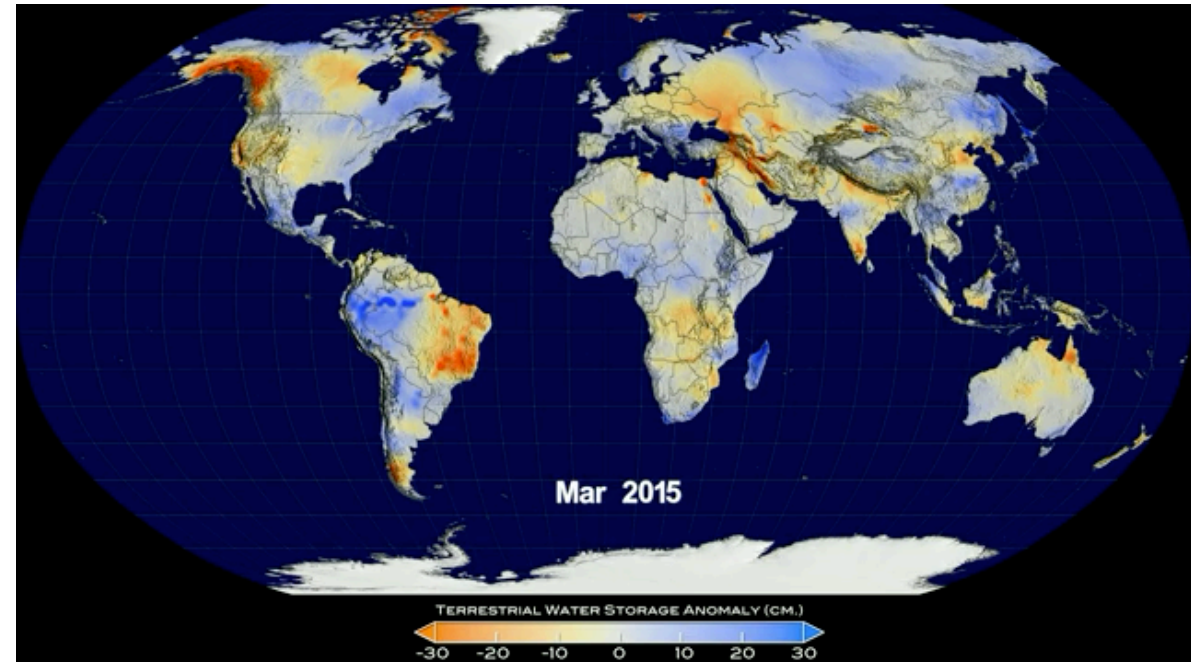
- https://earthobservatory.nasa.gov/features/GRACE_Groundwater
- Se utilizan los fundamentos de la física para convertir las mediciones de GRACE (distancia entre los satélites) en gravedad o concentración en masa.
- Ocurren cambios sutiles en la gravedad de la Tierra, principalmente debido al desplazamiento de agua de un lugar a otro encima y debajo de la tierra, en el océano y en la atmósfera.
- Las variaciones en la gravedad observadas por GRACE se interpretan como cambios en el almacenamiento de aguas terrestres (terrestrial water storage o TWS por sus siglas en inglés).



Datos del Almacenamiento de Aguas Terrestres de GRACE

- https://podaac-tools.jpl.nasa.gov/drive/files/allData/grace/docs/ProdSpecDoc_v4.6.pdf
- GRACE recopila cerca de 250 perfiles de gravedad al día.
- Los productos de gravedad de GRACE Nivel 2 se derivan recopilando datos durante varios días. Junto con datos auxiliares, se derivan coeficientes armónicos esféricos de la gravedad.
- Basado en los datos de Nivel-2 se derivan anomalías de masa mensuales (desviaciones del promedio) indicando anomalías en el TWS.

Datos de Anomalías del Almacenamiento de Aguas Terrestres (TWSA) de marzo de 2015 a marzo de 2016



<https://svs.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/details.cgi?aid=4476&button=recent>



Datos del Almacenamiento de Aguas Terrestres de GRACE

- Los datos del TWS se presentan en cm equivalentes al grosor de la cantidad de agua.
- Los datos de GRACE Nivel-2 están disponibles con una resolución de espacial de cuadrículas de 300-400 km (~150.000 km²).
- Estos datos se proyectan en cuadrículas más finas con una resolución de 0,5°x0,5° (https://grace.jpl.nasa.gov/data/get-data/jpl_global_mascons/).
- Datos del TWS mensuales están disponibles en resoluciones de 1°x1° y 0,5°x0,5°.
- Se estima que los errores resultantes en las anomalías mensuales del TWS son de 2 a 3 cm en la resolución de 1°x1°.

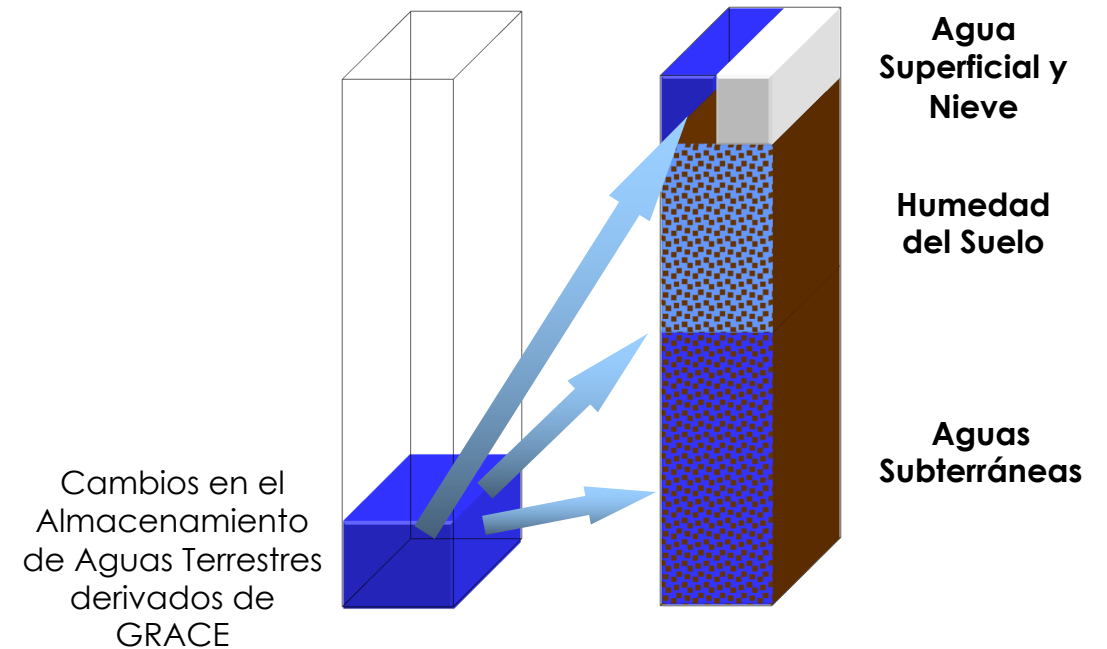
Literatura

1. Landerer y Swenson, 2012: Accuracy of scaled GRACE terrestrial water storage estimates, WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 48, W04531, doi:10.1029/2011WR011453
2. S.C. Swenson. 2012. GRACE monthly land water mass grids NETCDF RELEASE 5.0. Ver. 5.0. PO.DAAC, CA, USA. Dataset accessed [YYYY-MM-DD] at <http://dx.doi.org/10.5067/TELND-NC005>
3. <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/grace-gravity-recovery-and-climate-experiment-surface-mass-total-water-storage-and>



De Aguas Terrestres a Aguas Subterráneas

- Las aguas terrestres son una suma de las aguas atmosféricas, superficiales y subterráneas.
- GRACE mide la columna total de aguas terrestres (TWS) y no puede distinguir entre agua almacenada como nieve, humedad del suelo y agua subterránea.
- Las diferencias entre las anomalías del TWS y cambios en el almacenamiento de agua determinados por modelos de la superficie terrestre permiten la disgregación vertical de mediciones de GRACE.



Copyright 2016 California Institute of Technology.
Se reconoce el patrocinio del gobierno.



De Aguas Terrestres a Aguas Subterráneas

$$P - ET - Q = \Delta TWS \text{ [balance de agua terrestre]}$$

$$\Delta TWS = \Delta GW + \Delta SM + \Delta SWE + \Delta SW$$

$$\Delta GW = \Delta TWS - \Delta SM - \Delta SWE - \Delta SW$$

P = precipitación

ET = evapotranspiración

Q = descarga fluvial

ΔTWS = cambio en el almacenamiento de aguas terrestres [de GRACE]

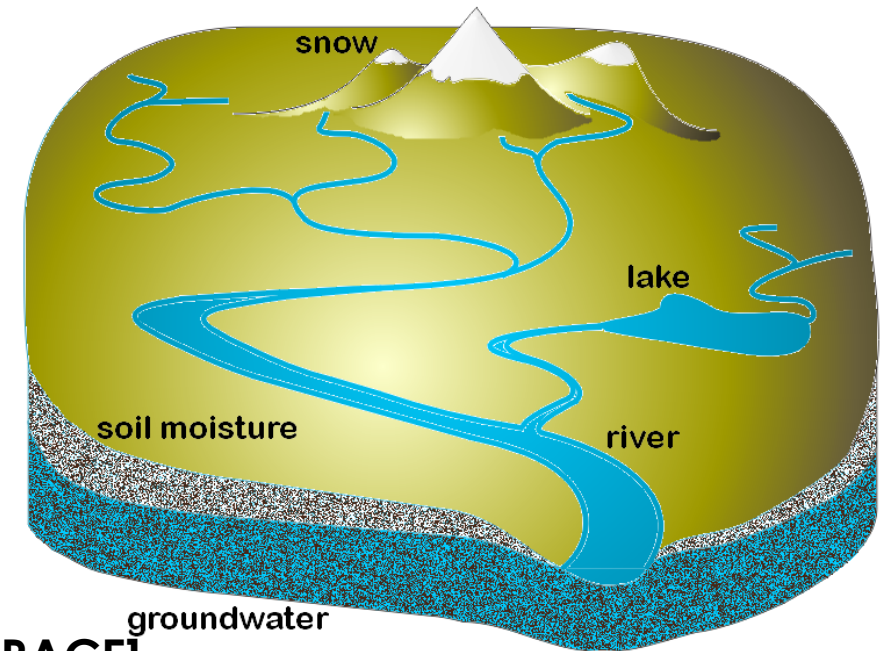
ΔGW = cambio en el almacenamiento de aguas subterráneas [desconocido]

ΔSM = cambio en la humedad del suelo ΔSWE = cambio en el equivalente en agua de la nieve

ΔSW = cambio en el almacenamiento de aguas superficiales

[ΔGW , ΔSM , ΔSW de modelos de Global Land Data Assimilation System (GLDAS)]

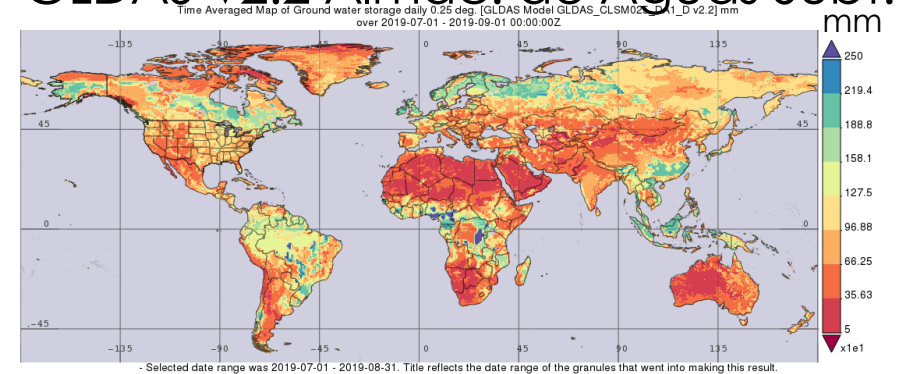
Cortesía: John Bolten, NASA-GSFC



De Aguas Terrestres a Aguas Subterráneas

- Para obtener datos de aguas subterráneas a partir de datos del TWS de GRACE, se utilizan datos de la humedad del suelo, aguas superficiales y el equivalente en agua de la nieve de Global Land Data Assimilation (GLDAS).
- Aquí puede encontrar detalles de los modelos de LDAS https://arset.gsfc.nasa.gov/sites/default/files/land/20-Ag-Training/Ag_Training_Part2_Consolidated_Final.pdf
- GLDAS Versión 2.2 asimila datos del TWS de GRACE y brinda todos los componentes del balance hídrico, incluyendo aguas subterráneas.

GLDAS-v2.2 Almac. de Aguas Subt.



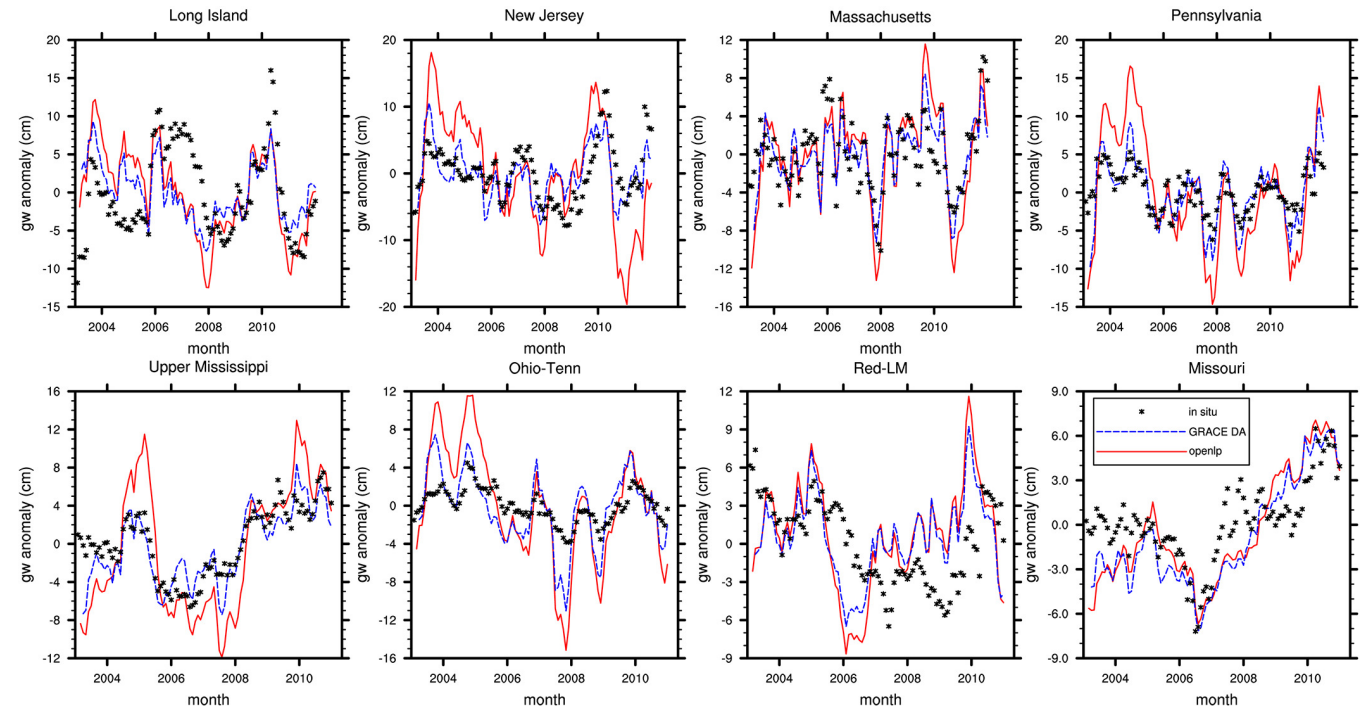
Promedio de junio-julio-agosto 2019

Kumar et al., 2016: Assimilation of gridded GRACE terrestrial water storage estimates in the North American Land Data Assimilation System, DOI: 10.1175/jhm-d-15-0157.1
Li et al., 2019: Global GRACE data assimilation for groundwater and drought monitoring: Advances and challenges, DOI: 10.1029/2018wr024618
Zaitchik et al., 2008: Assimilation of GRACE terrestrial water storage data into a land surface model: results for the Mississippi River Basin, DOI: 10.1175/2007JHM951.1



Aguas Subterráneas de GLDAS

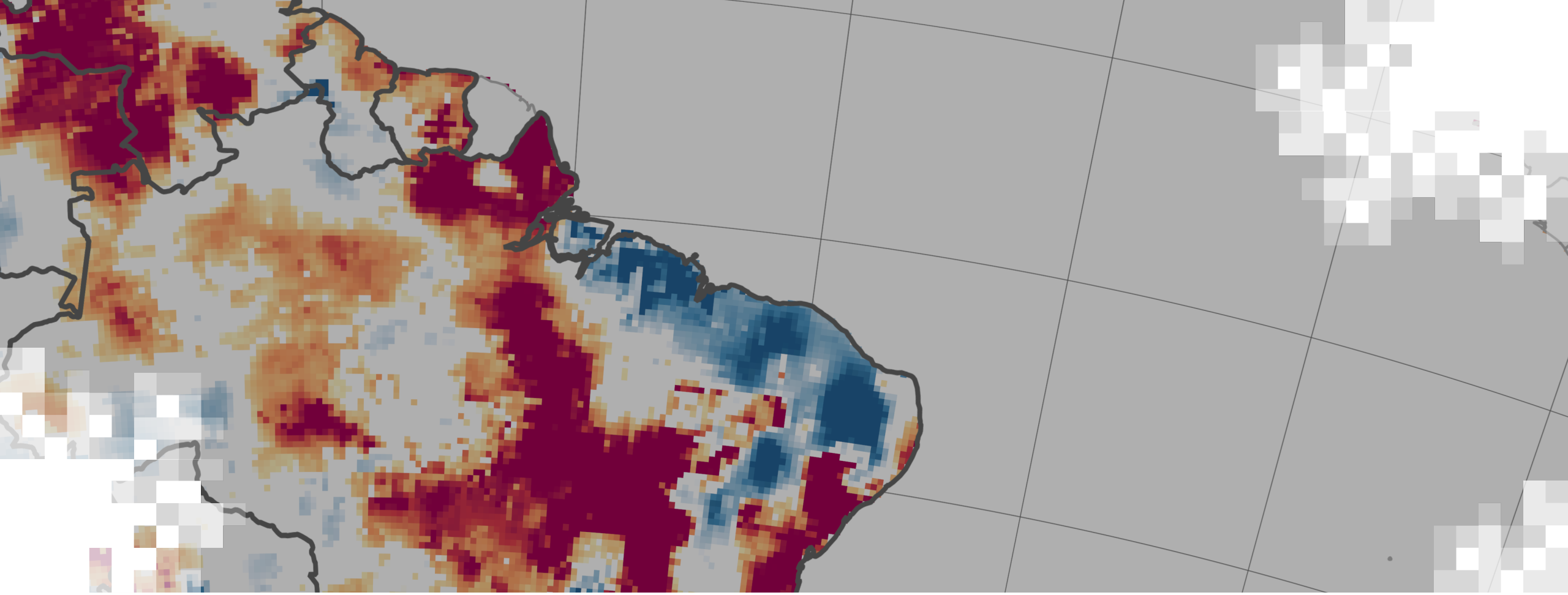
- La validación de aguas subterráneas de GLDAS versión 2.2 g con 4.000 mediciones de pozos muestra que la asimilación de datos de GRACE mejora la estimación de aguas subterráneas un 36% a nivel regional y un 10% en escala puntual comparado con aguas subterráneas obtenidas sin la asimilación de datos de GRACE.



Anomalías mensuales no estacionales del almacenamiento de aguas subterráneas de OL, GRACE DA, y datos in situ en las cuatro subcuencas del Mississippi y cuatro regiones del noreste de EE.UU. (Li et al., 2019)

Li et al., 2019: Global GRACE data assimilation for groundwater and drought monitoring: Advances and challenges, DOI: 10.1029/2018wr024618

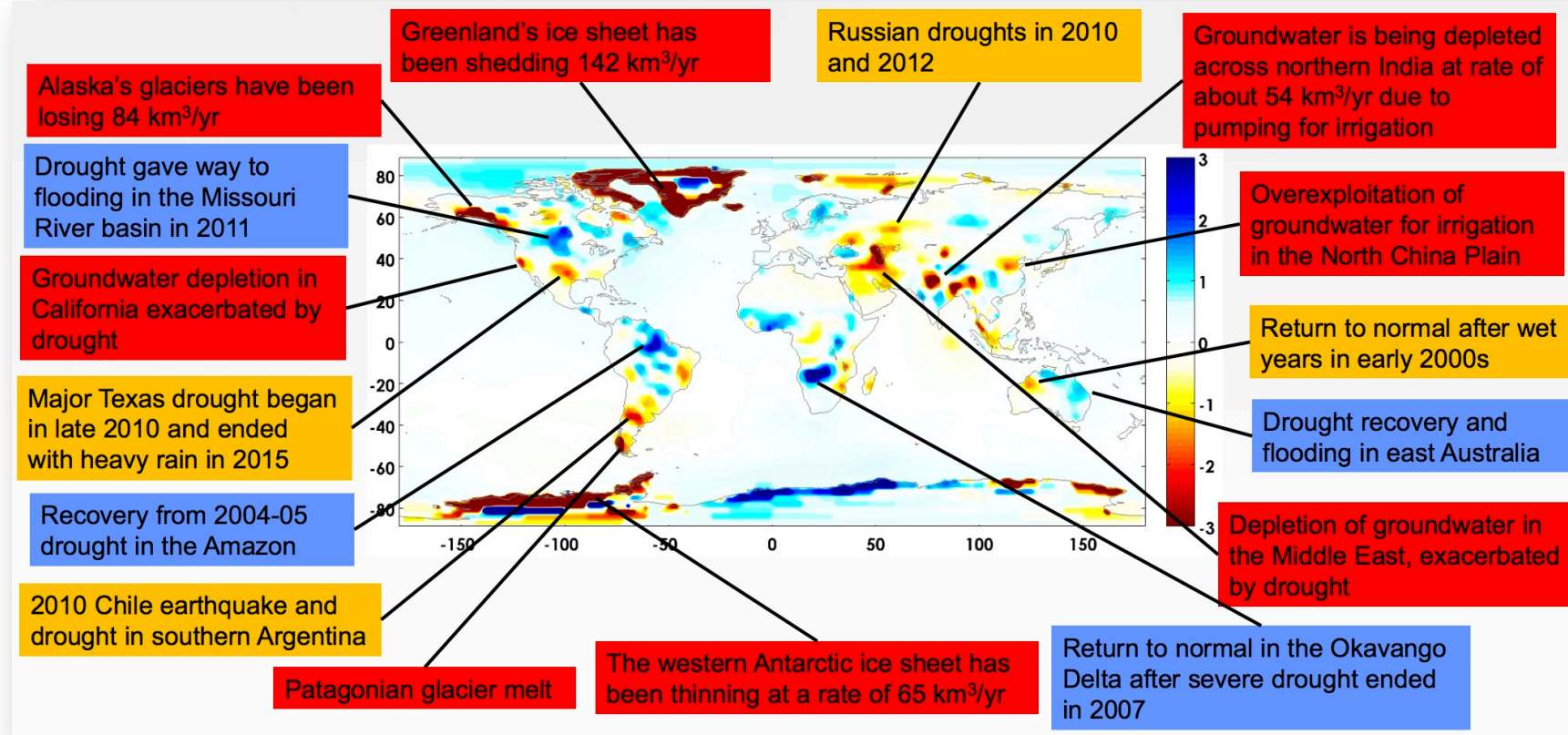




Ejemplos de Aplicaciones de Aguas Subterráneas

GRACE Informa Sobre Tendencias Emergentes en los Recursos de Agua Dulce

Tasa de Cambio del Almacenamiento de Aguas Terrestres (TWS) Equivalente a la Altura del Agua (cm/año) de GRACE, 2002 - 2015

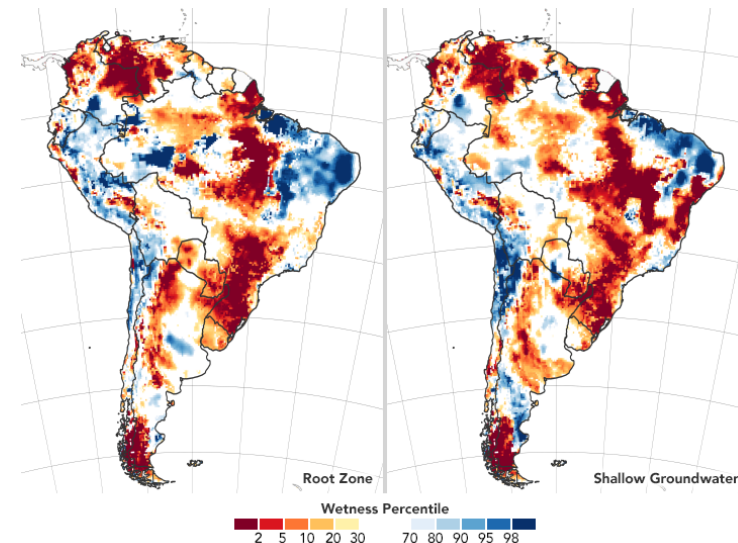
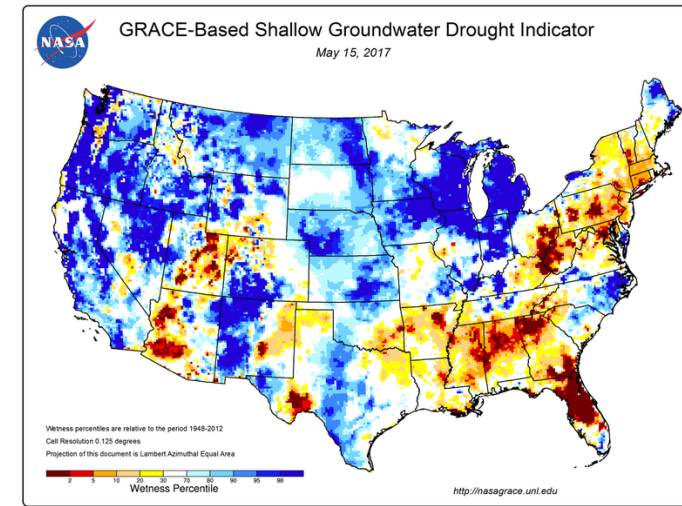


Source: Matt Rodell (NASA-GSFC)

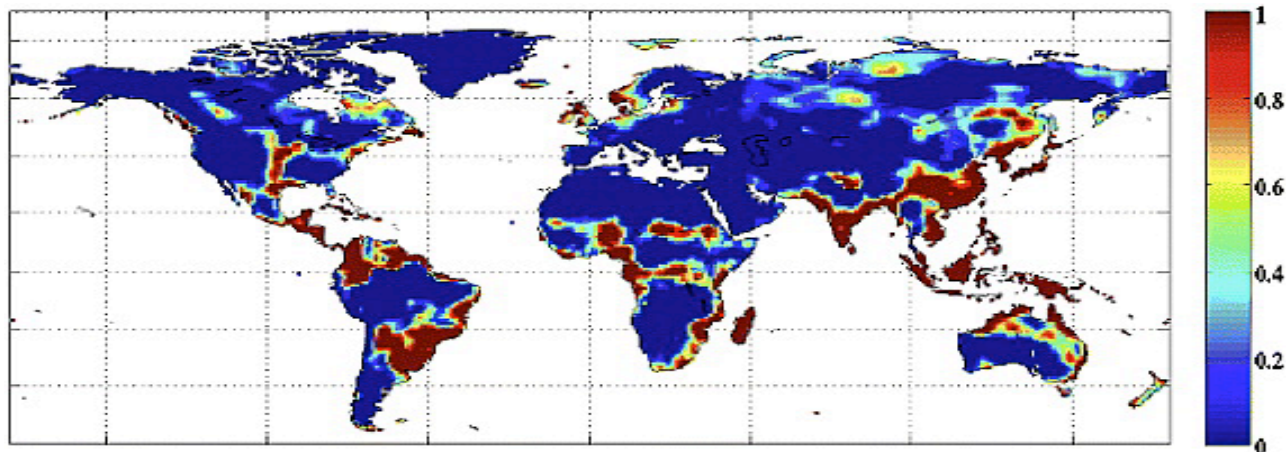


GRACE y GRACE-FO para el Monitoreo de Sequías

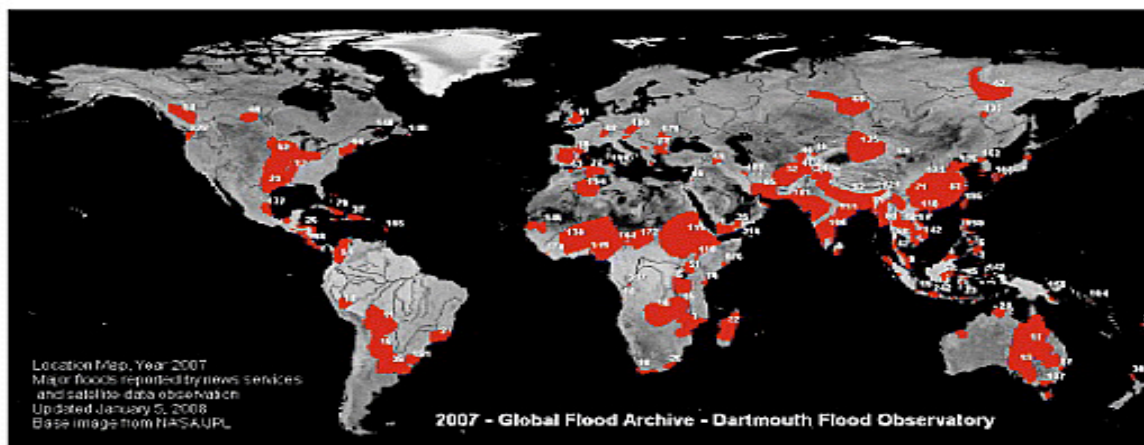
- Las condiciones secas y húmedas semanales se basan en aguas subterráneas y humedad del suelo del TWC en base a GRACE y otras observaciones y modelos de la superficie terrestre
<https://www.drought.gov/drought/data-gallery/groundwater-and-soil-moisture-conditions-grace-data-assimilation>
- Las observaciones de GRACE-FO muestran la humedad en la zona de raíces y el almacenamiento de aguas subterráneas poco profundas en Sudamérica mostrando condiciones de sequía en los estados brasileños de Mato Grosso do Sul, São Paulo y Paraná, según varios noticieros. De modo similar, se ven condiciones de sequía en el norte de Argentina, Chile, Colombia y Venezuela.
<https://earthobservatory.nasa.gov/images/146537/measuring-drought-in-south-america>



Detección de Inundaciones en Base a GRACE



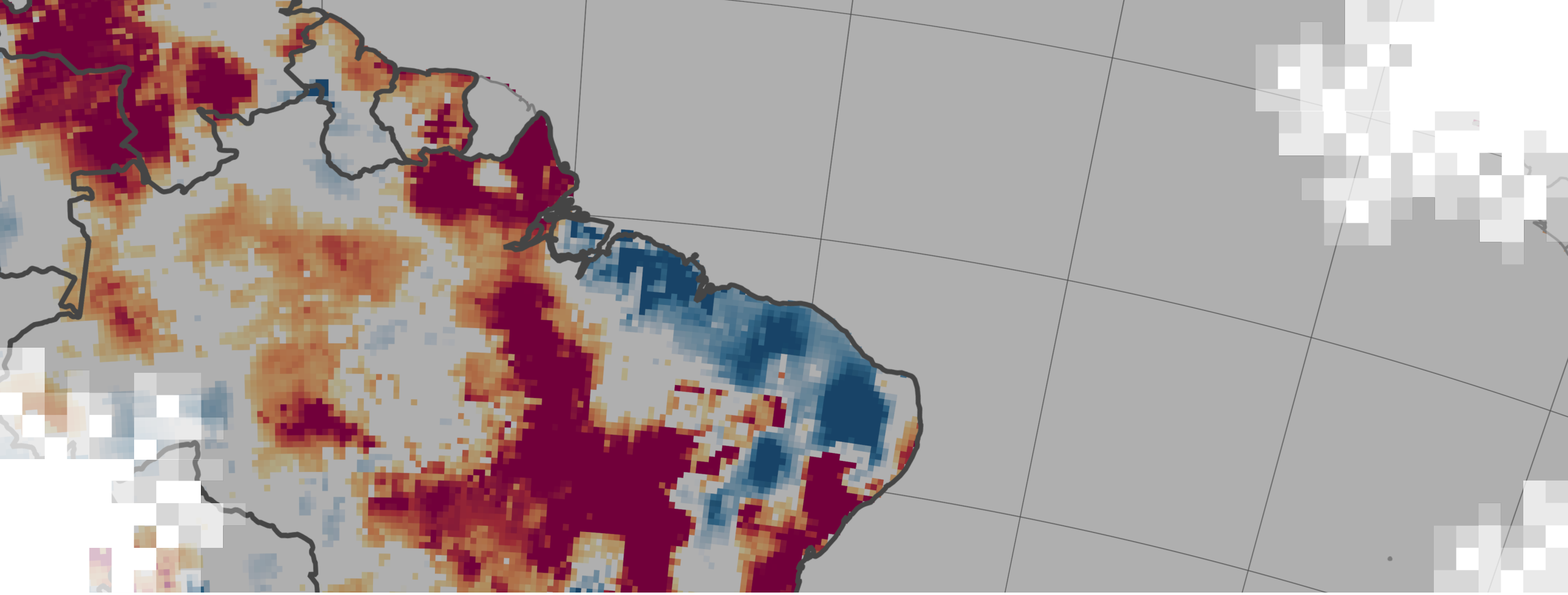
Valores del Índice de Inundación Máxima Basados en GRACE, Mayo 2007



Inundaciones Registradas, Observatorio de Inundaciones de Dartmouth, Mayo 2007

Reager J. T. y J. Famiglietti (JPL), 2009: Global terrestrial water storage capacity and flood potential using GRACE, DOI: 10.1029/2009GL040826





Acceso y Análisis de Datos de GRACE

Acceso a Datos de GRACE y GRACE-FO

Los siguientes centros ofrecen información detallada y acceso a datos de GRACE/GRACE-FO:

- Portal de Datos de JPL:
<https://podaac.jpl.nasa.gov/grace>
- Portal de datos de GFZ:
<http://isdc.gfz-potsdam.de>
- Página web de GRACE en el Centro para la Investigación Espacial (CSR) de la Universidad de Texas en Austin:
<http://www.csr.utexas.edu/grace>

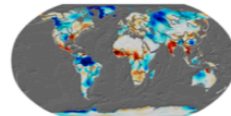


Portal de Datos JPL GRACE

<http://grace.jpl.nasa.gov/data/get-data>

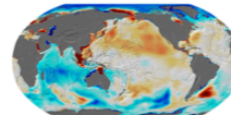


Get Data



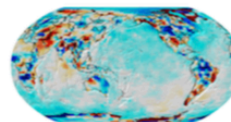
GRACE Monthly Mass Grids - Land

Land water storage from GRACE is updated monthly, and is provided on 1-degree global grids.



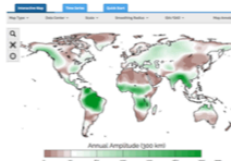
GRACE Monthly Mass Grids - Ocean

Ocean bottom pressure from GRACE is updated monthly, and is provided on 1-degree global grids.



GRACE Monthly Mass Grids - JPL Global Mascons

Global surface mass (land + ocean) from GRACE is updated monthly, and is provided on 0.5-degree global grids.



Interactive GRACE Data Browsers

These links to data browser allow the interactive retrieval of GRACE Land data over river basins, as well as the evaluation of long-term trends and mean seasonal amplitudes.

Data News & Updates

Please check Data News and Updates for announcements and important information.

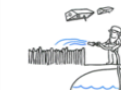
Featured Resources



[GRACE global gravity animation](#)



[GRACE data over the United States, 2003-2012](#)



[Scale in the Sky](#)

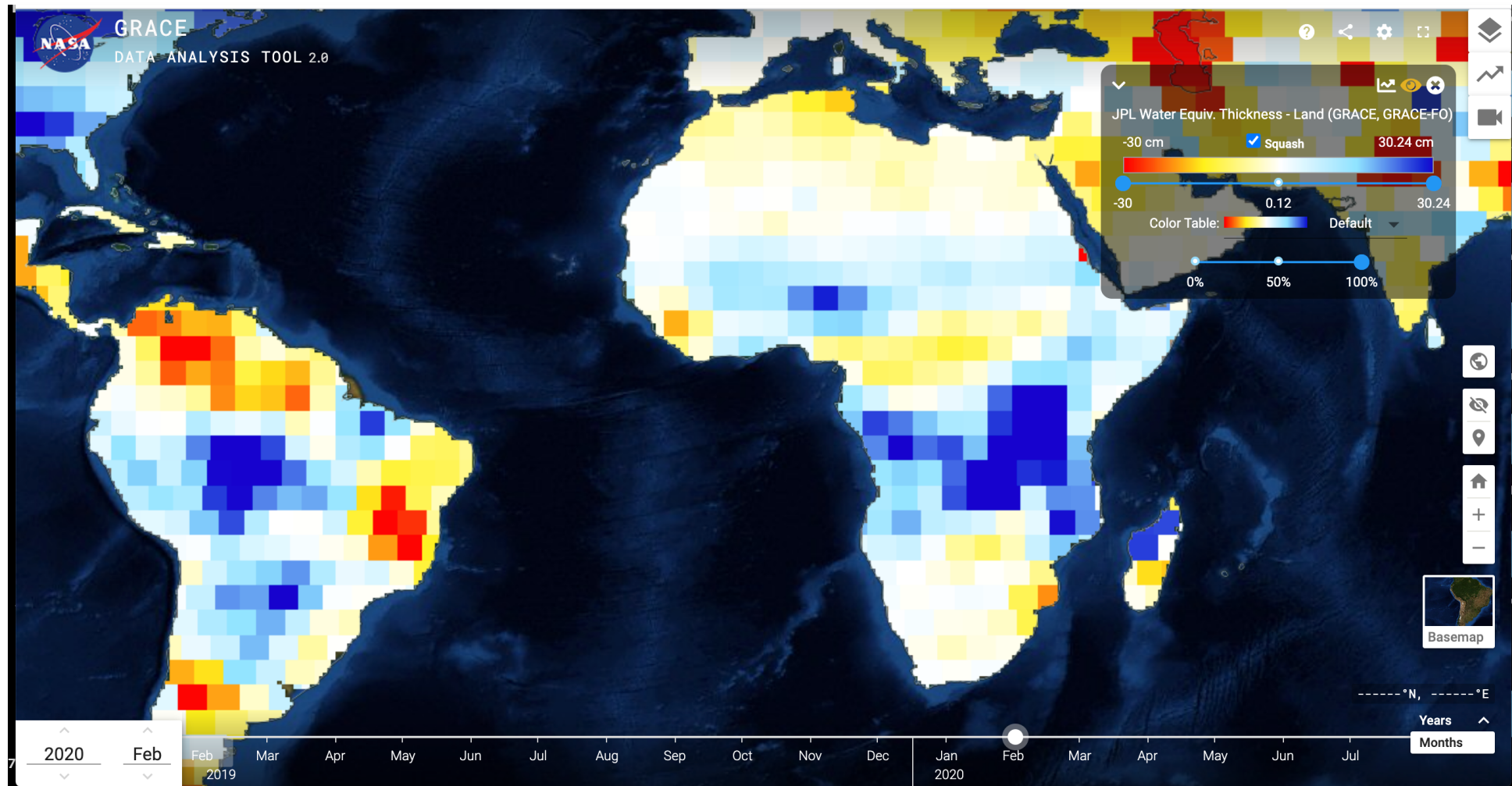
[more resources](#)

Navegador Interactivo de Datos



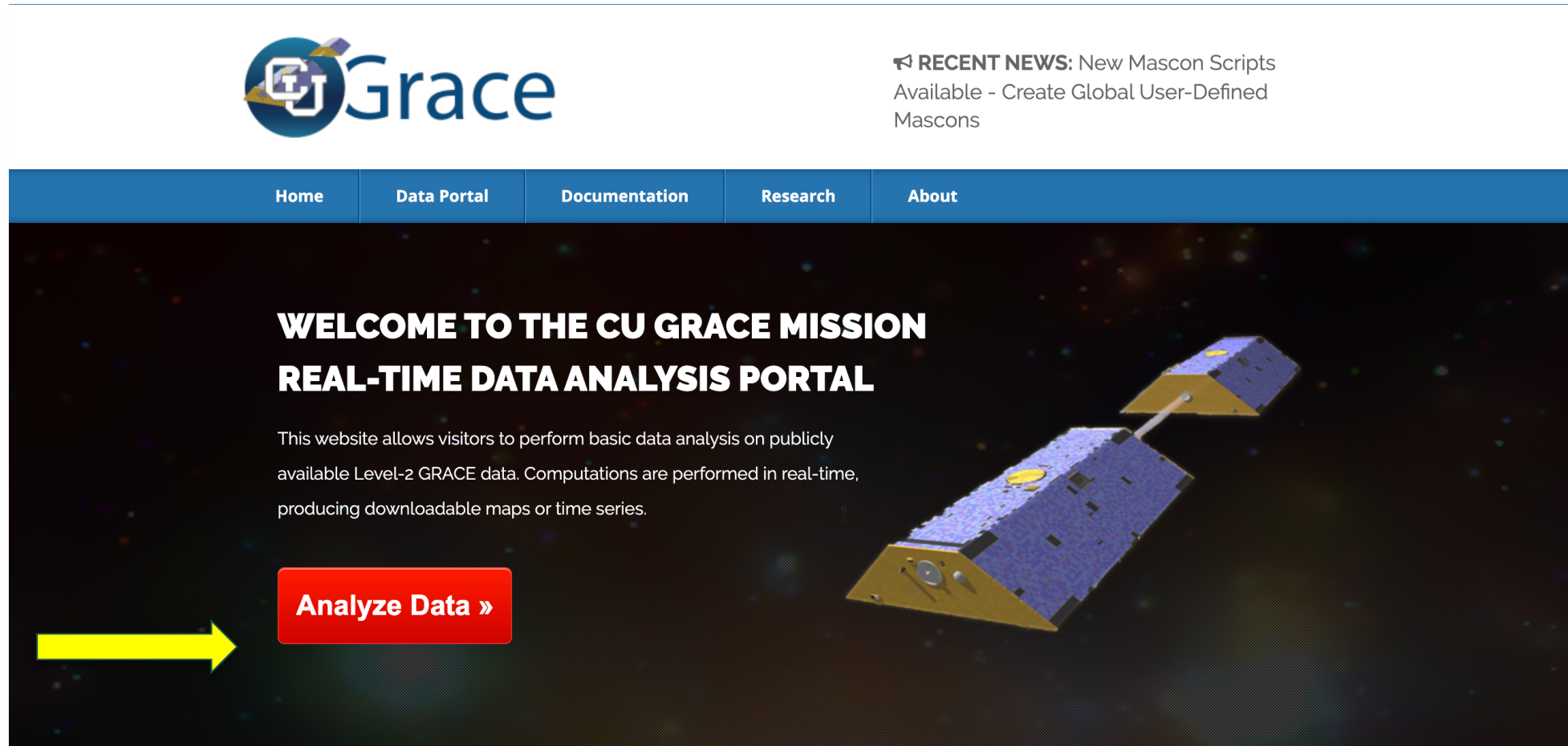
Herramienta de Análisis de Datos de GRACE de JPL

<https://grace.jpl.nasa.gov/data/data-analysis-tool/>



Portal Interactivo de Análisis y Descarga de Datos GRACE

<http://geoid.colorado.edu/grace/>



The screenshot shows the homepage of the CU GRACE Mission Real-time Data Analysis Portal. At the top left is the logo for CU Grace, featuring a stylized 'CU' in a blue circle next to the word 'Grace'. To the right of the logo is a 'RECENT NEWS' section with the text: 'New Mascon Scripts Available - Create Global User-Defined Mascons'. Below the logo and news is a blue navigation bar with five tabs: 'Home', 'Data Portal', 'Documentation', 'Research', and 'About'. The main content area has a dark background with a starry space theme. On the left, it says 'WELCOME TO THE CU GRACE MISSION REAL-TIME DATA ANALYSIS PORTAL' in white, bold, uppercase letters. Below this is a paragraph: 'This website allows visitors to perform basic data analysis on publicly available Level-2 GRACE data. Computations are performed in real-time, producing downloadable maps or time series.' To the right of this text is a 3D rendering of the GRACE satellite constellation, showing two satellites in tandem. At the bottom left, there is a large yellow arrow pointing right towards a red button that says 'Analyze Data »' in white text.



Acesso a Datos del Almacenamiento de Aguas Subterráneas Basados en GRACE y GLDAS

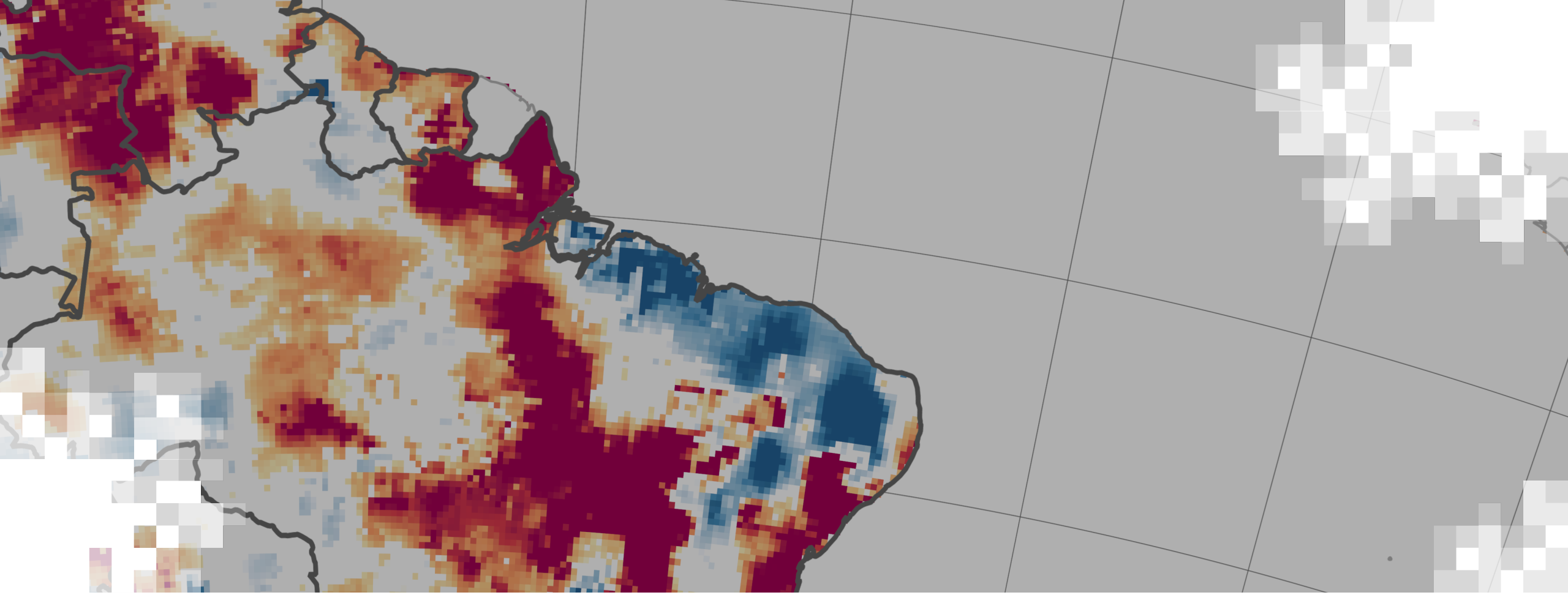
<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>

The screenshot shows the GIOVANNI web interface with the following details:

- Header:** NASA EARTHDATA, Find a DAAC, GIOVANNI The Bridge Between Data and Science v 4.34, Feedback, Help, Log out (avmehta).
- Message Bar:** Release of Giovanni Version 4.34 ... [1 of 1 messages] Read More
- Select Plot:** Time Averaged Map
- Select Date Range (UTC):** YYYY - MM - dd 00 : 00 to YYYY - MM - dd 23 : 59. Valid Range: 1948-01-01 to 2020-06-10. Error: Please specify a start date.
- Select Region (Bounding Box or Shape):** -180, -90, 180, 90
- Select Variables:**
 - Observations: Model (3)
 - Disciplines: Hydrology (3), Water and Energy Cycle (3)
 - Measurements, Platform / Instrument, Spatial Resolutions, Temporal Resolutions, Portal
- Search Results:** Number of matching Variables: 3 of 1499. Total Variable(s) included in Plot: 0. Please select at least 1 variable. Keyword: Ground water storage. Search Clear
- Table:**

	Variable	Units	Source	Temp.Res.	Spat.Res.	Begin Date	End Date
<input type="checkbox"/>	Ground water storage (GLDAS_CLSM025_DA1_D v2.2)	mm	GLDAS Model	Daily	0.25 °	2003-02-01	2020-03-31
<input type="checkbox"/>	Ground water storage (GLDAS_CLSM025_D v2.0)	mm	GLDAS Model	Daily	0.25 °	1948-01-01	2014-12-30
<input type="checkbox"/>	Groundwater storage percentile (GRACEDADM_CLSM0125US_7D v2.0)	%	GRACE	Daily	0.125 °	2002-04-01	2019-03-03
- Footer:** Responsible NASA Official: Angela Li, Privacy, Powered By, Contact Us, Reset, Plot Data, Go to Results.





Demostración: Acceso y Análisis de Datos de GRACE

Acceso a Datos de GRACE y GRACE-FO

- Portal de datos de JPL para datos del TWS:

<https://podaac.jpl.nasa.gov/grace>

- GES DISC, Infraestructura Interactiva de Visualización y Análisis en Línea Giovanni:

<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>



Resumen: Ventajas

- GRACE y GRACE-FO brindan mediciones únicas de variaciones en la masa o cambios en la gravedad sobre la superficie de la Tierra, produciendo mapas mensuales del campo gravitatorio.
- Estas variaciones en la gravedad están relacionadas principalmente con el desplazamiento de aguas terrestres y se interpretan en términos de cambios en el grosor del agua equivalente o almacenamiento de aguas terrestres (terrestrial water storage o TWS).
- Las aguas subterráneas se pueden estimar usando el TWS de GRACE junto con componentes hidrológicos basados en modelos.
- Se utilizan datos de GRACE para obtener información sobre cambios en el TWS y aguas subterráneas a nivel mundial y también han sido útiles en el monitoreo de condiciones de inundación y sequía y agotamiento de aguas subterráneas a gran escala.



Resumen: Limitaciones

- El TWS y las aguas subterráneas basados en GRACE y GRACE-FO están disponibles a nivel mundial, pero la resolución espacial es de $\sim 380 \times 380 \text{ km}^2$ y no puede resolver cuencas hidrográficas muy pequeñas.
- El TWS o la profundidad equivalente del agua se miden en cm que son mínimos comparados con el radio de la Tierra (6.378 km) y conllevan un error estimado de 2-3 cm.
- Cuando los cambios en la gravedad son causados por una redistribución de masa en la Tierra sólida, como por ejemplo debido a un terremoto o los efectos de procesos glaciales en el manto, es necesario primero remover estos efectos de las mediciones de la gravedad antes de derivar el grosor del TWS.
- Los datos del TWS basados en GRACE se publican en una resolución de $1^\circ \times 1^\circ$ y datos de aguas subterráneas de GLDAS asimilados por GRACE están disponibles en $0,25^\circ \times 0,25^\circ$. Sin embargo, debido a la resolución gruesa de los datos de GRACE, dos cuadrículas adyacentes podrían no incluir estimaciones independientes.



Seguimiento de Cambios en las Aguas Subterráneas con GRACE – India



<https://svs.gsfc.nasa.gov/3623>



Seguimiento de Cambios en las Aguas Subterráneas con GRACE – Brasil



Cortesía: NASA Goddard Visualization Studio



Sesión de Preguntas y Respuestas

- Por favor escriba sus preguntas en la casilla de preguntas y respuestas.
- Publicaremos las preguntas y las respuestas a la página web de la capacitación:
<https://arset.gsfc.nasa.gov/water/webinars/GRACE>

Contactos:

- Amita Mehta: amita.v.mehta@nasa.gov
- Erika Podest: erika.podest@jpl.nasa.gov
- Sean McCartney: sean.mccartney@nasa.gov

