



Parte 1 Sesión de Preguntas y Respuestas

Por favor, escriba sus preguntas en el cuadro de preguntas. Haremos todo lo posible por responder a todas sus preguntas. Si no la respondemos, por favor contacte a Erika Podest (erika.podest@jpl.nasa.gov) o a Sean Healey (sean.healey@usda.gov).

1. Pregunta: ¿Cuál es la distancia entre los láseres y/o transectos de GEDI?

Respuesta 1: 600 metros

Question 1: What is the distance between the lasers and/or GEDI transects?

Answer 1: 600 meters.

2. Pregunta: ¿El perfil de onda no se ve afectado por árboles que crecen en pendiente?

Respuesta 2: Las pendientes pueden dificultar la correcta identificación del suelo en la forma de onda, lo cual puede causar errores en las mediciones de la altura de los árboles. GEDI utiliza una huella pequeña (25 m de diámetro) para minimizar la variación de la pendiente dentro del área abarcada por una forma de onda.

Question 2: Is the wave profile not affected by trees growing on a slope?

Answer 2: Slopes can cause problems with properly finding the ground peak in the waveform, which can cause errors in the tree height measurements. GEDI uses a small footprint (25m diameter) to minimize how much the slope might vary within the area within a single waveform.

3. Pregunta: ¿Cuáles son las limitantes del modelo y cuál sería el área mínima de análisis del modelo?

Respuesta 3: Los modelos de biomasa de GEDI se calibraron por ecosistema y por continente; sin embargo, no se disponía de datos de calibración en todas partes. En aquellos lugares donde no se cuenta con datos de calibración, existe la posibilidad de que hayan niveles desconocidos de sesgo. En cuanto a la pregunta sobre el área mínima de interés, recomendamos que esta no sea inferior a 500 hectáreas. Los supuestos de nuestro método estadístico no tienen en cuenta la autocorrelación espacial de los errores, lo cual puede constituir una fuente importante de incertidumbre en áreas pequeñas.



Question 3: What are the limitations of the model, and what would be the minimum area of analysis for the model?

Answer 3: The GEDI biomass models were calibrated by ecosystem and continent, but calibration data were not available everywhere. In places where no calibration data are available, there is a possibility for unknown levels of bias. Regarding the question of minimum area of interest, we recommend that it be no smaller than 500 hectares. The assumptions of our statistical method ignore spatial autocorrelation of errors, which can be an important source of uncertainty in small areas.

4. Pregunta: En general los ejemplos, son muy buenos, pero todos sobre bosques muy homogéneos, ¿cómo han sido calibrados esos modelos sobre bosques tropicales (seco tropical, andino, amazónico, etc) y cuál ha sido la precisión?

Respuesta 4: Las formas de onda de GEDI se han comparado con datos de lidar aerotransportado en diversos tipos de bosques de todo el mundo. En general, las mediciones de altura coinciden bastante bien, aunque en ocasiones las alturas se subestiman en los bosques tropicales densos. En cuanto a la validación de los modelos de biomasa, el equipo de GEDI ha llevado a cabo una validación cruzada utilizando los datos disponibles; no obstante, somos conscientes de que existen muchos ecosistemas que no han sido suficientemente estudiados. Por ejemplo, la misión GEDI no disponía de datos de calibración procedentes de bosques caducifolios de América del Sur, y Bullock et al.

(<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/acdf03/meta>)

constataron que los modelos de la misión no representaban con precisión la biomasa medida en dichos bosques por el inventario forestal nacional de Paraguay.

Question 4: In general, the examples are very good, but all focused on very homogeneous forests. How have these models been calibrated over tropical forests (dry tropical, Andean, Amazonian, etc.) and what was the accuracy?

Answer 4: GEDI waveforms have been compared to airborne lidar across many types of forests across the world. In general, height measurements match fairly well, although heights are sometimes under-predicted in dense tropical forests. Regarding validation of biomass models, the GEDI team has carried out cross-validation using available data, but we know there are many ecosystems that are not well studied. For example, the GEDI mission did not have any calibration data from deciduous forests in South America, and



Bullock et al.

(<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/acdf03/meta>) found that the mission's models did not accurately represent biomass measured in such forests by Paraguay's national forest inventory.

5. Pregunta: Se puede incluir en el análisis de GEDI la altura del dosel a 1 m de resolución presentada por WRI y la Universidad de Maryland?

Respuesta 5: Creo que sería muy difícil hacer coincidir una forma de onda de GEDI de 25 m con un píxel de 1 m. Tampoco estoy seguro de cómo podría vincularse una parcela de campo con imágenes de 1 m, incluso si dicha parcela incluyera datos de árboles con mapeo de tallos.

Question 5: Can the canopy height at 1 m resolution, presented by WRI and the University of Maryland, be included in the GEDI analysis?

Answer 5: I think it would be very difficult to match a 25m GEDI waveform with a 1m pixel. I am also not sure how a field plot could be matched to 1m imagery, even if the plot included stem-mapped tree data.

6. Pregunta: Las estimaciones subestiman la biomasa alta (creo dijo sobre RH50) y sobreestiman la biomasa baja? Es correcto?

Respuesta 6: Sí, en general. La siguiente sesión tratará sobre una corrección que se puede aplicar a esto si hay datos de inventario disponibles o si hay formas de onda disponibles que no se usaron para hacer el modelo, las que las hay siempre.

Question 6: Do the estimates underestimate high biomass (I believe you mentioned RH50) and overestimate low biomass? Is that correct?

Answer 6: Yes, in general. The next session will address a correction that can be applied to this if inventory data is available, or if waveforms are available that were not used to build the model—which is always the case.

7. Pregunta: ¿Estamos midiendo el cambio de biomasa o estamos elaborando una aproximación sofisticada basada en un modelo?

Respuesta 7: Utilizamos una estimación basada en modelos a partir de las observaciones proporcionadas por GEDI. Propagamos la incertidumbre de los modelos relevantes para obtener una estimación estadística de dicha incertidumbre.

Question 7: Are we measuring biomass change, or are we generating a sophisticated approximation based on a model?



Answer 7: We use a model-based estimate derived from observations provided by GEDI. We propagate the uncertainty of the relevant models to obtain a statistical estimate of that uncertainty.

- 8. Pregunta: ¿Pueden las estimaciones de biomasa desde el espacio ser lo suficientemente precisas y fiables como para respaldar la toma de decisiones cruciales sobre el carbono? De no ser así, ¿qué métodos de monitoreo serían más apropiados? En los casos en que el monitoreo terrestre exhaustivo no sea factible, ¿puede la estimación de biomasa desde el espacio servir como una alternativa práctica o un enfoque complementario? ¿Hasta qué punto es aplicable este enfoque en la práctica?**

Respuesta 8: El monitoreo longitudinal terrestre que abarca datos históricos es el método de referencia, pero su costo suele ser un obstáculo. En mi opinión, OBIWAN proporciona la mejor estimación disponible sobre los cambios en la biomasa en muchas partes del mundo. En Estados Unidos, donde se dispone de calibración con datos de inventario del Servicio Forestal, considero que OBIWAN es una herramienta confiable para la toma de decisiones. Ofrecemos estimaciones probabilísticas de la incertidumbre.

Question 8: Can space-based biomass estimates be sufficiently accurate and reliable to support crucial carbon-related decision-making? If not, which monitoring methods would be more appropriate? In cases where comprehensive ground-based monitoring are not feasible, can space-based biomass estimation serve as a practical alternative or a complementary approach? To what extent is this approach applicable in practice?

Answer 8: Longitudinal ground-based monitoring that incorporates historical data is the gold standard method, but its cost often presents a barrier. In my opinion, OBIWAN provides the best available estimate of biomass changes in many parts of the world. In the United States—where calibration data from the Forest Service inventory are available—I consider OBIWAN to be a reliable tool for decision-making. We provide probabilistic estimates of uncertainty.

- 9. Pregunta: ¿RH50 es la mitad de la ELEVACIÓN de RH100 o la mitad de la BIOMASA de la columna vertical?**

Respuesta 9: Ninguna de las dos. RH50 es la altura por debajo de la cual se encuentra la mitad del material del dosel. Es el punto medio de la densidad. La mitad de la energía ha regresado. Dependiendo del perfil del dosel, esto puede ser mayor o menor que la altura de la parte superior del dosel.



Question 9: Is RH50 half of the ELEVATION of RH100, or half of the BIOMASS of the vertical column?

Answer 9: Neither. RH50 is the height below which half of the canopy material is located. It is the density midpoint. Half of the energy has returned.

Depending on the canopy profile, this may be higher or lower than the height of the top of the canopy.

10. Pregunta: Se puede estimar biomasa en bosques urbanos afectados por asentamientos?

Respuesta 10: Es complicado debido al hecho de que los edificios pueden parecer árboles en las formas de onda. En los bosques urbanos la posibilidad es más limitada que en otros bosques.

Question 10: Can biomass be estimated in urban forests affected by settlements?

Answer 10: It's complicated because buildings can appear as trees in waveforms. In urban forests, the possibility is more limited than in other forests.

11. Pregunta: ¿Qué potencial ve usted en incorporar información de Sentinel o de satélites de mayor resolución, además del modelo Landsat?

Respuesta 11: Este proceso probablemente se beneficiaría del uso de datos como los de Landsat Sentinel (HLS), pero dichos datos no abarcan un período lo suficientemente largo como para apoyar a las aplicaciones descritas aquí.

Question 11: What is the potential of incorporating information from Sentinel or higher-resolution satellites in addition to the Landsat model?

Answer 11: This process would likely benefit from using inputs from the Harmonized Landsat Sentinel (HLS) dataset, but that dataset does not go back far enough to support the applications described here.

12. Pregunta: Cuáles son los criterios para saber si una determinada zona, tiene suficientes medidas LIDAR/GEDI, para obtener estimaciones con error de las 10 t/ha?

Respuesta 12: Para el método de estimación de biomasa principal de GEDI, se basa en muestras, necesitamos dos sobrevuelos de GEDI específicamente dos sets de mediciones en donde una sola línea de adquisición la tratamos como un grupo (cluster) para así generar estimaciones de cuadrículas de 1 km.



Question 12: What are the criteria for determining whether a specific area has sufficient LIDAR/GEDI measurements to yield estimates with an error margin of 10 t/ha?

Answer 12: The primary GEDI biomass estimation method is sample-based; therefore, we require two GEDI overpasses—specifically, two sets of measurements in which a single flight line is treated as a cluster—to generate estimates for 1 km grid cells.

13. Pregunta: Mi duda es, ¿hay alguna manera para evaluar cambios de biomasa aérea cuando los conglomerados de campo de inventarios forestales no coinciden espacialmente al 100%? o solo coinciden en un porcentaje de ellos? o simplemente esto no es posible?

Respuesta 13: Un próximo artículo describe una validación realizada con el inventario forestal nacional de Nepal. En dicha validación, comparamos las estimaciones de cambio de OBIWAN con las del inventario, tanto a nivel nacional como provincial. Asimismo, comparamos las predicciones de cambio de OBIWAN con cientos de parcelas de campo agregadas y remedidas en los Estados Unidos. Este tipo de validación reduce el impacto de las pequeñas discrepancias espaciales. La próxima sesión abordará este tema con mayor detalle.

Question 13: Is there a way to assess changes in aboveground biomass when forest inventory field clusters do not spatially coincide 100%—or coincide only partially—or is this simply not possible?

Answer 13: An upcoming paper describes a validation against the national forest inventory of Nepal. In that validation, we compare OBIWAN estimates of change against the inventory at the national and provincial levels. We also compare OBIWAN predictions of change to hundreds of aggregated re-measured field plots in the US. This kind of validation reduces the impact of small spatial mismatches. The next session will describe this topic in more detail.

14. Pregunta: ¿Cómo puedo combinar imágenes Landsat con datos GEDI? ¿Qué software puedo usar para esto? ¿Puedo usar covariables diferentes de Landsat, como NDVI, EVI, etc.? Además, ¿es posible usar Sentinel-1 y Sentinel-2 en lugar de Landsat para la estimación de biomasa?

Respuesta 14: El catálogo de Google Earth Engine describe el recurso GEDI. Esa podría ser la vía más sencilla para la integración con Landsat u otros sensores.



Question 14: How do I fuse Landsat imagery with GEDI data? Which software can I use to do this, and can I use different covariates from Landsat such as NDVI, EVI, etc.? Additionally, is it possible to use Sentinel-1 and Sentinel-2 instead of Landsat for biomass estimation?

Answer 14: The Google Earth Engine catalog describes the GEDI asset. That might be the easiest pathway to integration with Landsat or other sensors.

15. Pregunta: ¿Es aplicable y eficiente la estimación de biomasa mediante GEDI en zonas áridas y pastizales?

Respuesta 15: GEDI sí recopila mediciones de alta calidad en bosques áridos. Creo que la fusión de datos de GEDI y Landsat realizada por OBIWAN requiere una mayor validación en bosques áridos.

Question 15: Is biomass estimation using GEDI applicable and efficient in arid zones and grasslands?

Answer 15: GEDI does indeed collect high-quality measurements in arid forests. I believe that the fusion of GEDI and Landsat data performed by OBIWAN requires further validation in arid forests.

16. Pregunta: Creo que mencionaste que los supuestos que se utilizan para estimar la biomasa varían en áreas de menos de 500 ha. ¿Lo entendí bien? Si es así, ¿podrías explicarlo con más detalle?

- a. Respuesta 17: El trabajo de Patterson et al. describe nuestros métodos basados en modelos como un método estadístico para grandes áreas. En concreto, no consideramos la autocorrelación espacial de los errores del modelo, lo que limita su aplicabilidad en áreas pequeñas. A escalas más finas, no confiamos en esas estimaciones a menos que sean de al menos 500 ha.

Question 17: I believe you mentioned that the assumptions used to estimate biomass vary in areas smaller than 500 ha. Did I understand that correctly? If so, could you explain this in greater detail?

Answer 17: The work by Patterson et al. describes our model-based methods as a statistical approach for large areas. Specifically, we do not account for the spatial autocorrelation of model errors, which limits their applicability in small areas. At finer scales, we do not rely on these estimates unless they cover an area of at least 500 ha.

17. Pregunta: ¿Que se podría hacer para trabajar bosques urbanos? en polígonos de trabajo?



- a. Respuesta 18: Los inventarios forestales urbanos son cada vez más comunes a medida que las personas reconocen los beneficios ambientales (moderación de la temperatura, retención de agua) de plantar árboles en las ciudades. Las formas de onda de GEDI en entornos urbanos a menudo no diferencian las estructuras arbóreas de las estructuras de los edificios, por lo que es posible que este sensor no sea la mejor herramienta para monitorear el crecimiento de los árboles urbanos.

Question 18: What could be done to work with urban forests within industrial parks?

Answer 18: Urban forest inventories are becoming more common as people realize the environmental benefits (temperature moderation, water retention) of planting trees in cities. GEDI waveforms in cities often do not differentiate tree structures from building structures, so the sensor may not be the best tool to monitor urban tree growth.