



Evaluación del Aumento del Nivel del Mar en Escala Regional a Local Utilizando Observaciones de la Tierra

Ben Hamlington, NASA JPL
Director del Equipo del NASA Sea Level Change Team

24 de agosto de 2021

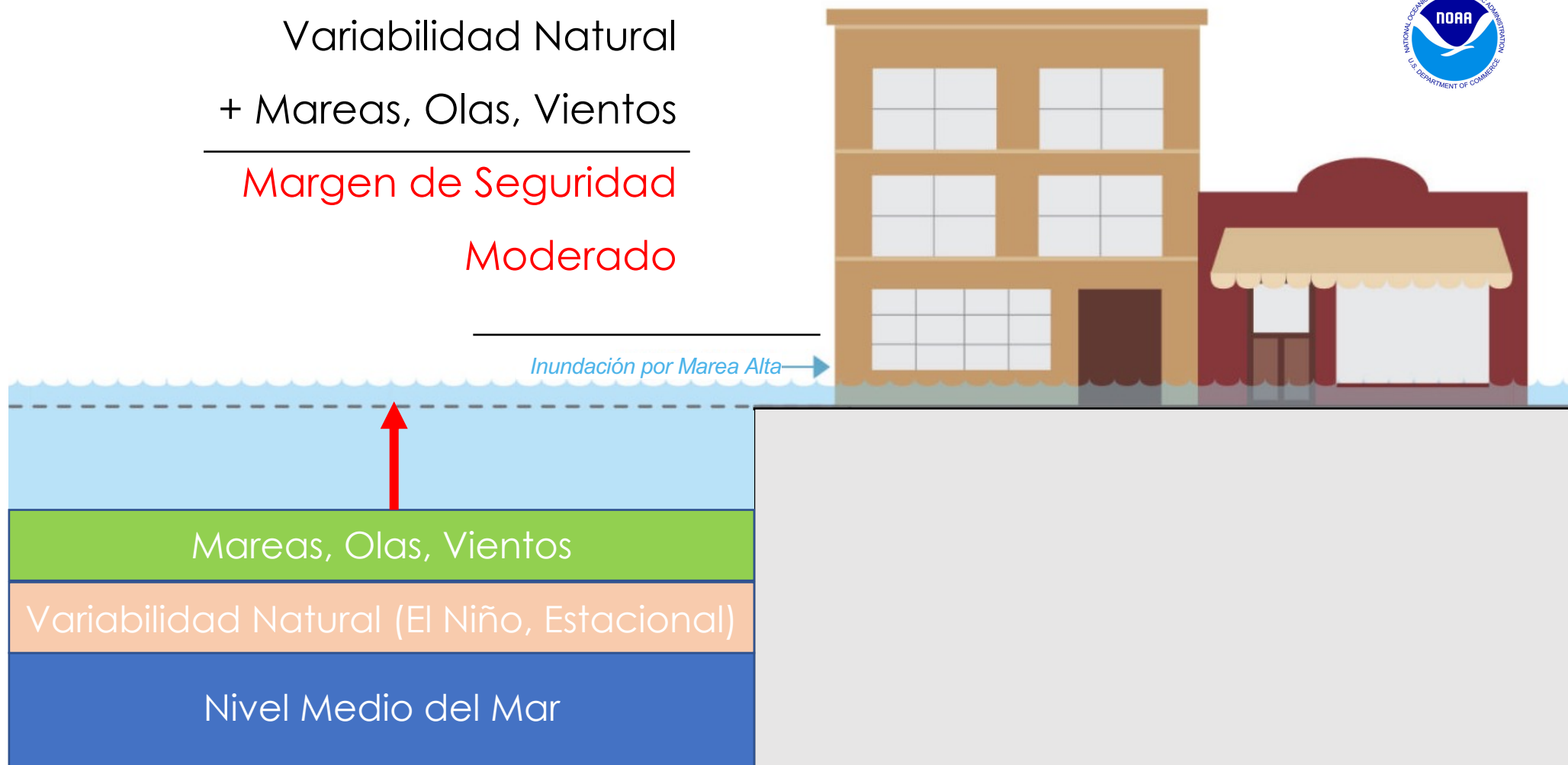


Factores que Contribuyen al Aumento del Nivel Del Mar

- El Nivel del Mar en el Pasado:

Nivel Medio del Mar
+ Variabilidad Natural
+ Mareas, Olas, Vientos

Margen de Seguridad
Moderado



Factores que Contribuyen al Aumento del Nivel Del Mar

- El Nivel del Mar Ahora: Nivel Medio del Mar
Aumento del Nivel Medio del Mar
Variabilidad Natural
Subsidencia
+ Mareas, Olas, Vientos

Menor Margen de Seguridad

Inundación por Marea Alta

LOCAL

Mareas, Olas, Vientos

REGIONAL

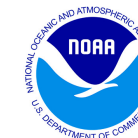
Variabilidad (El Niño, Estacional)

GLOBAL

Aumento del Nivel del Mar (Hielo, Calentamiento)

Nivel del Mar Medio

Subsidencia



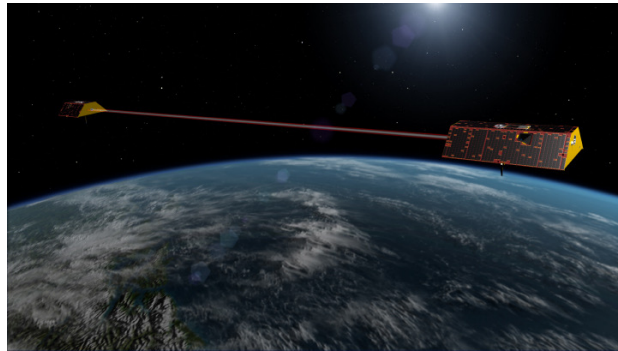
¿Por Qué Está en Aumento el Nivel del Mar a Escala Mundial?

- Hay dos razones por las que el nivel del mar está en aumento a escala global:
 1. El océano está expandiéndose → el agua se expande cuando se calienta (expansión térmica).
 2. El hielo encima de la tierra se está derritiendo y el agua resultante termina en el océano.



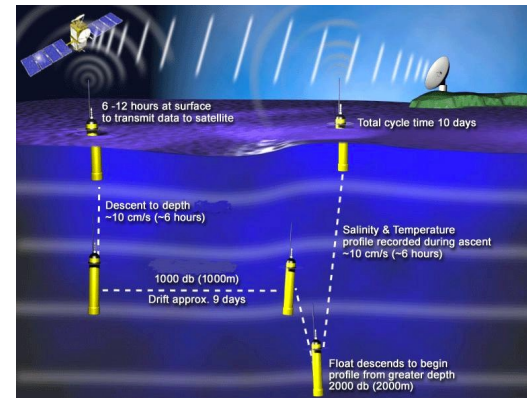
¿Por Qué Está en Aumento el Nivel del Mar a Escala Mundial?

Ice (GRACE-FO)



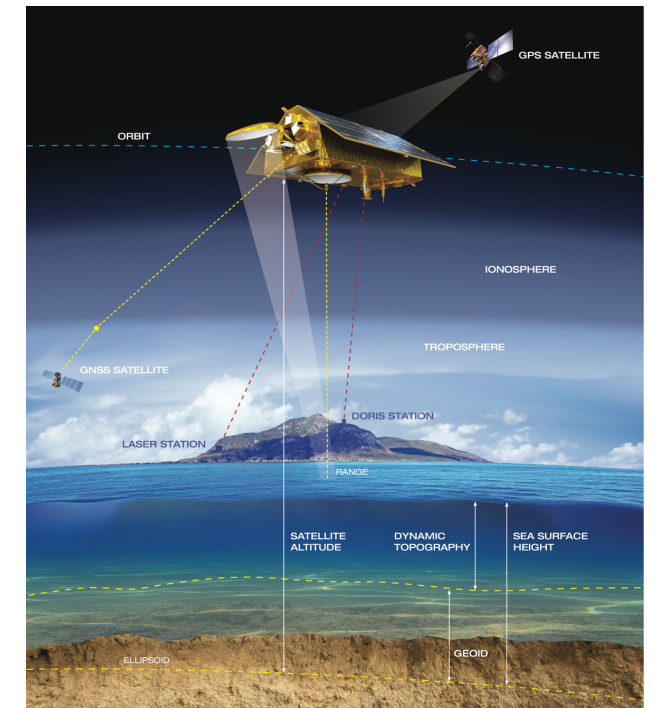
Expansión Térmica (Argo)

+



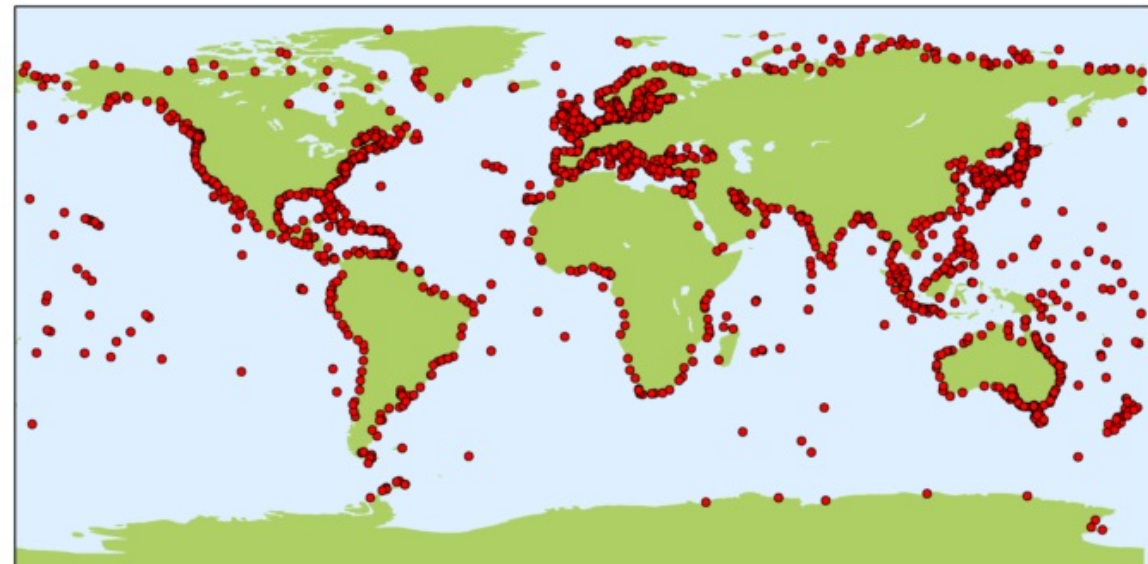
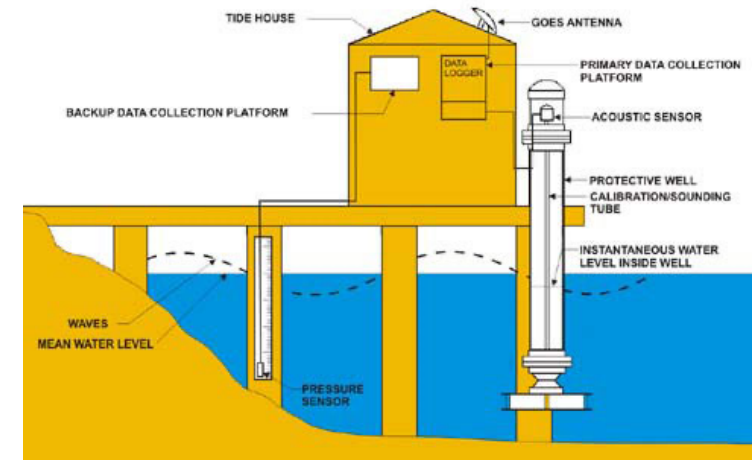
=

Total Sea Level (Altimetría)



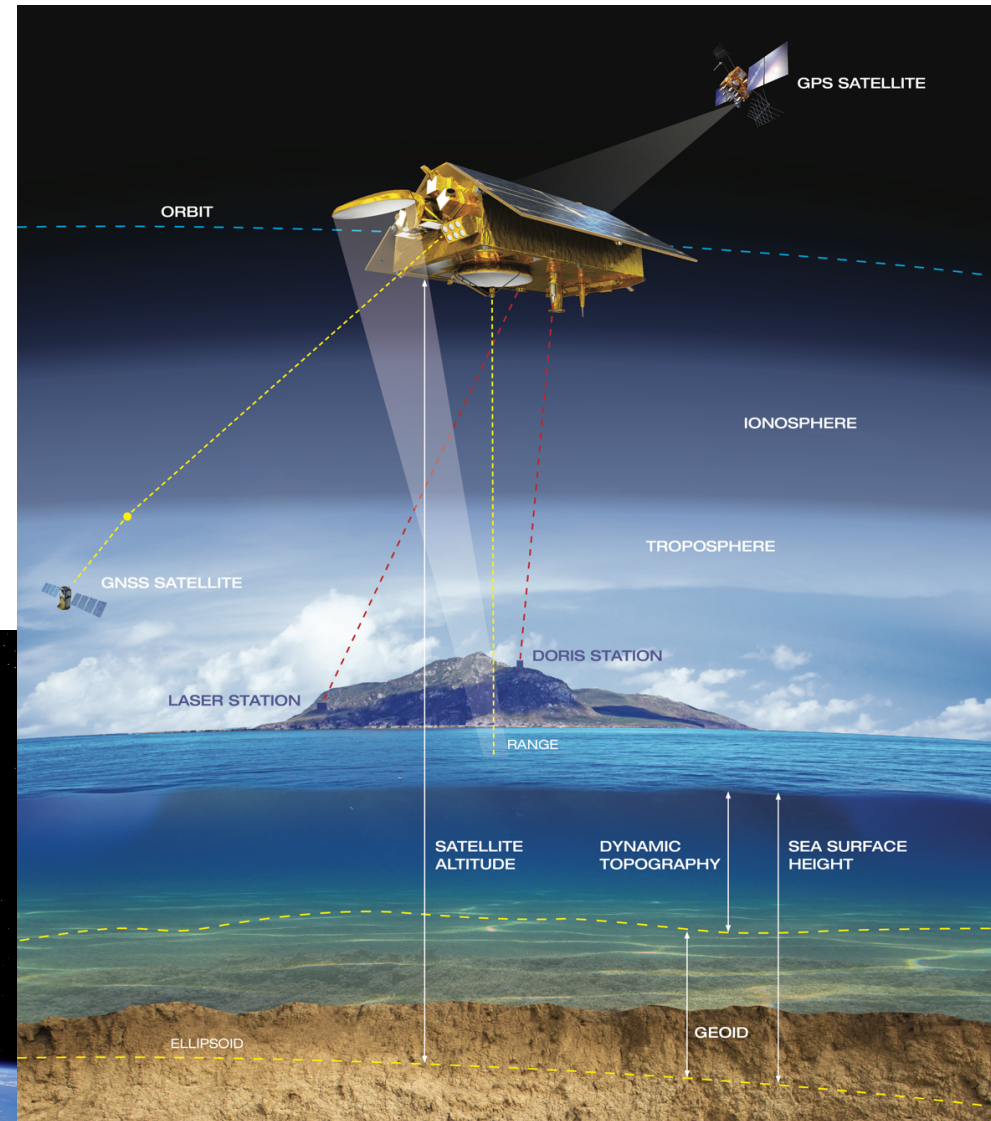
¿Cómo Medimos El Cambio de Nivel del Mar a Escala Mundial?

- Durante el último siglo, se han utilizado mareógrafos para medir el cambio del nivel del mar a lo largo de las líneas costeras del mundo.
- Hay desafíos asociados con la combinación de estos registros para estimar un nivel medio del mar a nivel mundial.

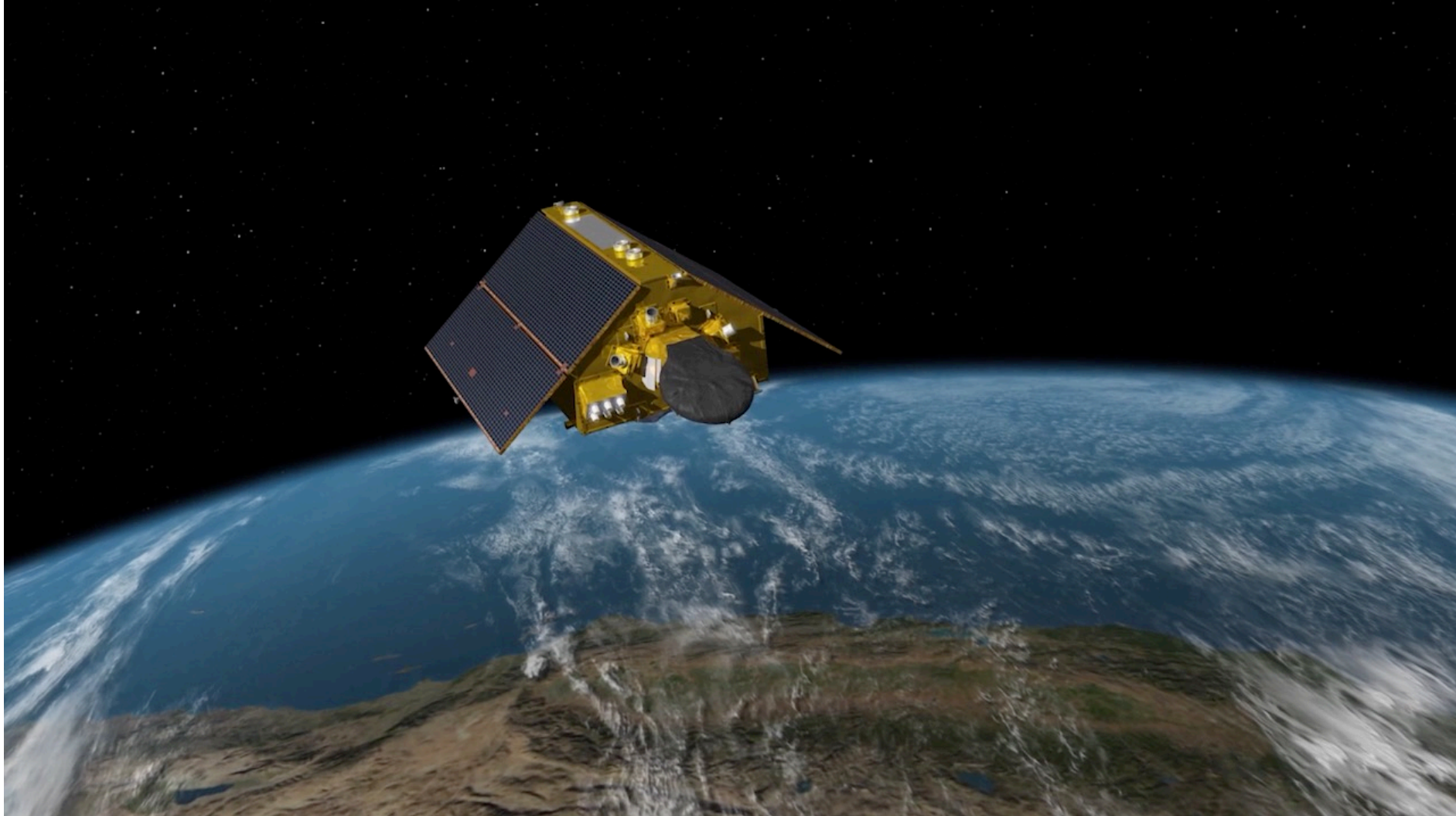


¿Cómo Medimos El Cambio de Nivel del Mar a Escala Mundial?

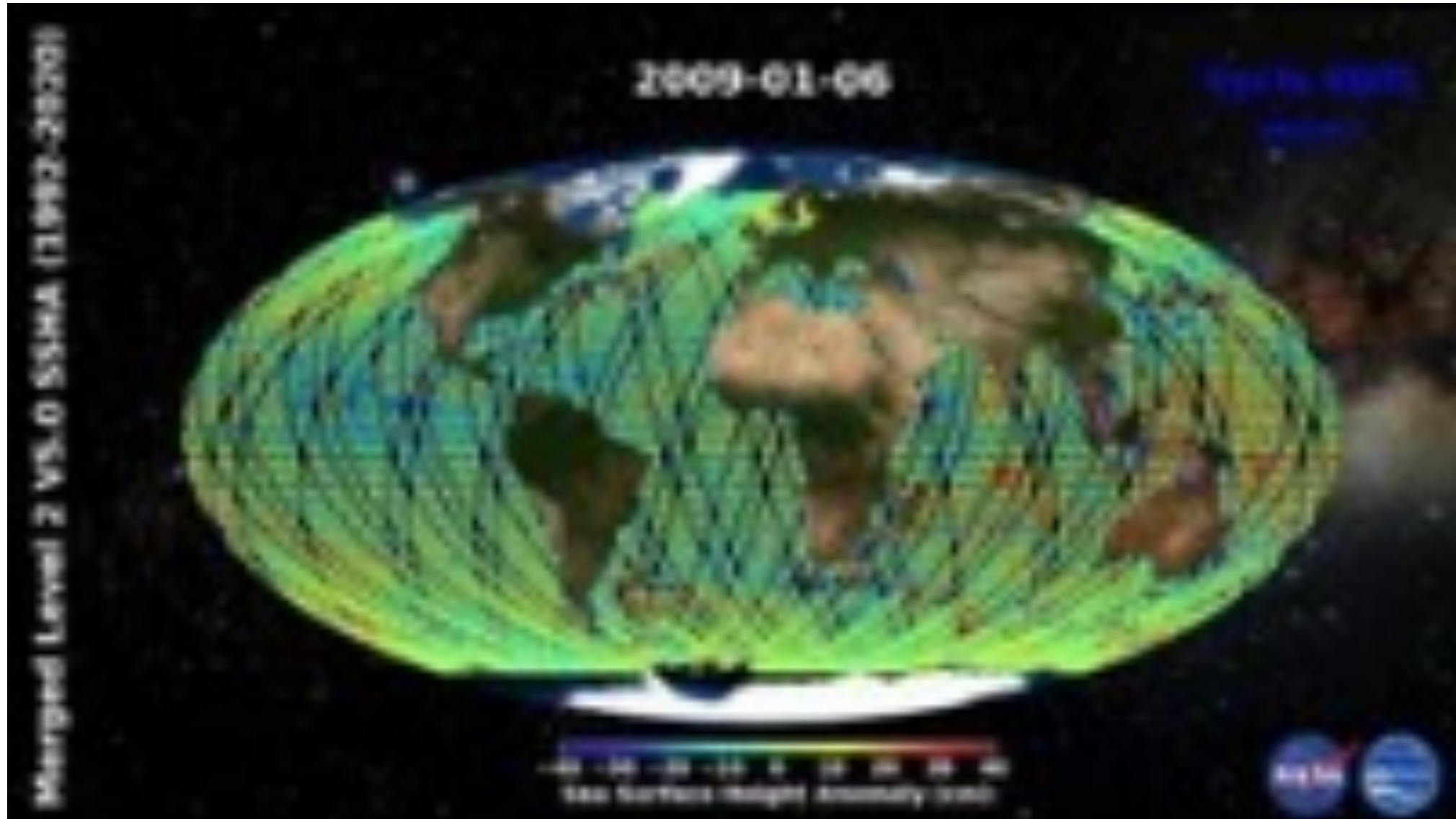
- Desde 1992, se utilizan altímetros satelitales para medir la altura del nivel de la superficie del océano.
- Brindan mediciones continuas con una cobertura casi global.
- **Sentinel-6/Michael Freilich continúa este registro.**



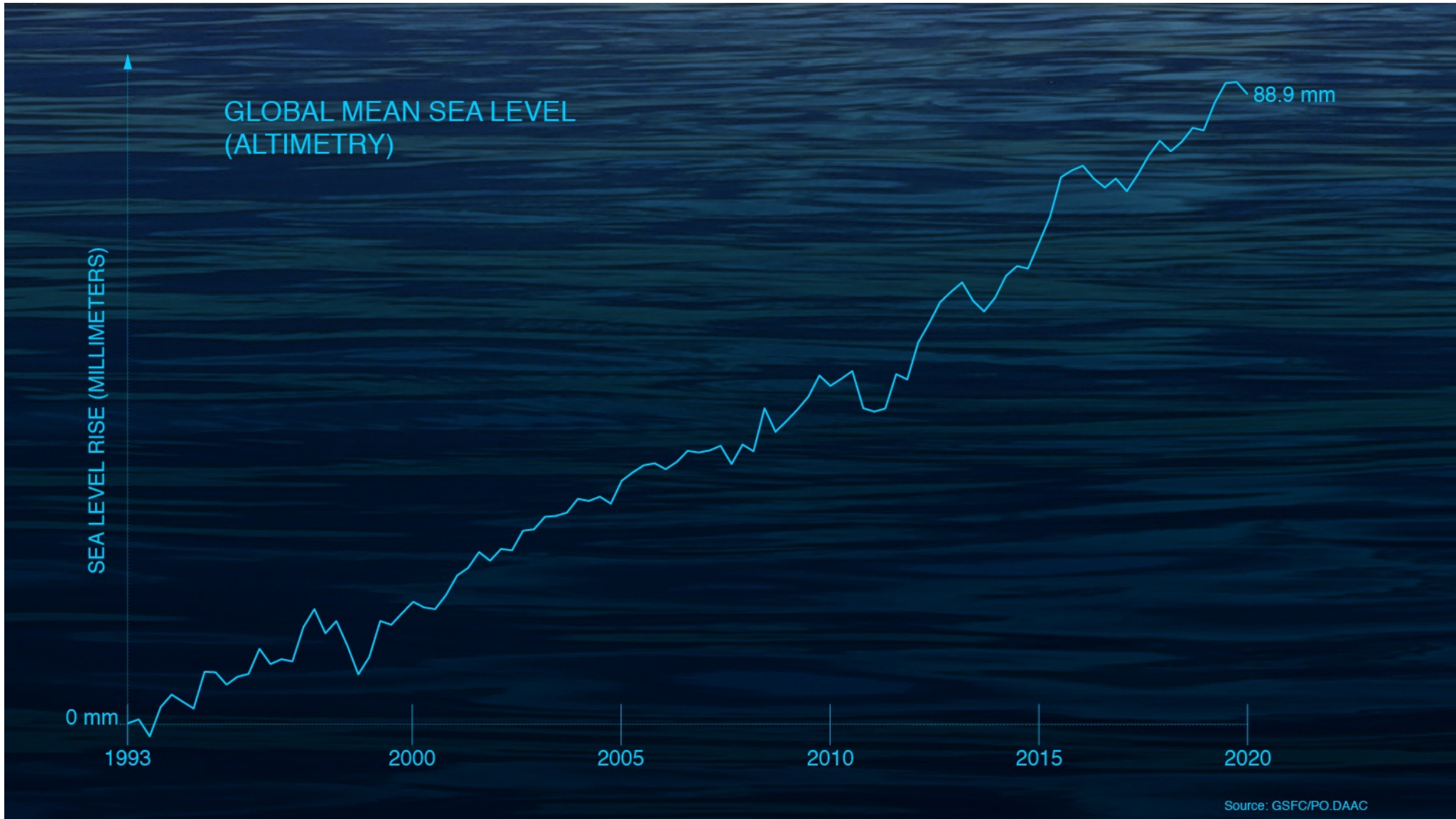
Altimetría Satelital

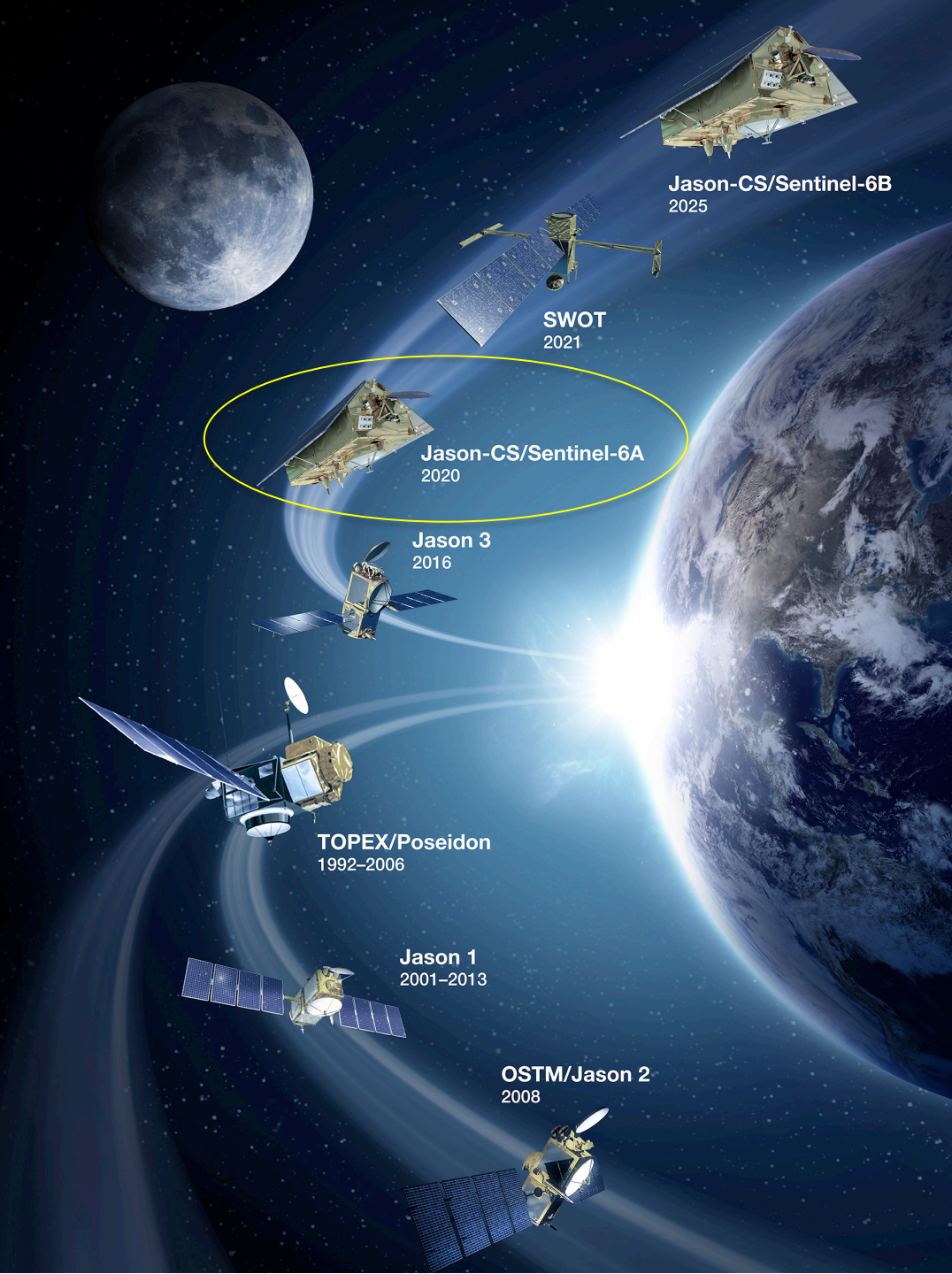


Altimetría Satelital



Nivel Medio del Mar Mundial según la Altimetría Satelital





Sentinel-6 continúa + de 27 años de mediciones del nivel del mar desde el espacio.

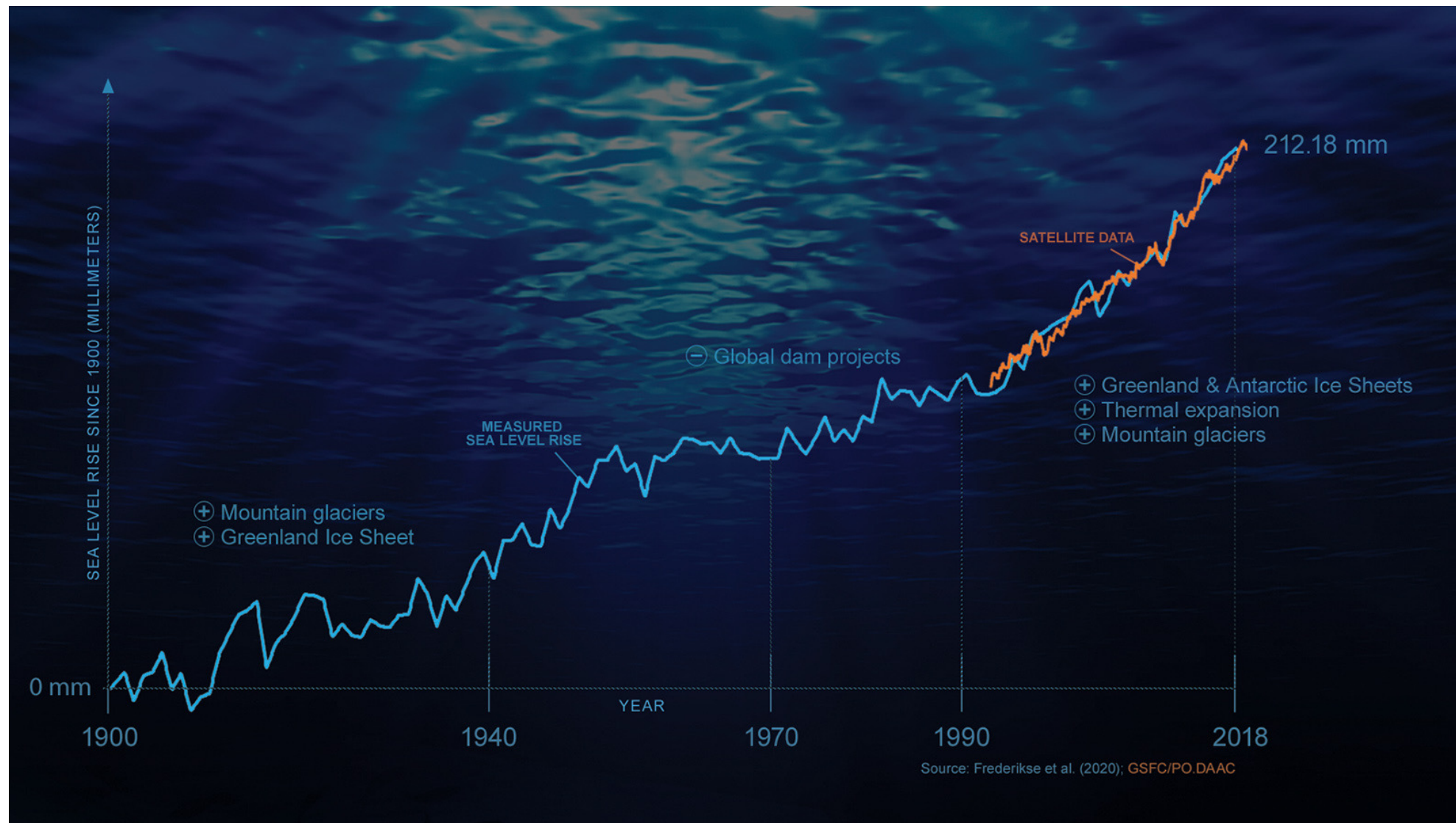
Con el lanzamiento de Sentinel-6A/Michael Freilich y Sentinel-6B en 2025, este registro sobrepasará los 40 años de duración.



¿Por qué es importante el registro largo?

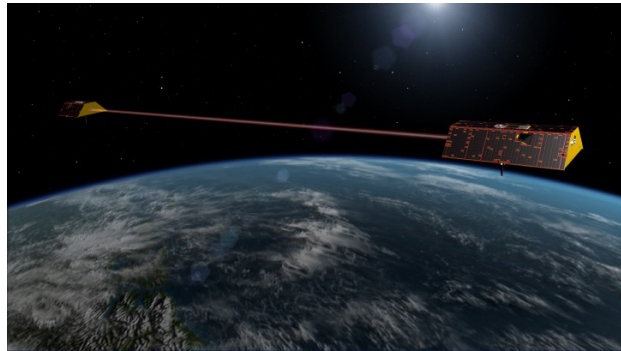


Nivel Medio del Mar Mundial



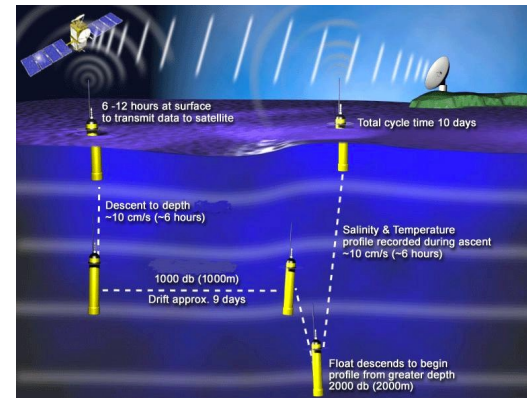
¿Por Qué Está en Aumento el Nivel del Mar a Escala Mundial?

Ice (GRACE-FO)



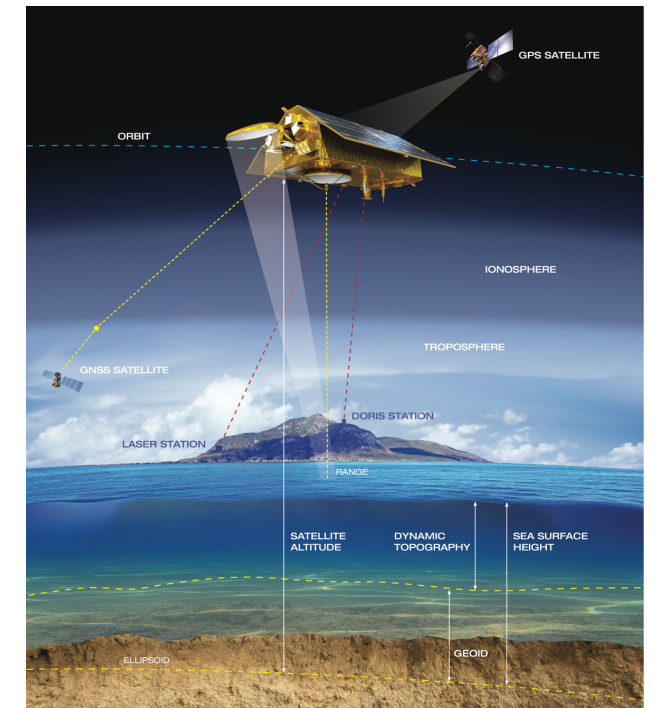
Expansión Térmica (Argo)

+



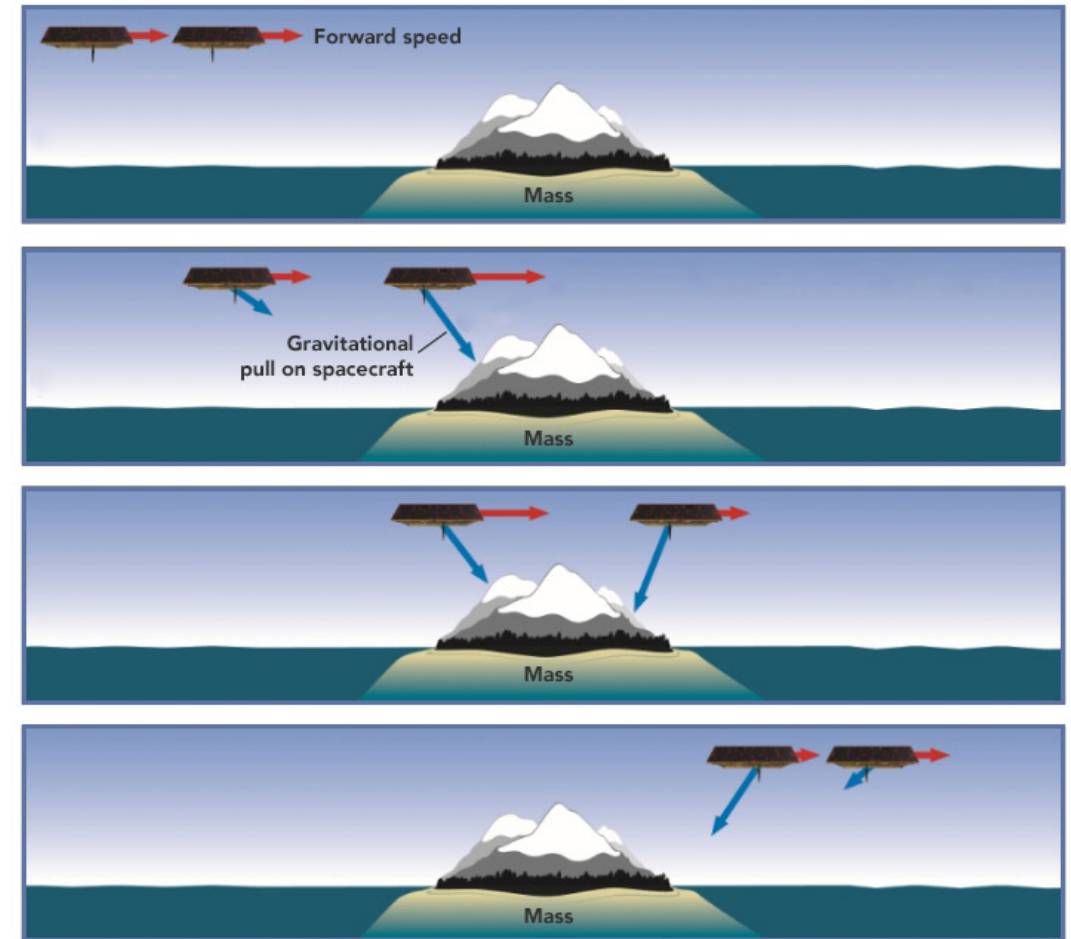
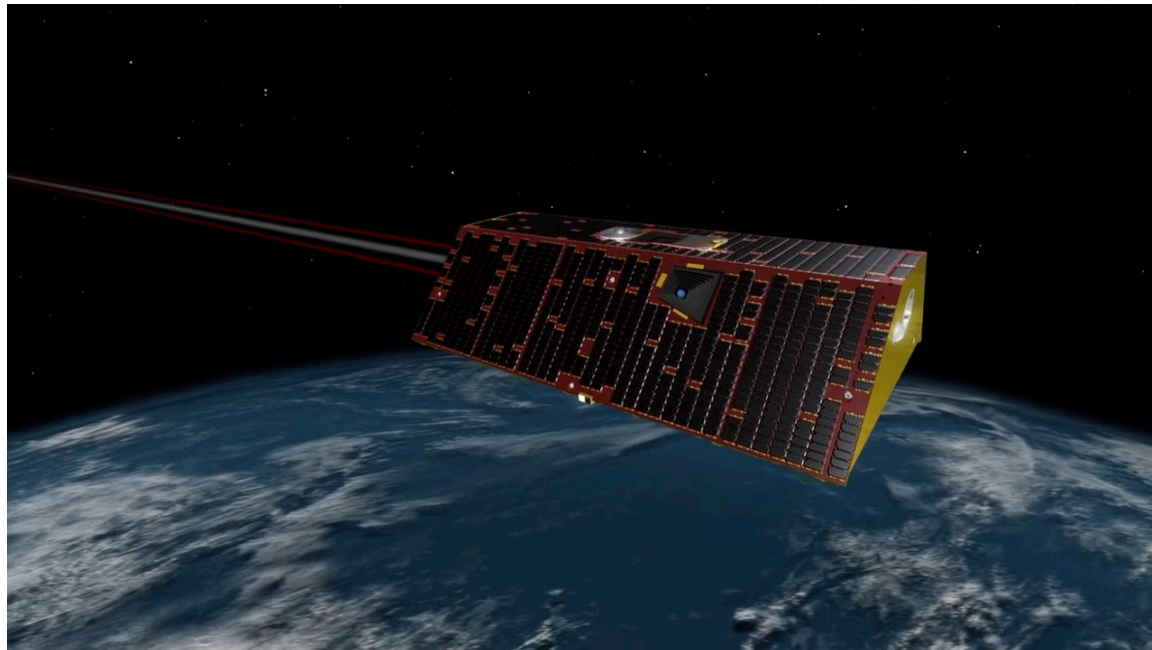
=

Total Sea Level (Altimetría)



GRACE y GRACE-FO

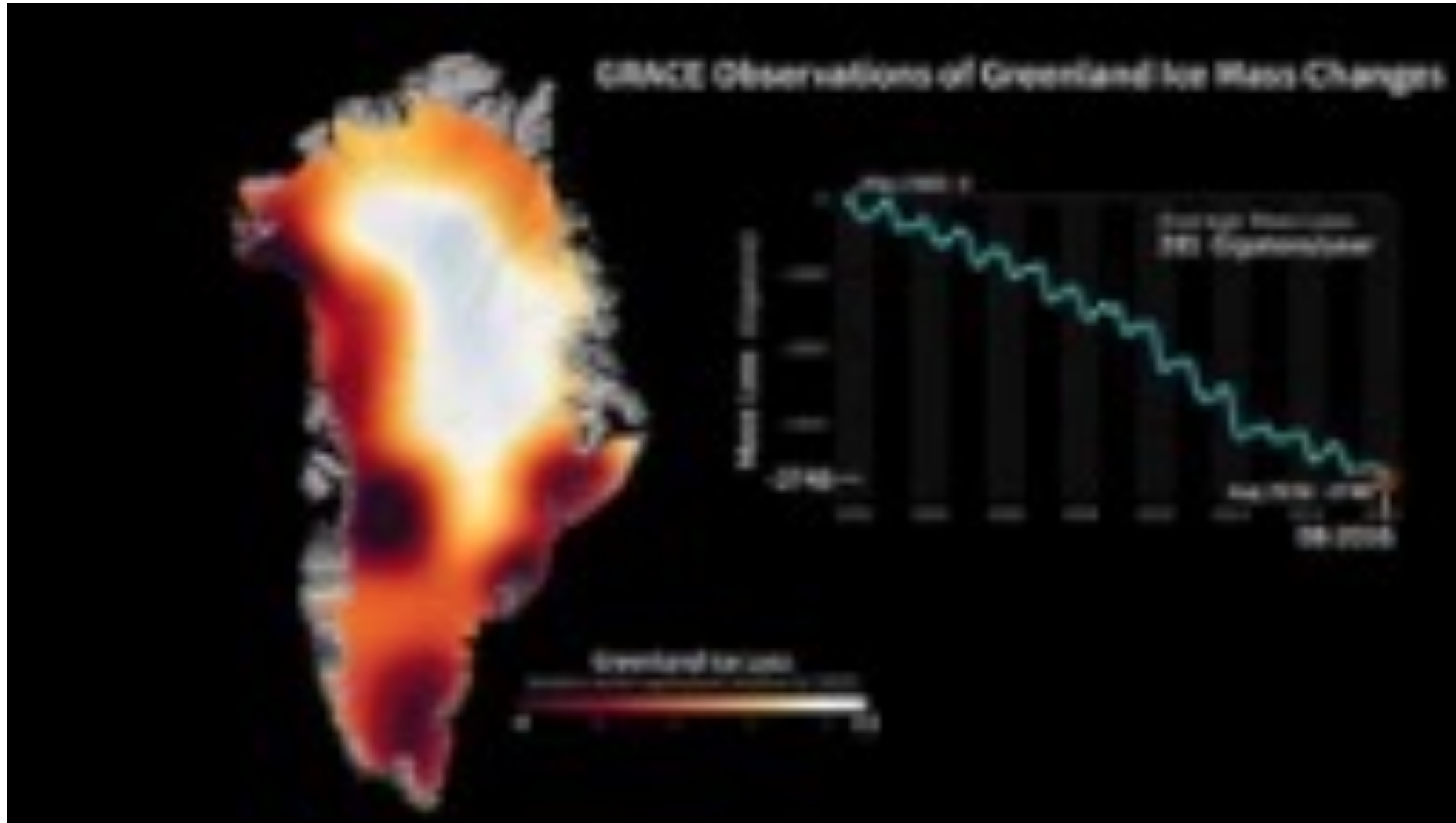
- Gravity Recovery & Climate Experiment (GRACE; 2002-2016) y GRACE Follow-On (GRACE-FO; 2018-pres.) miden cambios gravitacionales en la Tierra.
 - Estos satélites nos pueden decir cuánto hielo se está perdiendo.
 - También nos informan sobre el movimiento de las aguas en la Tierra.



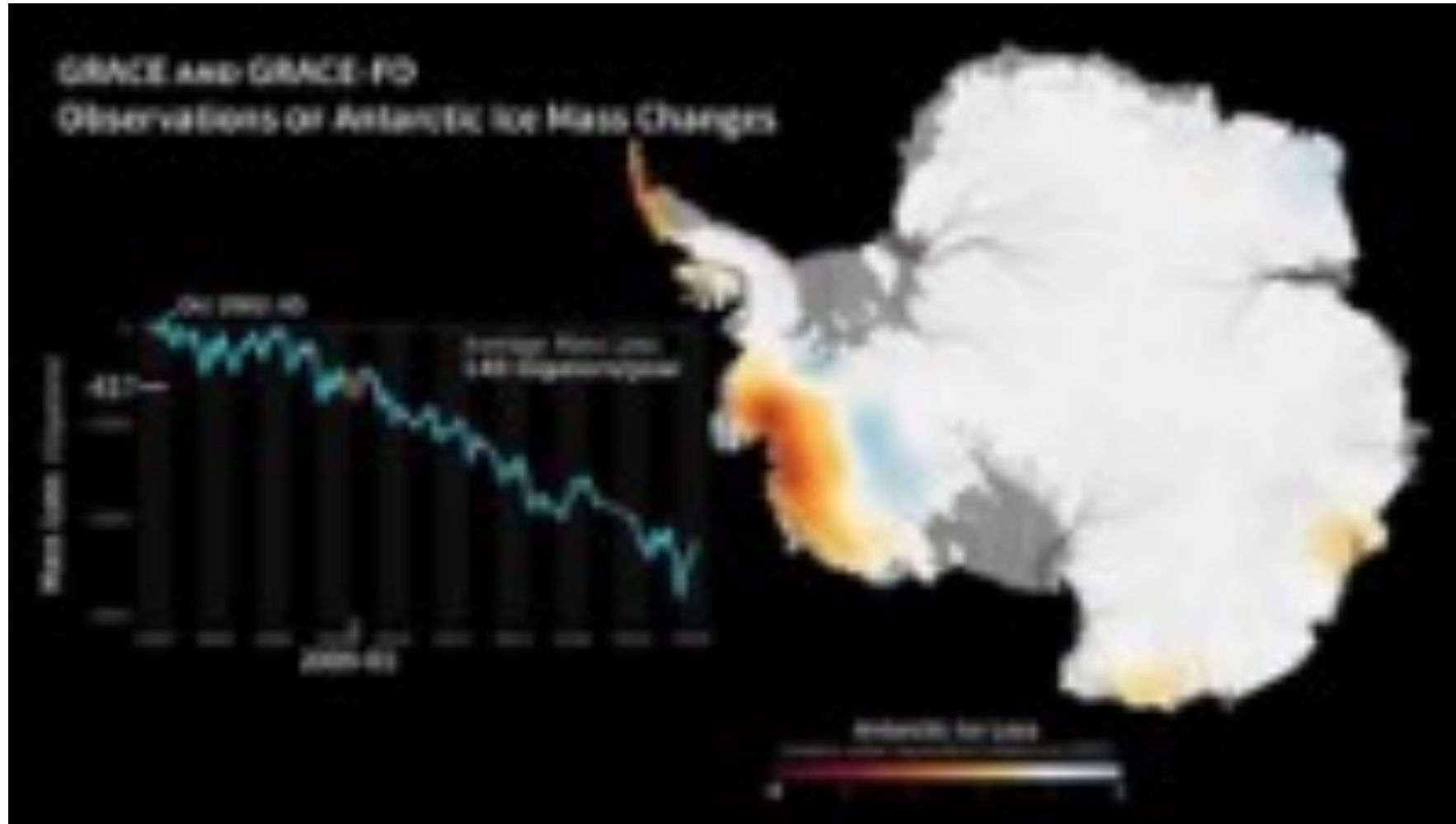
<https://earthobservatory.nasa.gov/>



Pérdida de la Capa de Hielo de Groenlandia



Pérdida de la Capa de Hielo de la Antártida



Cambio del Nivel del Mar Debido a la Pérdida de Hielo

DIRECT MEASUREMENTS: 2002-PRESENT

Data source: Monthly measurements (average seasonal cycle removed). Credit: JPL

RATE OF CHANGE

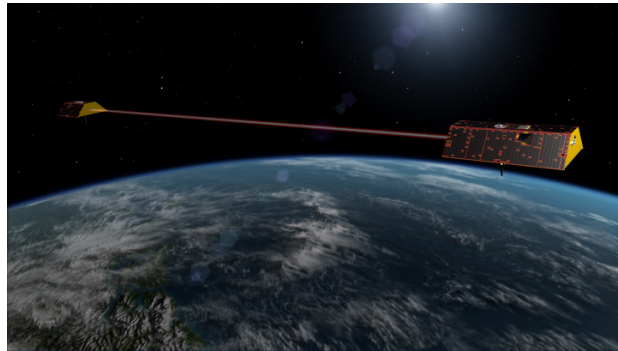
↑ 2.1

(± 0.3) mm/yr



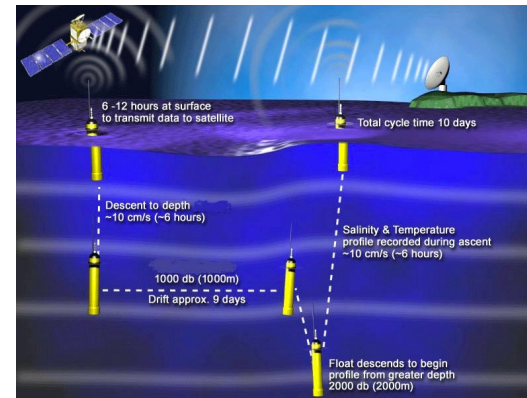
¿Por Qué Está en Aumento el Nivel del Mar a Escala Mundial?

Ice (GRACE-FO)



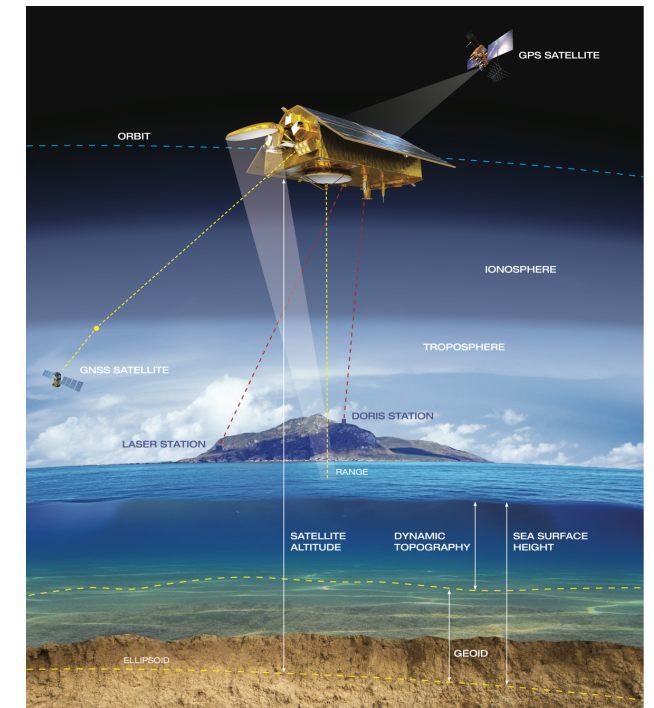
+

Expansion Térmica (Argo)



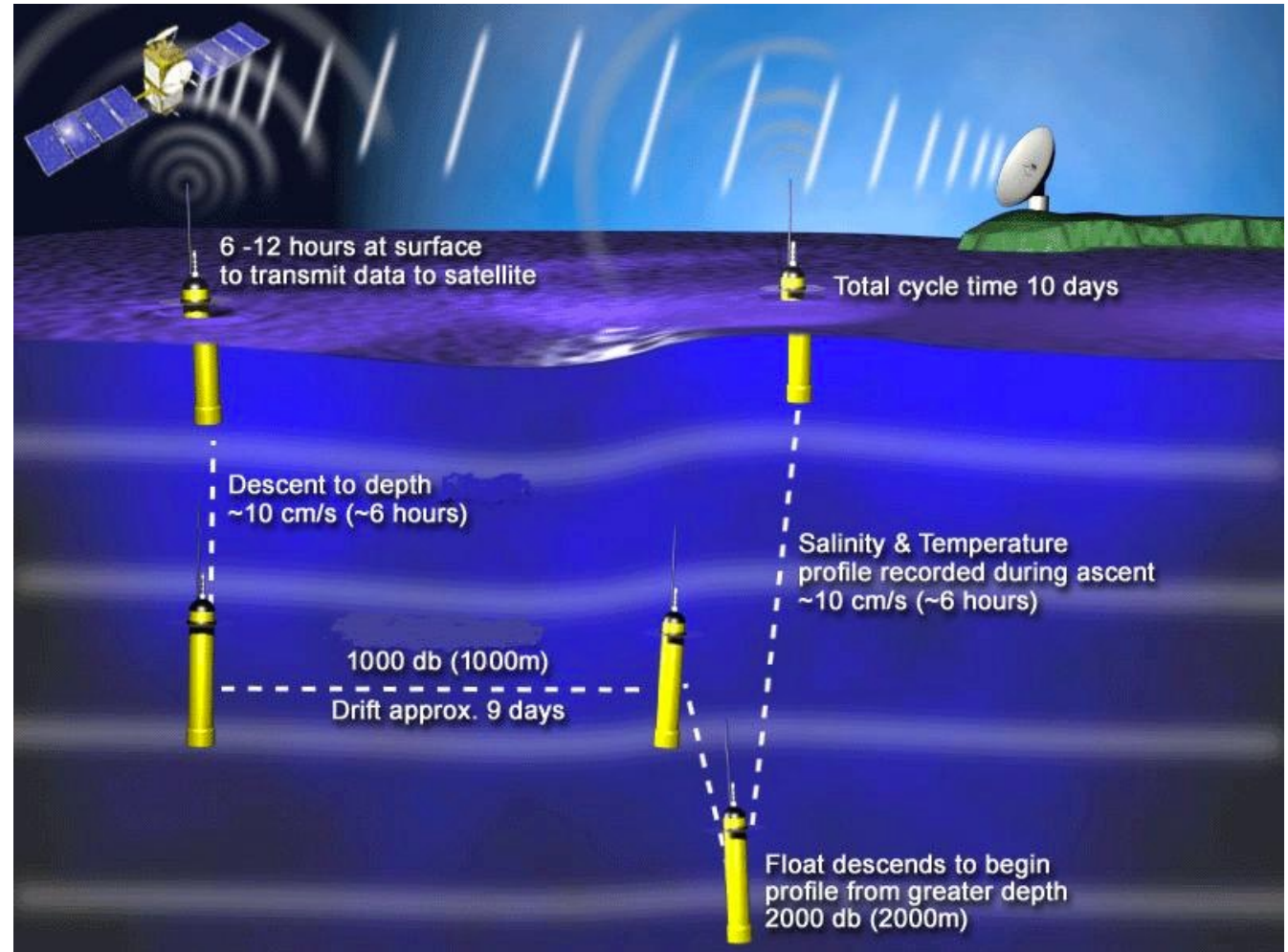
=

Total Sea Level (Altimetría)

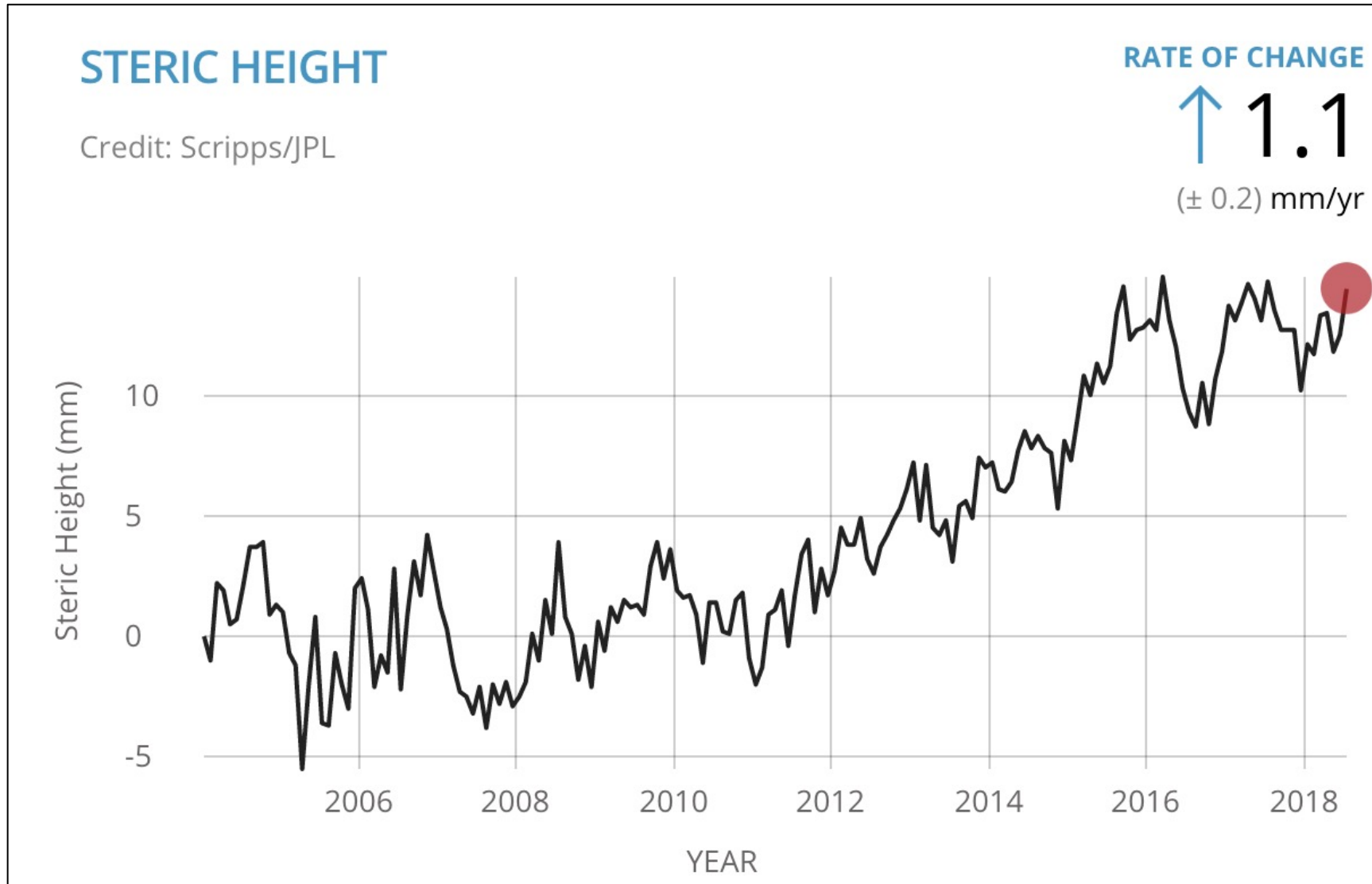


Argo- Flotadores de Perfilación

- Desde ~2005, los flotadores de perfilación de Argo miden la temperatura y salinidad del océano desde 0 hasta 2000 m por debajo de la superficie.
- A partir de estas mediciones, podemos estimar el impacto de la expansión térmica en el aumento del nivel del mar.

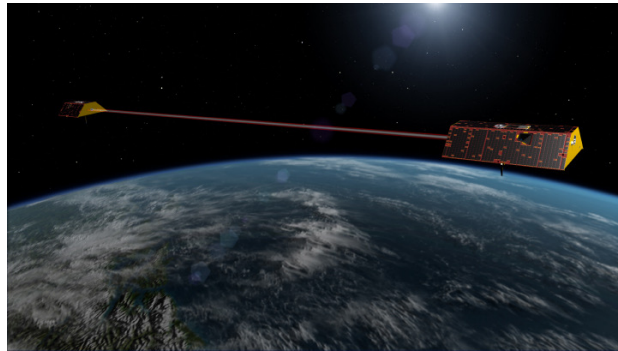


Cambio del Nivel del Mar Debido a la Expansión Térmica



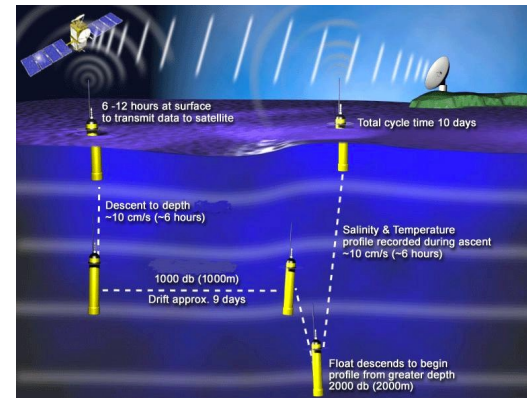
¿Por Qué Está en Aumento el Nivel del Mar a Escala Mundial?

Ice (GRACE-FO)



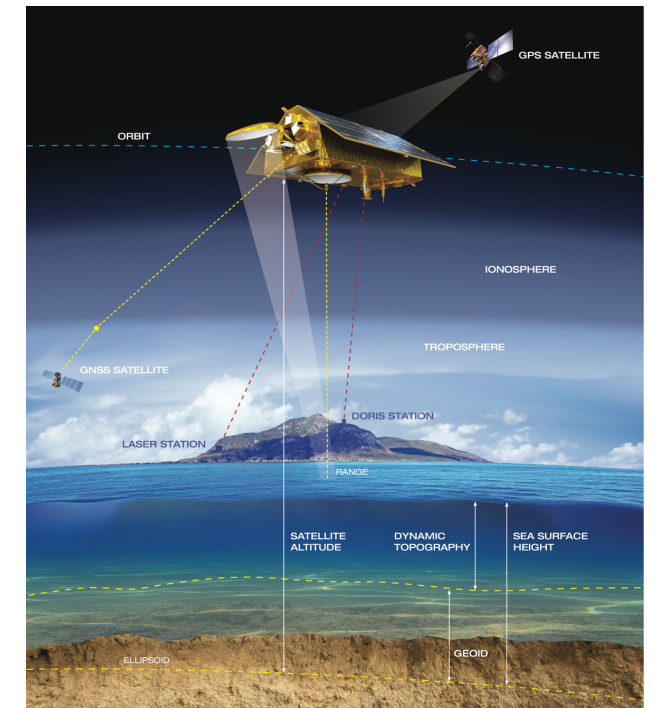
+

Expansion Térmica (Argo)

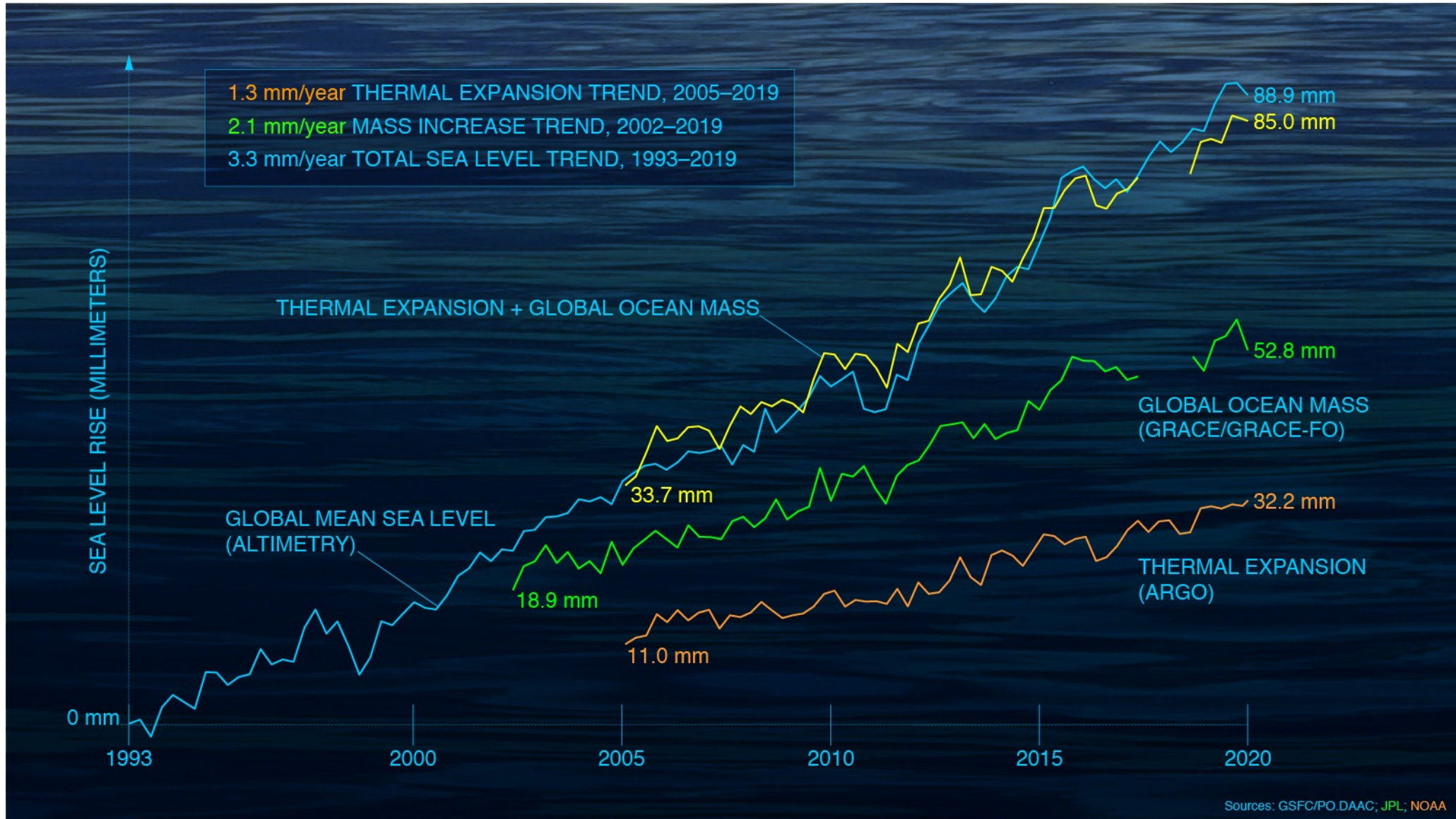


=

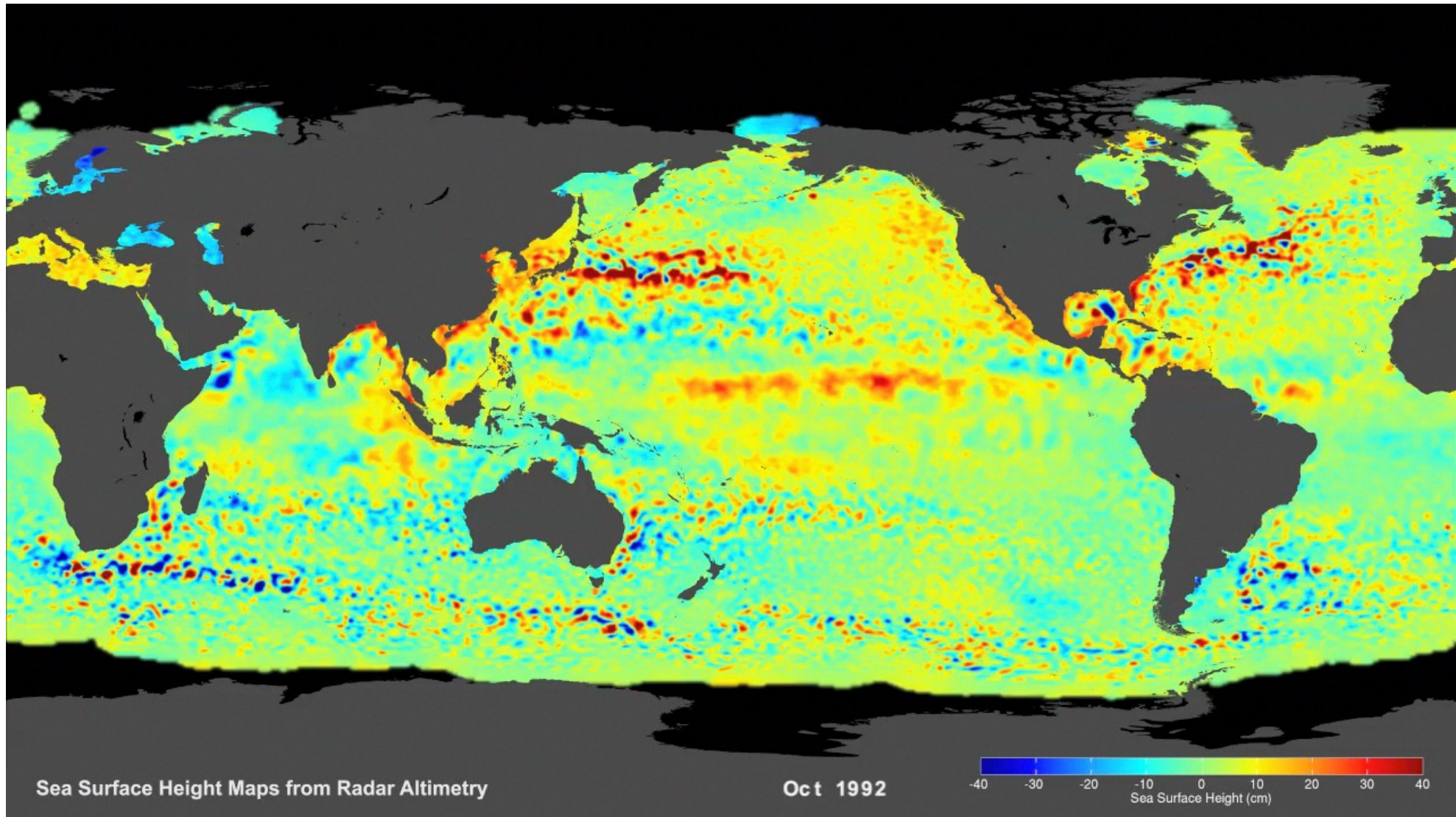
Total Sea Level (Altimetría)



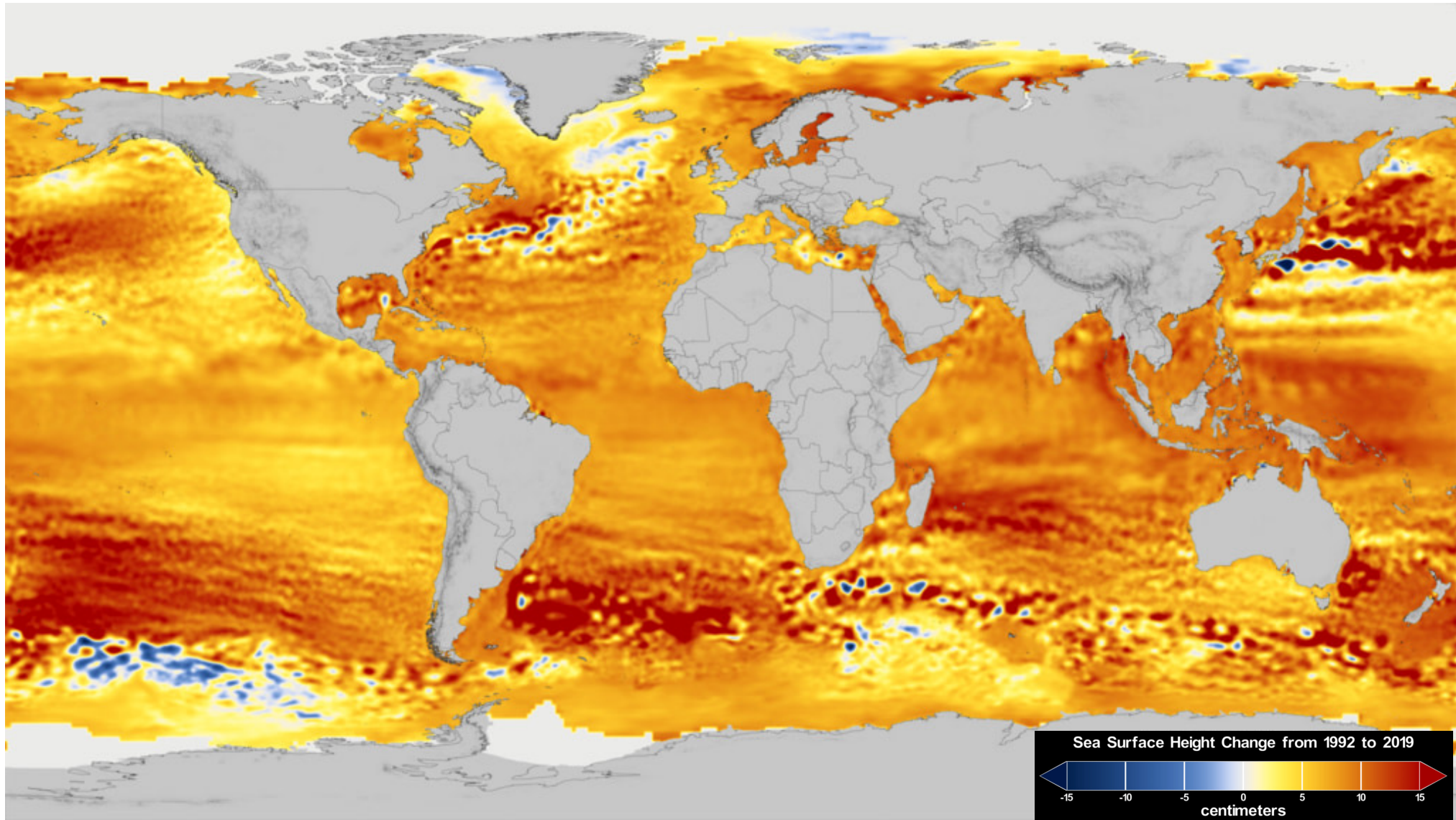
Cerrando "Balance" del Nivel del Mar



Cambio del Nivel del Mar a Escala Regional

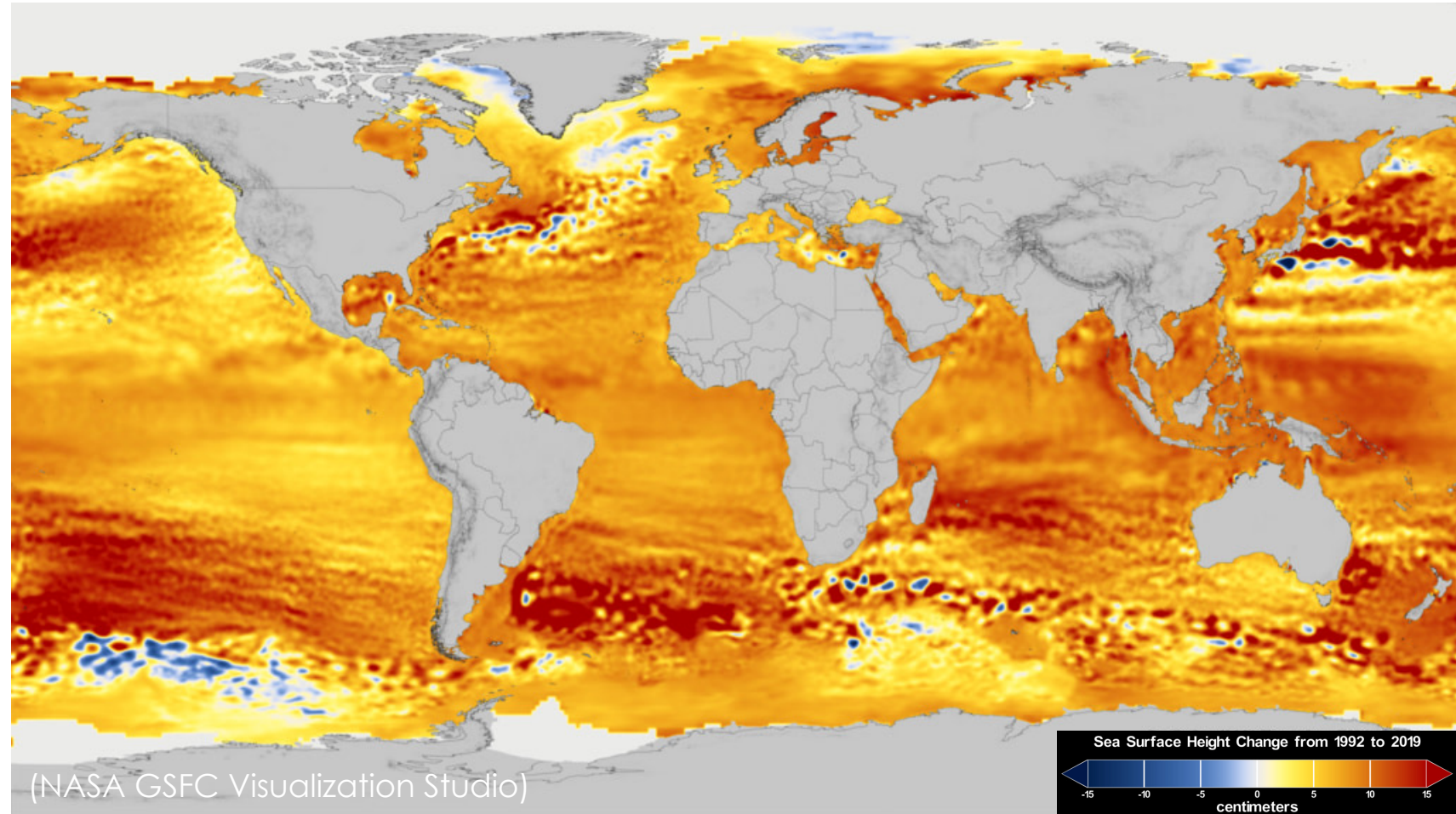


Cambio del Nivel del Mar a Escala Regional



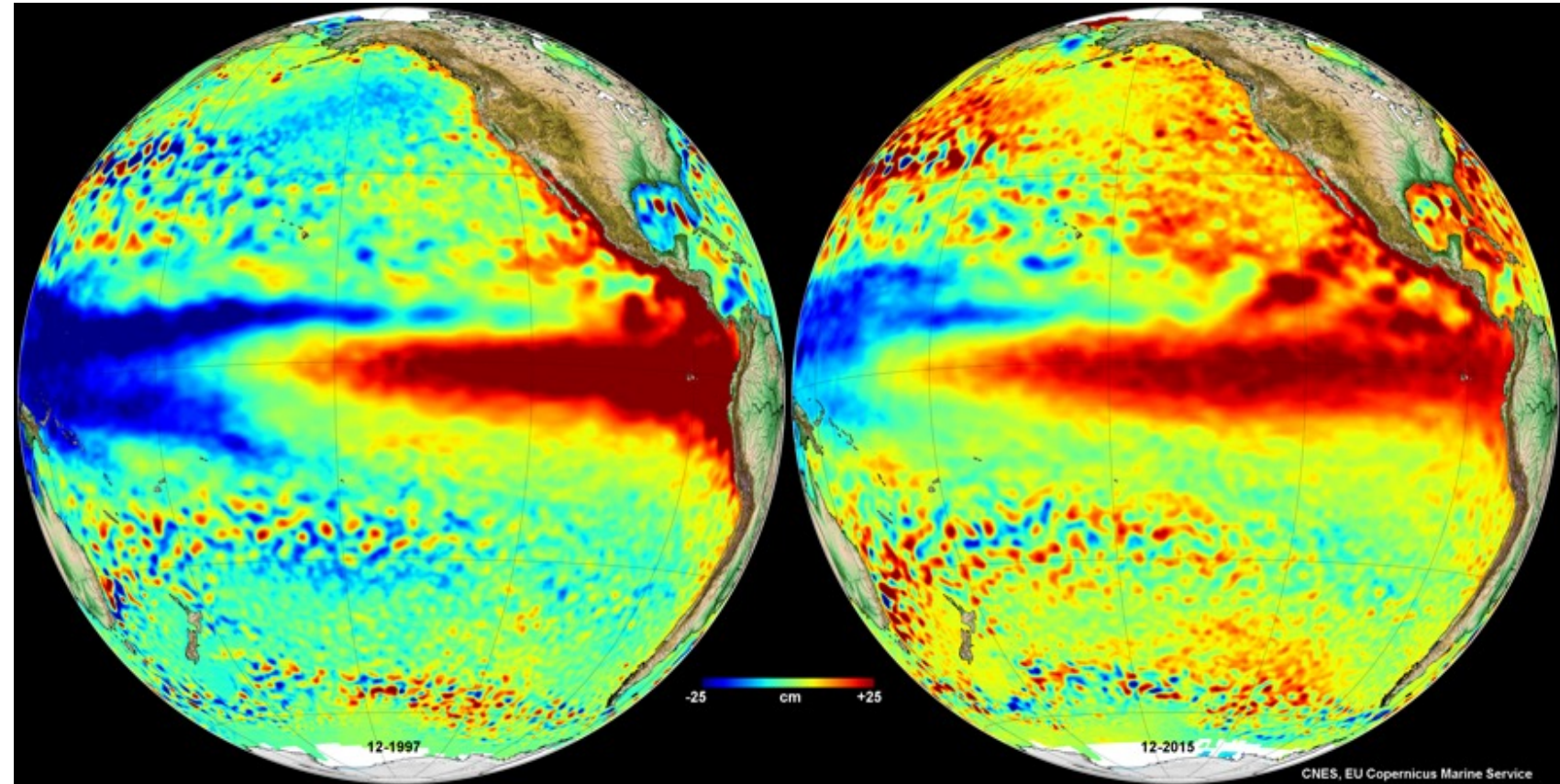
Cambios del Nivel del Mar Regionales

- El nivel del mar cambia en una gran variedad de escalas regionales y temporales.
 - El océano no funciona como una bañera.
- Contribuciones al patrón de cambios regionales en el nivel del mar:
 - Señales de la variabilidad natural como El Niño-Oscilación del Sur y la Oscilación del Atlántico Norte.
 - “Huellas dactilares” de capas de hielo”.



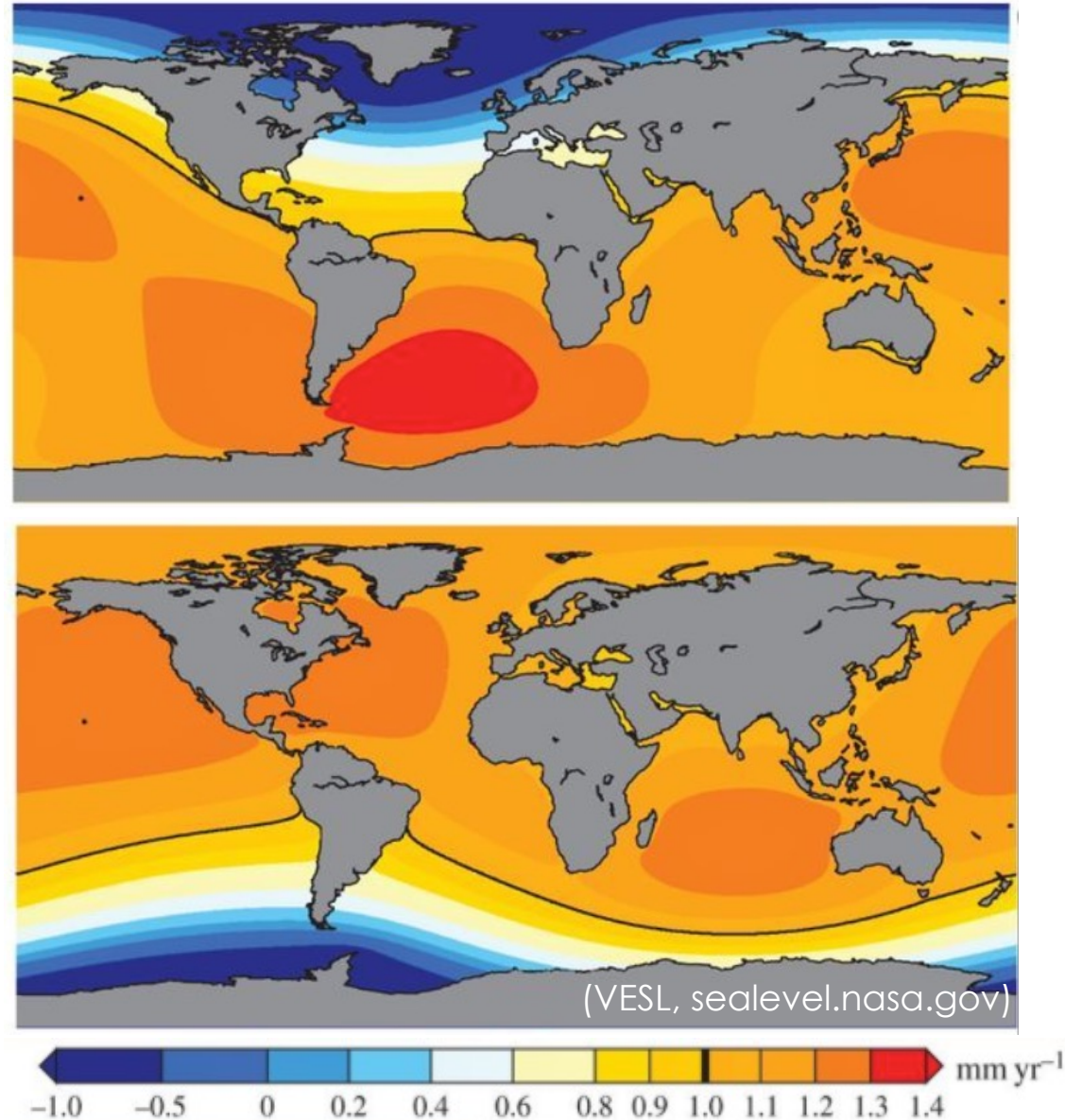
Cambios del Nivel del Mar Regionales

- El nivel del mar cambia en una gran variedad de escalas regionales y temporales.
 - El océano no funciona como una bañera.
- Contribuciones al patrón de cambios regionales en el nivel del mar:
 - Señales de la variabilidad natural como El Niño-Oscilación del Sur y la Oscilación del Atlántico Norte.
 - “Huellas dactilares” de capas de hielo”.



Cambios del Nivel del Mar Regionales

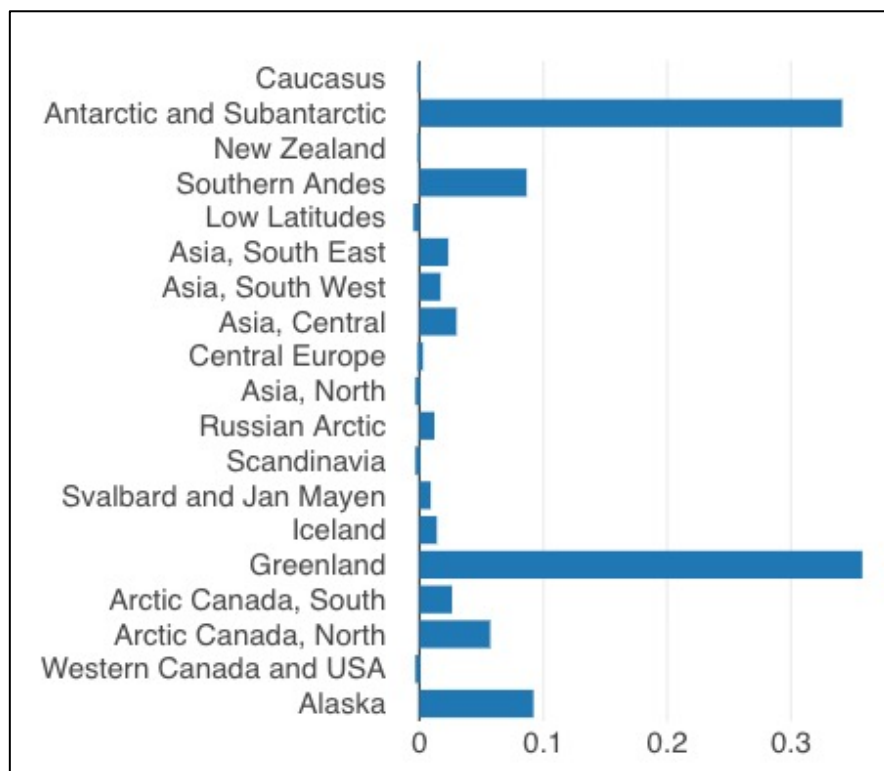
- El nivel del mar cambia en una gran variedad de escalas regionales y temporales.
 - El océano no funciona como una bañera.
- Contribuciones al patrón de cambios regionales en el nivel del mar:
 - Señales de la variabilidad natural como El Niño-Oscilación del Sur y la Oscilación del Atlántico Norte.
 - “Huellas dactilares” de capas de hielo”.



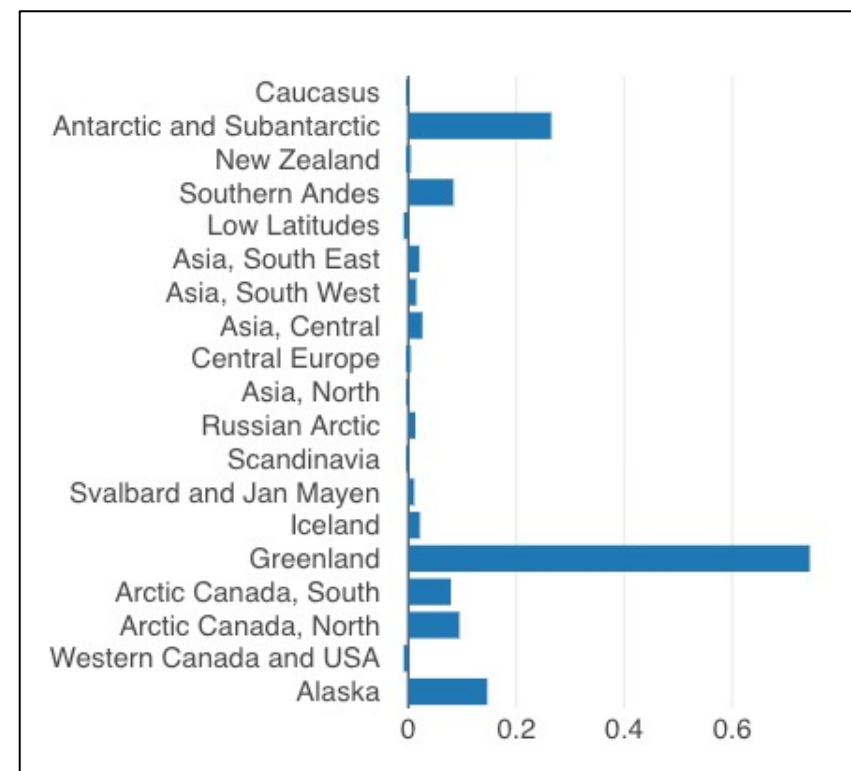
Cambios del Nivel del Mar Regionales

- El nivel del mar cambia en una gran variedad de escalas regionales y temporales.
 - El océano no funciona como una bañera.
- Contribuciones al patrón de cambios regionales en el nivel del mar:
 - Señales de la variabilidad natural como El Niño-Oscilación del Sur y la Oscilación del Atlántico Norte.
 - “Huellas dactilares” de capas de hielo”.

New York City: 1.06 mm/yr



Sydney: 1.50 mm/yr

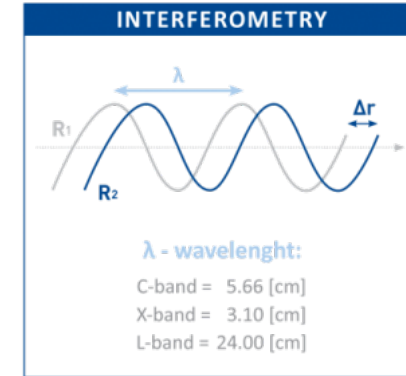
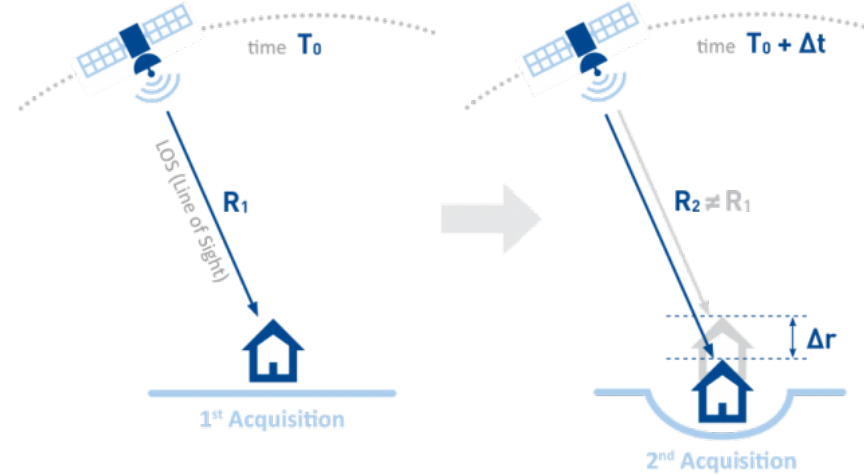


(VESL, sealevel.nasa.gov)

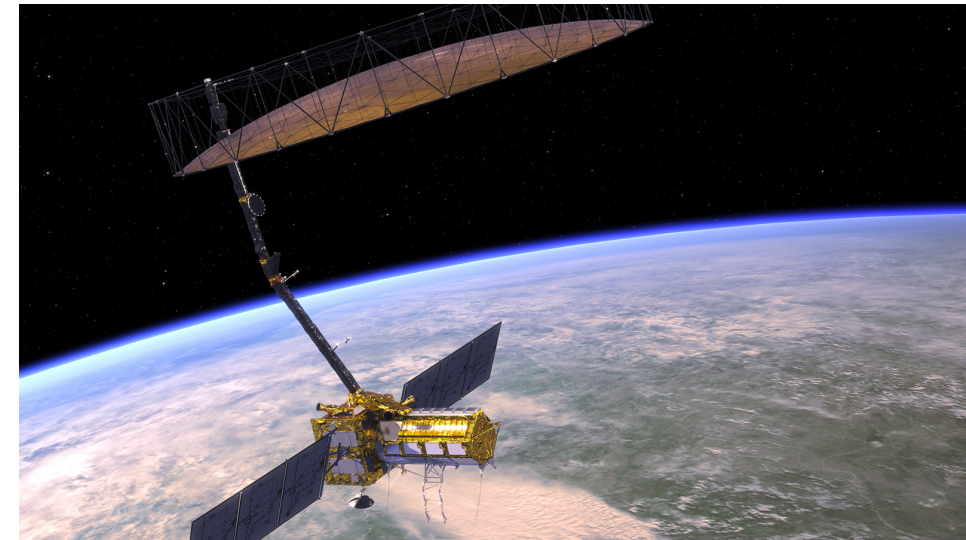


Subsidencia Costera

- Aparte de lo que el océano está en aumento, muchas regiones costeras en el mundo se están hundiendo. Esto contribuye a un aumento del *nivel relativo del mar*.
 - El retiro de aguas subterráneas, ajustes glaciales isostáticos y el movimiento de las placas tectónicas son factores.
- El Análisis con Radar de Apertura Sintética Interferométrico (InSAR por sus siglas en inglés) se puede utilizar para estimar este movimiento del suelo con resoluciones espaciales altas.
 - Las mediciones satelitales cambian cada vez que se pasa sobre la misma ubicación



Fuente: <https://site.tre-altamira.com/>

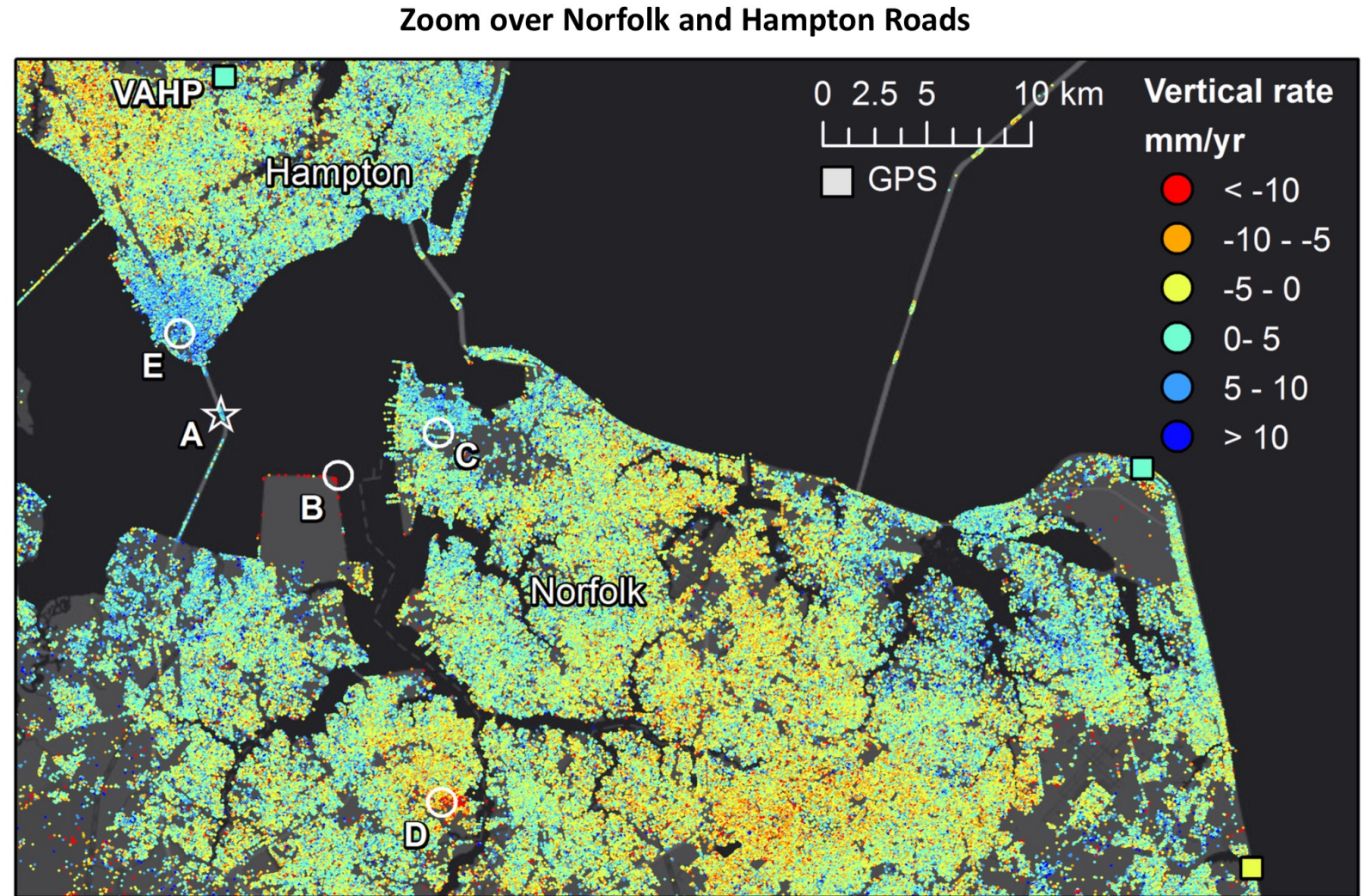
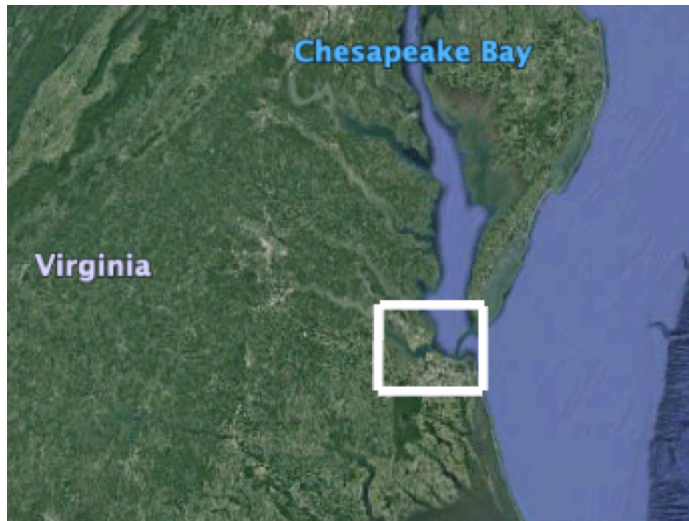


<https://nisar.jpl.nasa.gov/>



Subsidencia Costera

- La NASA está utilizando InSAR en ubicaciones costeras amenazadas por el aumento del nivel del mar para estimar el movimiento vertical del suelo.



(Bekaert et al., 2016)



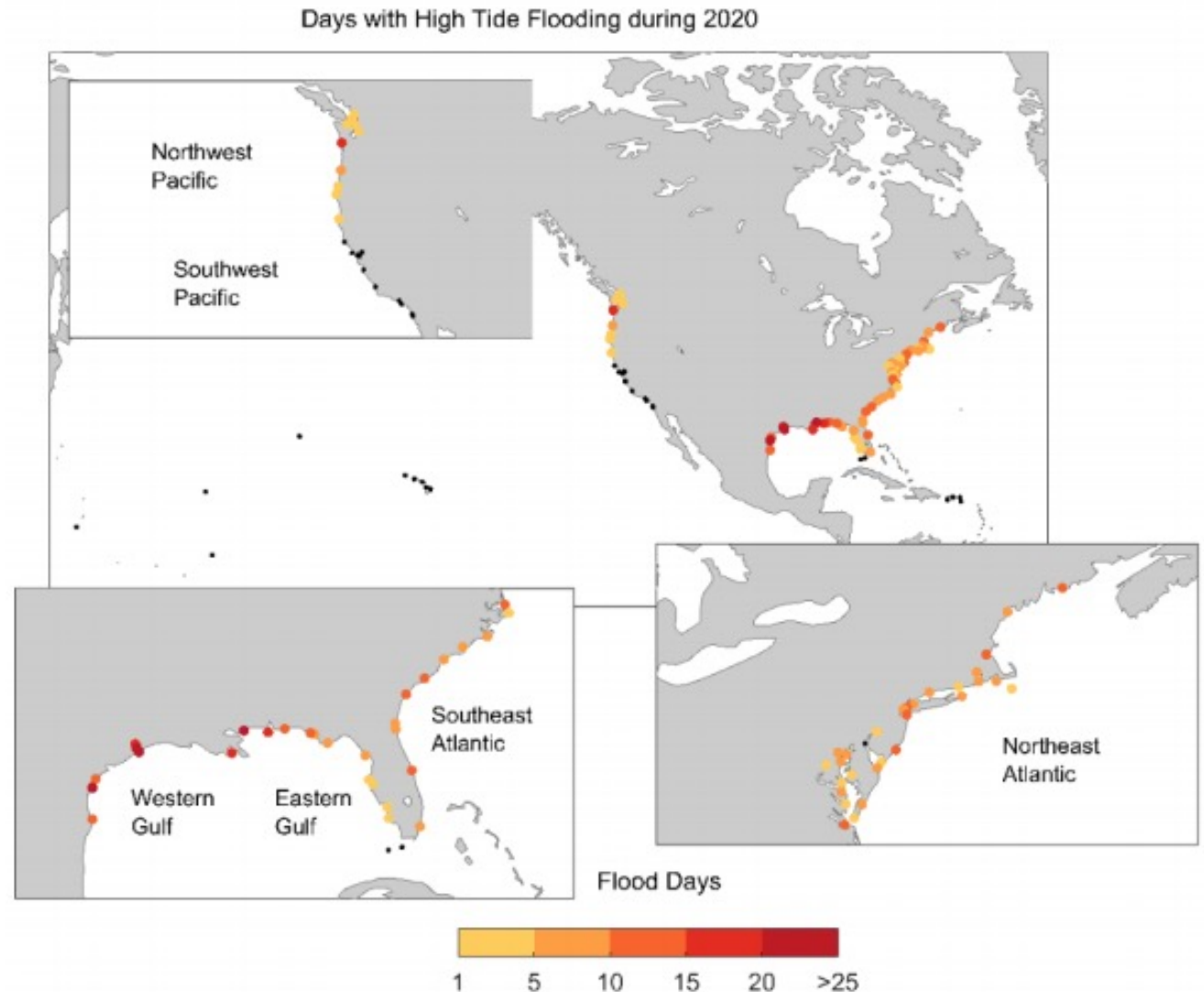
Cómo Tratar los Impactos Costeros

- El nivel del mar es un problema global, pero los impactos son locales.
 - Inundaciones
 - Erosión Costera
 - Intrusión de Agua Salada
 - Migración Costera
 - Infraestructura Expuesta
- Una gran variedad de “procesos” al nivel del mar pueden tener impactos costeros.
- Es importante considerar cómo estos procesos se combinan y las escalas cronológicas en las que se combinan.



Estudio de Caso de Impacto Costero: Inundación por Marea Alta

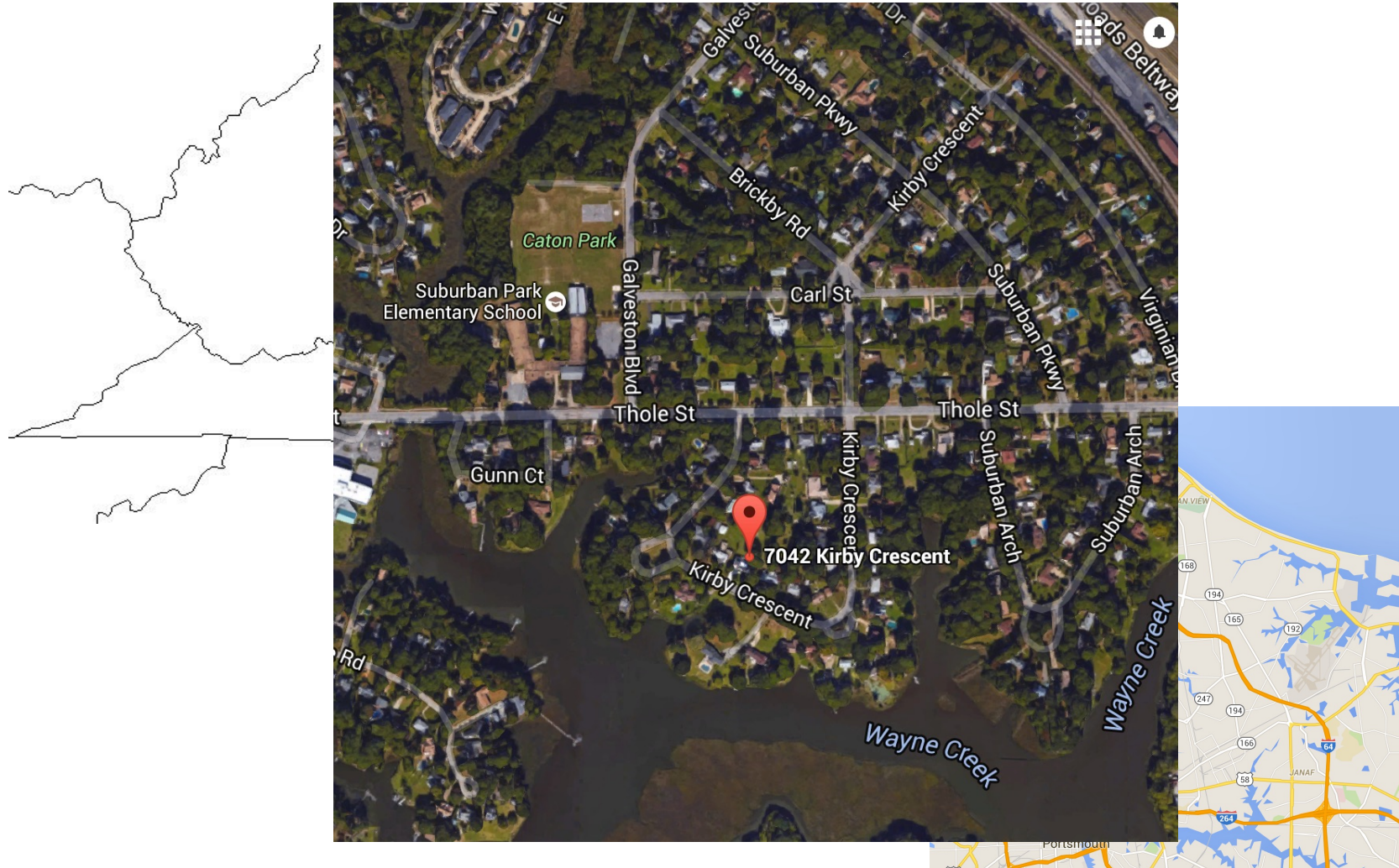
- Las inundaciones por marea alta (HTF), anteriormente conocidas como inundaciones molestas, ya son un problema a lo largo de algunas costas de EE. UU.
- Las HTF son generalmente inundaciones menor que ocurren durante las mareas altas en ubicaciones costeras bajas (vistas como algo separado de las inundaciones relacionadas con las tormentas).
- Las HTF impactan a las comunidades costeras en general, lo que lleva a cierres de empresas, problemas de transporte y desafíos de servicios públicos.
- El efecto acumulativo a lo largo del tiempo puede tener un gran impacto en la infraestructura costera.
- Las evaluaciones de las HTF en el futuro son fundamentales para la elaboración de presupuestos anuales y la planificación a largo plazo.
- Además, la HTF no siempre es "menor".



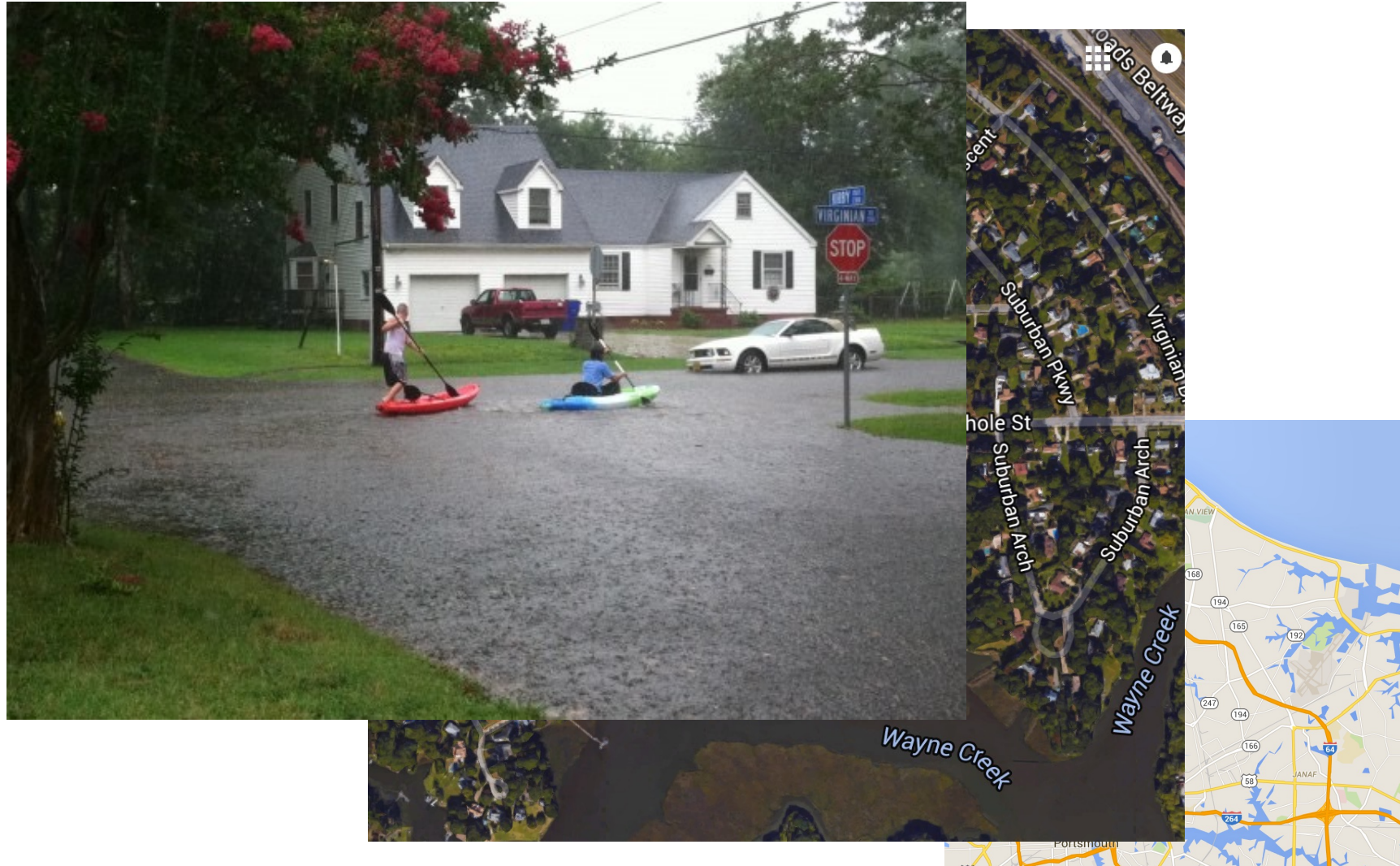
Estudio de Caso de Impacto Costero: Inundación por Marea Alta



Estudio de Caso de Impacto Costero: Inundación por Marea Alta



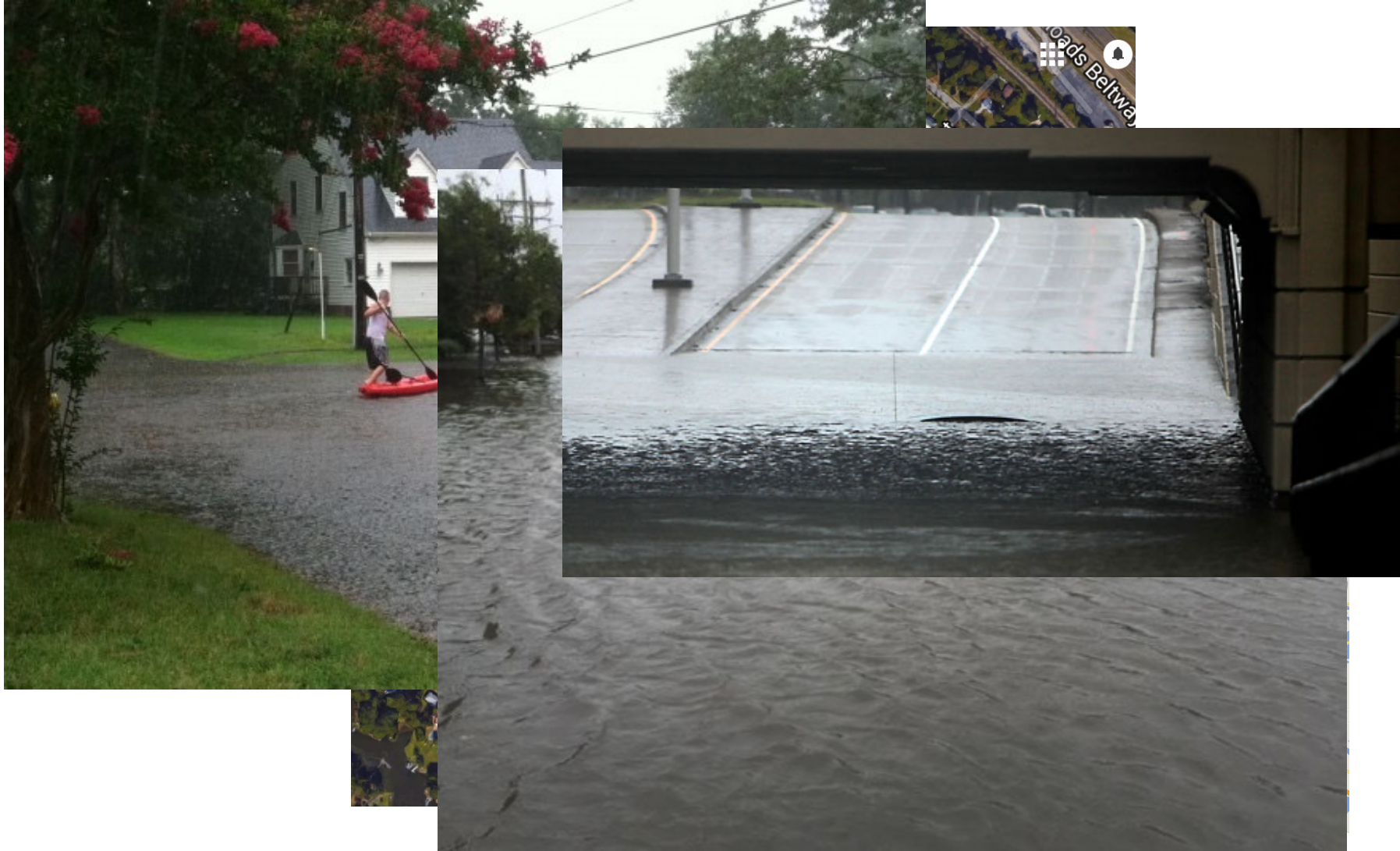
Estudio de Caso de Impacto Costero: Inundación por Marea Alta



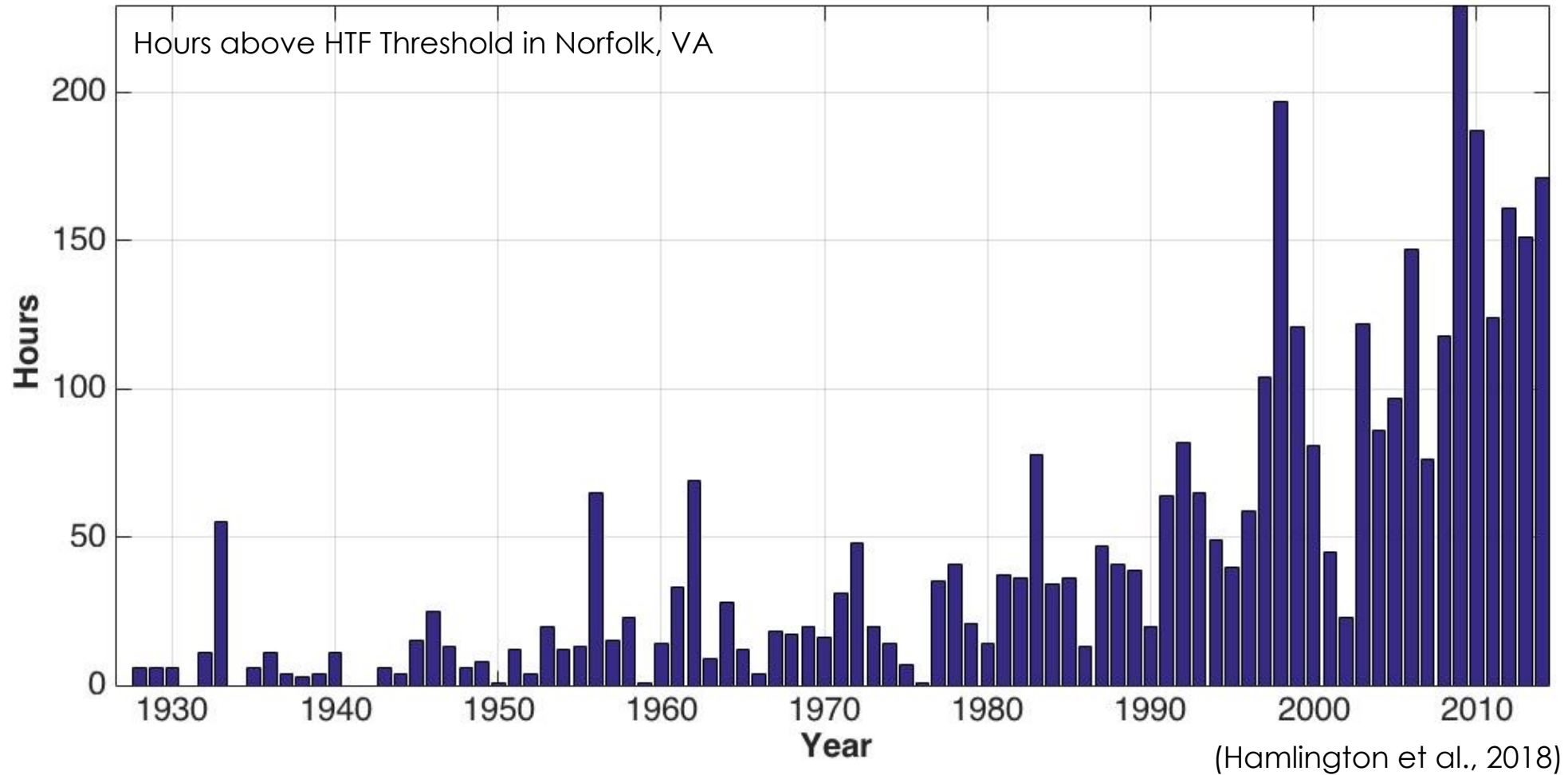
Estudio de Caso de Impacto Costero: Inundación por Marea Alta



Estudio de Caso de Impacto Costero: Inundación por Marea Alta

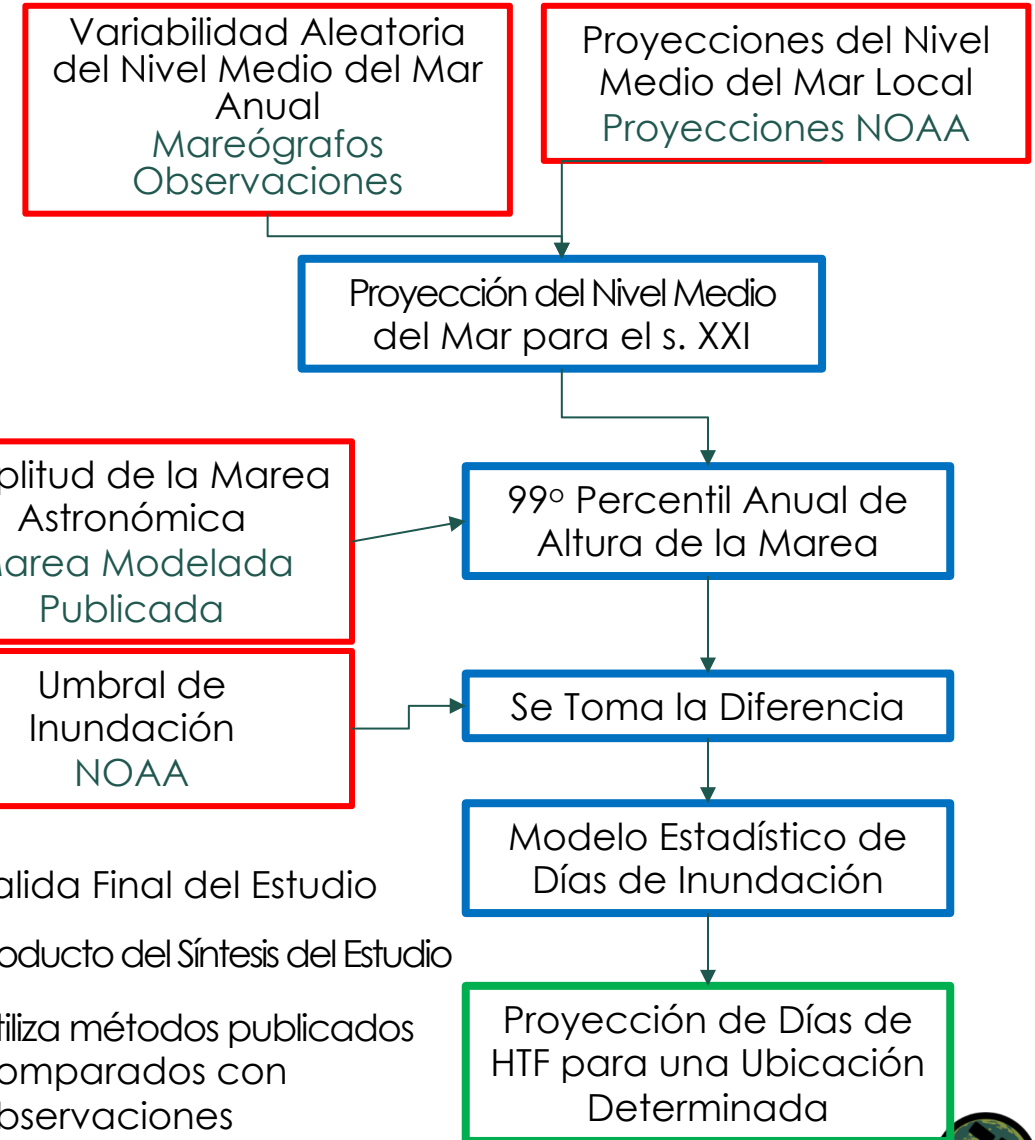
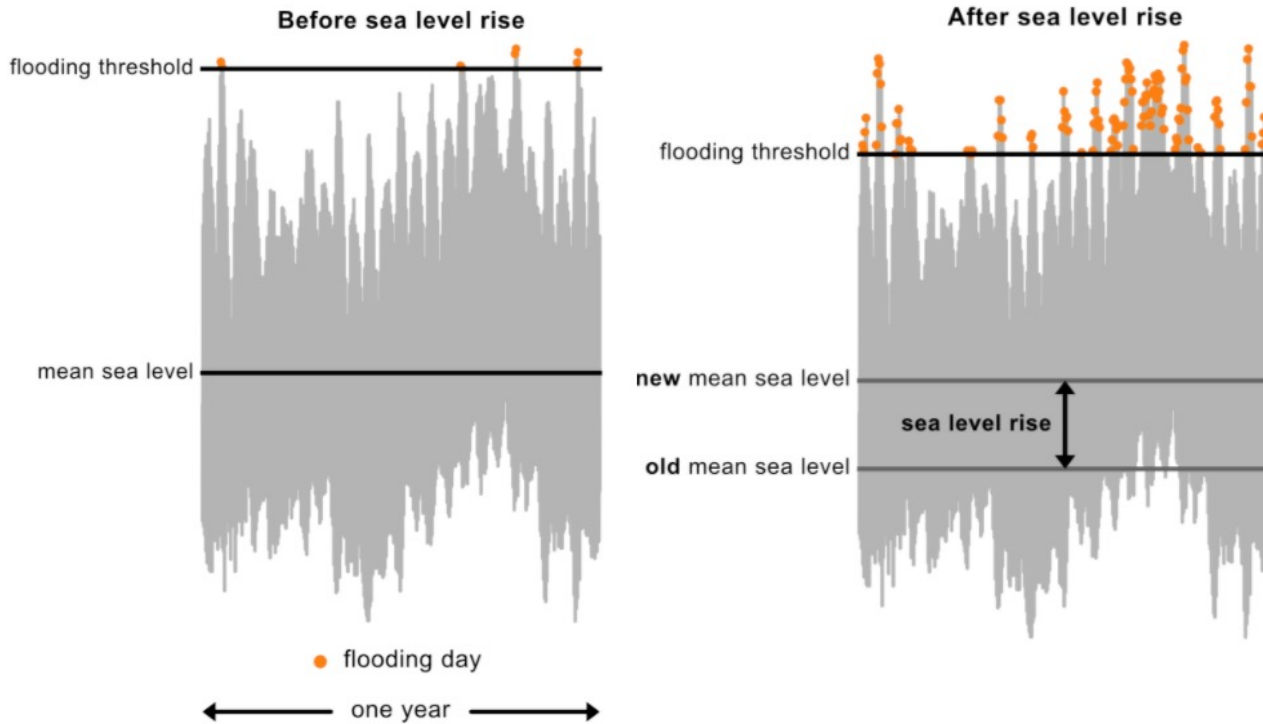


Estudio de Caso de Impacto Costero: Inundación por Marea Alta

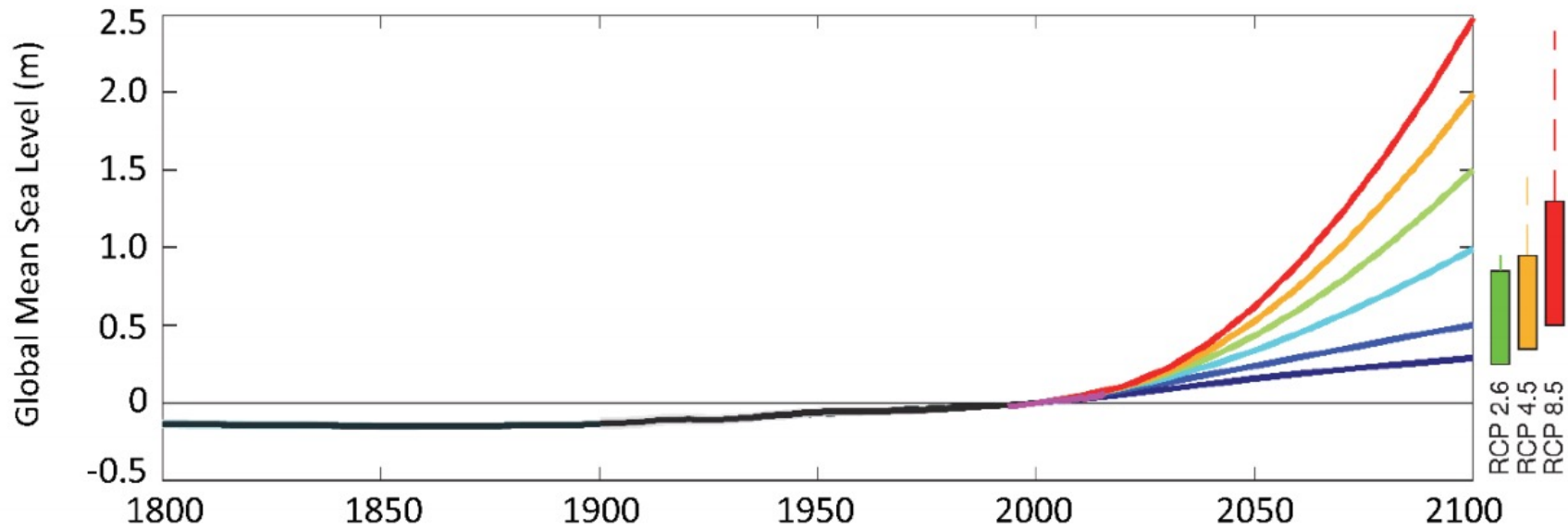


Juntando las Piezas

En Thompson et al. (2021), se desarrolló un marco estadístico para evaluar el impacto combinado de los procesos que impulsan el HTF usando la mejor información disponible sobre cada proceso.



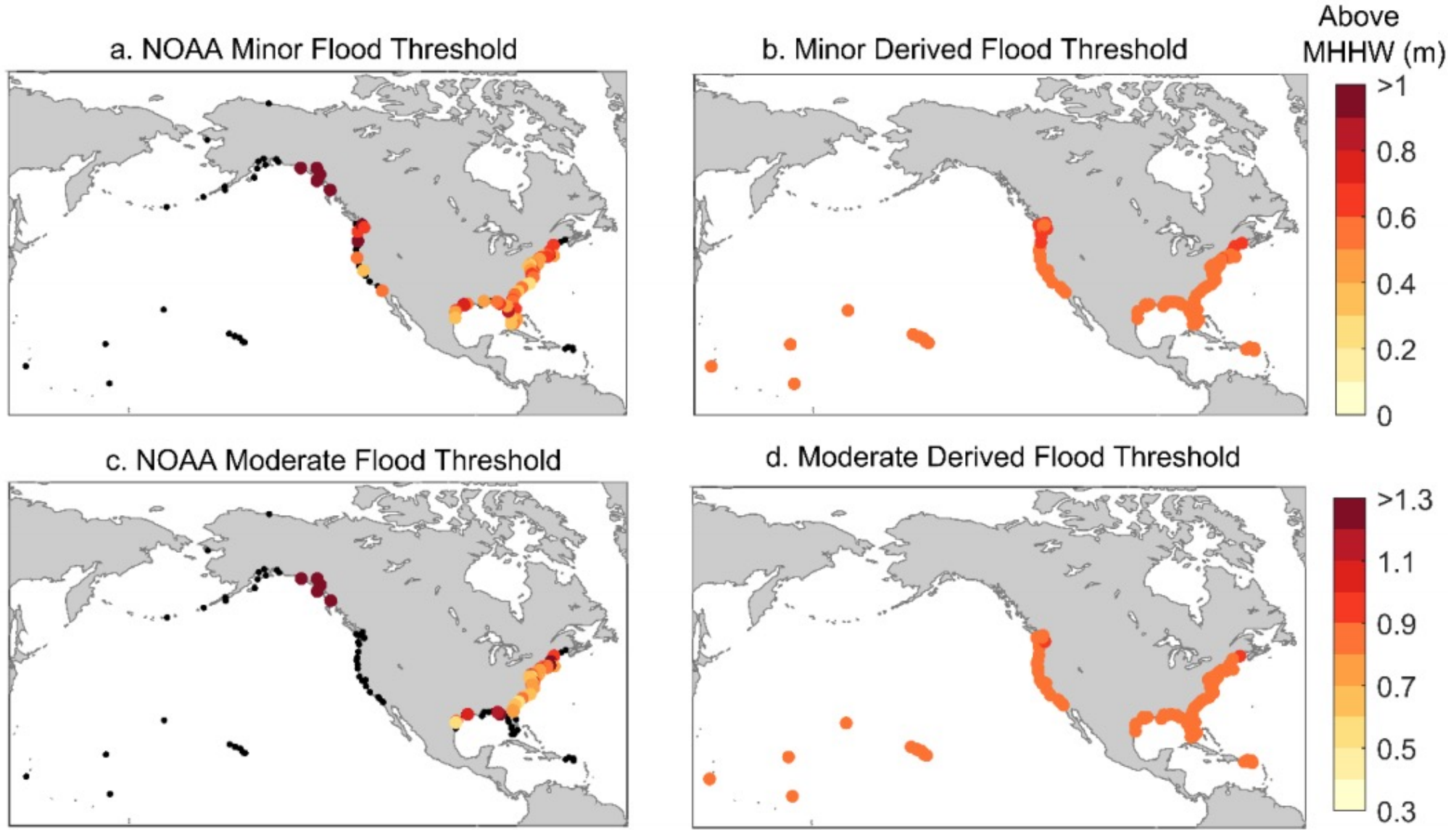
Nivel del Mar- Escenarios y Proyecciones



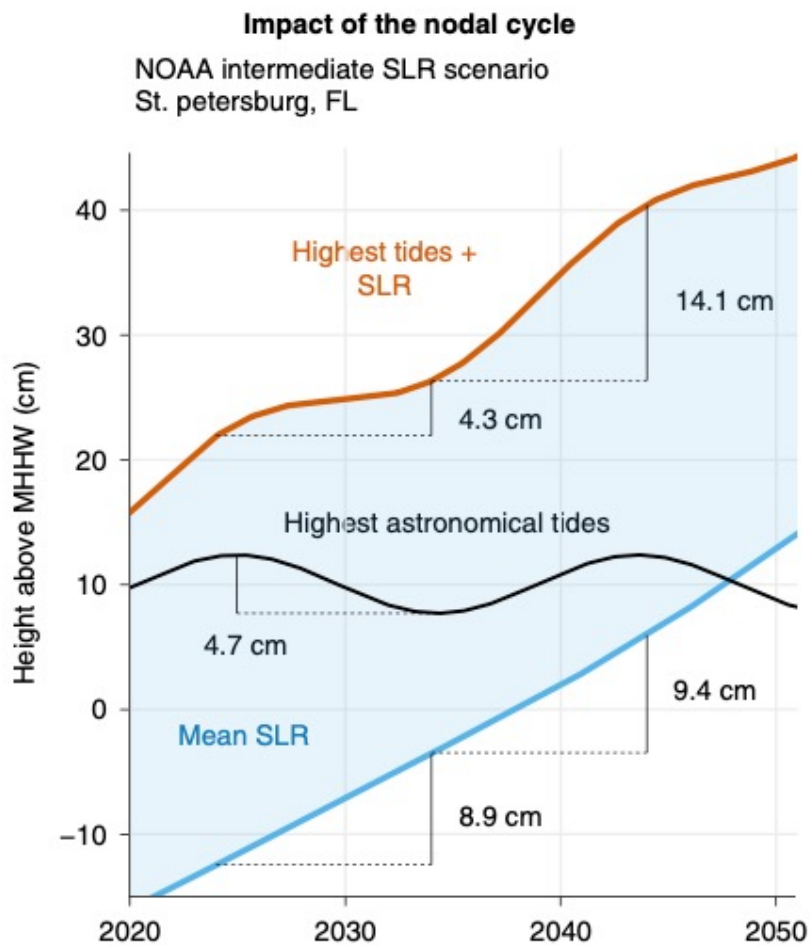
GMSL Scenario (meters)	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	2120	2150	2200
Low	0.03	0.06	0.09	0.13	0.16	0.19	0.22	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.39
Intermediate-Low	0.04	0.08	0.13	0.18	0.24	0.29	0.35	0.4	0.45	0.50	0.60	0.73	0.95
Intermediate	0.04	0.10	0.16	0.25	0.34	0.45	0.57	0.71	0.85	1.0	1.3	1.8	2.8
Intermediate-High	0.05	0.10	0.19	0.30	0.44	0.60	0.79	1.0	1.2	1.5	2.0	3.1	5.1
High	0.05	0.11	0.21	0.36	0.54	0.77	1.0	1.3	1.7	2.0	2.8	4.3	7.5
Extreme	0.04	0.11	0.24	0.41	0.63	0.90	1.2	1.6	2.0	2.5	3.6	5.5	9.7



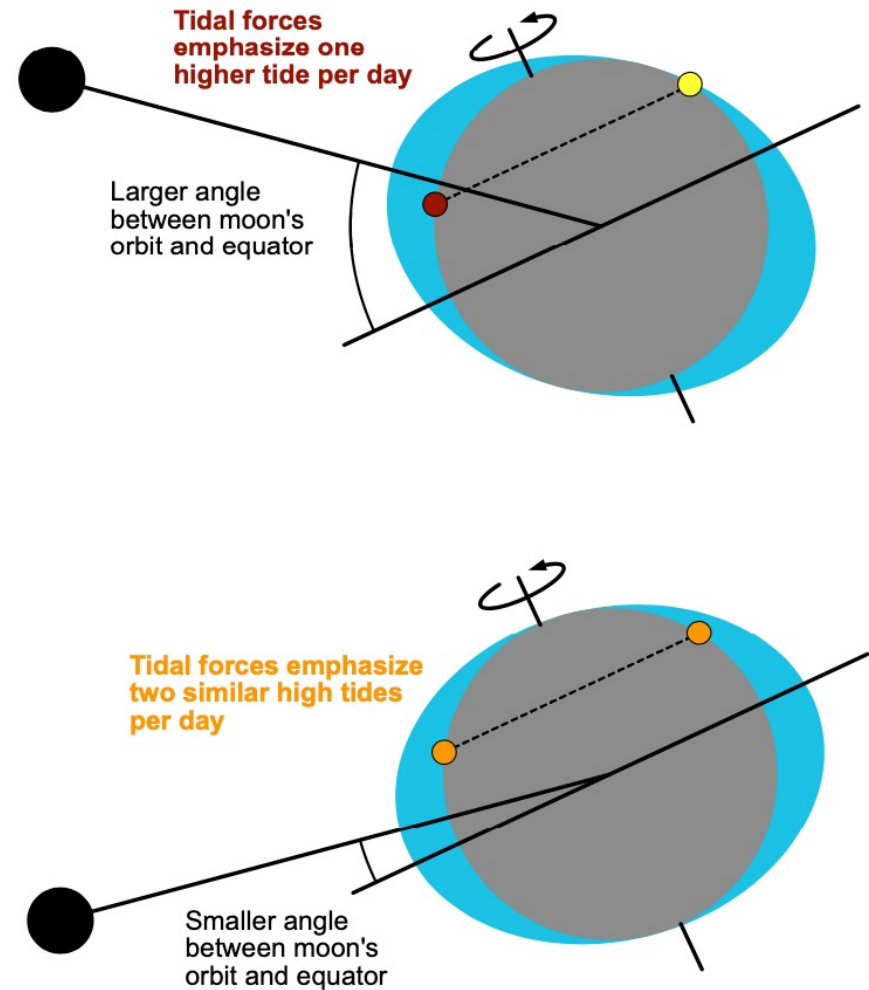
Umbrales de Inundación



Variaciones Mareales



18.6 year cycle



Note: The angles between the moon's orbit and equator have been



Estudio de Caso de Impacto Costero: Inundación por Marea Alta

Projected HTF days

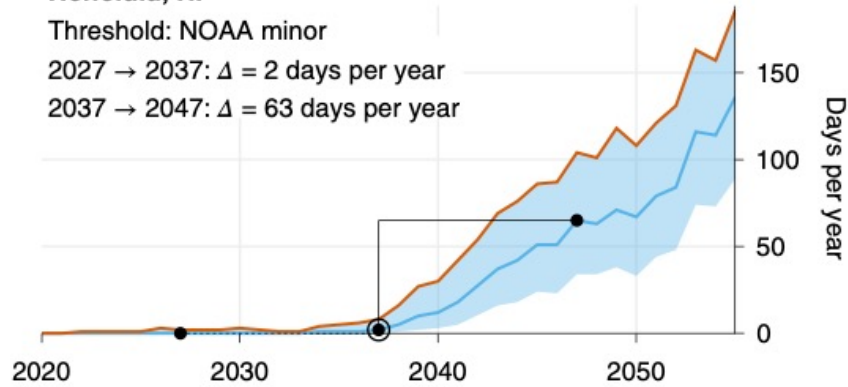
NOAA Intermediate SLR scenario

Honolulu, HI

Threshold: NOAA minor

2027 → 2037: $\Delta = 2$ days per year

2037 → 2047: $\Delta = 63$ days per year

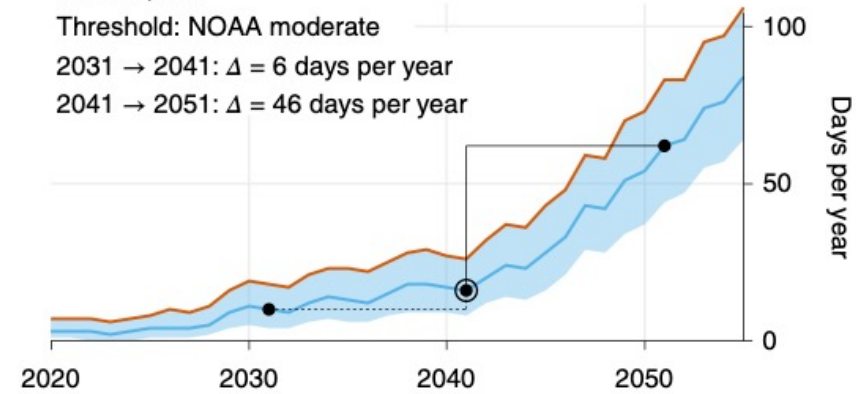


Boston, MA

Threshold: NOAA moderate

2031 → 2041: $\Delta = 6$ days per year

2041 → 2051: $\Delta = 46$ days per year

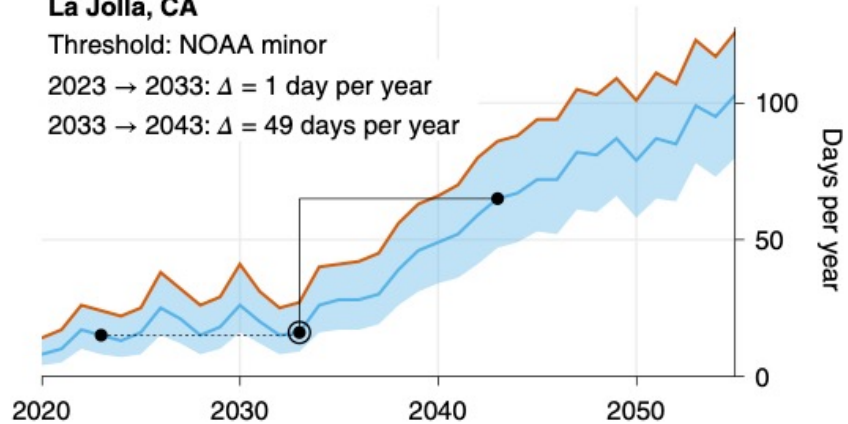


La Jolla, CA

Threshold: NOAA minor

2023 → 2033: $\Delta = 1$ day per year

2033 → 2043: $\Delta = 49$ days per year

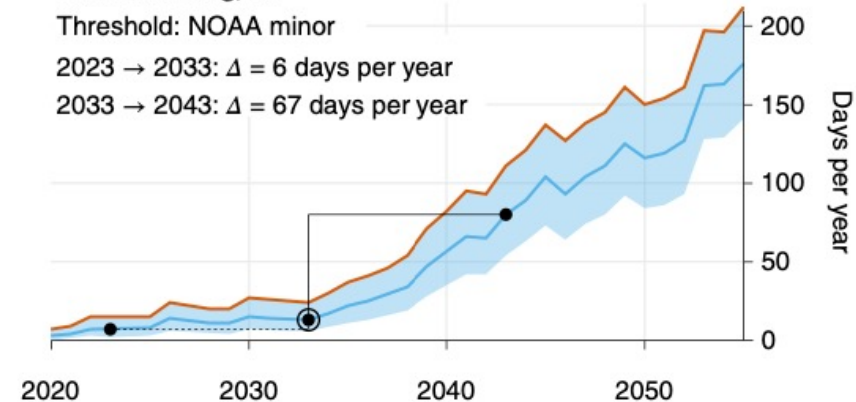


St. Petersburg, FL

Threshold: NOAA minor

2023 → 2033: $\Delta = 6$ days per year

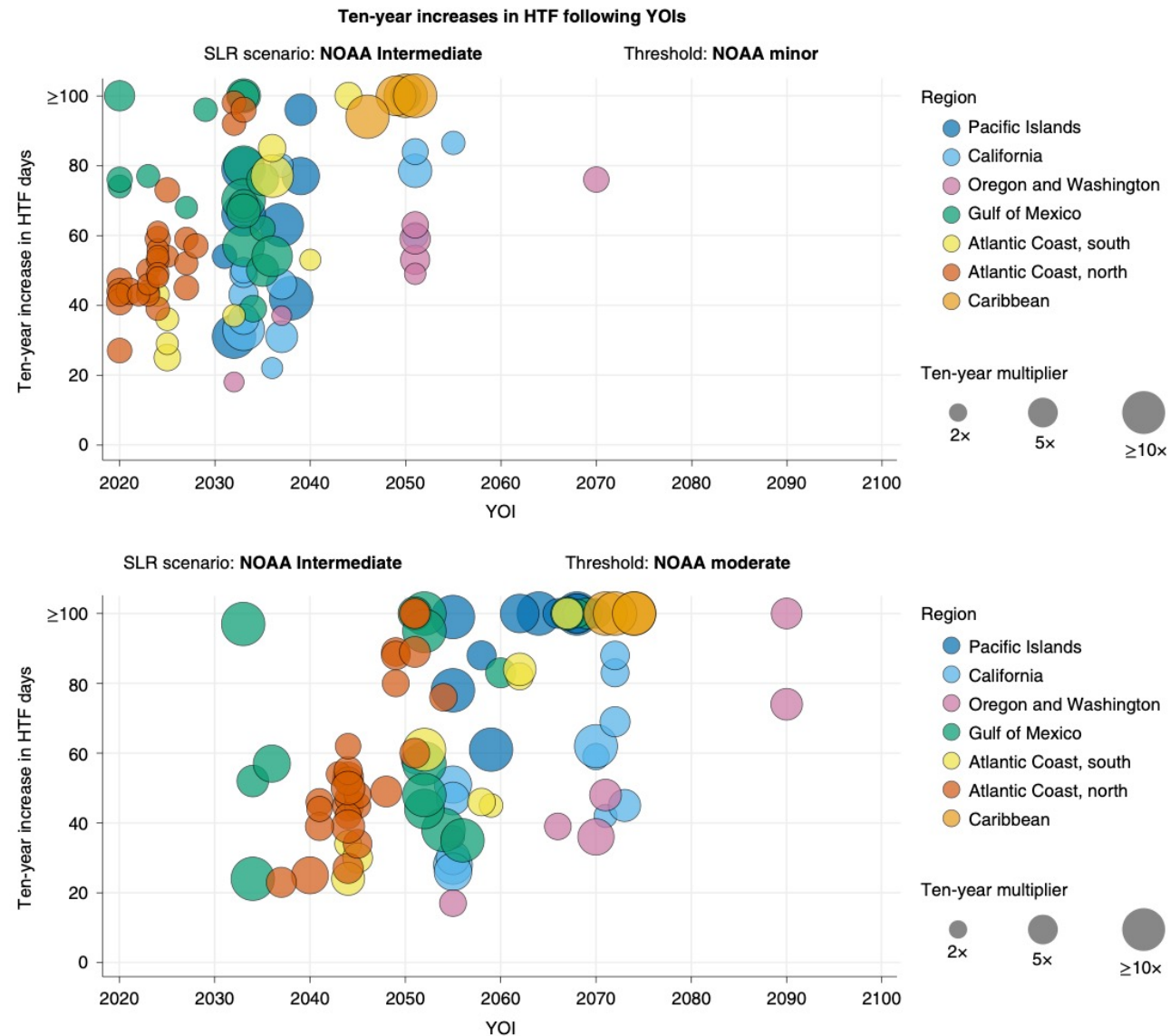
2033 → 2043: $\Delta = 67$ days per year



○ YOI
 — 90th percentile
 — 50th percentile



Estudio de Caso de Impacto Costero: Inundación por Marea Alta

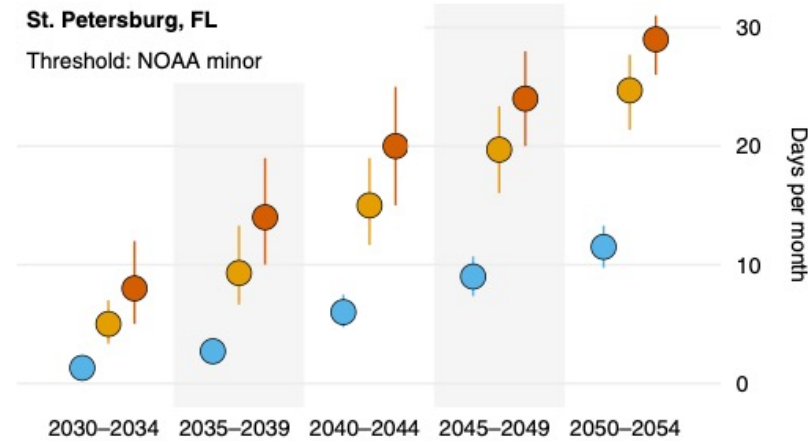
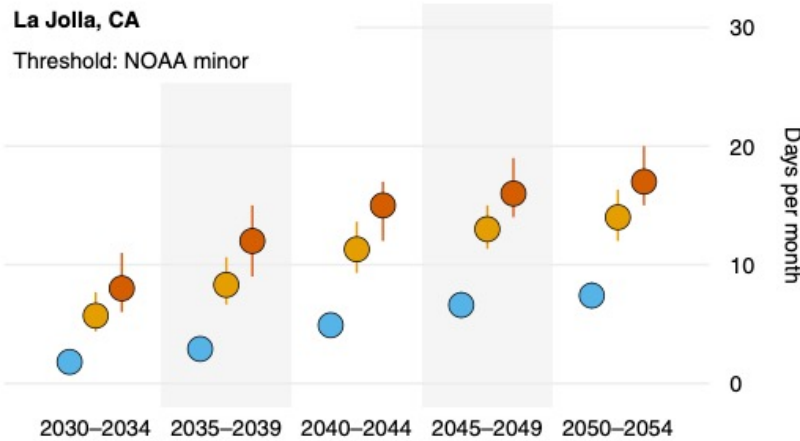
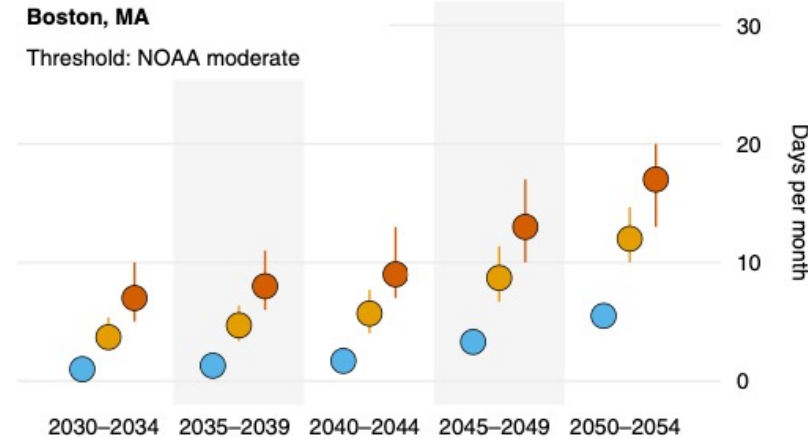
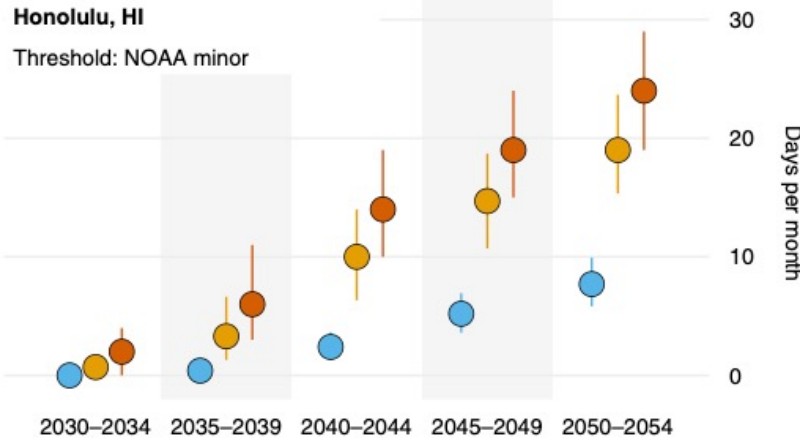


Estudio de Caso de Impacto Costero: Inundación por Marea Alta

Clustering of HTF days

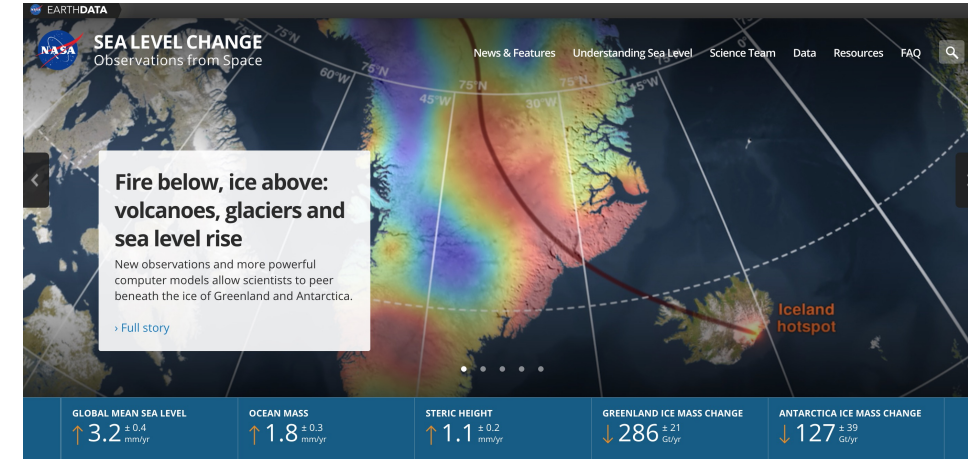
NOAA Intermediate SLR scenario

- Five-year average
- Five-year peak season (three-month period)
- Five-year peak month



El Equipo “NASA Sea Level Change Team”

- Los satélites desempeñarán un papel fundamental en el seguimiento de estos procesos y proporcionarán información importante a los responsables de la toma de decisiones y a los planificadores.
 - ¿Qué puede hacer la NASA para brindar información “útil”?
- **Para enfrentar este desafío, la NASA creó el NASA Sea Level Change Team (N-SLCT) en 2014.**
 - Más de 70 científicos del gobierno y el sector académico.
 - Se creó un portal web: sealevel.nasa.gov como parte de este esfuerzo.
- **Dos Objetivos:**
 - Ciencia: Producir mejores pronósticos del nivel del mar en una variedad de escalas de tiempo.
 - Difusión: Fomentar conexiones entre practicantes y partes interesadas para definir y proporcionar información “útil” sobre el nivel del mar.



ON THIS PAGE

- Introduction
- Contributing Factors
- Ice Loss Versus Precipitation

Earth's seas are rising, a direct result of a changing climate. Ocean temperatures are increasing, leading to ocean expansion. And as ice sheets and glaciers melt, they add more water. An armada of increasingly sophisticated instruments, deployed across the oceans, on polar ice and in orbit, reveals significant changes among globally interlocking factors that are driving sea levels higher.

Contributing Factors



Demstración de Productos Satelitales e Integrados

- Aquí puede encontrar una lista completa de las herramientas en el portal NASA Sea Level: <https://sealevel.nasa.gov/data/tools>.
- Para demostrar cómo estas herramientas y datos se pueden combinar para entender el nivel del mar en el pasado, presente y futuro, veamos:
 1. Herramienta de Análisis de Datos: https://sealevel.nasa.gov/data_tools/1
 2. Laboratorio de Virtual Earth System: https://sealevel.nasa.gov/data_tools/2
 3. Herramienta de Evaluación de Sea Level: https://sealevel.nasa.gov/data_tools/16
 4. Herramienta de Proyección del Nivel del Mar IPCC AR6: https://sealevel.nasa.gov/data_tools/17
 5. Herramienta de Proyección de Días de Inundación: https://sealevel.nasa.gov/data_tools/15



Tarea y Certificado

- Habrá una tarea asignada:
 - Debe enviar sus respuestas vía Formularios de Google, acceso desde la página web de ARSET [aquí](#).
 - La tarea estará disponible el 26 de agosto.
 - Fecha límite para entregar la tarea: 15 de septiembre de 2021
- Se otorgará un certificado de finalización de curso a quienes:
 - Asistan a todas las presentaciones en vivo
 - Completen la tarea asignada dentro del plazo estipulado
 - Recibirán sus certificados aproximadamente dos meses después de la conclusión del curso de: marines.martins@ssaihq.com



Contactos

Capacitadores :

- Benjamin Hamlington:
benjamin.d.hamlington@jpl.nasa.gov

Página Web de ARSET:

- <https://appliedsciences.nasa.gov/join-mission/training/english/arset-satellite-observations-analyzing-natural-hazards-small-island>

Página Web de ARSET:

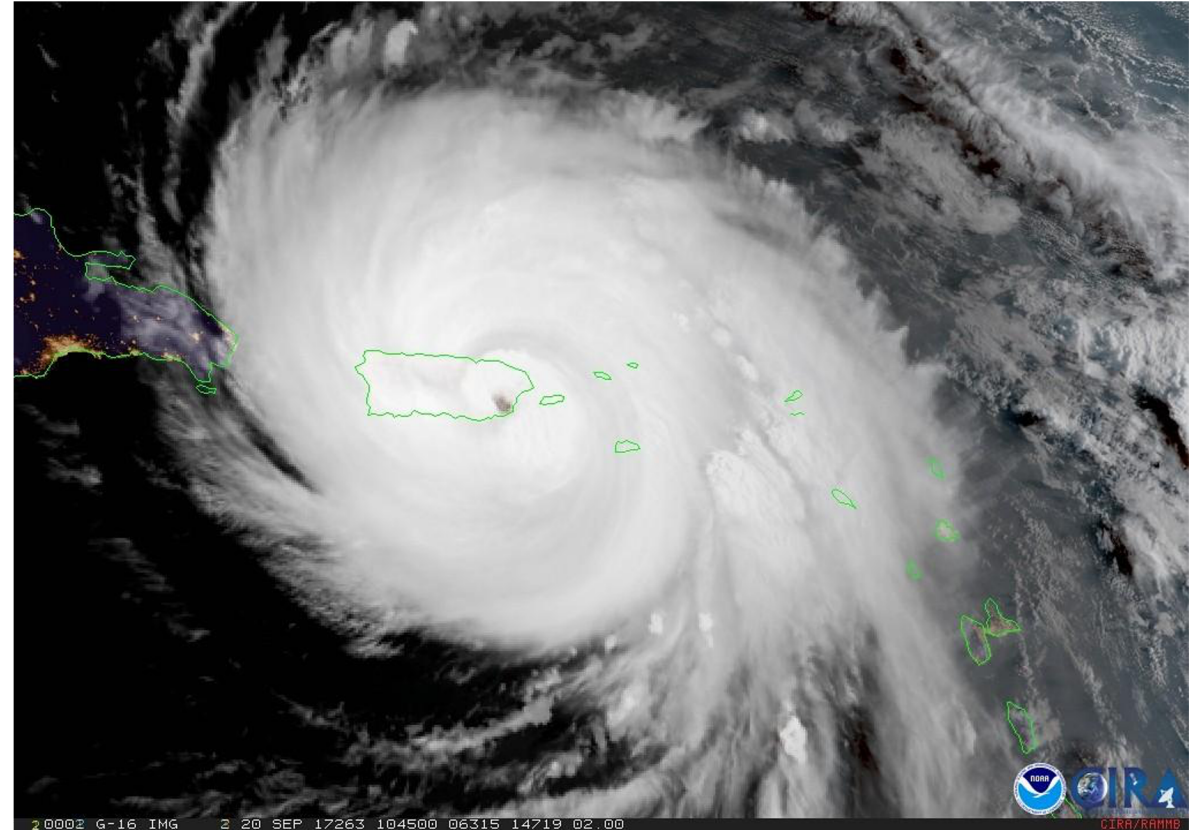
- <https://appliedsciences.nasa.gov/what-we-do/capacity-building/arset>

Síguenos en Twitter
[@NASAARSET](https://twitter.com/NASAARSET)



Preguntas

- Por favor escriban sus preguntas en la casilla para preguntas y respuestas. Las responderemos en el orden que las recibamos.
- Publicaremos las preguntas y respuestas a la página web de la capacitación después de la conclusión del webinar.



Fuente de la Imagen: [NOAA](#)





¡Gracias!

