Mapeo y Monitoreo de Lagos y Reservorios con Observaciones Satelitales

Amita Mehta y Sean McCartney

9 de febrero de 2021

Objetivos del Curso

Al final de esta capacitación las/los participantes aprenderán cómo:

- Identificar los datos de teledetección y la metodología que se necesitan para obtener la extensión de aguas superficiales, nivel de agua y batimetría de los lagos.
- Acceder a datos de la altura del agua y batimetría para monitorear el nivel de los lagos
- Ilustrar el uso de los datos del nivel de agua y batimetría para la gestión de lagos y reservorios.

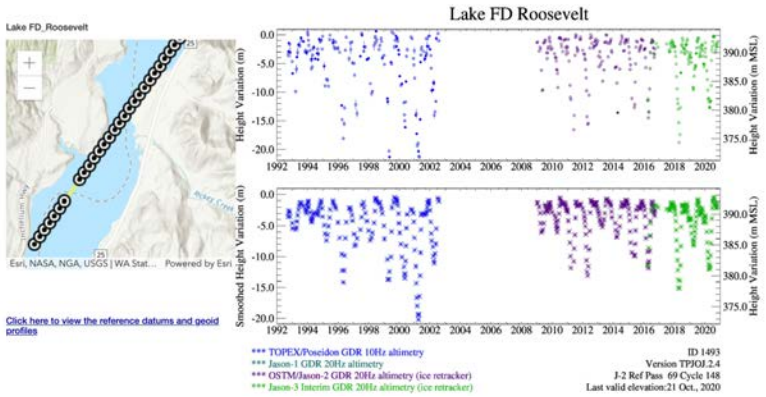
Esquema del Curso

9 de febrero de 2021

Observaciones de Teledetección para Monitorear la Extensión del Agua, Altura del Nivel de Agua y Batimetría en Lagos y Reservorios

https://global-surface-water.appspot.com/#data

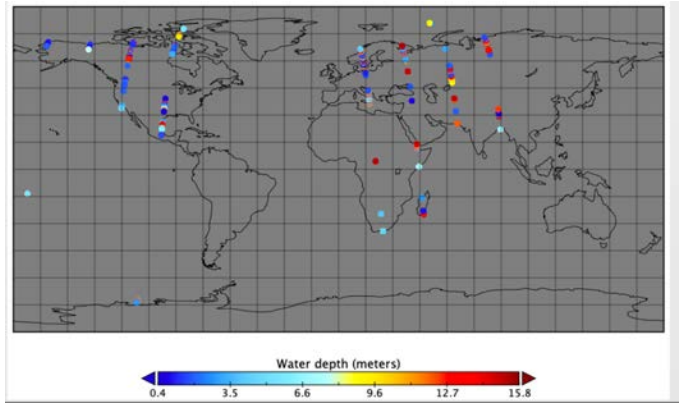
16 de febrero de 2021



Datos de la Altura del Nivel de Agua para Lagos y Reservorios Usando Altimetría de Radar

https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/global_reservoir/gr_regional_chart.aspx?regionid=us&reservoir_name=FD_Roosevelt

23 de febrero de 2021



Datos de la Altura del Nivel de Agua y Batimetría para Lagos y Reservorios Usando Altimetría Láser

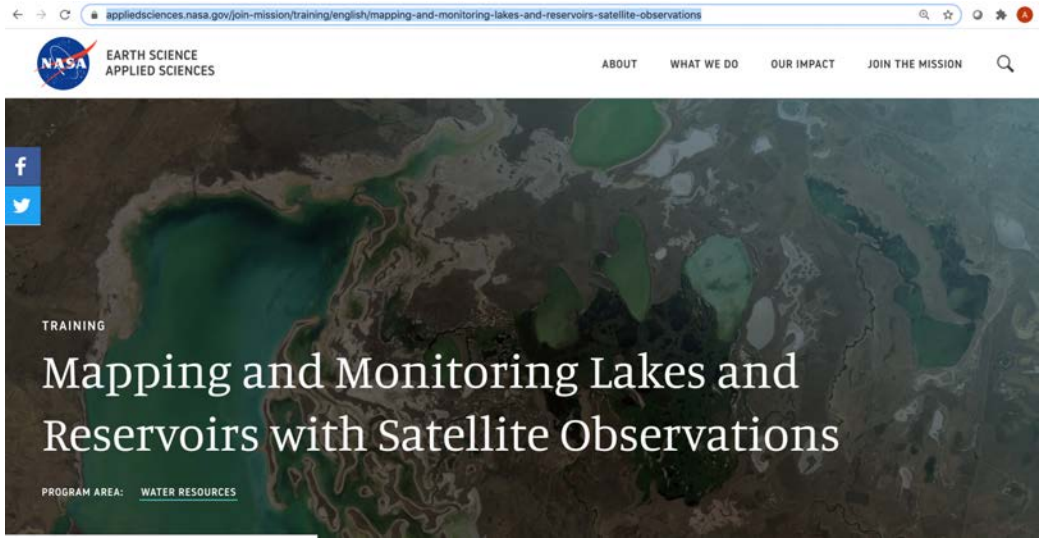
https://nsidc.org/data/atl13

Formato del Curso

- Tres sesiones de una hora y media cada una incluyendo presentaciones y sesiones de preguntas y respuestas
- Se presentará el mismo contenido en dos diferentes horarios cada día:
  - Sesión A: 10:00-11:30 Horario Este de EE.UU. (UTC-5)
  - Sesión B: 16:00-17:30 Horario Este de EE.UU. (UTC-5)

- El material y las grabaciones de la capacitación estarán disponibles en la siguiente página:

  https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/mapping-and-monitoring-lakes-and-reservoirs-satellite-observations

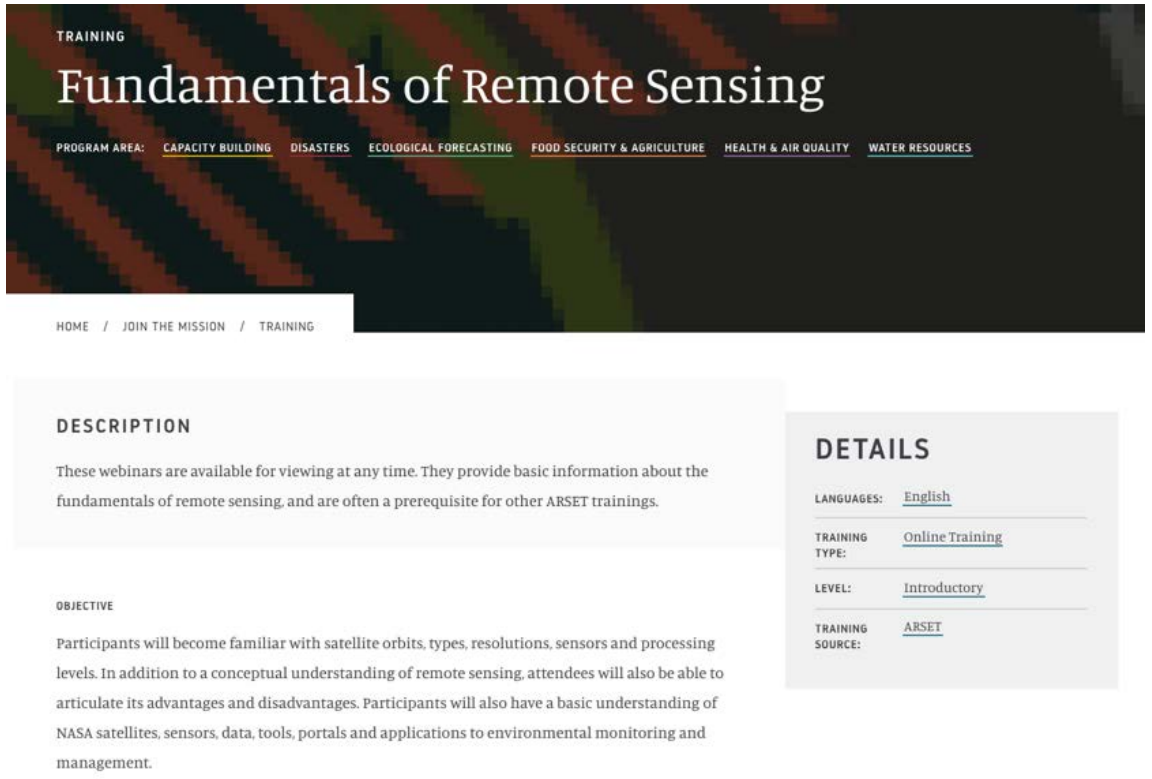


Tarea y Certificado

- Habrá una tarea asignada:
  - Debe enviar sus respuestas vía Google Forms
  - Fecha límite de entrega: 9 de marzo de 2021
- Se otorgará un certificado de finalización de curso a quienes:
  - Asistan a todas las clases en vivo
  - Completen la tarea en el plazo estipulado (acceso desde esta página)
  - Recibirán sus certificados aproximadamente dos meses después de la conclusión del curso de: marines.martins@ssaihq.com

Prerrequisito

- Fundamentos de la Percepción Remota (Teledetección): https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/fundamentals-remote-sensing



Sesión 1- Esquema

- Acerca de ARSET
- Acerca de los Lagos y Reservorios
- Satélites y Sensores para el Monitoreo de Lagos y Reservorios
- Conjuntos de Datos de Aguas Superficiales en el Mundo
- Ejemplos del Monitoreo de Lagos y Reservorios
- Demostración: Acceso a Datos de Aguas Superficiales a Nivel Mundial

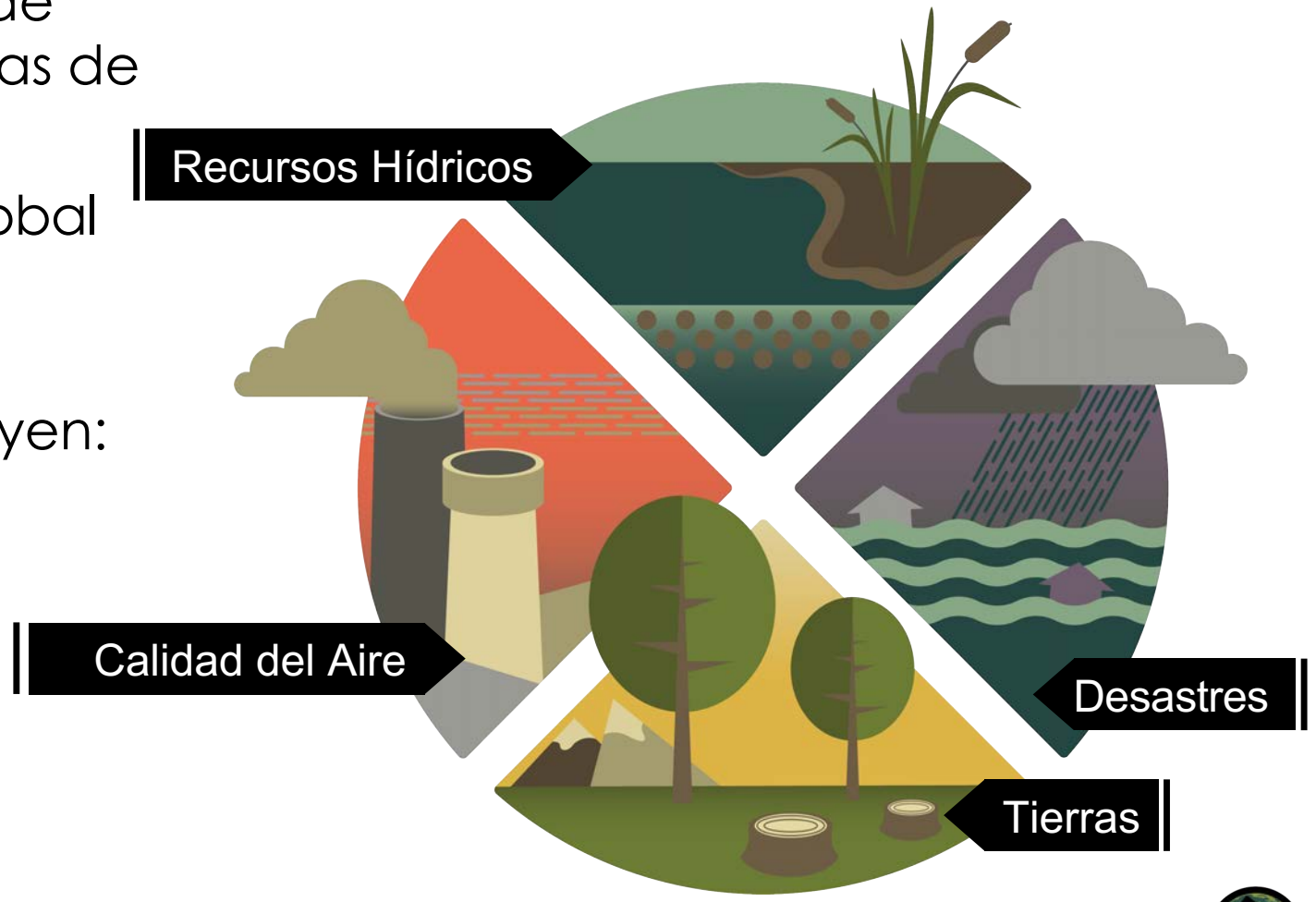
Acerca de ARSET

NASA Applied Remote SEnsing Training Program (ARSET)

(Programa de Capacitación de Teledetección Aplicada de la NASA)

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 para capacitaciones incluyen:
  - Recursos Hídricos
  - Calidad del Aire
  - Desastres
  - Tierras



NASA Applied Remote SEnsing Training Program (ARSET)

(Programa de Capacitación de Teledetección Aplicada de la NASA)

https://appliedsciences.nasa.gov/what-we-do/capacity-building/arset

- 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.

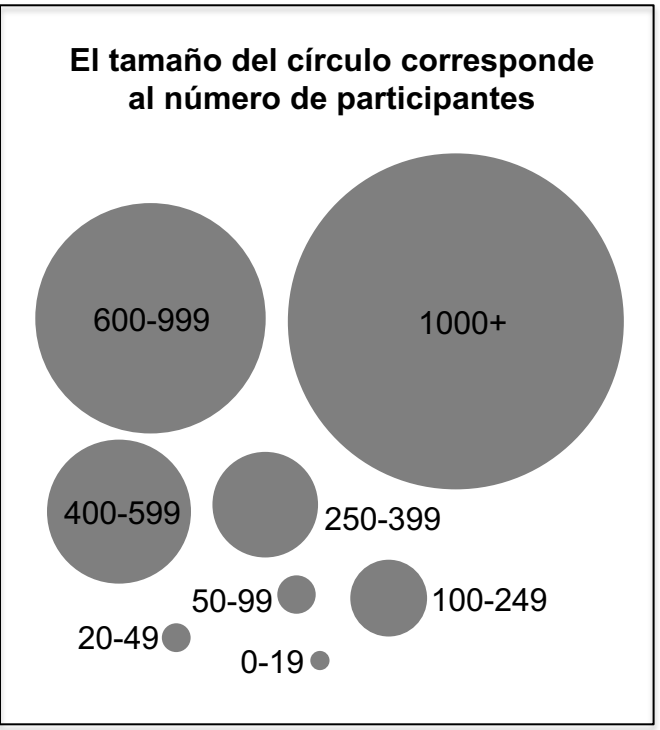
Capacitaciones ARSET

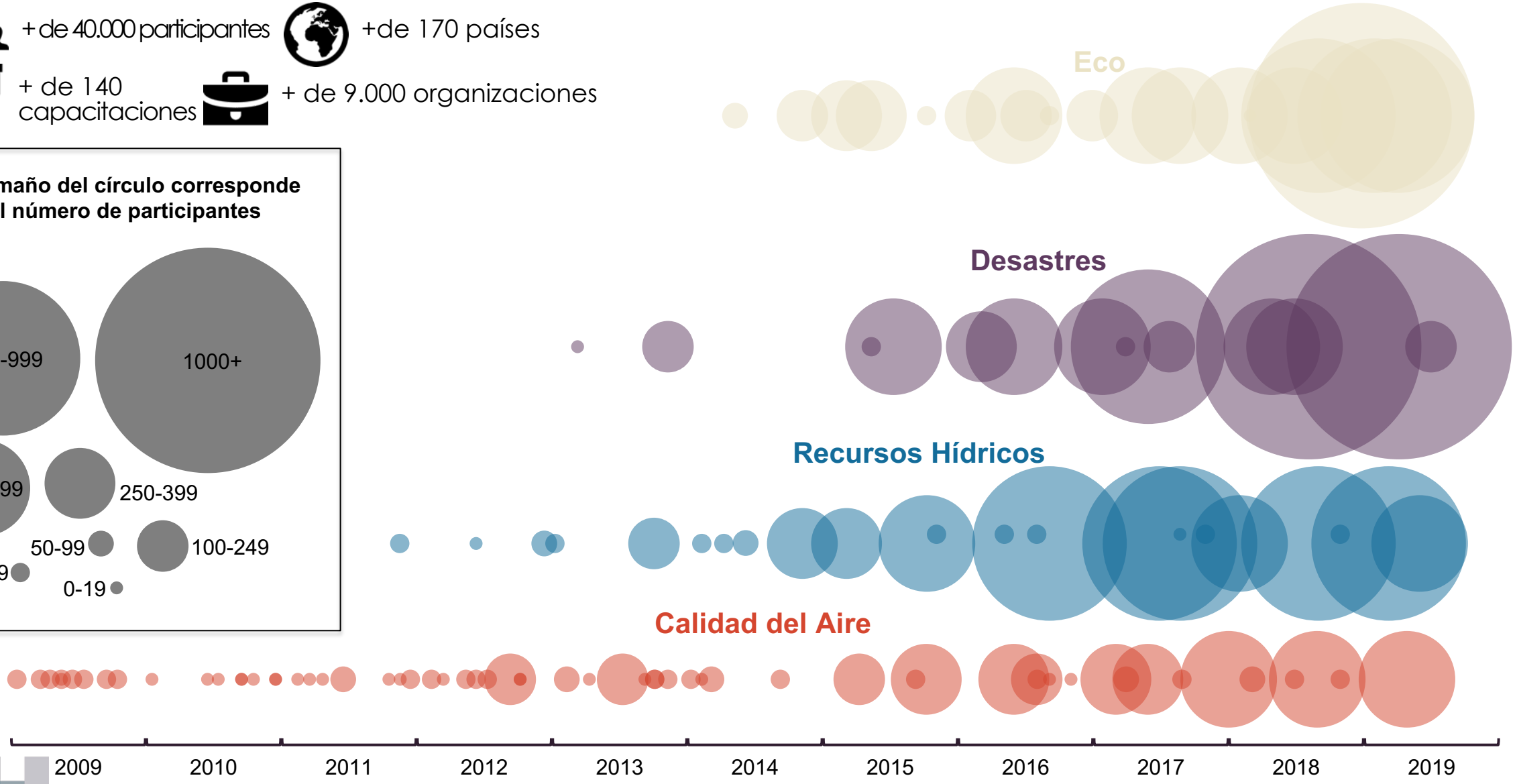
+de 40.000 participantes

+de 170 países

+ de 140 capacitaciones

+ de 9.000 organizaciones





Acerca de los Lagos y Reservorios

¿Qué Es un Lago y un Reservorio?

- **Un lago** es donde la escorrentía superficial y aguas subterráneas infiltradas se acumulan naturalmente en un lugar debido al terreno circundante y la pendiente de este.
- **Un reservorio** es un lago artificial creado al construir una represa sobre un río y cavando la tierra, o rodeándola de diques.

El lago Walker, Alaska EE.UU.

https://www.nps.gov/gaar/learn/nature/walker-lake.htm

El Reservorio Franklin D. Roosevelt, Washington EE.UU.

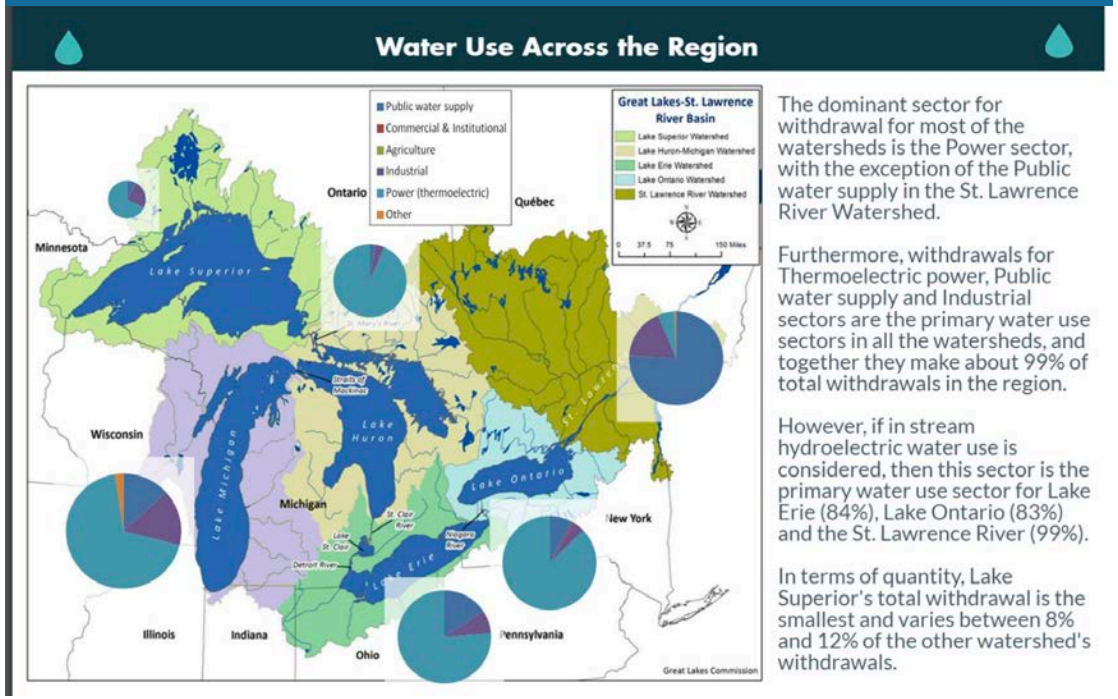
https://tataandhoward.com/10-largest-reservoirs-united-states/

- https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/lakes-and-reservoirs?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
- http://www.fao.org/3/U5835E/u5835e03.htm#2.3%20reservoirs%20and%20lakes

Importancia de los Lagos y Reservorios

- Los lagos y reservorios son componentes de las aguas superficiales y juegan un papel significante en los ciclos hidrológicos y biogeoquímicos regionales y globales.
- Proporcionan agua para uso doméstico, agrícola, industrial y de generación hidroeléctrica
- Brindan aguas para refrigerar plantas de energía eléctrica a petróleo/gas/nucleares
- Además, los reservorios artificiales se utilizan para el almacenamiento de agua y control de inundaciones.
- Se utilizan para la pesca y actividades recreativas.
- Sostienen ecosistemas y fauna acuáticos.
- Se valoran por sus cualidades estéticas y pintorescas.

La Cuenca de los Grandes Lagos-Río San Lorenzo sostiene el uso del agua de aproximadamente 36 millones de personas con un retiro diario que varía entre 43 y 44 millones de galones (162 a 166 millones de litros).

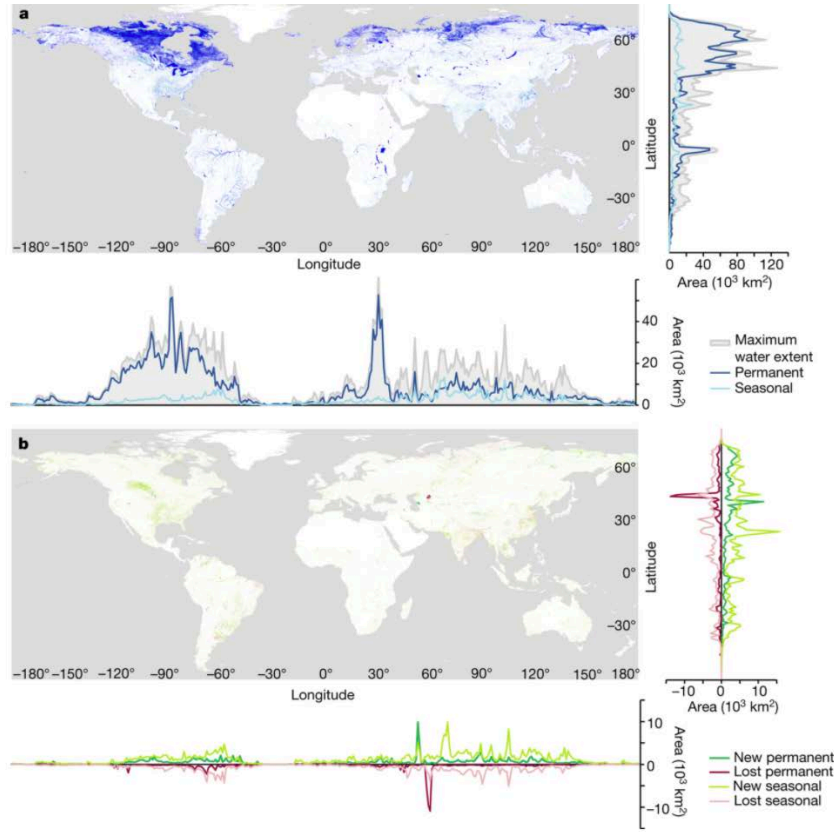


https://www.glc.org/wp-content/uploads/2013/10/WaterUsedB_GeneralFactsheet.pdf

Lagos y Reservorios a Nivel Mundial

- Los lagos y reservorios contienen aproximadamente el 21% del agua dulce a nivel mundial (USGS).
- Basado en un estudio reciente (Meyer et al., 2020), a nivel mundial, hubo más de 1,42 millones de lagos y reservorios de por lo menos 10 hectáreas presentes entre 1995 y 2015.
- Un estudio basado en la teledetección (Pekel et al., 2016) mostró que a nivel mundial, entre 1984 y 2015, el agua superficial permanente se ha reducido de un área de casi 90.000 km^2, ¡aunque se han formado nuevos cuerpos de agua permanentes cubriendo 184.000 km^2 gracias a los nuevos reservorios!

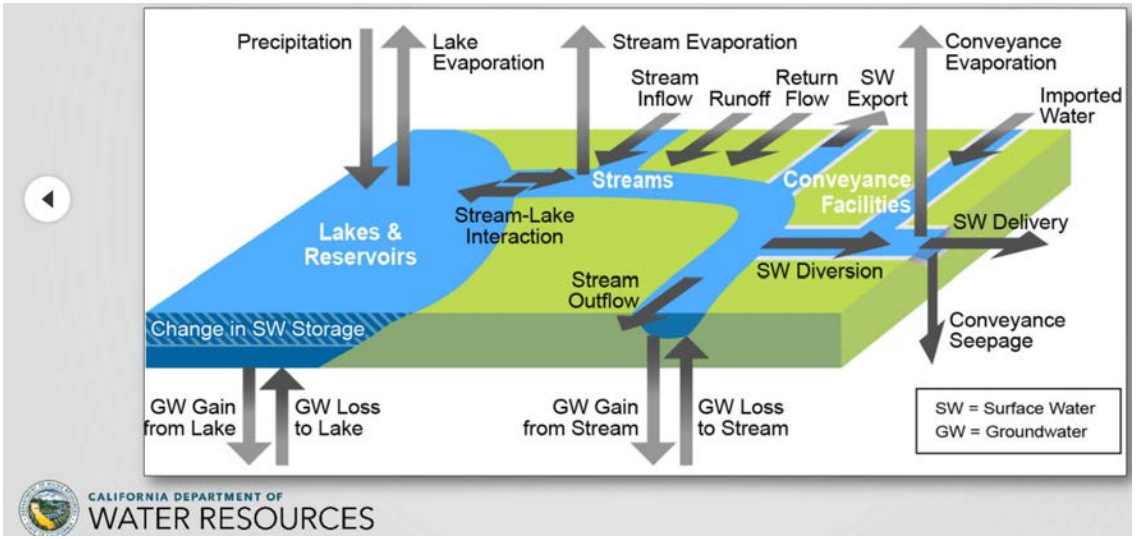
Distribución y Cambios de Aguas Superficiales a Nivel Mundial



Global maps, with 1° latitude/longitude summaries of surface water area shown on the right and underneath. **a**, Maximum water extent, permanent and seasonal surface water occurrence October 2014 to October 2015. **b**, Gains and loss in permanent and seasonal surface water area between 1984 and 2015. All measurements made from inland and coastal waters are defined only by the GADM reference layer (see Methods).

¿Cómo se Sostienen los Lagos y Reservorios?

- Las fuentes de agua incluyen aguas pluviales y escorrentía a través de arroyos y ríos y también la infiltración de aguas subterráneas hacia los lagos.
- El flujo de salida natural de aguas lacustres puede ser vía arroyos superficiales y/o la pérdida al subsuelo y suelo y pérdida a la atmósfera mediante la evaporación.
- El retiro de aguas de los lagos y reservorios para necesidades humanas también incrementa el flujo de salida.
- Los flujos de entrada y salida se pueden controlar algo en los reservorios artificiales creados cuando se construyen represas sobre ríos.



https://mavensnotebook.com/2020/05/13/water-resources-management-developing-a-water-budget/

El volumen de agua en los lagos y reservorios depende del flujo de agua de entrada y de salida.

Monitoreo de Lagos y Reservorios

- El volumen o el almacenamiento en los lagos/reservorios es influenciado por procesos en la cuenca hidrográfica como precipitación, topografía, suelo y cobertura vegetal, escorrentía, densidad poblacional y tasa de consumo de agua*.
- La variabilidad y el cambio climático, el uso del suelo y la demanda de agua pueden afectar el flujo tanto de entrada como de salida e influir en el volumen de los lagos y reservorios.
- Los sedimentos transportados a los lagos y reservorios por los arroyos pueden alterar sus características físicas y químicas.
- Tanto la extensión horizontal como la profundidad del agua de los lagos son influenciados por los factores mencionados.

Para la gestión sostenible y eficiente de recursos hídricos y ecosistemas acuáticos, el monitoreo de la extensión y la profundidad de lagos/reservorios es sumamente importante.

*La gestión de la calidad del agua es parte íntegra de la gestión de los lagos. En este webinar nos centraremos en conjuntos de datos que nos ayudarán a estimar la cantidad de agua.

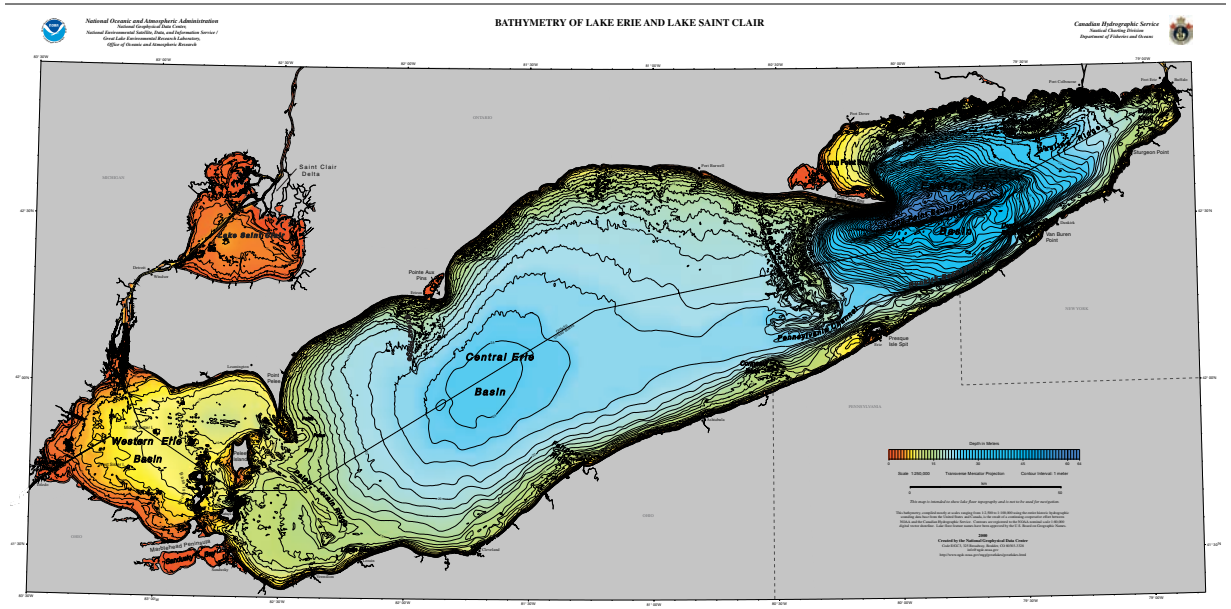
Monitoreo de Lagos y Reservorios

- El volumen de agua en un lago se puede estimar de la siguiente manera:

(Superficie promedio) x (Profundidad media)

- La información sobre la longitud de la orilla (o el largo y ancho) y la batimetría ayudan a decidir el volumen medio de los lagos. Además, el nivel de agua es necesario para estimar el volumen de agua en los lagos.
- La batimetría de un lago describe la topografía o profundidad dentro del lago.

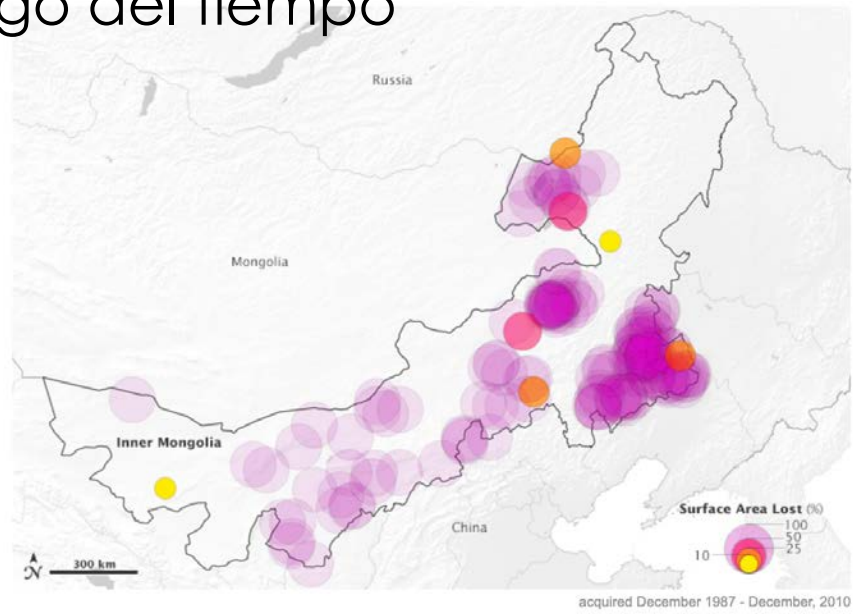
Batimetría del Lago Erie y el Lago Santa Clara



https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/image/images/erie_wallsize_300.pdf

Monitoreo de Lagos y Reservorios Usando la Teledetección

- La teledetección satelital informa observaciones de manera puntual y consistente a nivel mundial.
- Los satélites observan los lagos y reservorios y monitorean la superficie, el nivel de agua y la batimetría a lo largo del tiempo



acquired December 1987 - December, 2010

Lagos Menguantes en el Altiplano de Mongolia

acquired August 30, 2001 - August 20, 2006

https://landsat.visibleearth.nasa.gov/view.php?id=85665

Satélites y Sensores para el Monitoreo de Lagos y Reservorios

Satélites y Sensores para el Monitoreo de Lagos y Reservorios

Parámetro Lacustre	Satélites	Sensores	Mediciones Espectrales
Extensión de Aguas Superficiales	Terra y Aqua	MODIS	Ópticas
Extensión de Aguas Superficiales	Landsat 7, 8 y datos anteriores de Landsat 5	ETM+, OLI TM, MSS	Ópticas
Altura del Nivel de Agua	Jason 2, 3, y varios satélites anteriores	Altímetro	Banda-C-y Banda-Ku
Altura del Nivel de Agua y Batimetría	ICESat-2	ATLAS	Láser
Polígonos de Lago	SRTM	Radar	Radar de Apertura Sintética de Banda-C

ATLAS: Advanced Topographic Lase Altimeter
ETM+: Enhanced Thematic Mapper Plus
ICESat-2: Ice, Clouds, and Land Elevation Satellite mission
MODIS: MODerate resolution Imaging Spectroradiometer
MSS: Multi Spectral Scanner
OLI: Operational Land Imager
SRTM: Shuttle Radar Topography Mission
TM: Thematic Mapper

Satélites y Sensores para el Monitoreo de Lagos y Reservorios

Parámetro Lacustre	Satélites	Resolución Espacial	Cobertura y Resolución Temporal
Extensión de Aguas Superficiales	*Terra y Aqua	250 m	12/1999 – Hoy 05/2002 – Hoy Anual
Extensión de Aguas Superficiales	*Landsat 5, 7, 8	30 m	04/1999 – Hoy 02/2013 – Hoy Anual
Altura del Nivel de Agua	[2]Jason 2, 3	Lagos > 100 km^2	06/2008 – Hoy 01/2016 – Hoy 10 días y 35 días
Altura del Nivel de Agua y Batimetría	[3]ICESat-2	Lagos > 0.1 km^2	9/2018 – Hoy 91-días
Polígonos de Lagos	*SRTM	30 m	2/2000

*Para más detalles, vea la **Sesión 2B de:**
https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/fundamentals-remote-sensing

[2]Detalles en la 2da Sesión

[3]Detalles en la 3ra Sesión

Conjuntos de Datos de Aguas Superficiales a Nivel Mundial

Polígonos de Lagos a Nivel Mundial: HydroLAKES

- https://www.hydrosheds.org/pages/hydrolakes
- La base de datos HydroLAKES produce polígonos de la orilla para lagos de 10 o más hectáreas a nivel mundial.
- Hay más de 1,4 millones de lagos, tanto de agua dulce como de agua salada, incluidos en la base de datos.
- Está basada en varios conjuntos de datos casi globales y regionales combinados para obtener una cobertura global.

Table 1: Datasets used in the creation of HydroLAKES.

Original dataset	Region	Original format and resolution	Reference	Number of lakes
Canadian hydrographic dataset (CanVec)	Canada (entire country)	Vector; 1:50,000	Natural Resources Canada (2013)	863,550
Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) Water Body Data (SWBD)	56° South to 60° North	Raster; 1 arc-second (~30 m at the equator); vectorized and smoothed	Slater et al. (2006)	282,571
MODerate resolution Imaging Spectro-radiometer (MODIS) MOD44W water mask	Russia above 60° North	Raster; 250 m; vectorized and smoothed	Carroll et al. (2009)	167,435
US National Hydrography Dataset (NHD)	Alaska (entire state)	Vector; 1:24:000	U.S. Geological Survey (2013)	58,496
European Catchments and Rivers Network System (ECRINS)	Europe above 60° North and entire Norway	Vector; varying resolutions (~1:250,000)	European Environment Agency (2012)	50,699
Global Lakes and Wetlands Database (GLWD)	World	Vector; 1:1 million	Lehner and Döll (2004)	3,023
Global Reservoir and Dam database (GRanD)	World	Vector; varying resolutions (1:1 million or better)	Lehner et al. (2011)	1,133
Other (own mapping)	World	Vector; varying resolutions (1:1 million or better)	n/a	781
Total				**1,427,688**

HydroLAKES- Acceso a Datos

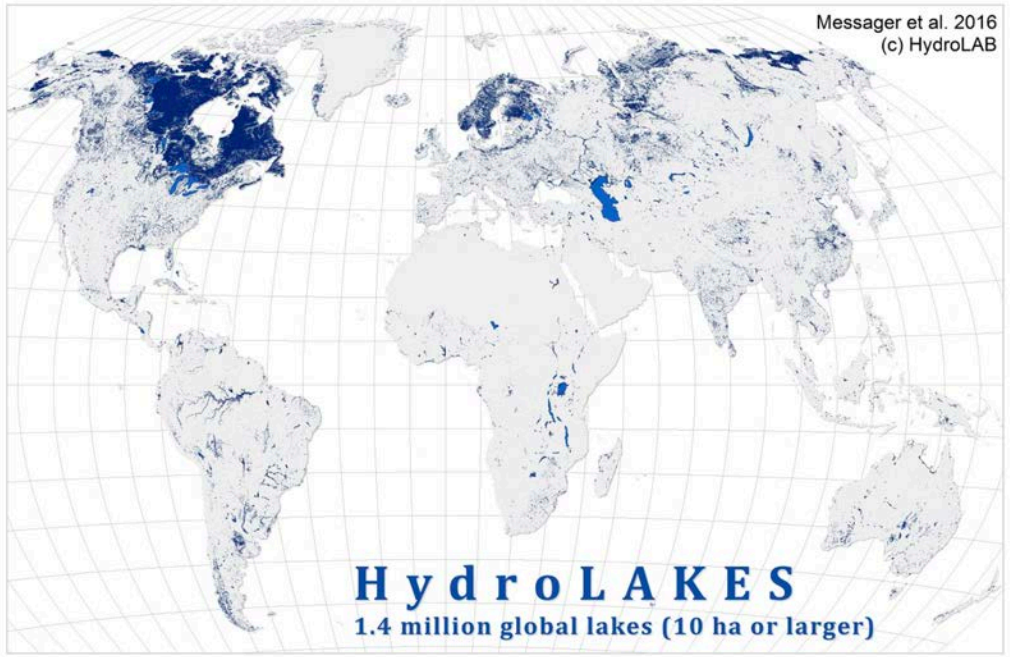
Detalles de la Base de Datos:

[HydroLAKES- Documentación Técnica]

Descarga de Datos:

Puede descargar los datos en 4 formatos diferentes:
https://www.hydrosheds.org/pages/hydrolakes

1. Polígonos de lagos (incluyendo todos los atributos) en una Geodatabase ESRI (zip-file de 727 MB)
2. Puntos de fluidez de los lagos (incluyendo todos los atributos) en una Geodatabase ESRI (zip-file de 78 MB)
3. Polígonos de lagos (incluyendo todos los atributos) en un Shapefile (zip-file de 782 MB)
4. Puntos de fluidez de los lagos (incluyendo todos los atributos) en un Shapefile (zip-file de 75 MB)



Datos de la Máscara de Agua de MODIS: MOD44W-V06

Están basados en:

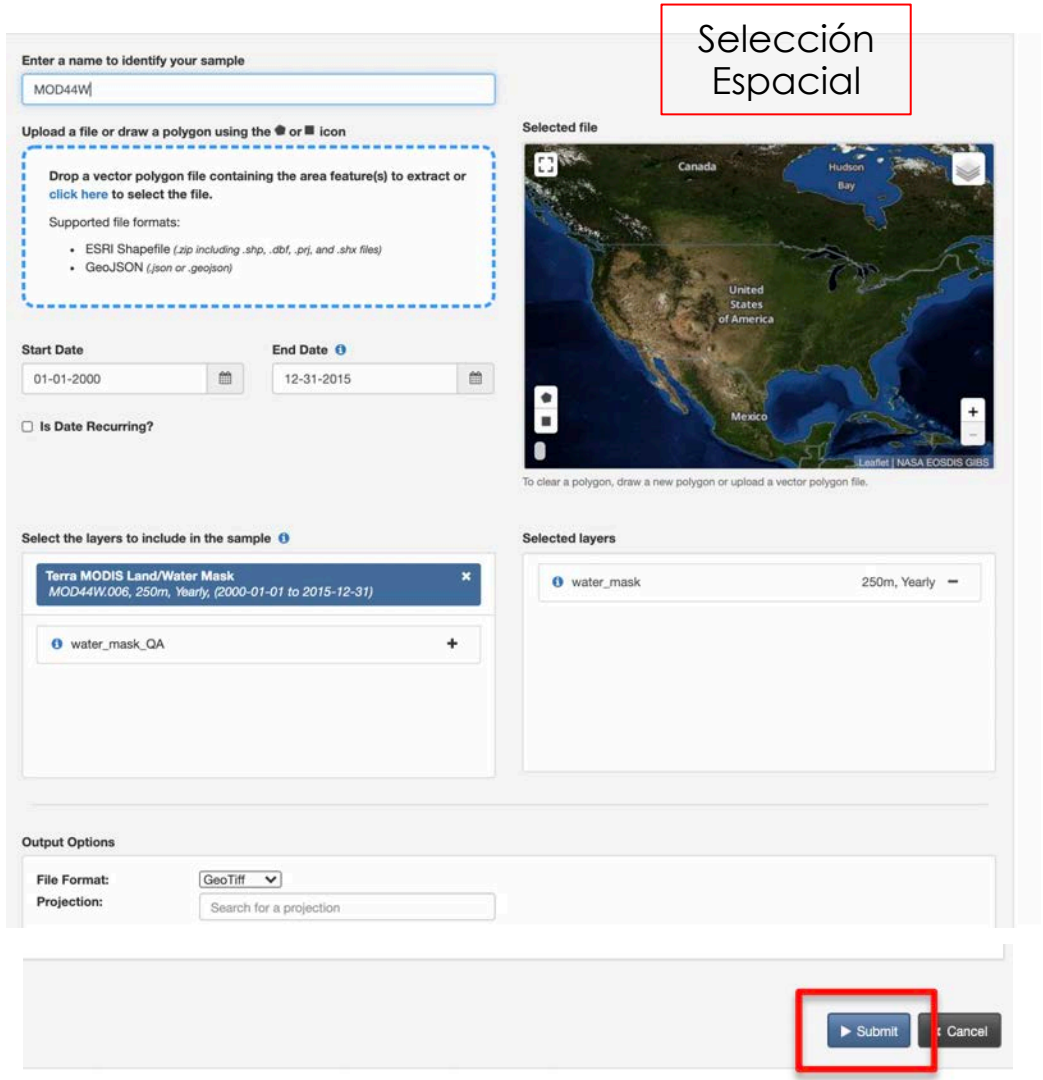
1. El conjunto de datos de cuerpos de agua de SRTM y datos de reflectancia de MODIS entre 54° S y 60° N
2. Solo MODIS entre 60° N y 90° N
3. El producto Mosaico de la Antártida (MOA) entre 60° S y 90° S (Carroll et al., 2009, 2017)

- MOD44W-V06 se deriva utilizando un clasificador basado en un árbol de decisión usando datos de MODIS de cada 16 días.
- Se deriva máscara de agua global, anual a una resolución de 250 m.
- Actualmente están disponibles del año 2000 a 2015.
- Enmascaramiento de la sombra del terreno mejorado con enmascaramiento de pendiente y elevación usando un DEM SRTM de 30 m como entrada.
- Incorpora un producto de área quemada de MODIS MCD64A1 para delinear cicatrices de quema.
- https://lpdaac.usgs.gov/documents/109/MOD44W_User_Guide_ATBD_V6.pdf

Acceso a Datos de MOD44W-V06 Usando AppEEARS

Application for **E**xchange and **E**xploring **A**nalysis **R**eady **S**amples* (AppEEARS):

- https://lpdaacsvc.cr.usgs.gov/appeears/
- Permite la creación de subconjuntos espaciales y temporales.
- Puede descargar datos en formato GeoTIFF o NetCDF.
- Para más detalles sobre AppEEARs, vea este webinar de ARSET: https://www.youtube.com/watch?v=KJTyMDyvBik



*Aplicación para el Intercambio y la Exploración de Muestras Listas para el Análisis, en inglés

Acceso a Datos de MOD44W-V06 Usando Google Earth Engine (GEE)

https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/MODIS_006_MOD44W

MOD44W.006 Terra Land Water Mask Derived from MODIS and SRTM Yearly Global 250m

Dataset Availability

2000-01-01T00:00:00 - 2015-01-01T00:00:00

Dataset Provider

NASA LP DAAC at the USGS EROS Center

Earth Engine Snippet

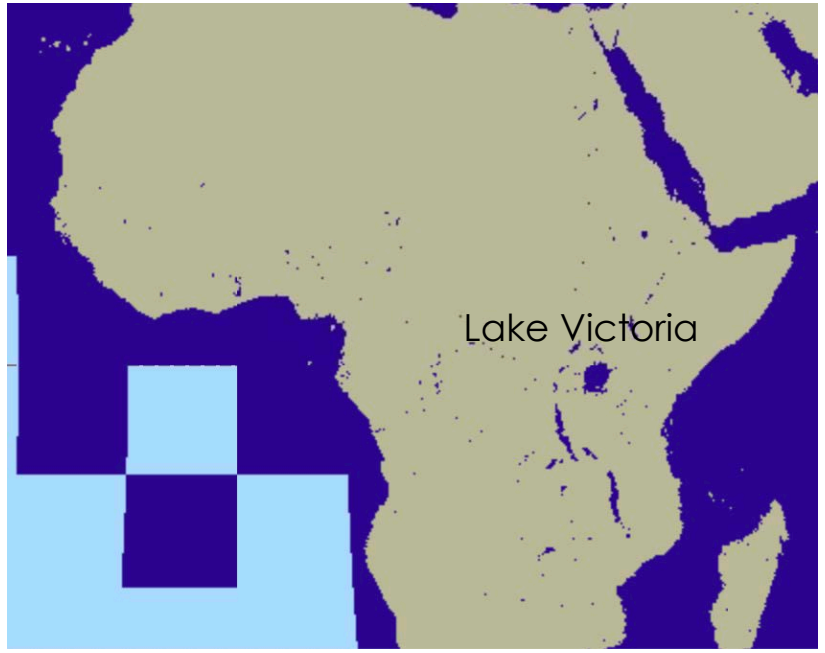
```
ee.ImageCollection("MODIS/006/MOD44W")
```

Tags

water-mask srtm geophysical modis mod44w usgs nasa

Description Bands Terms of Use Citations DOIs

The MOD44W V6 land/water mask 250m product is derived using a decision tree classifier trained with MODIS data and validated with the MOD44W V5 product. A series of masks are applied to address known issues caused by terrain shadow, burn scars, cloudiness, or ice cover in oceans.

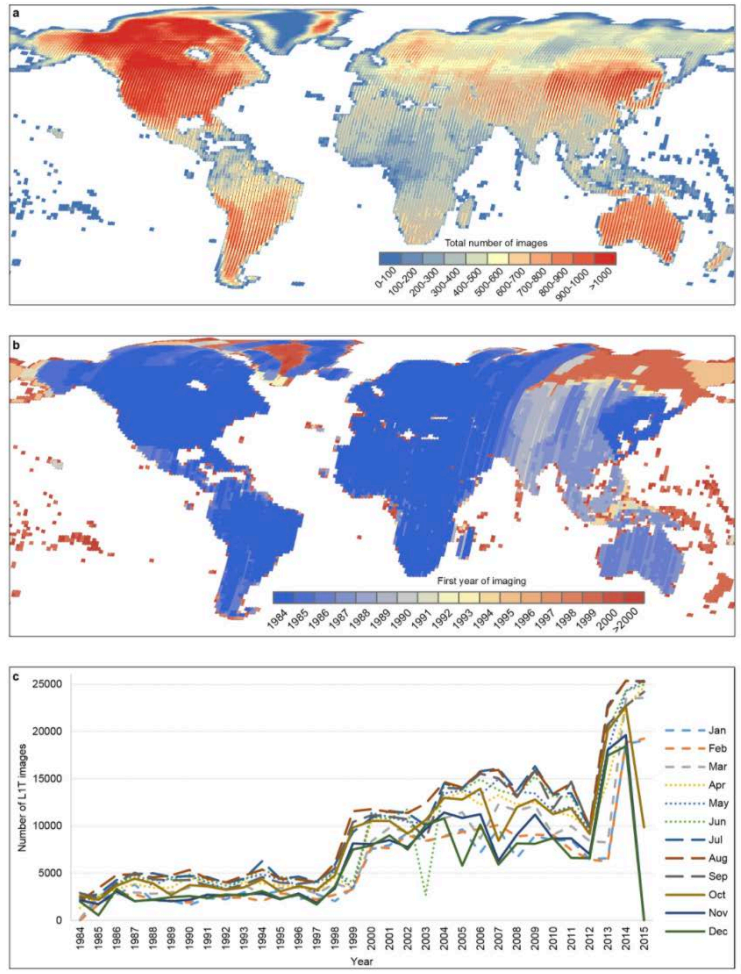


Aguas Superficiales a Nivel Global de Landsat del JRC

- http://global-surface-water.appspot.com/#
- Desarrollado por el Centro Común de Investigación (JRC por sus siglas en inglés) de la Comisión Europea
- Basada en un archivo entero de imágenes de Landsat 5, 7 y 8 (Pekel et al., 2016)
- La detección de agua está basada en características multiespectrales usando técnicas de grandes datos como técnicas de supervisión experta, analítica visual y razonamiento evidencial (Pekel et al., 2016 y referencias citadas ahí).
- Una interfaz web de Google Earth Engine permite ejecutar el sistema experto con imágenes de Landsat 5, 7 y 8. Se puede otorgar acceso a pedido.

Extended Data Figure 1: Geographic and temporal coverage of the Landsat 5, 7 and 8 L1T archive between 16 March 1984 and 10 October 2015.

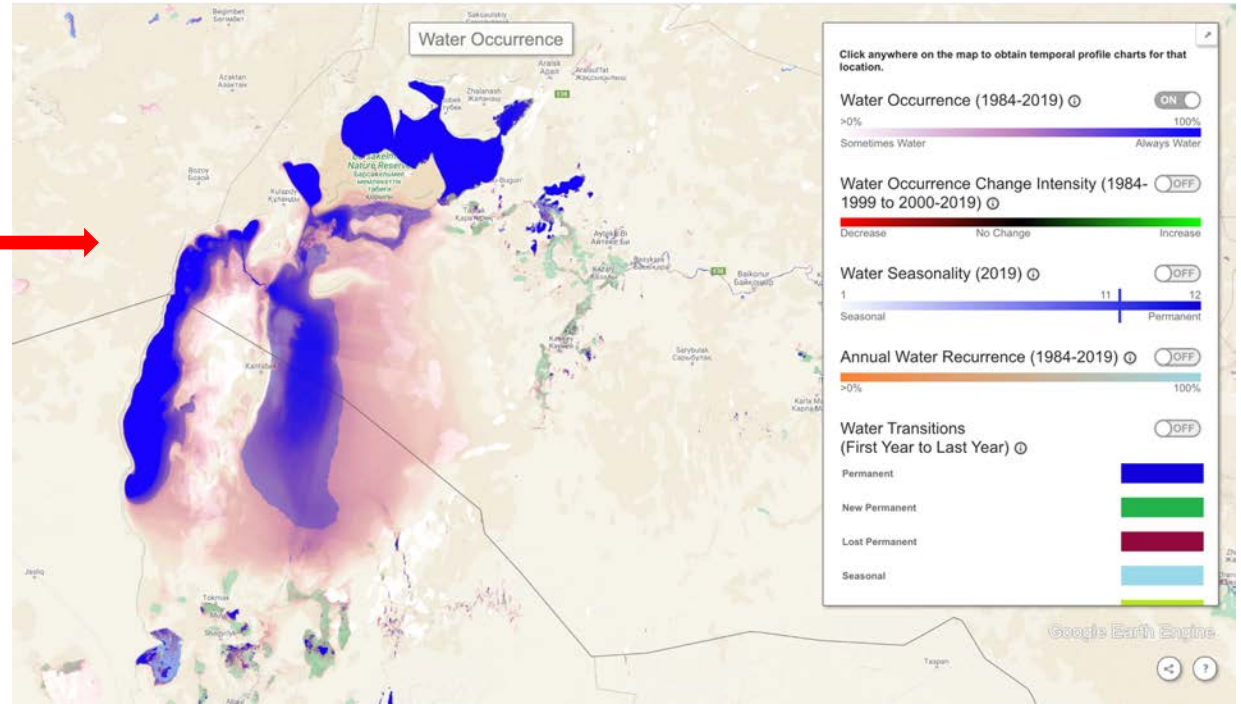
From: High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes



a, Total number of unique views. b, First year of imaging. c, Number of scenes per month and year.

Acceso a Datos de Aguas Superficiales a Nivel Global del JRC

- Datos de aguas superficiales disponibles en resolución de 30 m.
- Actualmente disponibles de 1984 a 2019.
- Datos disponibles de Global Surface Water Explorer: http://global-surface-water.appspot.com/#
- También disponibles en Google Earth Engine (GEE): https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/JRC_GSW1_2_GlobalSurfaceWater#bands



Acceso a Datos de Aguas Superficiales a Nivel Mundial

Capas de Datos Disponibles para el conjunto "JRC Global Surface Water", v1.2 (GEE):

Description | Bands | Terms of Use | Citations

Resolution
30 meters

Bands

Name	Units	Min	Max	Description
occurrence	%	0	100	The frequency with which water was present.
change_abs	%	-100	100	Absolute change in occurrence between two epochs: 1984-1999 vs 2000-2019.
change_norm	%	-100	100	Normalized change in occurrence. (epoch1-epoch2)/(epoch1+epoch2) * 100
seasonality		0	12	Number of months water is present.
recurrence	%	0	100	The frequency with which water returns from year to year.
transition				Categorical classification of change between first and last year.
max_extent				Binary image containing 1 anywhere water has ever been detected.

Ejemplos del Monitoreo de Lagos y Reservorios

Monitoreo del Volumen de los Lagos

Aplicación del área de aguas superficiales y la altura del nivel de agua en base a la altimetría para el monitoreo de los cambios en el volumen de los lagos entre 1984 y 2015, (Busker et al. 2019)

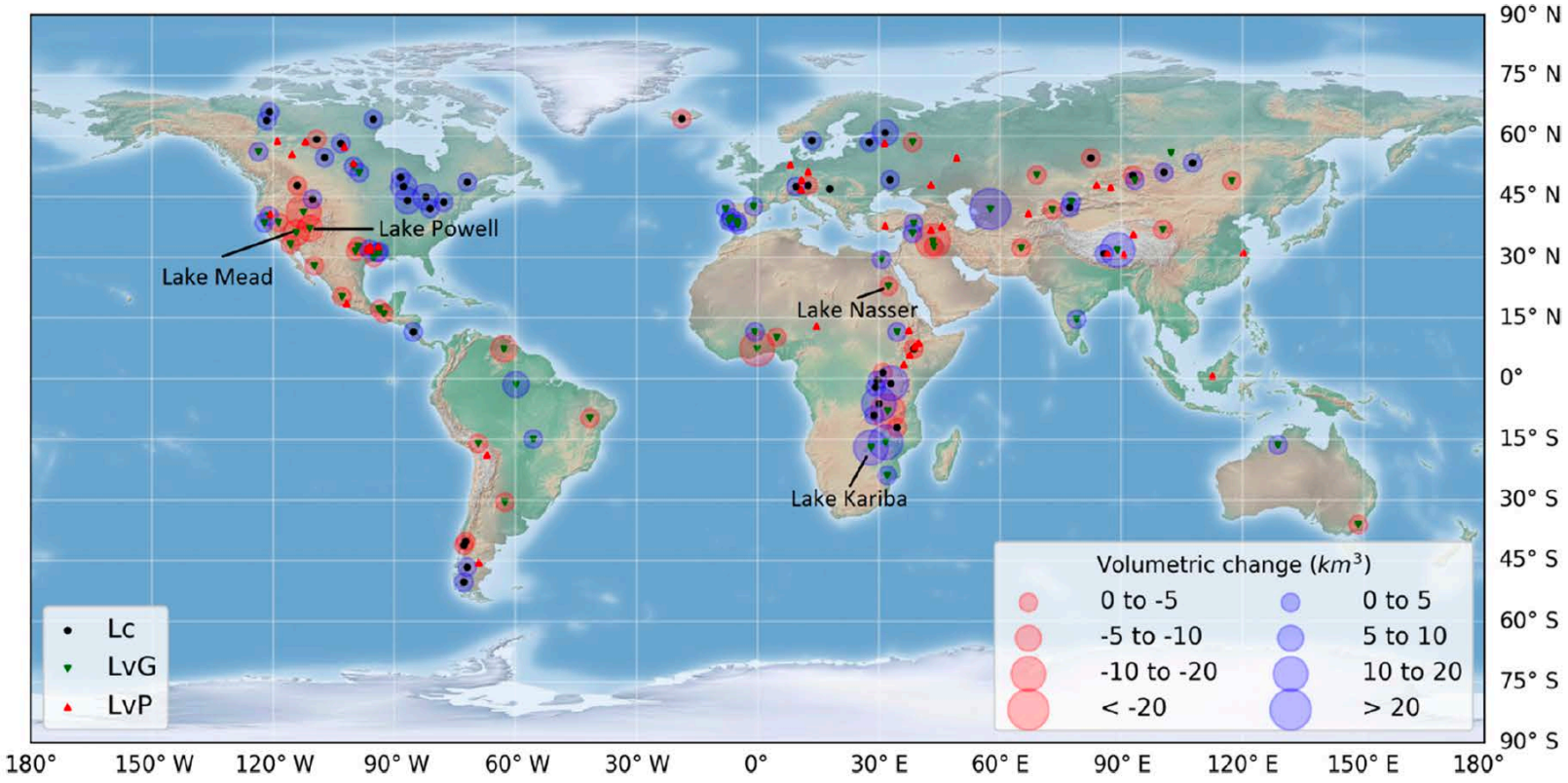
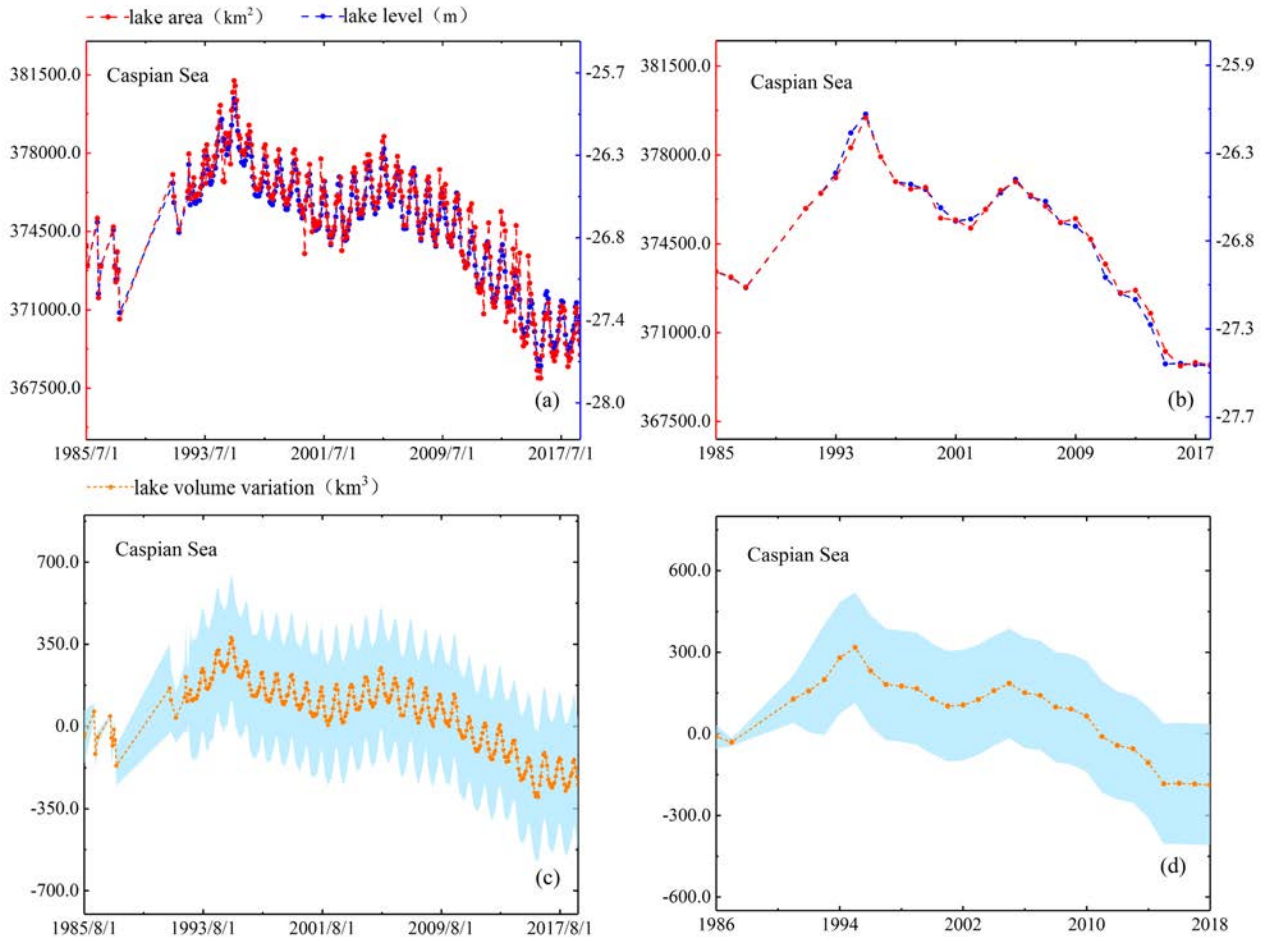


Figure 7. Lake and reservoir types (constant area (Lc), variable area with good (LvG) and poor (LvP) regression performance) with the average volume changes.

Monitoreando la Superficie y el Volumen de los Lagos

Variaciones en la superficie, nivel y volumen de un lago en escala temporal mensual (**a**, **c**) y anual (**b**, **d**) para el Mar Caspio (Luo et al., 2019)

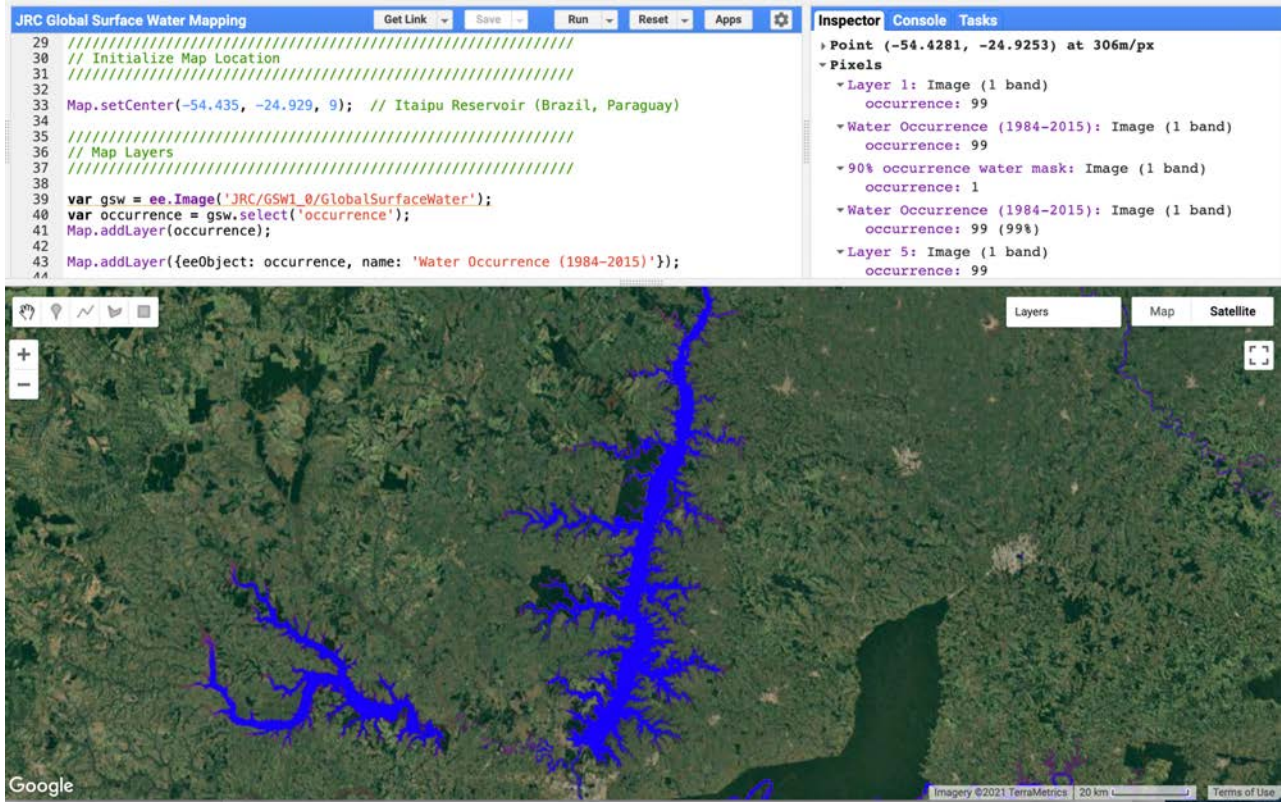


Demostración: Acceso a Datos de Aguas Superficiales a Nivel Mundial

Demostración – Google Earth Engine

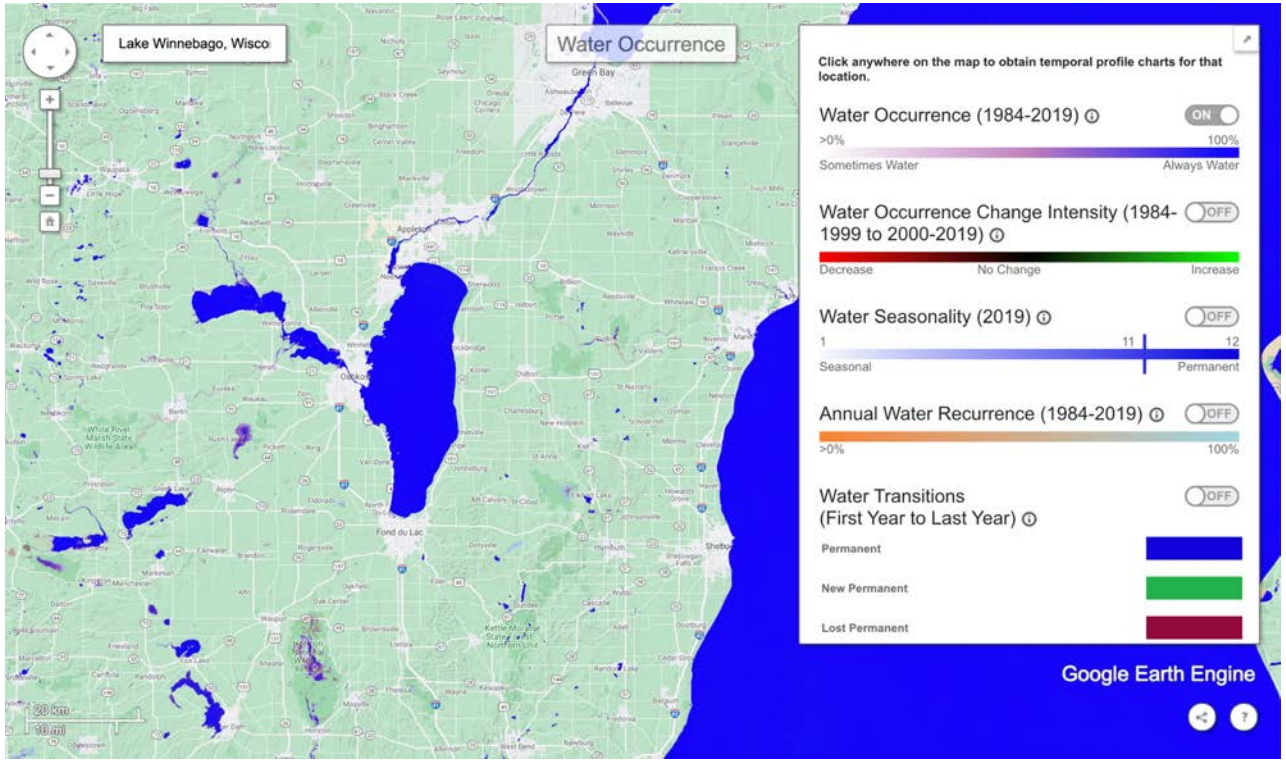
- Demostración no. 1:
  - JRC Global Surface Water Data
  - Google Earth Engine
  - Reservorio de Itaipú (Brasil, Paraguay)
  - Aquí puede encontrar el código de la demostración:

    https://code.earthengine.google.com/?scriptPath=users%2Fseanemccartney%2FReservoir_Lakes%3AJRC%20Global%20Surface%20Water%20Mapping



Demostración – Global Surface Water Explorer

- Demostración no. 2:
  - JRC Global Surface Water Data
  - Global Surface Water Explorer
  - El lago Winnebago (Wisconsin, EE.UU.)
  - http://global-surface-water.appspot.com/map



Referencias

Busker, T., de Roo, A., Gelati, E., Schwatke, C., Adamovic, M., Bisselink, B., Pekel, J.-F., and Cottam, A., 2019: A global lake and reservoir volume analysis using a surface water dataset and satellite altimetry, Hydrol. Earth Syst. Sci., 23, 669–690, https://doi.org/10.5194/hess-23-669-2019.

Brêda, J. P. L. F., Paiva, R. C. D., Bravo, J. M., Passaia, O. A., & Moreira, D. M. (2019). Assimilation of satellite altimetry data for effective river bathymetry. Water Resources Research, 55, 7441– 7463. https://doi.org/10.1029/2018WR024010

Carroll, M.L., J.R. Townshend, C.M. DiMiceli, P. Noojipady & R.A. Sohlberg (2009) A new global raster water mask at 250 m resolution, International Journal of Digital Earth, 2:4, 291-308, DOI: 10.1080/17538940902951401.

Carroll, M.L., C. M. DiMiceli, J. R. G. Townshend, R. A. Sohlberg, A. I. Elders, S. Devadiga, A. M. Sayer & R. C. Levy (2017) Development of an operational land water mask for MODIS Collection 6, and influence on downstream data products, International Journal of Digital Earth, 10:2, 207-218, DOI: 10.1080/17538947.2016.1232756

Luo S, Song C, Liu K, Ke L, Ma R. An Effective Low-Cost Remote Sensing Approach to Reconstruct the Long-Term and Dense Time Series of Area and Storage Variations for Large Lakes. *Sensors*. 2019; 19(19):4247.

Messager, M.L., Lehner, B., Grill, G., Nedeva, I., Schmitt, O. (2016) Estimating the volume and age of water stored in global lakes using a geo-statistical approach. *Nature Communications*: 13603. doi: 10.1038/ncomms13603.

Meyer, M.F., Labou, S.G., Cramer, A.N. *et al.* (2020) The global lake area, climate, and population dataset. *Sci Data* , 174 https://doi.org/10.1038/s41597-020-0517-4. 7

Pekel, JF., Cottam, A., Gorelick, N. *et al.* (2016) High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature* 540, 418–422. https://doi.org/10.1038/nature20584.

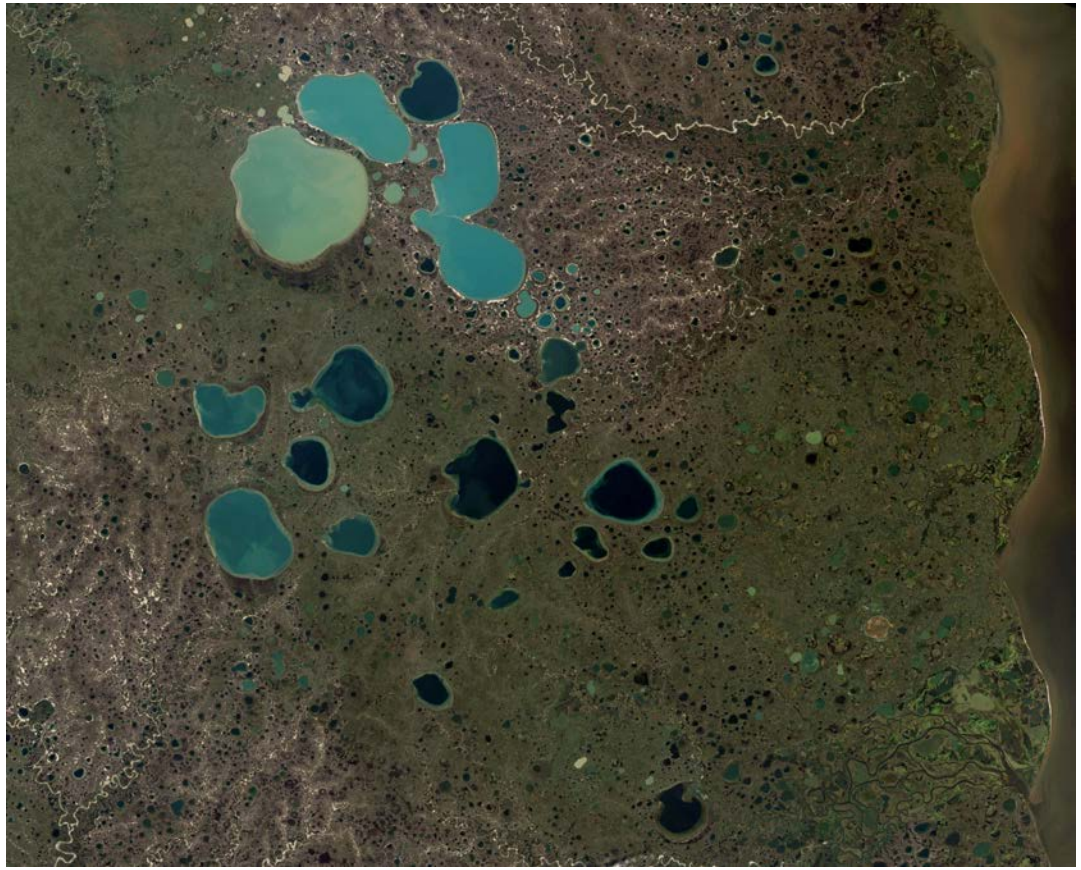
Yao, L., H. Gao, M. F. Jasinski, S. Zhang and J. D. Stoll. (2019) Deriving High-Resolution Reservoir Bathymetry From ICESat-2 Prototype Photon-Counting Lidar and Landsat Imagery. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing,* 57:10, 7883-7893 doi: 10.1109/TGRS.2019.2917012

Yao, L., Gao, H., Zhao, G., Kuo-Hsin, T. (2020). A high-resolution bathymetry dataset for global reservoirs using multi-source satellite imagery and altimetry, Remote Sensing of Environment, 244, https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111831

Zhang, G., Chen, W., & Xie, H. (2019). Tibetan Plateau's lake level and volume changes from NASA's ICESat/ICESat-2 and Landsat Missions. Geophysical Research Letters, 46, 13107– 13118. https://doi.org/10.1029/2019GL085032

Preguntas

- Por favor escriban sus preguntas en el cuadro para preguntas y respuestas. Las responderemos en el orden que las hayamos recibido.
- Publicaremos el documento de preguntas y respuestas en la página web de la capacitación después de la conclusión del webinar.



https://earthobservatory.nasa.gov/images/6034/pothole-lakes-in-siberia

Contactos

- Capacitadores:
  - Amita Mehta: amita.v.mehta@nasa.gov
  - Sean McCartney: sean.mccartney@nasa.gov
- Página web de la capacitación:
  - https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/mapping-and-monitoring-lakes-and-reservoirs-satellite-observations
- Página web de ARSET:
  - https://appliedsciences.nasa.gov/what-we-do/capacity-building/arset

APPLIED REMOTE SENSING TRAINING PROGRAM
TRAIN - EMPOWER - ADVANCE

¡Gracias!