



Estimación de Biomasa y sus Cambios con GEDI y la API OBIWAN

Sesión 1: Estimación de Biomasa Utilizando GEDI

Sean Healey, Ph.D., U.S. Forest Service (USFS) / U.S. Department of Agriculture (USDA)
Erika Podest, Ph.D., Jet Propulsion Laboratory/Caltech

21 de mayo de 2026



Sobre el Programa ARSET



Acerca de ARSET*

- ARSET ofrece capacitaciones sin costo sobre satélites, sensores, métodos y herramientas de teledetección.
- Las capacitaciones se enfocan en el uso de datos satelitales para apoyar una variedad de aplicaciones y están personalizadas para audiencias con diferentes niveles de experiencia.



AGRICULTURA



CLIMA Y RESILIENCIA



DESASTRES



CONSERVACIÓN ECOLÓGICA



SALUD Y CALIDAD DEL AIRE



RECURSOS HÍDRICOS



INCENDIOS FORESTALES

*Siglas de **A**ppled **R**emote **S**ensing Training Program
(Programa de Capacitación de Teledetección Aplicada en inglés)

NASA ARSET – Spaceborne LiDAR for Monitoring Vegetation Structure and Biomass using GEDI (Global Ecosystem Dynamics Investigation)



Acerca de las Capacitaciones de ARSET



- En línea o presenciales
- En vivo y dirigidas por un instructor, o asincrónicas y a ritmo autodidacta
- Sin ningún costo
- Opciones bilingües y multilingües
- Solo usan software y datos de fuente abierta
- Diseñadas para diferentes niveles de experiencia

- Visite la [página de ARSET](#) para aprender más.





Estimación de Biomasa y sus Cambios con GEDI y la API OBIWAN
Descripción General



¿Qué está ocurriendo debajo del dosel forestal?



Los satélites tradicionales no pueden decirnos.
El lidar espacial sí puede.



Descripción: AmeriFlux BR-Sa1
Santarem Primary Forest site

Fuente: DOE, Lawrence Berkeley
National Laboratory

Descripción : La misión Global Ecosystems Dynamics Investigation de la NASA (conocida como GEDI), a bordo de la Estación Espacial Internacional, es el primer lidar espacial optimizado para medir la estructura de los ecosistemas.

Fuente: NASA



Objetivos de Aprendizaje



Al finalizar esta capacitación, los participantes podrán:

- Identificar las características fundamentales de los datos de GEDI y del monitoreo de carbono, incluyendo la estructura de los datos, la incertidumbre y los requisitos del sistema.
- Aplicar métodos para estimar biomasa y cambios en la biomasa, incluyendo la integración de GEDI con series temporales de Landsat y la calibración con datos de inventarios forestales.
- Evaluar la precisión y la incertidumbre de las estimaciones de biomasa utilizando datos de validación.
- Utilizar herramientas y APIs de OBIWAN para generar y analizar productos de cambio de biomasa, incluyendo la visualización de resultados para áreas definidas por el usuario y la comparación de ganancias de carbono bajo diferentes escenarios climáticos.
- Evaluar las ventajas y desventajas de los productos de biomasa de GEDI a nivel de huella (footprint) frente a nivel de cuadrícula (gridded) para determinar qué datos son apropiados para un caso de uso específico.



Prerequisitos



- ARSET - [Fundamentos de la Percepción Remota \(Teledetección\)](#)
- ARSET - [Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la Vegetación Usando Datos de GEDI](#)

Esquema de la Capacitación

Sesión 1
Estimación de Biomasa Utilizando GEDI

Mayo 21, 2026
11 AM - 12 PM EDT

Sesión 2
Estimación del Cambio en Biomasa con GEDI y la API OBIWAN

Mayo 28, 2026
11 AM - 12 PM EDT

La tarea se abrirá el 28 de mayo y deberá entregarse el 18 de junio. Se publicará en la página web de la capacitación.

Se otorgará un certificado de finalización a los participantes que asistan a todas las sesiones en vivo y completen la tarea antes de la fecha límite.





Estimación de Biomasa y sus Cambios con GEDI y la API OBIWAN
Sesión 1: Estimación de Biomasa Utilizando GEDI



Sesión 1 – Instructor

Sean Healey

Ecólogo Investigador
USFS/USDA



Sesión 1: Objetivos de Aprendizaje



Al finalizar esta sesión, los participantes podrán:

- Identificar las características fundamentales de los datos de GEDI y del monitoreo de carbono, incluyendo la estructura de los datos, la incertidumbre y los requisitos del sistema.
- Explicar la estructura de los datos de GEDI y cómo se caracteriza la incertidumbre.
- Demostrar cómo los datos de GEDI se integran con series temporales de Landsat y se calibran con datos de inventarios forestales para estimar cambios en la biomasa.
- Aplicar métodos de estimación con GEDI para visualizar y generar productos de biomasa en áreas de interés definidas por el usuario.



Cómo Hacer Preguntas



- Por favor escriba sus preguntas en la casilla denominada “Questions” y las responderemos al final de esta sesión.
- Puede escribir sus preguntas durante la sesión. Intentaremos responder todas las preguntas durante la sesión de preguntas y respuestas.
- Las preguntas que no podamos responderlas responderemos en el documento de preguntas y respuestas, el cual será publicado en la página de esta capacitación en un par de días.





Estimación de Biomasa con GEDI

Sean P. Healey y Zhiqiang Yang

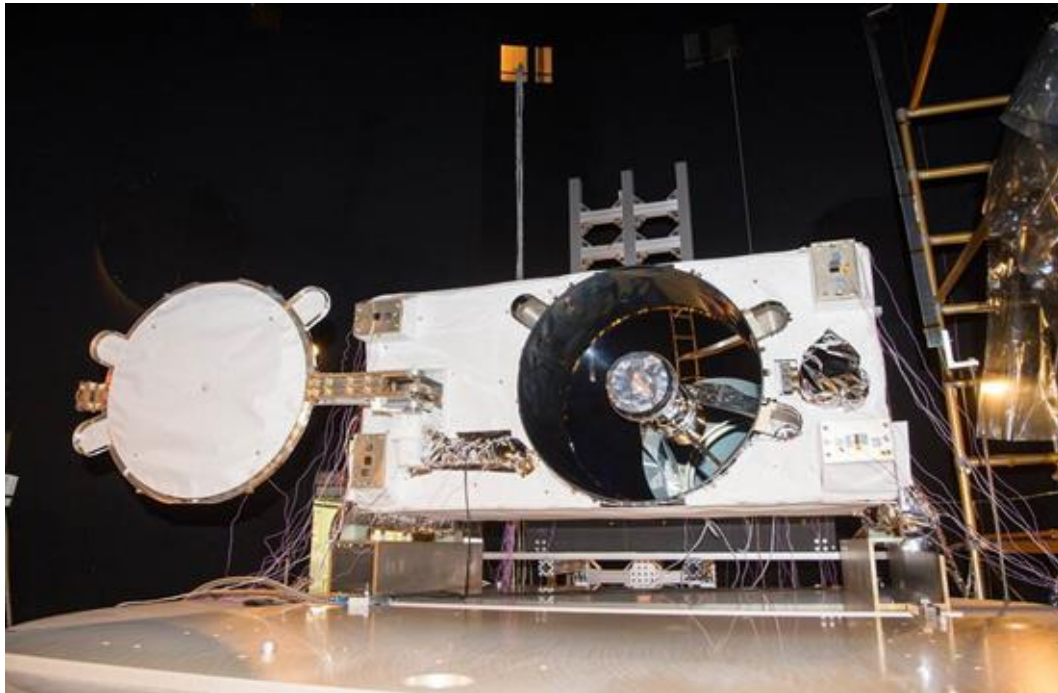
Programa de Inventario y Análisis del Servicio Forestal del
Dpto. de Agricultura de EE.UU.



GED I: Instrumento del Programa NASA Earth Ventures



Medición con Láser de Alta Resolución de los Bosques de la Tierra y la Topografía



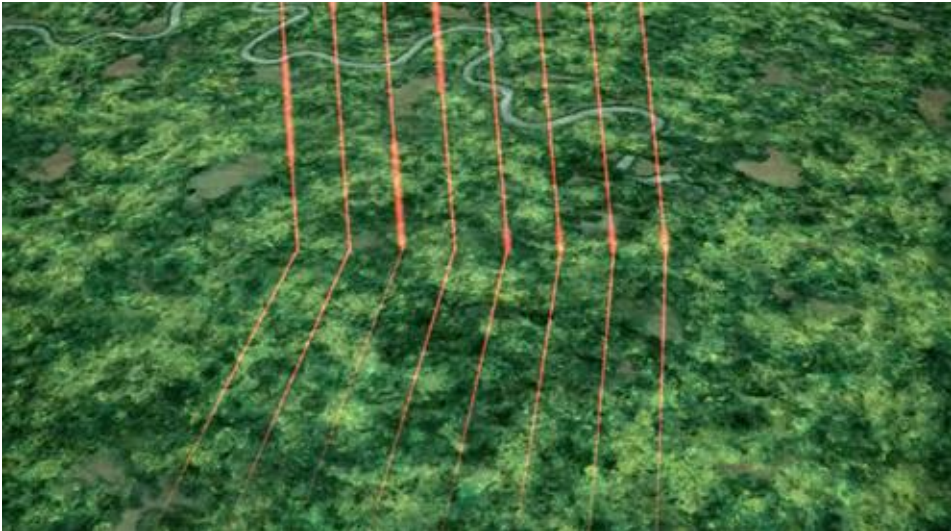
Datos Clave:

- Proyecto colaborativo entre la Universidad de Maryland y el Centro de Vuelo Espacial NASA Goddard
- En operación a bordo de la ISS (JEM-EF) desde abril de 2019 hasta marzo de 2023
- Hibernación de marzo de 2023 a abril de 2024
- Las operaciones se retomaron en abril de 2024



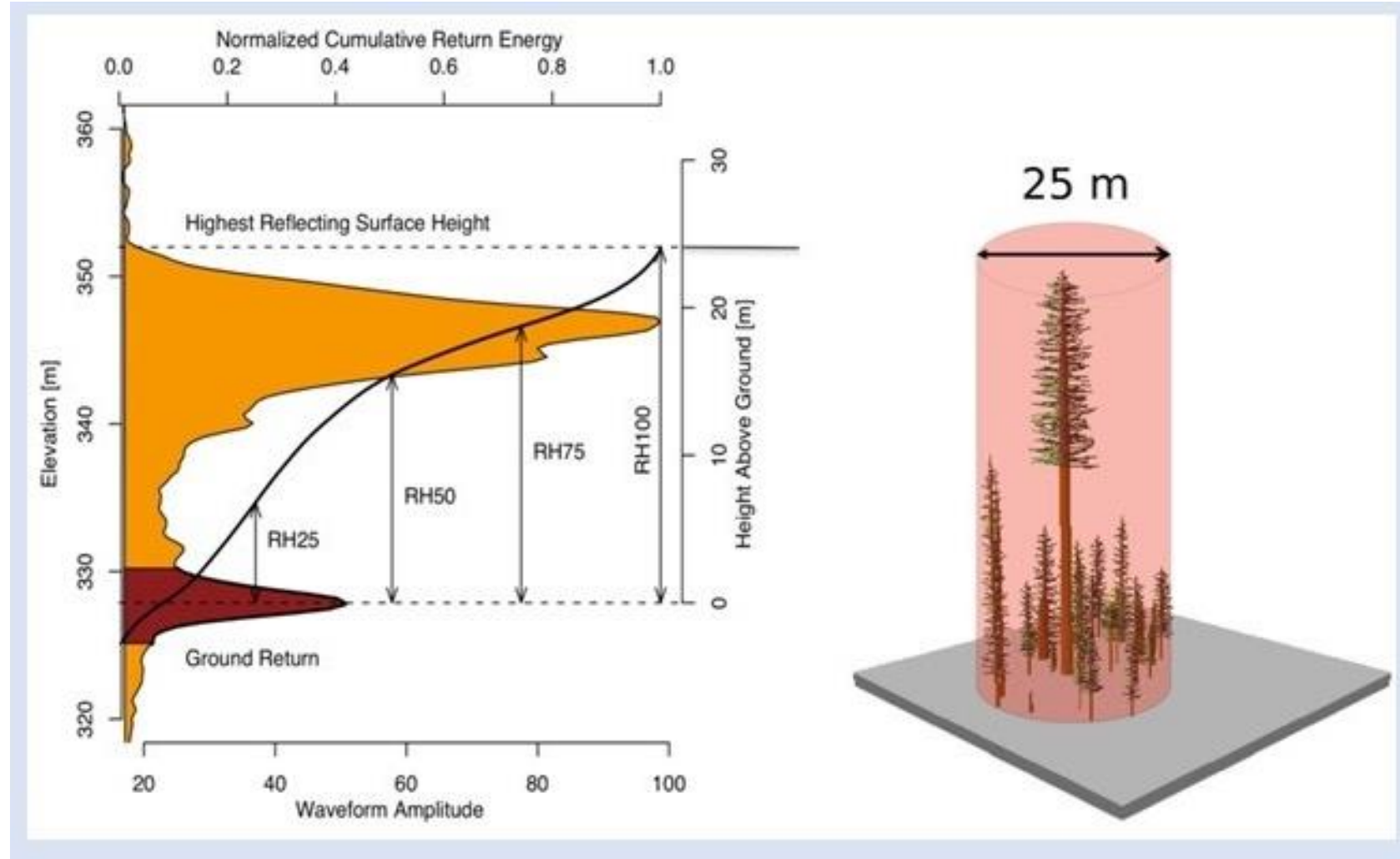
GEDI- Mediciones con Lidar

- GEDI usa 3 láseres para producir 8 transectos de formas de onda de lidar.
- Cada huella proporciona la estructura vertical completa del dosel.



El Producto Observable Principal de GEDI: La Forma de Onda

- Diferentes fracciones de la energía del láser retornan desde diferentes alturas sobre el suelo, creando el perfil a la derecha.
- Las alturas relativas (Relative Heights o RH) son una propiedad de la forma de onda que se puede introducir a un modelo de biomasa.



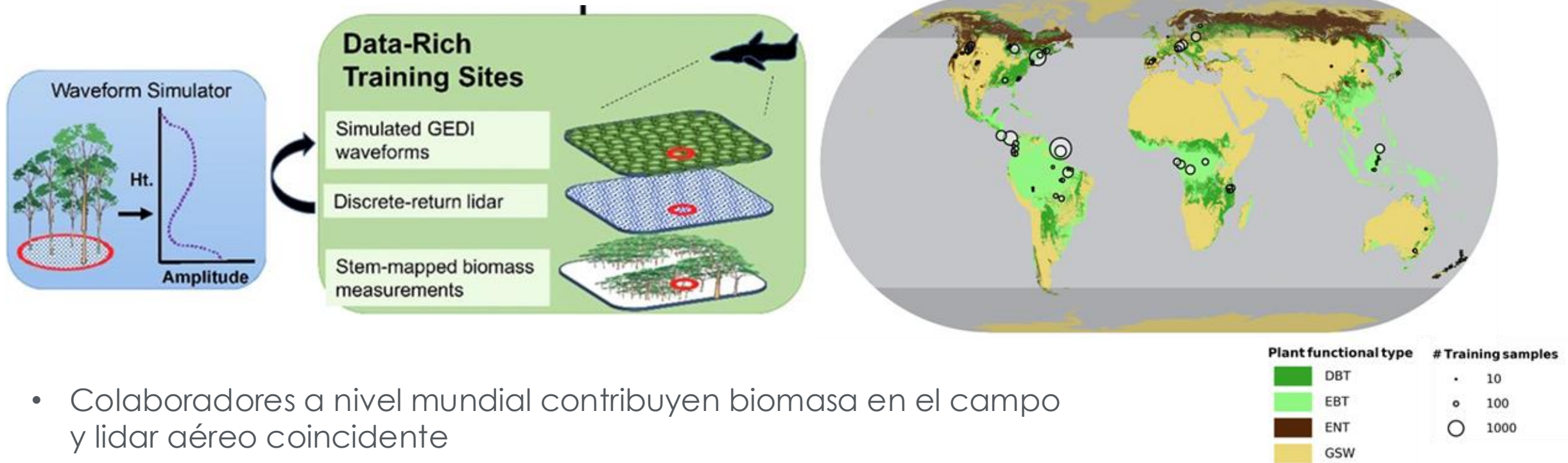
Nos Enfocaremos en el Nivel 4.

- **Nivel 4A** – Predicciones de densidad de biomasa para huellas individuales
- **Nivel 4B** – Estimaciones estadísticas de biomasa media para celdas en una cuadrícula de 1 km usando una muestra de predicciones de biomasa de Nivel 4A

Data Level Product	Description	DAAC Location
Level 1: Waveforms/Geolocated Waveforms Raw GEDI waveforms collected by the GEDI system and waveforms geolocated by the GEDI science team. Format: HDF5	Geolocated waveforms	LP DAAC
Level 2: Footprint level canopy height and profile metrics The waveforms are processed to provide canopy height and profile metrics, which provide easy-to-use and interpret information about the vertical distribution of the canopy material. Format: HDF5	Ground elevation, canopy top height, and Relative Height (RH) metrics	LP DAAC
	Canopy Cover Fraction (CCF), CCF profile, Leaf Area Index (LAI), and LAI profile	LP DAAC
Level 3: Gridded canopy height metrics and variability Gridded by spatially interpolating Level 2 footprint estimates of canopy cover, canopy height, LAI, vertical foliage profile and their uncertainties. Format: GeoTIFF	Gridded canopy cover, canopy height, LAI, and uncertainty	ORNL DAAC
Level 4: Footprint and Gridded Above Ground Carbon Estimates Level 4 data are model output. Footprint metrics derived from Level 2 data products are converted to footprint estimates of aboveground biomass density using calibration equations. These footprints are used to produce mean biomass and its uncertainty in cells of 1 km using statistical theory. Format: GeoTIFF	Footprint level aboveground biomass	ORNL DAAC
	Gridded aboveground biomass density [AGBD]	ORNL DAAC

Image by Felix Altmeyer from Pixabay

Nivel 4A de GEDI – Biomasa a Nivel de Huella



- Colaboradores a nivel mundial contribuyen biomasa en el campo y lidar aéreo coincidente
- Las formas de onda de GEDI se simulan a partir de datos aéreos
- **Guardamos datos de incertidumbre para estos modelos de biomasa y que usamos después en estimaciones estadísticas de Nivel 4B.**



GEDI usa una teoría de muestreo para estimar biomasa media e incertidumbre.

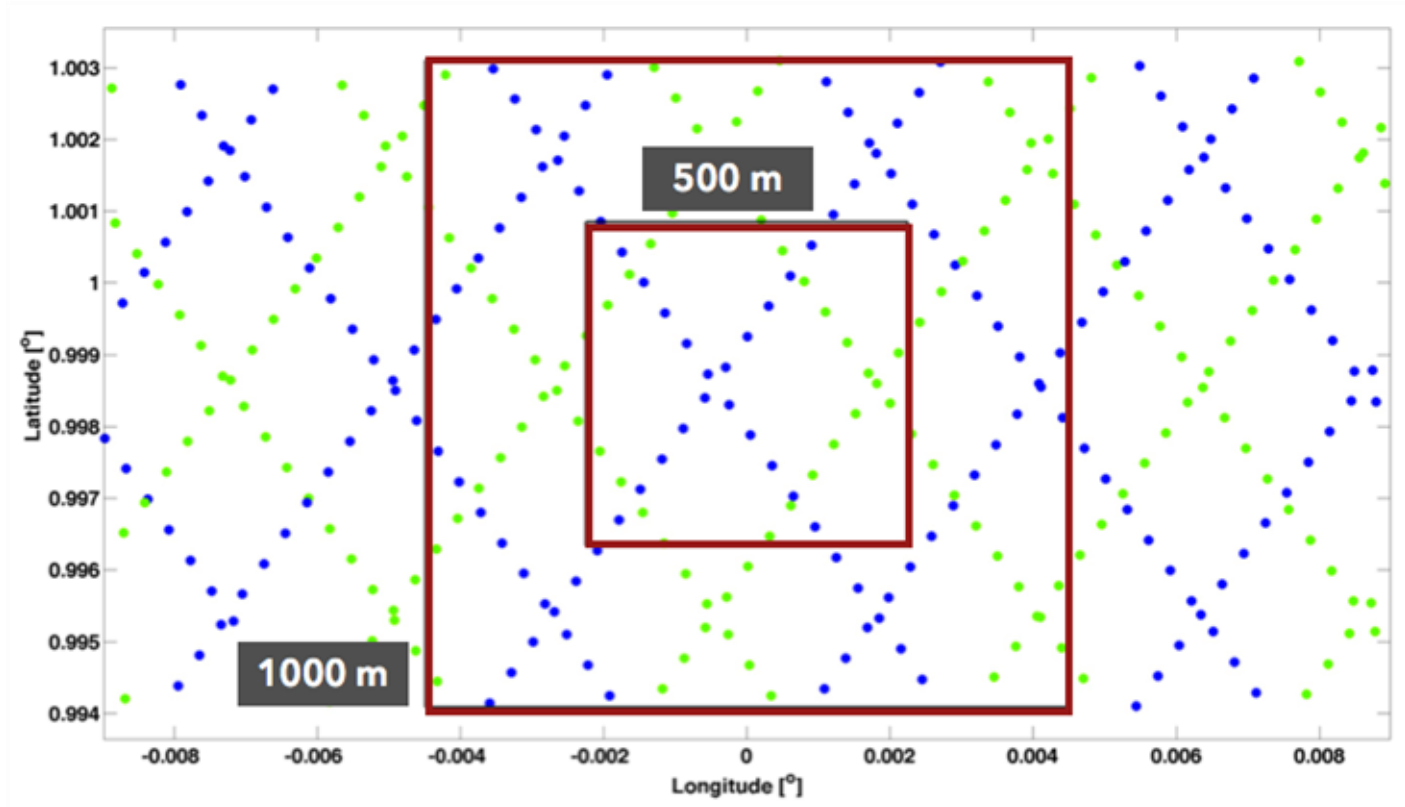


¿Cómo obtenemos la biomasa promedio?

- Termina estando cerca de la predicción del promedio de Nivel 4A.

¿Cómo obtenemos la incertidumbre acerca de la biomasa promedio?

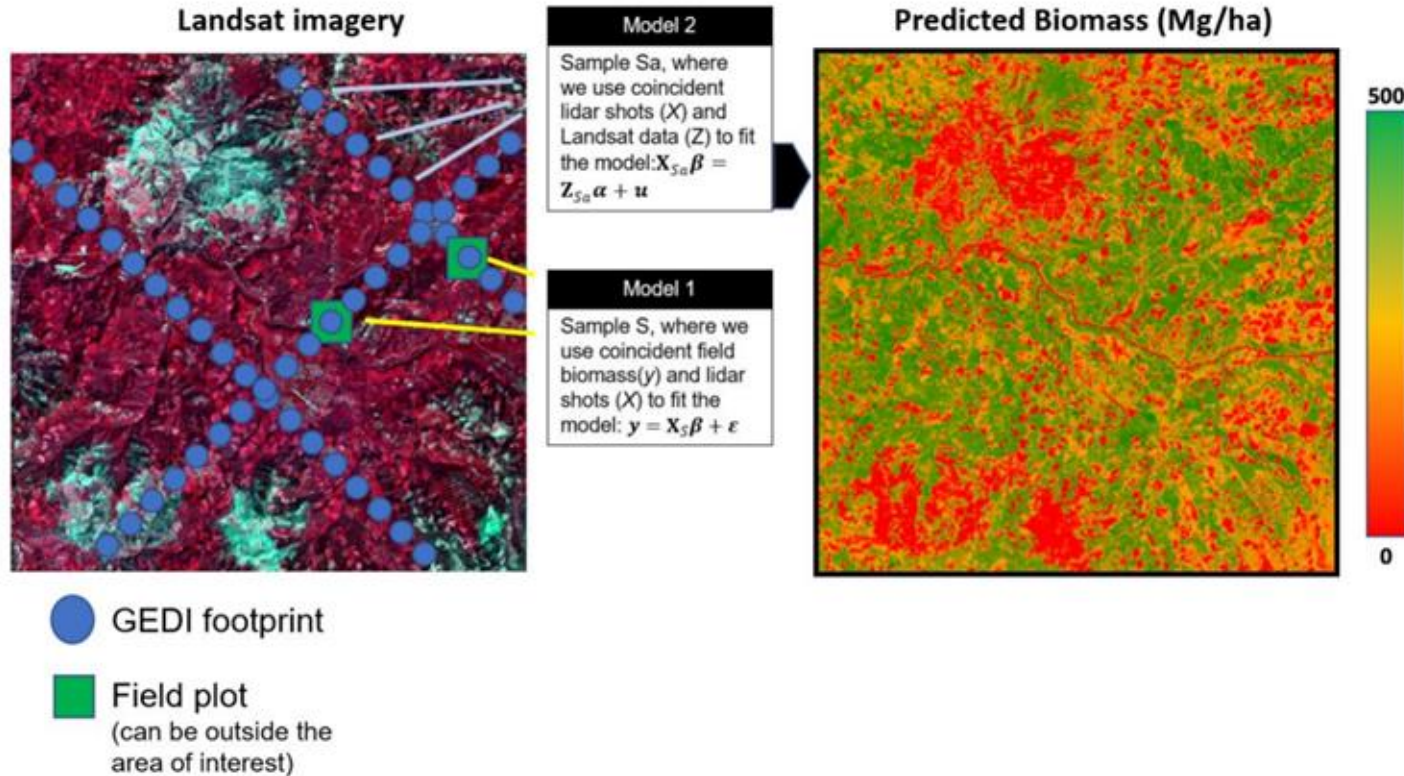
- Interferencia a base de modelo híbrido, o sea:
 1. Hay un componente de muestreo variable (función del número de muestreo y la variabilidad); y,
 2. Un término de covarianza del modelo, integrando lo que sabemos sobre qué tanto se puede equivocar el modelo con la matemática de cómo el error del modelo se podría propagar entre la población total de las predicciones.



Patterson et al. (2019) "Statistical properties of hybrid estimators proposed for GEDI—NASA's global ecosystem dynamics investigation." *Environmental Research Letters* 14, no. 6: 065007.



Interferencia a Base de Modelo Jerárquico Generalizado (Generalized Hierarchical Model-Based o GHMB)



¿Cómo obtenemos la biomasa media?

- Usamos predicciones de GEDI para entrenar un modelo de biomasa local a base de imágenes de Landsat. La predicción de biomasa de Landsat es nuestra media estimada.

¿Cómo obtenemos la incertidumbre acerca de la biomasa media?

- Interferencia a Base de Modelo Jerárquico Generalizado, significado:
 - Se propaga la covarianza de error entre la población (o de manera analítica o mediante una simulación) para dos niveles de modelo.

¿Cuándo GEDI utiliza este algoritmo?

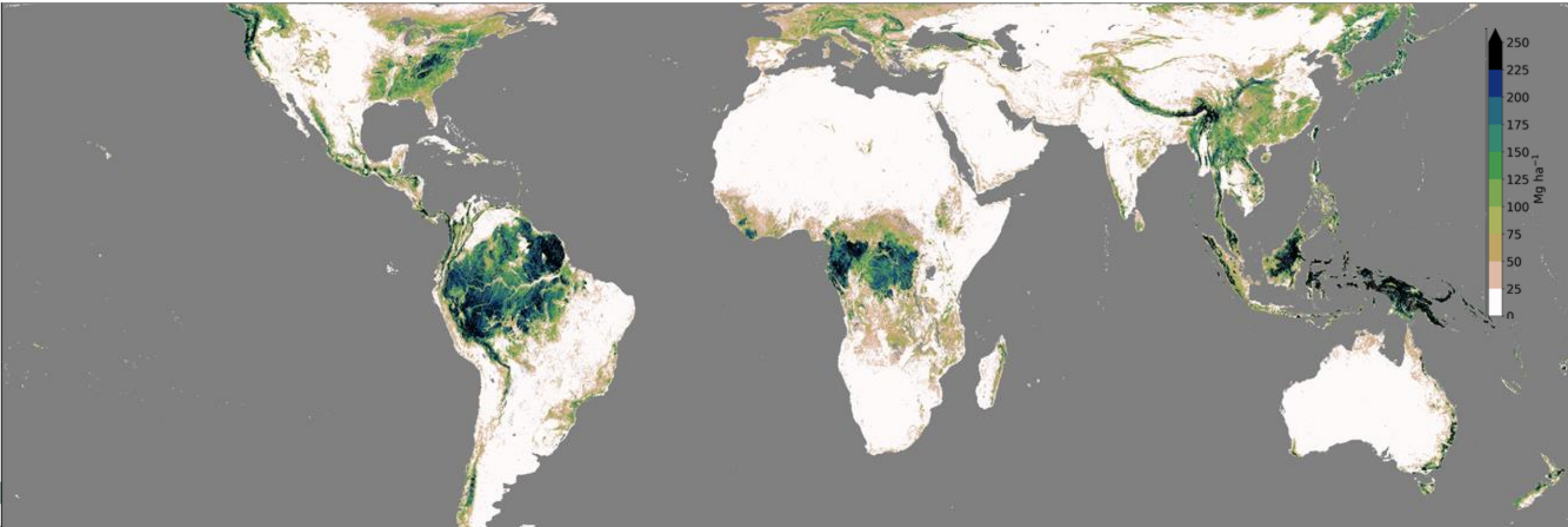
- Se utiliza en celdas de 1 km cuando no hay suficientes observaciones claras para hacer la inferencia híbrida (la opción no-Landsat descrita antes).



Estimaciones de Biomasa de GEDI de Nivel 4B



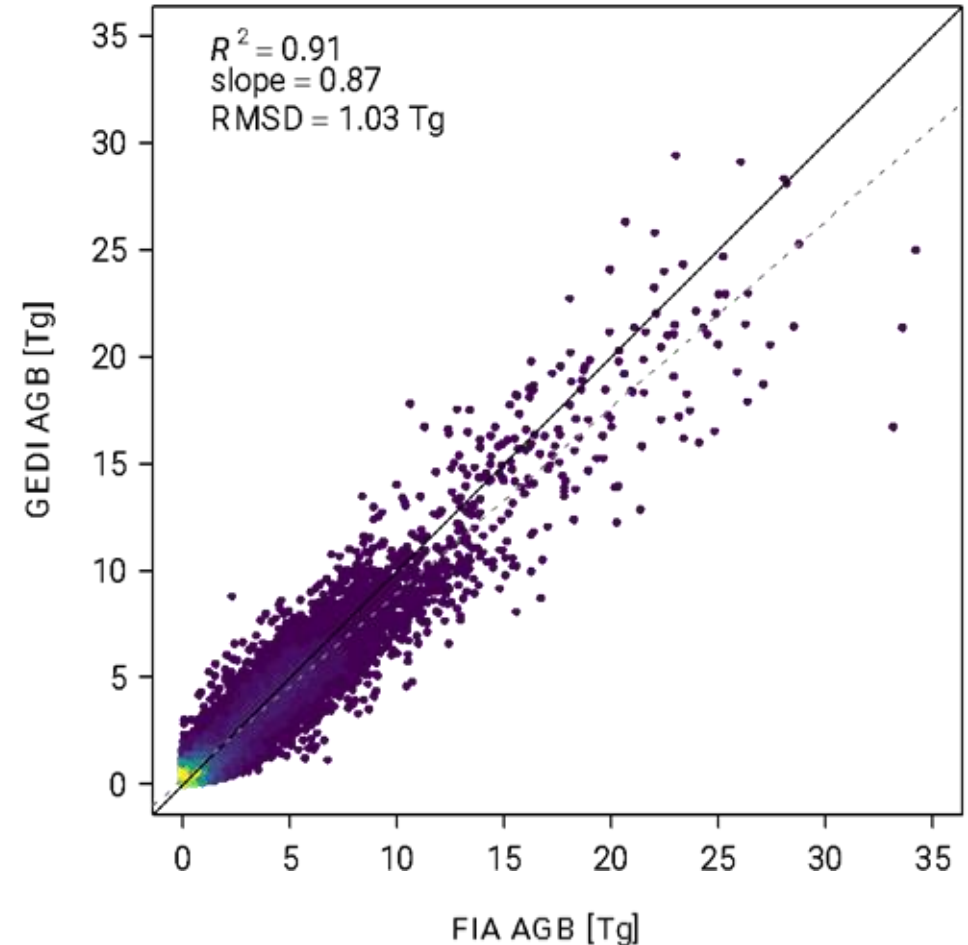
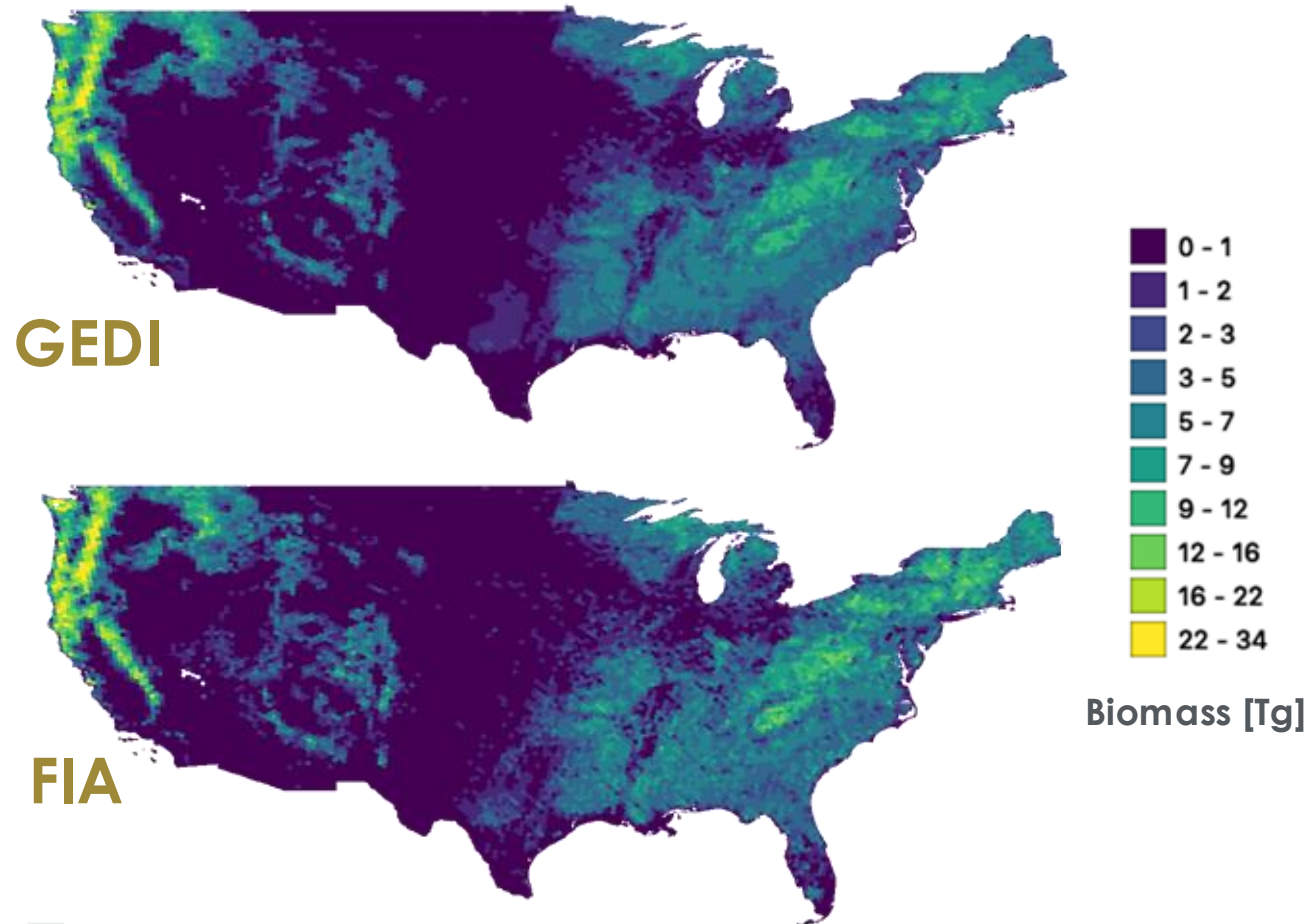
- El mapa de la densidad de biomasa de GEDI es el referente para la época actual y el primero producido mediante observaciones de un solo instrumento dentro de un marco estadístico consistente.



Estimaciones de Biomasa de GEDI Más Allá de Celdas de Cuadrícula de 1 km

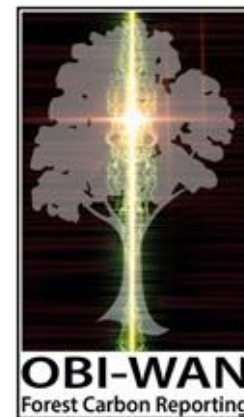


Validación de Estimaciones de GEDI con Datos de Inventarios del Servicio Forestal (FIA)

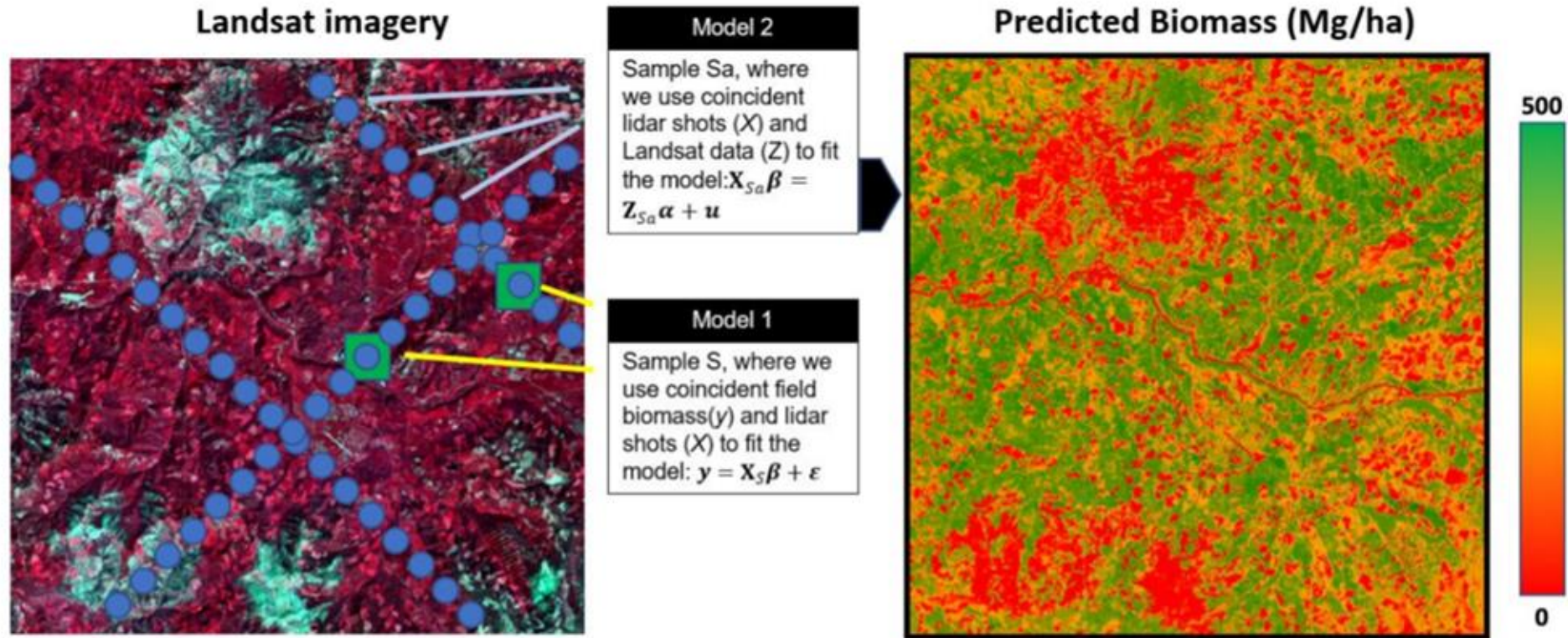





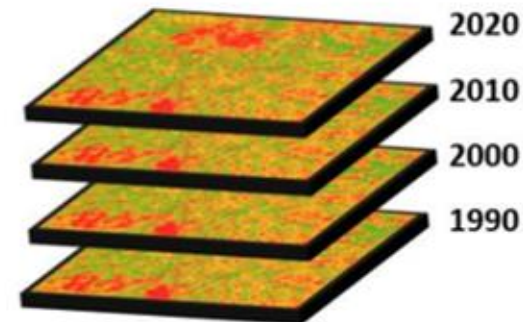
OBIWAN: Estimaciones de Cambios de Biomasa en Áreas de Interés



OBIWAN está construido sobre una extensión de la estimación basada en modelos jerárquicos.



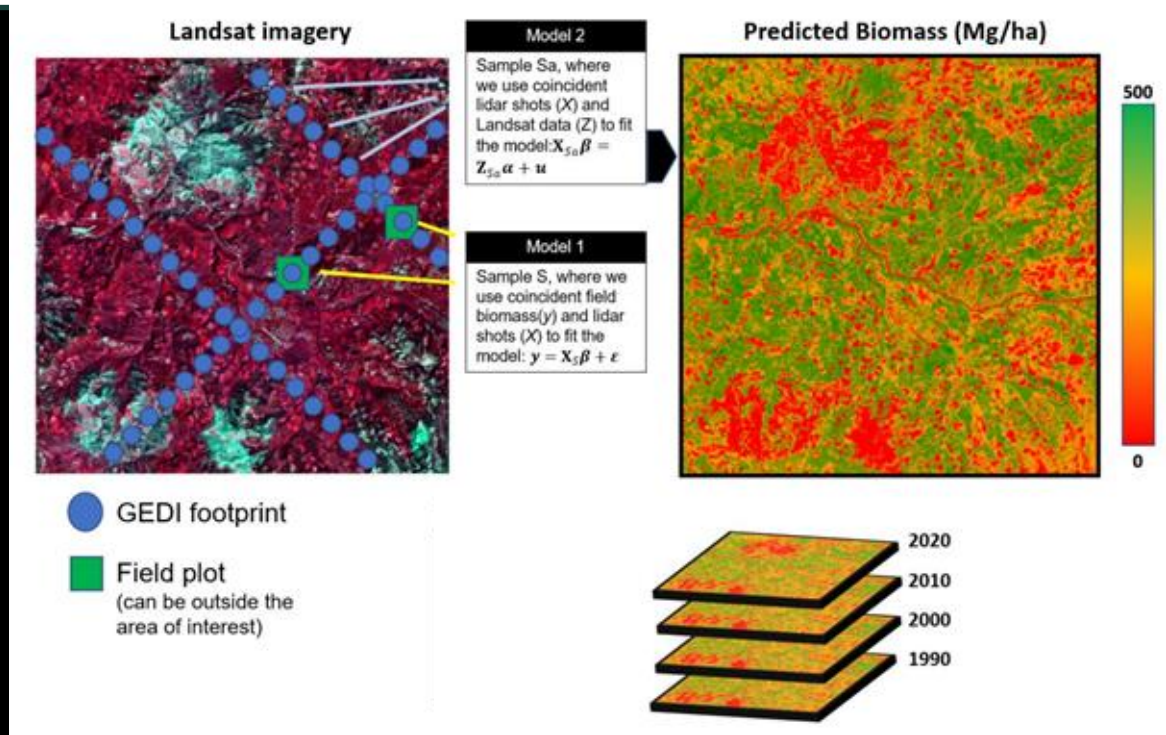
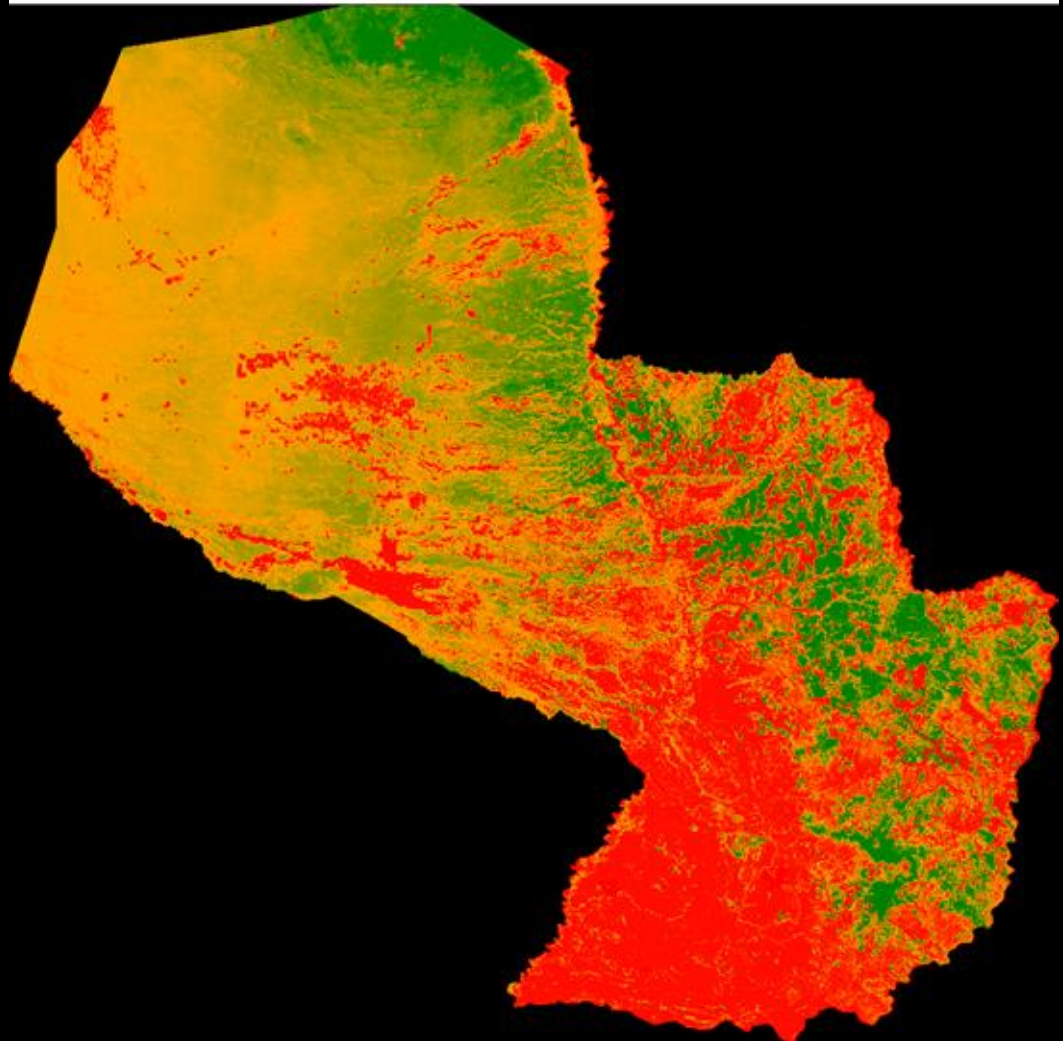
-  GEDI footprint
-  Field plot
(can be outside the area of interest)



La aplicación del modelo de Landsat calibrado con GEDI a lo largo del tiempo permite la evaluación del cambio aparente.



1985



Biomasa Aérea, Paraguay 1987-2021

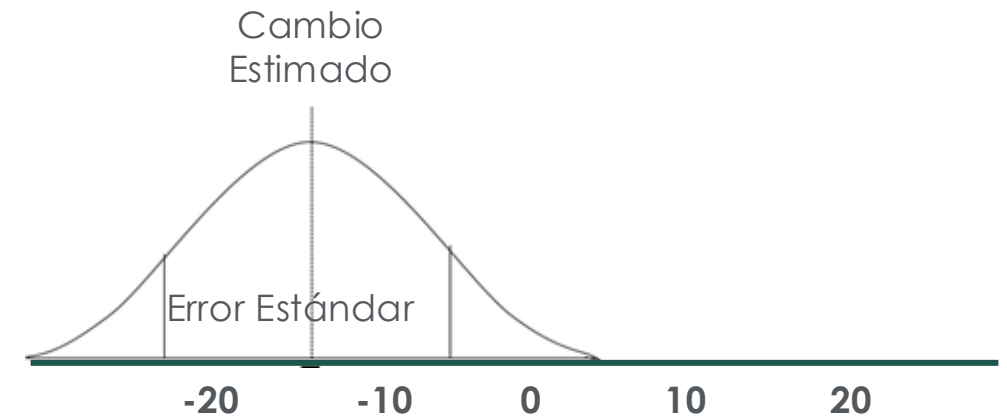
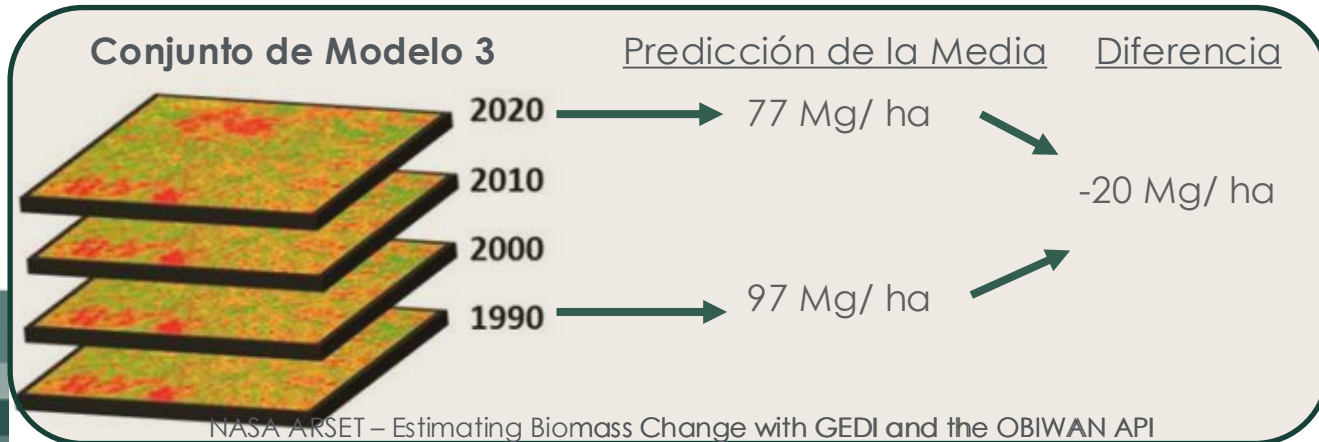
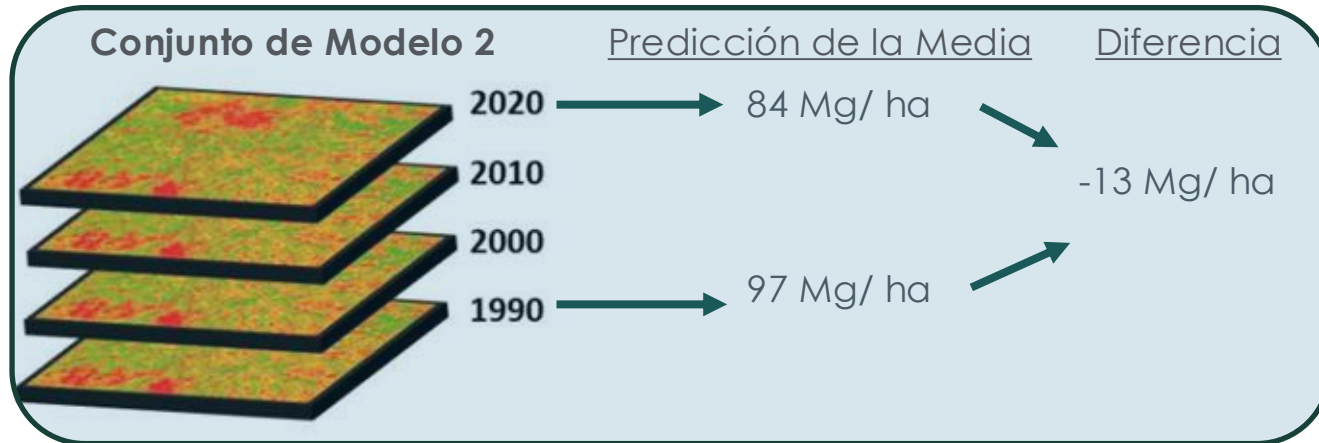
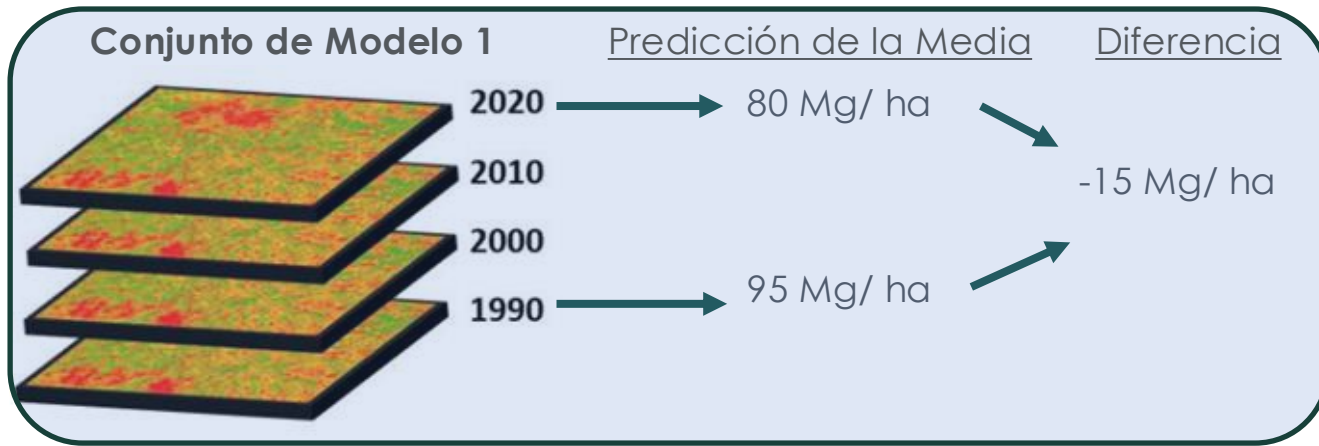


Biomasa
Baja

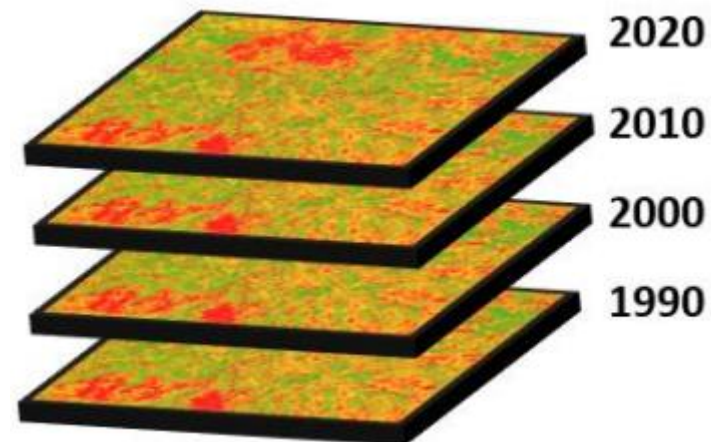
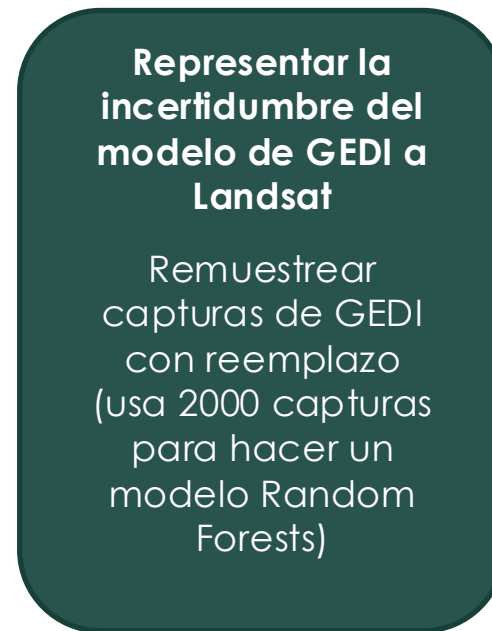
Biomasa
Alta



El “bootstrapping” de series temporales de predicciones produce una distribución de probabilidades alrededor de la estimación de cambios.



¿Qué significa “bootstrapping”?



La imagen Landsat no ofrece una gran discriminación entre los diferentes niveles de biomasa, incluso si los modelos se hacen muy localmente. Si Landsat confunde valores de biomasa altos así como valores bajos con condiciones más normales, las grandes ganancias o pérdidas se subestimarán de manera **sistemática**. Este es un desafío que OBIWAN aborda mediante la calibración.

Conjunto de Modelo 1

Predicción de la Media Predicción de la Media **Calibrada** Diferencia

Año	Predicción de la Media	Predicción de la Media Calibrada	Diferencia
2020	80 Mg/ ha	78 Mg/ ha	-19 Mg/ ha
2010			
2000			
1990	95 Mg/ ha	97 Mg/ ha	

Conjunto de Modelo 2

Predicción de la Media Predicción de la Media **Calibrada** Diferencia

Año	Predicción de la Media	Predicción de la Media Calibrada	Diferencia
2020	84 Mg/ ha	84 Mg/ ha	-21 Mg/ ha
2010			
2000			
1990	97 Mg/ ha	105 Mg/ ha	

Conjunto de Modelo 3

Predicción de la Media Predicción de la Media **Calibrada** Diferencia

Año	Predicción de la Media	Predicción de la Media Calibrada	Diferencia
2020	77 Mg/ ha	72 Mg/ ha	-26 Mg/ ha
2010			
2000			
1990	97 Mg/ ha	98 Mg/ ha	

- La calibración con datos del **inventario forestal** o **capturas de GEDI** que no se utilizan en el modelo Landsat reduce el sesgo de predicción con muy poca computación adicional.



Recursos



- [Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la Vegetación Usando Datos de GEDI](#)
- [LiDAR Profiling Satellite Observations for Air Quality Applications](#)
- Para una Introducción al Lidar y los Fundamentos de Cómo Acceder a datos de GEDI y de ICESat:
 - [El Uso de la Fluorescencia Inducida por el Sol y Lidar para Evaluar los Cambios y la Vulnerabilidad de la Vegetación](#)
- Para Familiarizarse con el Altimetro Laser Aéreo LVIS:
 - [ARSET Biodiversity Applications for Airborne Imaging Systems](#)
- [Tutoriales del Acceso a LPDAAC de Datos de GEDI](#)
- <https://www.youtube.com/watch?v=UlrCC1Xp-wk>





Demostración



En esta demostración, usaremos una aplicación de Earth Engine para...



- Explorar la distribución de las capturas de GEDI
- Realizar búsquedas de propiedades de las capturas que caen en lugares de interés
- Visualizar la distribución de las predicciones de biomasa de huella de GEDI de Nivel 4^a
- Explorar el producto de biomasa Media Cuadrada GEDI de Nivel 4B (con incertidumbres)
- Aplicar la inferencia híbrida (el algoritmo detrás del Nivel 4B) a áreas de interés

En la Sesión 2 de esta capacitación, veremos aplicaciones prácticas y la validación de OBIWAN en la contabilidad operativa de carbono forestal.

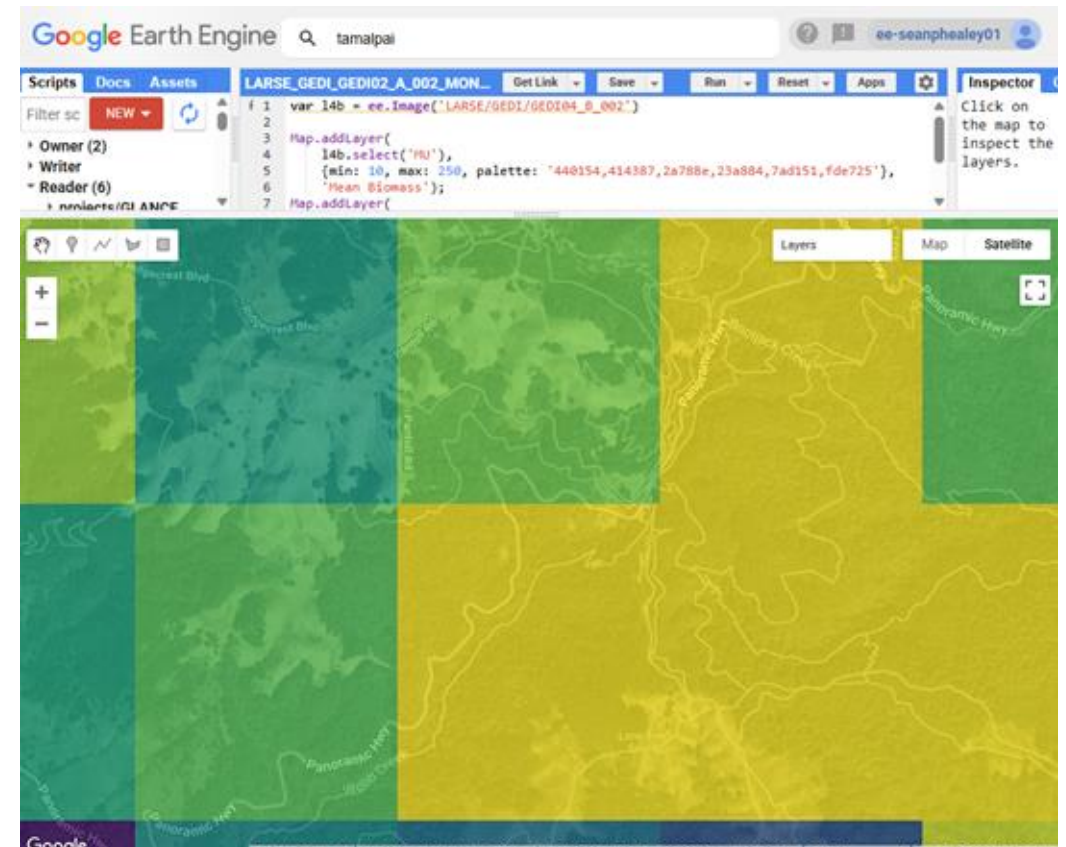
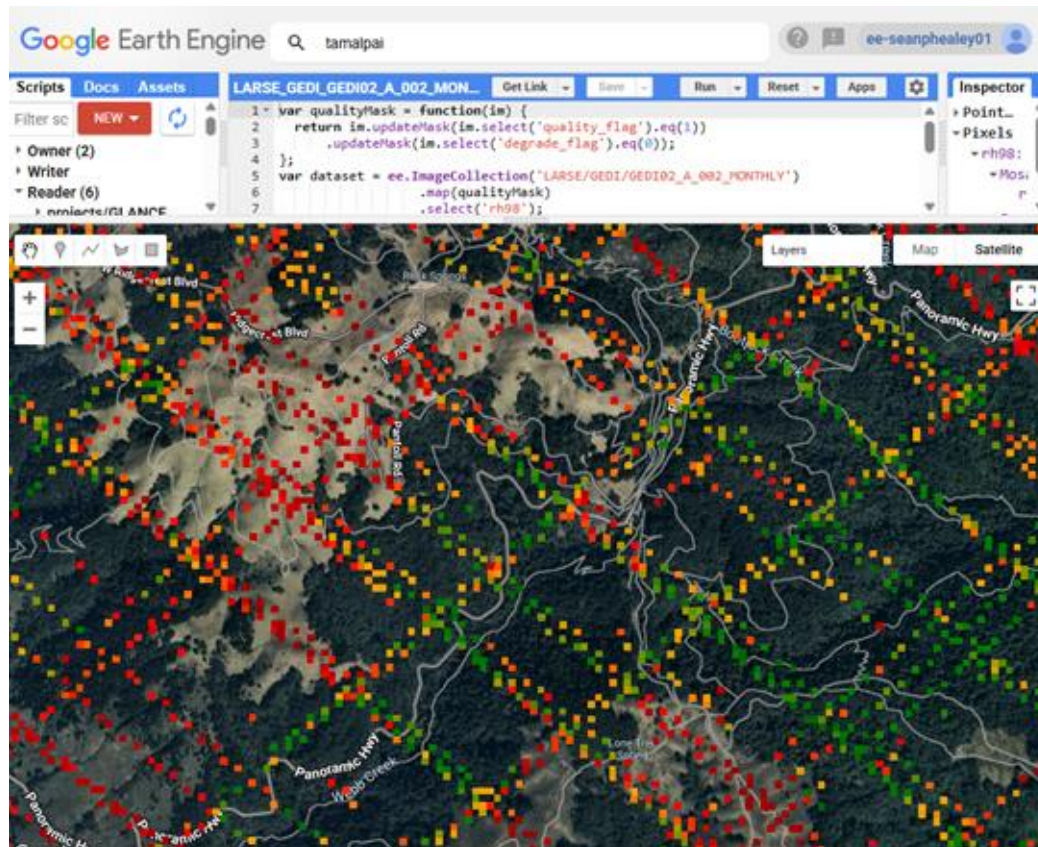


OBIWAN utiliza recursos de GEDI en Google Earth Engine.



```
ee.ImageCollection("LARSE/GEDI/GEDI02_A_002_MONTHLY")
```

```
ee.Image("LARSE/GEDI/GEDI04_B_002")
```



Healey, S. P., Yang, Z., Gorelick, N., & Ilyushchenko, S. (2020). Highly local model calibration with a new GEDI LiDAR asset on Google Earth Engine reduces Landsat forest height signal saturation. *Remote Sensing*, 12(17), 2840.



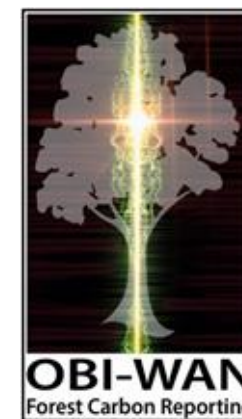
Aplicación de Exploración de GEDI



bit.ly/gediv01



Sesión 1: Estimación de Biomasa usando GEDI
Resumen



Resumen



- Cada huella (footprint) proporciona la estructura vertical completa del dosel forestal.
- Se devuelven diferentes fracciones de la energía del láser desde distintas alturas sobre el suelo, lo que da como resultado el perfil.
- Las Alturas Relativas (RH) son una propiedad de la forma de onda que se puede introducir en un modelo de biomasa.
- Nivel 4A – Densidad de biomasa predicha para huellas individuales.
- Nivel 4B – Estimaciones estadísticas de la biomasa media para celdas de cuadrícula de 1 km utilizando la muestra de GEDI de las predicciones de biomasa L4A.
- GEDI utiliza la teoría de muestreo para estimar la biomasa media y la incertidumbre.
- OBIWAN es una aplicación de análisis de carbono forestal que utiliza observaciones lidar de GEDI junto con datos de inventario forestal para estimar la biomasa y monitorear los cambios en el carbono forestal a lo largo del tiempo.



La Sesión 2



En la siguiente sesión los participantes aprendan a:

- **Identificar** conceptos clave del monitoreo de carbono (requisitos del sistema, necesidades de decisión y el concepto de *adicionalidad*).
- **Reconocer** a fondo cómo OBIWAN integra GEDI y las series temporales de Landsat.
- **Evaluar la incertidumbre** comparando las estimaciones de OBIWAN con los datos reales de inventario de la FIA (Servicio Forestal de EE. UU.).
- **Utilizar la API de código abierto de OBIWAN** para generar sus propias estimaciones de cambio en áreas de interés.
- **Aplicar OBIWAN para visualizar** los cambios de biomasa y comparar las ganancias de carbono bajo diferentes escenarios climáticos.



Tarea y Certificados



- **Tarea:**
 - Se asignará una tarea
 - Abre el 28 de mayo de 2026
 - Se puede acceder desde la [página web de la capacitación](#)
 - Debe enviar sus respuestas vía el formulario de Google
 - **Fecha de entrega: 18 de junio de 2026**

- **Certificado de Finalización de Curso:**
 - Asista a las dos sesiones en vivo (la asistencia se registra automáticamente)
 - Complete la tarea antes de la fecha límite

Recibirá un certificado por correo electrónico aproximadamente dos meses después de completar esta capacitación.



Contacto

Sean Healey: sean.healey@usda.gov

- [ARSET Website](#)
- [ARSET YouTube](#)





¡Gracias!

