



## Sesión 1A de Preguntas y Respuestas

Por favor escriba sus preguntas en la caja de preguntas.

Savannah Cooley ([savannah.cooley@nasa.gov](mailto:savannah.cooley@nasa.gov)), Naiara Pinto ([naiara.pinto@jpl.nasa.gov](mailto:naiara.pinto@jpl.nasa.gov)), or Erika Podest ([erika.podest@jpl.nasa.gov](mailto:erika.podest@jpl.nasa.gov)).

### **Pregunta 1: ¿Podrías por favor aclarar a qué se refiere el RH50 y 95?**

Respuesta 1: RH significa "Relative Height" (Altura Relativa) y los números representan percentiles de energía acumulada retornada. RH50 es la altura a la cual se ha recibido el 50% de la energía acumulada retornada—representa la altura de energía mediana y nos dice dónde está distribuida verticalmente la mayor parte de la vegetación. Por ejemplo, si RH50 = 10 m en un bosque de 30 m de altura, significa que la mitad de la energía retornada viene de los primeros 10 m (sotobosque denso), mientras que la otra mitad viene de los 20 m superiores del dosel. RH95 es la altura a la cual se ha recibido el 95% de la energía acumulada retornada—esto captura la altura del dosel superior mientras filtra valores atípicos extremos que podrían afectar RH100. RH95 (o RH98) se usa como métrica estándar de altura del dosel porque es más robusta que RH100 contra ruido e irregularidades. En resumen: RH50 describe la estructura vertical media (útil para entender sotobosque y capas del dosel), mientras que RH95 describe la altura máxima del dosel de manera confiable. Comparar estas métricas juntas revela la complejidad estructural del bosque—una gran diferencia entre RH50 y RH95 indica un bosque con múltiples capas, mientras que una diferencia pequeña sugiere vegetación más uniforme verticalmente.

### **Question 1: Can you please clarify what you mean by RH50 and 95?**

Answer 1: RH means "Relative Height" and the numbers represent percentiles of cumulative returned energy. RH50 is the height at which 50% of the cumulative returned energy has been received—it represents the median energy height and tells us where most of the vegetation is distributed vertically. For example, if RH50 = 10 m in a 30 m tall forest, it means half the returned energy comes from the first 10 m (dense understory), while the other half comes from the upper 20 m of canopy. RH95 is the height at which 95% of the cumulative returned energy has been received—this captures upper canopy height while filtering extreme outliers that might affect RH100. RH95 (or RH98) is used as the standard canopy height metric because it's more robust



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

than RH100 against noise and irregularities. In summary: RH50 describes the median vertical structure (useful for understanding understory and canopy layers), while RH95 describes maximum canopy height reliably. Comparing these metrics together reveals forest structural complexity—a large difference between RH50 and RH95 indicates a multi-layered forest, while a small difference suggests more vertically uniform vegetation.

### **Pregunta 2: ¿Cuál es el rango temporal de la data?**

Respuesta 2: GEDI comenzó a recopilar datos científicos en abril de 2019 y continúa operando actualmente (octubre de 2025). El rango temporal completo de datos disponibles es desde abril de 2019 hasta el presente, con actualizaciones continuas a medida que se procesan nuevos datos. Los datos se organizan en "versiones de colección" que pueden reprocessar datos históricos con algoritmos mejorados. La versión actual es Collection 2 (V002), que incluye datos reprocessados desde 2019 con algoritmos mejorados. Es importante notar que: (1) La densidad de muestreo varía en el tiempo—algunas áreas pueden tener múltiples observaciones a lo largo de los años, mientras que otras pueden tener cobertura limitada dependiendo de la trayectoria orbital de la ISS y las condiciones de nubes. (2) Los productos cuadriculados (L3, L4B) agregan datos a través de diferentes períodos de tiempo—algunos productos presentan toda la misión (2019-presente), mientras que otros pueden tener ventanas temporales específicas. (3) Para estudios de cambio temporal, debe considerar que GEDI no revisa los mismos puntos exactos repetidamente, por lo que la detección de cambios generalmente se hace a nivel de área/paisaje en lugar de punto por punto. Cuando descargue datos, puede especificar el rango de fechas de interés en su búsqueda para obtener datos del período temporal que necesita para su aplicación.

### **Question 2: What is the temporal range of the data?**

Answer 2: GEDI began collecting science data in April 2019 and continues operating currently (October 2025). The complete temporal range of available data is from April 2019 to the present, with continuous updates as new data are processed. Data are organized into "collection versions" that may reprocess historical data with improved algorithms. The current version is Collection 2 (V002), which includes reprocessed data from 2019 with improved algorithms. It's important to note that: (1) Sampling density varies over time—some areas may have multiple observations over the years, while others may have limited coverage depending on ISS orbital trajectory and cloud conditions. (2) Gridded products (L3, L4B) aggregate data across different time periods—some products present the entire mission (2019-present), while others may have specific temporal windows. (3) For temporal change studies, you should consider



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

that GEDI does not revisit the same exact points repeatedly, so change detection is generally done at area/landscape level rather than point-by-point. When downloading data, you can specify the date range of interest in your search to obtain data from the temporal period you need for your application.

**Pregunta 3: La pendiente del terreno "slope" tiene un impacto determinante en la señal que vuelve al sensor y las mediciones de altura del dosel sufren por ello.**

**¿Qué medidas recomiendan para reducir este bias?**

Respuesta 3: La pendiente del terreno es efectivamente una fuente importante de error en las mediciones de GEDI. En pendientes pronunciadas, la huella de 25m de diámetro puede abarcar un rango de elevaciones del suelo, haciendo que los algoritmos de identificación del suelo detecten un "suelo promedio" en lugar del suelo verdadero, lo que introduce error en las métricas de altura. Para reducir este sesgo, se recomienda:

(1) Filtrado por pendiente: Calcule la pendiente del terreno para cada ubicación de huella usando un DEM de alta resolución (SRTM, ALOS, o DEMs locales más precisos). Excluya disparos donde la pendiente exceda un umbral—la literatura sugiere excluir áreas con pendiente  $>10-15$  grados, aunque el umbral específico depende de su aplicación.

(2) Use el campo "sensitivity" más estrictamente: En terreno con pendiente, use sensitivity  $\geq 0.95$  o incluso  $\geq 0.98$  en lugar del estándar  $\geq 0.9$  para retener solo las señales más fuertes.

(3) Verifique la variación entre algoritmos de suelo: El campo "selected\_mode" en L2A muestra cuál de los 6 algoritmos se usó. En pendientes, examine si hay mayor desacuerdo entre algoritmos (indicado por quality\_flag).

(4) Filtrado espacial más riguroso: En terreno montañoso, use buffers de homogeneidad más grandes ( $>45m$ ) para asegurar que el área circundante también tenga pendiente y cobertura similares.

(5) Corrección por pendiente: Algunos estudios aplican correcciones geométricas basadas en el ángulo de pendiente y la orientación del haz láser, aunque esto requiere información precisa del DEM y geometría del sensor.

(6) Agregación espacial: Para áreas montañosas, considere usar productos cuadriculados (L3, L4B) que agregan múltiples disparos y pueden promediar algunos efectos de pendiente. En general, para estudios en terreno montañoso, es crítico incorporar datos de pendiente del DEM en su flujo de trabajo de filtrado y ser más conservador con los umbrales de calidad.

**Question 3: The slope of the terrain has a decisive impact on the signal returning to the sensor, and canopy height measurements suffer as a result. What measures do you recommend to reduce this bias?**

Answer 3: Terrain slope is indeed an important source of error in GEDI measurements. On steep slopes, the 25m diameter footprint can span a range of ground elevations,



causing ground-finding algorithms to detect an "average ground" rather than true ground, which introduces error in height metrics. To reduce this bias, we recommend: (1) Slope filtering: Calculate terrain slope for each footprint location using a high-resolution DEM (SRTM, ALOS, or more accurate local DEMs). Exclude shots where slope exceeds a threshold—literature suggests excluding areas with slope  $>10-15$  degrees, though the specific threshold depends on your application. (2) Use "sensitivity" field more strictly: In sloped terrain, use sensitivity  $\geq 0.95$  or even  $\geq 0.98$  instead of the standard  $\geq 0.9$  to retain only the strongest signals. (3) Check variation between ground algorithms: The "selected\_mode" field in L2A shows which of the 6 algorithms was used. On slopes, examine whether there's greater disagreement between algorithms (indicated by quality\_flag). (4) More rigorous spatial filtering: In mountainous terrain, use larger homogeneity buffers ( $>45m$ ) to ensure the surrounding area also has similar slope and cover. (5) Slope correction: Some studies apply geometric corrections based on slope angle and laser beam orientation, though this requires precise DEM information and sensor geometry. (6) Spatial aggregation: For mountainous areas, consider using gridded products (L3, L4B) that aggregate multiple shots and can average some slope effects. In general, for studies in mountainous terrain, it's critical to incorporate slope data from DEMs into your filtering workflow and be more conservative with quality thresholds.

**Pregunta 4: ¿Es posible filtrar mediante algún quality flag las señales que podrían estar afectadas por pendiente o por dosel muy denso? ¿Hay algún umbral de pendiente donde los datos no generan una buena respuesta?**

Respuesta 4: Sí, existen varios mecanismos de filtrado para identificar señales afectadas por pendiente o dosel denso: Para pendiente: (1) Aunque no hay un "quality flag" específico solo para pendiente en los productos GEDI, el quality\_flag captura indirectamente efectos de pendiente—cuando los 6 algoritmos de identificación del suelo no coinciden en más de 2m (quality\_flag $\neq 1$ ), frecuentemente es debido a pendiente pronunciada o terreno complejo. (2) Debe calcular la pendiente externamente usando un DEM y aplicar su propio filtro. Umbrales recomendados: pendiente  $<10^\circ$  para aplicaciones de alta precisión, pendiente  $<15^\circ$  para aplicaciones estándar, pendiente  $<20^\circ$  para análisis exploratorios. Áreas con pendiente  $>20-25^\circ$  generalmente producen datos poco confiables. (3) El campo "sensitivity" ayuda—en pendientes, solo los disparos con sensitivity muy alta ( $\geq 0.95$ ) tienden a ser confiables. Para dosel muy denso: (1) quality\_flag=1 es esencial—en doseles densos, la falla de penetración del dosel causa desacuerdo entre los algoritmos de suelo. (2) El campo "selected\_algorithm" (o "selected\_mode") en L2A indica qué algoritmo de suelo se



usó. Si diferentes algoritmos se seleccionan frecuentemente en su área, esto puede indicar problemas de penetración. (3) Examine los valores de RH—si muchos disparos tienen RH95 o RH98 extremadamente altos (>50-60m en bosques donde no espera esas alturas), puede indicar que no se detectó el suelo y la "altura" es en realidad toda la columna de vegetación. (4) El campo "num\_detectedmodes" indica cuántos picos se detectaron en la forma de onda. Valores muy altos pueden indicar señal compleja de dosel muy denso. Recomendaciones prácticas: (1) Use quality\_flag=1 como filtro básico, (2) Calcule pendiente del DEM y excluya áreas pronunciadas, (3) Use sensitivity $\geq$ 0.9 (o  $\geq$ 0.95 en terreno difícil), (4) Para bosques tropicales densos, espere tasas de retención de datos más bajas (30-50% de disparos pueden ser filtrados), (5) Valide con conocimiento local—si obtiene valores de altura inverosímiles, aplique filtros adicionales. No hay un umbral único universal—el umbral apropiado depende de su ecosistema, requisitos de precisión, y cuántos datos puede permitirse perder vs. cuánta incertidumbre puede tolerar.

**Question 4: Is it possible to filter signals that could be affected by slope or very dense canopy using a quality flag? Is there a slope threshold where the data does not generate a good response?**

Answer 4: Yes, there are several filtering mechanisms to identify signals affected by slope or dense canopy: For slope: (1) Although there is no specific "quality flag" only for slope in GEDI products, quality\_flag indirectly captures slope effects—when the 6 ground-finding algorithms disagree by more than 2m (quality\_flag $\neq$ 1), it's frequently due to steep slope or complex terrain. (2) You should calculate slope externally using a DEM and apply your own filter. Recommended thresholds: slope  $<10^\circ$  for high-precision applications, slope  $<15^\circ$  for standard applications, slope  $<20^\circ$  for exploratory analyses. Areas with slope  $>20-25^\circ$  generally produce unreliable data. (3) The "sensitivity" field helps—on slopes, only shots with very high sensitivity ( $\geq 0.95$ ) tend to be reliable. For very dense canopy: (1) quality\_flag=1 is essential—in dense canopies, canopy penetration failure causes disagreement between ground algorithms. (2) The "selected\_algorithm" (or "selected\_mode") field in L2A indicates which ground algorithm was used. If different algorithms are frequently selected in your area, this may indicate penetration problems. (3) Examine RH values—if many shots have extremely high RH95 or RH98 (>50-60m in forests where you don't expect those heights), it may indicate ground was not detected and the "height" is actually the entire vegetation column. (4) The "num\_detectedmodes" field indicates how many peaks were detected in the waveform. Very high values may indicate complex signal from very dense canopy. Practical recommendations: (1) Use quality\_flag=1 as basic filter, (2) Calculate slope from DEM and exclude steep areas, (3) Use sensitivity $\geq 0.9$  (or  $\geq 0.95$  in difficult



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la

Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

terrain), (4) For dense tropical forests, expect lower data retention rates (30-50% of shots may be filtered), (5) Validate with local knowledge—if you get implausible height values, apply additional filters. There is no single universal threshold—the appropriate threshold depends on your ecosystem, accuracy requirements, and how much data you can afford to lose vs. how much uncertainty you can tolerate.

### **Pregunta 5: ¿Cuál es la cobertura de GEDI?**

Respuesta 5: GEDI está a bordo de la Estación Espacial Internacional y por lo tanto sigue su trayectoria orbital, cubriendo latitudes entre 51.6° N y 51.6° S, por lo que perderá las regiones del extremo norte y sur del globo (como Alaska, Canadá norte, Escandinavia, Rusia, y el sur de Sudamérica). GEDI ha estado recopilando datos desde abril de 2019. La densidad de muestreo varía según la ubicación y el tiempo—las áreas más cercanas a los límites de latitud  $\pm 51.6^\circ$  reciben sobrevuelos más frecuentes que las regiones ecuatoriales debido a la geometría orbital.

### **Question 5: What is GEDI coverage?**

Answer 5: GEDI is aboard the International Space Station and therefore follows its orbital trajectory, covering latitudes between 51.6° N and 51.6° S, so it will miss far north and south regions of the globe (such as Alaska, northern Canada, Scandinavia, Russia, and southern South America). GEDI has been collecting data since April 2019. Sampling density varies by location and time—areas closer to the  $\pm 51.6^\circ$  latitude limits receive more frequent overpasses than equatorial regions due to orbital geometry.

### **Pregunta 6: ¿Si no entendí mal, a mayor acumulación de RH puedo suponer que mayor altura?**

Respuesta 6: Necesitamos clarificar cómo funcionan las métricas RH. Los números RH (RH0, RH25, RH50, RH75, RH95, RH98, RH100) representan los percentiles de energía acumulada, no son valores que se "acumulan" o suman. RH95 significa la altura a la cual se ha recibido el 95% de la energía retornada acumulada—este valor de altura es lo que representa la altura del dosel. Entonces sí, valores más altos de RH95 o RH98 indican mayor altura del dosel. Por ejemplo, si RH95 = 30 metros, significa que el dosel tiene aproximadamente 30 metros de altura. Sin embargo, RH50 (altura de energía mediana) puede ser bajo incluso en bosques altos si hay poco sotobosque—esto indica cómo se distribuye verticalmente la vegetación, no necesariamente la altura total. Las métricas RH más altas (RH95, RH98) capturan la altura máxima del dosel, mientras que las métricas RH más bajas (RH25, RH50) nos dicen sobre el sotobosque y la estructura vertical.



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

### **Question 6: If I understood correctly, the greater the accumulation of RH, I can assume the greater the height?**

Answer 6: We need to clarify how RH metrics work. The RH numbers (RH0, RH25, RH50, RH75, RH95, RH98, RH100) represent cumulative energy percentiles, they are NOT values that "accumulate" or add up. RH95 means the height at which 95% of the cumulative returned energy has been received—this height value is what represents canopy height. So yes, higher values of RH95 or RH98 indicate greater canopy height. For example, if RH95 = 30 meters, it means the canopy is approximately 30 meters tall. However, RH50 (median energy height) can be low even in tall forests if there is little understory—this indicates how vegetation is distributed vertically, not necessarily the total height. Higher RH metrics (RH95, RH98) capture maximum canopy height, while lower RH metrics (RH25, RH50) tell us about understory and vertical structure.

### **Pregunta 7: ¿Cuál es el error vertical, en la medida de altura con datos medidos en campo?**

Respuesta 7: GEDI tiene una precisión vertical especificada de aproximadamente 1-2 metros para mediciones de elevación del suelo en condiciones óptimas, aunque esto puede variar según las características del terreno y la calidad de la señal. Para la altura del dosel (RH95, RH98), el error depende de múltiples factores: la calidad de la detección del suelo (los seis algoritmos de identificación del suelo deben coincidir dentro de 2m), la penetración del dosel, y las condiciones de la señal. Los estudios de validación que comparan GEDI con datos de campo y lidar aerotransportado han mostrado errores cuadráticos medios (RMSE) de aproximadamente 2-4 metros para altura del dosel, dependiendo del tipo de bosque. Los bosques tropicales densos tienden a tener mayores errores debido a la falla de penetración del dosel. Es por esto que el filtrado de calidad es crítico—usando `quality_flag=1` y `sensitivity≥0.9` ayuda a retener solo las mediciones más confiables. La incertidumbre de geolocalización horizontal de ±10m también puede introducir error si la huella muestrea una mezcla de tipos de vegetación.

### **Question 7: What is the vertical error in height measurement with data measured in the field?**

Answer 7: GEDI has a specified vertical accuracy of approximately 1-2 meters for ground elevation measurements under optimal conditions, though this can vary depending on terrain characteristics and signal quality. For canopy height (RH95, RH98), the error depends on multiple factors: the quality of ground detection (the six ground-finding algorithms must agree within 2 m), canopy penetration, and signal conditions. Validation studies comparing GEDI with field data and airborne lidar have



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

shown root mean square errors (RMSE) of approximately 2-5 meters for canopy height, depending on forest type. Dense tropical forests tend to have higher errors due to canopy penetration failure. This is why quality filtering is critical—using quality\_flag=1 and sensitivity $\geq$ 0.9 helps retain only the most reliable measurements. The horizontal geolocation uncertainty of  $\pm$ 10 m can also introduce error if the footprint samples a mixture of vegetation types.

### **Pregunta 9: ¿En los datos GEDI afecta la densidad forestal (bosques densos), en cuanto al error para estimar las alturas?**

Respuesta 9: Sí, la densidad forestal definitivamente afecta el error en las estimaciones de altura de GEDI. En bosques excepcionalmente densos, particularmente bosques tropicales, pueden ocurrir dos problemas principales: (1) Falla de penetración del dosel: La señal láser puede ser completamente atenuada (absorbida o dispersada) antes de alcanzar el suelo, haciendo imposible detectar el retorno del suelo. Sin una medición confiable del suelo, las métricas de altura del dosel serán inexactas. (2) Dispersión múltiple: En doseles muy densos, los fotones láser pueden rebotar múltiples veces dentro de la vegetación, llegando tarde y creando formas de onda ambiguas. Como se menciona en la Diapositiva 38, esto es una limitación conocida de GEDI. Para manejar esto, el procesamiento de Nivel 2A usa seis algoritmos diferentes para identificar el suelo—cuando estos algoritmos no coinciden en más de 2m, el disparo se marca con quality\_flag $\neq$ 1 y debe ser filtrado. En la práctica, puede encontrar que una porción sustancial de disparos en bosques tropicales muy densos se filtran, reduciendo su tamaño de muestra efectivo pero asegurando que los datos que usa sean confiables. Siempre aplique filtros de calidad rigurosos (quality\_flag=1, sensitivity $\geq$ 0.9) cuando trabaje en bosques densos.

### **Question 9: In GEDI data, does forest density (dense forests) affect the error in estimating heights?**

Answer 9: Yes, forest density definitely affects error in GEDI height estimates. In exceptionally dense forests, particularly tropical rainforests, two main problems can occur: (1) Canopy penetration failure: The laser signal can be completely attenuated (absorbed or scattered) before reaching the ground, making it impossible to detect the ground return. Without a reliable ground measurement, canopy height metrics will be inaccurate. (2) Multiple scattering: In very dense canopies, laser photons can bounce multiple times within vegetation, arriving late and creating ambiguous waveforms. As mentioned in Slide 38, this is a known limitation of GEDI. To handle this, Level 2A processing uses six different algorithms to identify the ground—when these algorithms disagree by more than 2 m, the shot is flagged with quality\_flag $\neq$ 1 and should be



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

filtered out. In practice, you may find that a substantial portion of shots in very dense tropical forests get filtered out, reducing your effective sample size but ensuring the data you use are reliable. Always apply rigorous quality filters (quality\_flag=1, sensitivity≥0.9) when working in dense forests.

### **Pregunta 11: ¿Qué producto de GEDI nos puede funcionar para la estimación de Biomasa y este cuenta con alguna resolución espacial específica?**

Respuesta 11: Para estimación de biomasa, GEDI ofrece varios productos que se cubrirán en detalle en la Sesión 3: (1) GEDI L4A (nivel de huella): Proporciona estimaciones de biomasa aérea (AGBD - Aboveground Biomass Density) para cada huella individual de 25 m de diámetro, en unidades de Mg/ha (megagramos por hectárea). Este es el producto más detallado espacialmente. (2) GEDI L4B (cuadriculado 1 km): Proporciona biomasa promedio agregada en celdas de cuadrícula de 1 km × 1 km, útil para estudios regionales. Los productos L4 utilizan las métricas de altura y estructura de L2A (como RH98, RH50, etc.) junto con ecuaciones alométricas calibradas para estimar biomasa. Para aplicaciones locales detalladas, use L4A (huellas de 25m); para análisis regionales o nacionales, use L4B (cuadrícula de 1 km); para detección de cambios, use OBIWAN que combina múltiples observaciones temporales.

### **Question 11: Which GEDI product can we use to estimate biomass, and does it have any specific spatial resolution?**

Answer 11: For biomass estimation, GEDI offers several products that will be covered in detail in Session 3: (1) GEDI L4A (footprint level): Provides aboveground biomass density (AGBD) estimates for each individual 25m diameter footprint, in units of Mg/ha (megagrams per hectare). This is the most spatially detailed product. (2) GEDI L4B (1 km gridded): Provides average biomass aggregated into 1 km × 1 km grid cells, useful for regional studies. The L4 products use height and structure metrics from L2A (such as RH98, RH50, etc.) together with calibrated allometric equations to estimate biomass. For detailed local applications, use L4A (25m footprints); for regional or national analyses, use L4B (1 km grid); for change detection, use OBIWAN which combines multiple temporal observations.

### **Pregunta 12: ¿GEDI pasa siempre por el mismo punto o se va desplazando ligeramente?**

Respuesta 12: GEDI se desplaza—no pasa por los mismos puntos exactos repetidamente. Como GEDI está montado en la Estación Espacial Internacional, sigue la trayectoria orbital de la ISS que varía ligeramente con el tiempo. Debido al pequeño



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la

Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

tamaño de huella (25 m de diámetro) y el espaciamiento de las trayectorias de muestreo (60 m entre huellas, 600 m entre trayectorias), es muy raro que una huella sea muestreada una segunda vez en la misma ubicación exacta.

### **Question 12: Does GEDI always pass through the same point or does it shift slightly?**

Answer 12: GEDI shifts—it does NOT pass through the same exact points repeatedly. Because GEDI is mounted on the International Space Station, it follows the ISS orbital trajectory which varies slightly over time. Due to the small footprint size (25 m diameter) and spacing of sampling tracks (60 m between footprints, 600 m between tracks), it is very rare for a footprint to be sampled a second time at the same exact location.

### **Pregunta 13: ¿Pueden aclarar el significado de los datos de GEDI L2B o no se abordará este tema?**

Respuesta 13: Sí, GEDI L2B será cubierto en la Sesión 2 (30 de octubre). Mientras que L2A contiene métricas de elevación y altura (RH percentiles, altura del dosel), L2B contiene métricas de cobertura de dosel y perfil vertical que describen la distribución y densidad de la vegetación. La Sesión 2 proporcionará ejercicios prácticos trabajando con ambos productos L2A y L2B.

### **Question 13: Can you clarify the meaning of the GEDI L2B data or will this topic not be addressed?**

Answer 13: Yes, GEDI L2B will be covered in Session 2 (October 30). While L2A contains elevation and height metrics (RH percentiles, canopy height), L2B contains canopy cover and vertical profile metrics that describe the distribution and density of vegetation. Session 2 will provide hands-on exercises working with both L2A and L2B products.

### **Pregunta 14: Todos los productos GEDI, ¿necesitan un postproceso, y se pueden realizar en SIG, como QGIS, ArcGIS, o lenguajes como R o Python?**

Respuesta 14: Sí, la mayoría de productos GEDI requieren algún postprocesamiento, y sí, se pueden procesar en múltiples plataformas: Python: Los ejercicios de capacitación demuestran el procesamiento usando bibliotecas como h5py (para leer HDF5), earthaccess (para descargar), pandas, geopandas, y matplotlib. R: El paquete rGEDI proporciona funciones específicamente diseñadas para procesar datos GEDI en R. QGIS/ArcGIS: Los datos de huellas (L1B, L2A, L2B) primero deben convertirse de formato HDF5 a shapefile/GeoJSON/GeoPackage usando Python o R, luego pueden importarse a SIG. Los productos cuadriculados (L3, L4B) en formato GeoTiff pueden abrirse directamente en QGIS o ArcGIS. Google Earth Engine: GEDI L2A, L2B y L4A



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la

Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

están disponibles como colecciones de imágenes en GEE para análisis basado en nube. Postprocesamiento típico incluye: (1) Filtrado de calidad (quality\_flag, sensitivity), (2) Filtrado espacial a su área de interés, (3) Manejo de la incertidumbre de geolocalización (buffers de 45 m), (4) Agregación o análisis estadístico. Los ejercicios de hoy demuestran estos pasos en Python, pero los conceptos se aplican a cualquier plataforma.

### **Question 14: Do all GEDI products require post-processing, and can this be done in GIS, such as QGIS, ArcGIS, or languages like R or Python?**

Answer 14: Yes, most GEDI products require some post-processing, and yes, they can be processed in multiple platforms: Python: The training exercises demonstrate processing using libraries like h5py (to read HDF5), earthaccess (to download), pandas, geopandas, and matplotlib. R: The rGEDI package provides functions specifically designed to process GEDI data in R. QGIS/ArcGIS: Footprint data (L1B, L2A, L2B) must first be converted from HDF5 format to shapefile/GeoJSON/GeoPackage using Python or R, then can be imported into GIS. Gridded products (L3, L4B) in GeoTiff format can be opened directly in QGIS or ArcGIS. Google Earth Engine: GEDI L2A, L2B and L4A are available as image collections in GEE for cloud-based analysis. Typical post-processing includes: (1) Quality filtering (quality\_flag, sensitivity), (2) Spatial filtering to your area of interest, (3) Handling geolocation uncertainty (45 m buffers), (4) Aggregation or statistical analysis. Today's exercises demonstrate these steps in Python, but the concepts apply to any platform.

### **Pregunta 15: ¿Qué tal rinde el GEDI a la hora de separar arbolado como tal de un estrato arbustivo?**

Respuesta 15: GEDI puede distinguir entre árboles y arbustos basándose en las diferencias de altura y estructura vertical, pero con limitaciones importantes. Las métricas de altura (RH95, RH98) pueden separar claramente vegetación alta (árboles > 5-10 m) de vegetación baja (arbustos < 5 m). Las métricas RH como RH50 también ayudan—los árboles típicamente muestran mayor separación entre RH50 y RH95 (indicando capas de dosel distintas), mientras que los arbustos muestran valores RH más comprimidos verticalmente. Como se mostró en las Diapositivas 35-37, las métricas RH pueden diferenciar entre clases de uso de tierra con diferentes estructuras verticales, pero esto funciona mejor a nivel de rodal/parcela que para árboles o arbustos individuales.

### **Question 15: How well does GEDI perform in separating trees as such from a shrub stratum?**



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la

Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

Answer 15: GEDI can distinguish between trees and shrubs based on height and vertical structure differences, but with important limitations. Height metrics (RH95, RH98) can clearly separate tall vegetation (trees > 5-10 m) from low vegetation (shrubs < 5 m). RH metrics like RH50 also help—trees typically show greater separation between RH50 and RH95 (indicating distinct canopy layers), while shrubs show more vertically compressed RH values. As shown in Slides 35-37, RH metrics can differentiate between land use classes with different vertical structures, but this works better at stand/plot level than for individual trees or shrubs.

### **Pregunta 16: ¿Muchos casos de uso de GEDI L2A utilizan RH95 o RH98, por qué dicen los autores que RH100 no es igualmente confiable, esto es correcto?**

Respuesta 16: Sí, esto es correcto. RH100 es menos confiable que RH95 o RH98 debido al ruido en la forma de onda espacial. El problema es que RH100 representa el punto de energía más alto capturado, que puede incluir: (1) Ruido del instrumento: La línea base de ruido del detector puede crear picos falsos, (2) Valores atípicos atmosféricos: Nubes, pájaros u otros objetos pueden ser capturados ocasionalmente por encima del dosel real, (3) Dispersión de señal: Algunos fotones láser pueden dispersarse de maneras que crean retornos retardados o tempranos. Este ruido no se procesa completamente en los productos de Nivel 2, por lo que RH100 a veces no representa con precisión la superficie real del dosel.

Por el contrario, RH95 y RH98 son más robustos porque: (1) Filtran automáticamente el 2-5% superior de energía que probablemente sea ruido o valores atípicos, (2) Aún capturan la estructura del dosel superior mientras son más resistentes a artefactos, (3) Estudios de validación han mostrado mejor acuerdo con mediciones de campo y lidar aerotransportado. La mayoría de la literatura científica y aplicaciones operativas usan RH98 como la métrica estándar de altura del dosel por estas razones, como se explicó en la Respuesta 2.

### **Question 16: Many GEDI L2A use cases use RH95 or RH98, so why do the authors say that RH100 is not equally reliable? Is this correct?**

Answer 16: Yes, this is correct. RH100 is less reliable than RH95 or RH98 due to noise in the spaceborne waveform. The problem is that RH100 represents the highest energy point captured, which can include: (1) Instrument noise: The detector noise baseline can create false peaks, (2) Atmospheric outliers: Clouds, birds or other objects can occasionally be captured above the actual canopy, (3) Signal scattering: Some laser photons can scatter in ways that create delayed or early returns. This noise is not fully processed out in Level 2 products, so RH100 sometimes does not accurately represent the actual canopy surface.



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

In contrast, RH95 and RH98 are more robust because: (1) They automatically filter out the top 2-5% of energy that is likely noise or outliers, (2) They still capture upper canopy structure while being more resistant to artifacts, (3) Validation studies have shown better agreement with field measurements and airborne lidar. Most scientific literature and operational applications use RH98 as the standard canopy height metric for these reasons, as explained in Answer 2.

### **Pregunta 17: ¿Si LiDAR no penetra las nubes, qué recomendaciones das para un territorio con alta nubosidad como el pacífico colombiano?**

Respuesta 17: Para regiones con alta nubosidad como el Pacífico colombiano, aquí están las recomendaciones: (1) Use todos los datos disponibles de GEDI: Aunque la cobertura temporal es limitada, GEDI ha estado recopilando datos desde 2019.

Descargue todos los datos disponibles para su región y aplique filtros de calidad estrictos— incluso con nubes frecuentes, puede haber suficientes observaciones de días despejados acumuladas a lo largo del tiempo. (2) Combine con datos SAR: Los radares como Sentinel-1 o PALSAR-2 pueden penetrar nubes y proporcionar información complementaria sobre estructura forestal. Algunos estudios han fusionado GEDI con SAR para mejorar el mapeo de biomasa. Como se mencionó en la Pregunta 27, la misión GEDI ha lanzado productos que combinan GEDI con datos TanDEM-X InSAR. (3) Use productos cuadriculados: Los productos GEDI L3 y L4B (1 km) agregan múltiples observaciones a lo largo del tiempo, potencialmente capturando días despejados que ocurrieron en diferentes momentos. (4) Considere lidar aerotransportado: Para áreas críticas, el lidar aerotransportado o basado en drones puede programarse durante ventanas de clima despejado. (5) Monitoree patrones de estacionalidad: Identifique estaciones con menos nubosidad para planificar campañas de campo que coincidan con posibles adquisiciones de GEDI. La limitación de nubes afecta la densidad de muestreo pero no elimina completamente la utilidad de GEDI—solo requiere paciencia para acumular suficientes observaciones de calidad.

### **Question 17: If LiDAR doesn't penetrate clouds, what recommendations do you have for a region with high cloud cover like the Colombian Pacific**

Answer 17: For regions with high cloud cover like the Colombian Pacific, here are the recommendations: (1) Use all available GEDI data: Although temporal coverage is limited, GEDI has been collecting data since 2019. Download all available data for your region and apply strict quality filters—even with frequent clouds, there may be enough observations from clear days accumulated over time. (2) Combine with SAR data: Radars like Sentinel-1 or PALSAR-2 can penetrate clouds and provide complementary information about forest structure. Some studies have fused GEDI with SAR to improve



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la

Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

biomass mapping. As mentioned in Question 27, the GEDI mission has released products combining GEDI with TanDEM-X InSAR data. (3) Use gridded products: GEDI L3 and L4B products (1 km) aggregate multiple observations over time, potentially capturing clear days that occurred at different times. (4) Consider airborne lidar: For critical areas, airborne or drone-based lidar can be scheduled during clear weather windows. (5) Monitor seasonality patterns: Identify seasons with less cloud cover to plan field campaigns that coincide with possible GEDI acquisitions. Cloud limitation affects sampling density but does not completely eliminate GEDI's utility—it just requires patience to accumulate enough quality observations.

### **Pregunta 18: ¿Se pueden calcular densidades de árboles? Hay ejemplos?**

Respuesta 18: GEDI no puede calcular directamente densidades de árboles (número de árboles por hectárea) porque cada huella de 25 m de diámetro captura una señal agregada de múltiples árboles mezclados, no árboles individuales. Sin embargo, indirectamente puede relacionarse con densidad forestal a través de: (1) Productos L2B: Métricas como el Índice de Área de Planta (PAI) y cobertura del dosel se relacionan con la densidad de elementos vegetales, que se correlaciona con densidad de árboles en algunos tipos de bosque. (2) Enfoque de fusión de datos: Algunos estudios combinan métricas estructurales de GEDI (RH, PAI) con imágenes de muy alta resolución (drones, satélites comerciales) que pueden detectar copas de árboles individuales. GEDI proporciona información de altura/estructura vertical, mientras que imágenes de alta resolución proporcionan recuentos de árboles, y estos se combinan en modelos. (3) Correlaciones empíricas: En parcelas de campo donde conoce tanto las mediciones de GEDI como los recuentos de árboles, puede desarrollar relaciones estadísticas entre métricas estructurales y densidad, pero estas son específicas del sitio. Para aplicaciones que requieren densidades de árboles, el lidar aerotransportado de alta densidad (que puede resolver copas individuales) o imágenes de muy alta resolución son más apropiados que GEDI. La fortaleza de GEDI está en la estructura vertical y biomasa a nivel de rodal, no en el conteo de árboles individuales.

### **Question 18: Can tree densities be calculated? Are there any examples?**

Answer 18: GEDI cannot directly calculate tree densities (number of trees per hectare) because each 25 m diameter footprint captures an aggregated signal from multiple trees mixed together, not individual trees. However, it can indirectly relate to forest density through: (1) L2B products: Metrics like Plant Area Index (PAI) and canopy cover relate to density of vegetation elements, which correlates with tree density in some forest types. (2) Data fusion approach: Some studies combine GEDI's structural metrics (RH, PAI) with very high-resolution imagery (drones, commercial satellites) that



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la

Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

can detect individual tree crowns. GEDI provides height/vertical structure information, while high-resolution imagery provides tree counts, and these are combined in models. (3) Empirical correlations: In field plots where you know both GEDI measurements and tree counts, you can develop statistical relationships between structural metrics and density, but these are site-specific. For applications requiring tree densities, high-density airborne lidar (which can resolve individual crowns) or very high-resolution imagery are more appropriate than GEDI. GEDI's strength is in vertical structure and biomass at stand level, not in counting individual trees.

### **Pregunta 19: ¿Cuál es el criterio para elegir cuando un producto es "de calidad"? gracias!**

Respuesta 19: Los criterios de calidad se aplican mediante banderas de calidad o "quality flags". Si las banderas que indican que los 6 algoritmos del suelo no coincidieron dentro de dos metros, significa que hay incertidumbre y por lo tanto se excluyen. Se utiliza también algo llamado sensitividad que debe ser mayor a 0.9. Esto se aplica principalmente a datos nivel 2A. Recomendamos otro filtrado espacial de 45 m de diámetro que nos ayuda para muestrear tipos mixtos de vegetación. El código muestra cómo aplicarlos, como vimos. Solo una fracción cumple con esos criterios de calidad.

### **Question 19: What are the criteria to choose when looking for a “quality product”?**

Answer 19: Quality criteria are applied using quality flags, which indicate that the six soil algorithms matched within two meters. If the flags are not equal, it means there is uncertainty, and they are therefore excluded. A sensitivity is also used, which must be greater than 0.9. This applies primarily to Level 2A data. We recommend another spatial filter with a diameter of 45 m to help us sample mixed vegetation types. The code shows how to apply them, as we saw. Only a fraction meets these quality criteria.

### **Pregunta 20: ¿No puedo descargar los datos para realizar análisis locales?**

Respuesta 20: Se pueden descargar para análisis locales. La demostración mostró que hay varias formas, por ejemplo usando Google Colab, Earth Access de Python, o descargando directamente de nasa data search a su computadora. Hay otras opciones como la biblioteca R-GEDI para descargar directamente y AppEars también que es una herramienta de la NASA que permite recibir por correo electrónico.

### **Question 20: I can't download the data to perform the local analyses.**

Answer 20: They can be downloaded for local analysis. The demonstration showed several ways, for example using Google Colab, Earth Access for Python, or downloading NASA Data Search directly to your computer. Other options include the



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

R-GEDI library for direct download, and AppEars, a NASA tool that allows you to receive data via email.

### **Pregunta 21: ¿Los colores azul, amarillo, verde que se ven en el ejercicio de colab qué significan?**

Respuesta 21: Representan una categorización de elevaciones. Los rojos corresponden a alturas más elevadas, los azules a elevaciones más bajas.

### **Question 21: What do the colors blue, yellow, and green that are seen in the colab exercise mean?**

Answer 21: They basically represent a categorization of elevations. Red corresponds to higher altitudes, blue corresponds to lower altitude.

### **Pregunta 22: En el caso del ejemplo que estamos viendo, ¿sólo tenemos datos GEDI de la parte norte y oeste del AOI cierto (rectángulo en blanco)?**

Respuesta 22: Sí. Es porque el código está escrito para concentrarnos en un archivo 2019 dia 338. Podríamos haber escogido otro de los 20, pero considerando el tiempo que se requiere, elegimos un archivo para la demostración. Es un archivo específico, pero si hubiéramos escogido otros hubieran correspondido a lugares diferentes en el mapa.

### **Question 22: In the case of the example we're seeing, we only have GEDI data for the northern and western part of the AOI, correct (white rectangle)?**

Answer 22: Yes. It's because the code is written to focus on one file, 2019, day 338. We could have chosen another of the 20, but considering the time required, we chose one file for the demonstration. It's a specific file, but if we had chosen others, they would have corresponded to different locations on the map.

### **Pregunta 23: ¿Podrías especificar nuevamente cómo analizar los 10 gráficos de retorno obtenidos? ¿Cómo sabes que es vegetación sana y cuando no?**

Respuesta 23: No sabemos con 100% de confianza si es vegetación sana o no usando GEDI. Pero, podemos obtener evidencia mediante GEDI para primero, identificar el retorno del suelo. En la demostración hicimos análisis visual, normalmente, cuando hay un pico de elevación más bajo es hasta donde llegó el suelo. Los picos por encima representan láseres reflejados de hojas y el dosel. Múltiples capas se pueden ver. Pero si un bosque sufre de infestación y hay algo de ramas, por ejemplo, probablemente aparecerán varios picos reflejados que tal vez se disminuirían. Observaremos una forma de onda con picos encima del suelo con menos amplitud. No es garantizado si observamos múltiples picos que sea vegetación sana, pero probablemente lo es si son



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la

Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

de amplitud mayor. GEDI mide la estructura física como altura, densidad, pero no la parte fisiológica. No podemos distinguir entre árboles sanos o dañados si tienen la misma estructura. Difícilmente se puede discernir solo con GEDI. Es una buena herramienta para identificar posibles daños pero es importante agregarle información local y colección de datos en el suelo y satélites ópticos.

**Question 23: Can you specify once again how to analyze the 10 return graphs?**

**How do you know when it's healthy vegetation and when it's not?**

Answer 23: We don't know with 100% confidence whether the vegetation is healthy or not using GEDI. However, we can obtain evidence through GEDI to first identify the return of the soil. In the demonstration, we performed a visual analysis. Typically, when there is a lower elevation peak, it is where the soil is reached. The peaks above represent reflected lasers from leaves and the canopy. Multiple layers can be seen. But if a forest is suffering from infestation and there are some branches, for example, there will likely be several reflected peaks that may be diminished. We will observe a waveform with peaks above the ground with lower amplitudes. If we observe multiple peaks, it is not guaranteed that it is healthy vegetation, but it probably is if they are of greater amplitude. GEDI measures the physical structure, such as height and density, but not the physiological component. We cannot distinguish between healthy or damaged trees if they have the same structure. It is difficult to discern this with GEDI alone. It is a good tool for identifying possible damage, but it is important to combine local information and data collection from ground and optical satellites.

**Pregunta 24: En este caso vemos altura total, ¿cómo podemos restarle la altura del terreno para tener sólo altura arbórea?**

Respuesta 24: El procesamiento de GEDI ya hace esto. Las métricas RH se calculan relativas al suelo y no la elevación absoluta. Comenzamos con la bandera elevation bin 0, el campo 1D es la elevación del suelo del DEM. El procesamiento de Nivel 2A, de los seis algoritmos, encuentran el pico del suelo que practicamos visualmente, identifican la elevación del suelo. Las métricas RH se calculan sobre el suelo. Por ejemplo, RH98, si es de 30 metros, significa 30m de elevación sobre el suelo, no sobre el nivel del mar.

**Question 24: In this case, we see total height. How can we subtract the terrain height to obtain only the tree height?**

Answer 24: GEDI processing already does this. RH metrics are calculated relative to the ground, not the absolute elevation. We start with the elevation bin 0 flag; the 1D field is the ground elevation of the DEM. Level 2A processing, of the six algorithms, finds the peak of the ground, which we practice visually, identifying the ground



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

elevation. RH metrics are calculated relative to the ground. For example, RH98, if 30 meters, means 30 meters of elevation above the ground, not above sea level.

### **Pregunta 25: ¿Se puede usar este código para la creación de material y generación de artículos, es de acceso libre?**

Respuesta 25: Sí. Todo el código de los ejercicios de ARSET son de acceso libre y se pueden utilizar para crear materiales, temas de tesis, etc. Se pide que reconozcan la autoría y usen una citación en su bibliografía con la información de la capacitación. También pueden modificar nuestros códigos en sus repositorios y compartirlos, lo que promueve la reproducibilidad. Los de GEDI también son disponibles sin restricción. NASA anhela hacer la teledetección accesible a todos.

### **Question 25: Can this code be used to create materials and to generate articles? Is it open source?**

Answer 25: Yes. All ARSET exercise codes are freely accessible and can be used to create materials, thesis topics, etc. You are asked to acknowledge authorship and include a citation in your bibliography with the training information. You can also modify our codes in your repositories and share them, which promotes reproducibility. GEDI codes are also freely available. NASA strives to make remote sensing accessible to all.

### **Pregunta 26: ¿Cómo se haría para aplicar a nuestra zona de estudio? ¿Se podría usar el mismo código cambiando algunas variables – como coordenadas, alturas?**

Respuesta 26: Sí. Exactamente. Pueden adaptar el código para sus zonas de estudio cambiando unas variables claves. Sobre todo la AOI DDOX, reemplazarían con las coordenadas de su interés siempre entre +/- 51.6 grados de latitud. También pueden modificar las fechas, ajustar filtros de calidad y recuerden que los dos filtros que demostramos los recomendamos, pero recomendamos que en otras áreas de interés tengan cuidado y solo usen los análisis de GEDI en áreas homogéneas con una zona de “buffer” de 45 m.

### **Question 26: How would this be applied to our study area? Could the same code be used by changing some variables—such as coordinates and heights?**

Answer 26: Yes. Exactly. You can adapt the code to your study areas by changing a few key variables. Specifically, you would replace the DDOX AOI with the coordinates of your interest, always within +/- 51.6 degrees latitude. You can also modify the dates and adjust quality filters. Remember, we recommend the two filters we demonstrated, but we recommend that in other areas of interest, you exercise caution and only use GEDI analyses in homogeneous areas with a 45 m buffer.



Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la

Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

**Pregunta 27: ¿Las formas de ondas de qué tipos de atributos estarían representando, además por qué se devuelve 10 formas de ondas diferentes sobre una misma fecha o sobre una colección de imágenes?**

Respuesta 27: Escogí 10 para que no fueran demasiados para la demostración. Ustedes pueden modificar eso y usar más de 10 si gustan. Las formas de onda representan la distribución vertical de superficies reflectantes dentro de una onda de 25 m de diámetro, representando altura del dosel (RH) y la indicación de múltiples picos normalmente corresponde a múltiples capas del dosel para aprender sobre la densidad de la vegetación y en las siguientes sesiones veremos sobre los algoritmos para entender sobre la densidad y biomasa para varias regiones del mundo.

**Question 27: What types of attributes would the waveforms represent, and why would 10 different waveforms be returned over the same date or over a collection of images?**

Answer 27: I chose 10 so there wouldn't be too many for the demonstration. You can modify that and use more than 10 if you like. The waveforms represent the vertical distribution of reflecting surfaces within a 25 m diameter wave, representing canopy height (RH). The indication of multiple peaks typically corresponds to multiple canopy layers to learn about vegetation density. In the following sessions, we'll look at algorithms for understanding density and biomass for various regions of the world.

**Pregunta 28: ¿Cómo se debe interpretar el hecho que ningún valor de RH98 sea inferior a 1.5-2 m? Incluso en agua o arena siempre hay RH98 de casi 2 metros.**

Respuesta 29: La precisión de las alturas de GEDI varía según las condiciones. Se esperaría que las formas de onda de las observaciones de agua o arena mostraran un único retorno (retorno del suelo). Por lo tanto, RH98 formaría parte de la señal terrestre y no sería útil para interpretar como altura del dosel.

**Question 28: How should we interpret the fact that no RH98 value is less than 1.5-2 m? Even in the water or sand there's always RH98 of almost 2 meters.**

Answer 28: The accuracy of GEDI heights varies depending on conditions. Waveforms from water or sand observations would be expected to show a single return (ground return). Therefore, RH98 would be part of the ground signal and not useful for interpretation as canopy height.

**Pregunta 29: ¿Estas alturas calculadas en el ejemplo que tanto pueden variar de la altura real de campo?**



Respuesta 29: La precisión de las alturas de GEDI comparadas con mediciones de campo varía según las condiciones: Precisión típica: Los estudios de validación han mostrado errores cuadráticos medios (RMSE) de aproximadamente 2-4 metros para altura del dosel (RH95/RH98), dependiendo del tipo de bosque. Factores que afectan la precisión: (1) Tipo de bosque: Bosques templados con dosel abierto típicamente tienen errores menores, bosques tropicales densos pueden tener errores mayores debido a falla de penetración del dosel. (2) Calidad del dato: Disparos con `quality_flag=1` y `sensitivity ≥ 0.9` son más precisos que disparos de menor calidad. (3) Pendiente del terreno: Áreas planas tienen mejor precisión que pendientes pronunciadas donde la huella de 25 m abarca múltiples elevaciones. (4) Incertidumbre de geolocalización: El error horizontal de  $±10$  m puede causar que la huella muestre vegetación ligeramente diferente de lo que se midió en campo. Elevación del suelo: Típicamente  $~1$ - $2$ m de precisión en condiciones óptimas. Para su aplicación, siempre aplique filtros de calidad estrictos y considere la incertidumbre de  $± 2$ - $4$  m al interpretar resultados. Si necesita mayor precisión, considere lidar aerotransportado (precisión  $~0.1$ - $0.5$  m) o validación con datos de campo locales para calibrar para su área específica.

**Question 29: These heights calculated in the example, how much can they vary from the real height in the field?**

Answer 29: The accuracy of GEDI heights compared to field measurements varies depending on conditions: Typical accuracy: Validation studies have shown root mean square errors (RMSE) of approximately 2-4 meters for canopy height (RH95/RH98), depending on forest type. Factors affecting accuracy: (1) Forest type: Open-canopy temperate forests typically have smaller errors, dense tropical forests may have larger errors due to canopy penetration failure. (2) Data quality: Shots with `quality_flag=1` and `sensitivity ≥ 0.9` are more accurate than shots of lower quality. (3) Terrain slope: Flat areas have better accuracy than steep slopes where the 25 m footprint spans multiple elevations. (4) Geolocation uncertainty: Horizontal error of  $±10$  m may cause the footprint to sample slightly different vegetation from what was measured in the field. Ground Elevation: Typically  $~1$ - $2$ m accuracy under optimal conditions. For your application, always apply strict quality filters and consider the uncertainty of  $±2$ - $4$  m when interpreting results. If you need higher accuracy, consider airborne lidar (accuracy  $~0.1$ - $0.5$  m) or validation with local field data to calibrate for your specific area.

**Pregunta 30: ¿Hay forma de ajustar el desfase de 10 m que mencionaron al principio?**



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la

Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

Respuesta 30: No, desafortunadamente el error de geolocalización de  $\pm 10$  m de GEDI no puede ser "ajustado" o corregido después del hecho—es una incertidumbre inherente del sistema relacionada con el seguimiento de posición de la ISS, la orientación del instrumento GEDI, y las limitaciones de navegación. Sin embargo, puede manejar esta incertidumbre en su análisis: Estrategias de manejo: (1) Filtrado espacial: Solo use disparos de GEDI en áreas con cobertura terrestre homogénea dentro de 45 m de diámetro (25 m de huella + 20 m de buffer para error de geolocalización). Esto asegura que incluso con el desplazamiento de 10 m, la huella todavía muestrea el tipo correcto de vegetación. (2) Agregación espacial: Para análisis regionales, use productos cuadriculados (L3, L4B a 1 km) donde múltiples huellas se agregan, reduciendo el impacto del error de posición individual. (3) Validación local: Si tiene datos de campo o lidar de alta resolución, puede identificar qué disparos de GEDI claramente muestran incorrectamente basándose en valores de altura inverosímiles.

### **Question 30: Is there a way to adjust the 10 m offset they mentioned at the beginning?**

Answer 30: No, unfortunately GEDI's  $\pm 10$  m geolocation error cannot be "adjusted" or corrected after the fact—it's an inherent system uncertainty related to ISS position tracking, GEDI instrument pointing, and navigation limitations. However, you can MANAGE this uncertainty in your analysis: Management strategies: (1) Spatial filtering: Only use GEDI shots in areas with homogeneous land cover within 45 m diameter (25 m footprint + 20 m buffer for geolocation error). This ensures that even with the 10 m offset, the footprint still samples the correct vegetation type. (2) Spatial aggregation: For regional analyses, use gridded products (L3, L4B at 1 km) where multiple footprints are aggregated, reducing the impact of individual position error. (3) Local validation: If you have field data or high-resolution lidar, you can identify which GEDI shots clearly sampled incorrectly based on implausible height values.

### **Pregunta 31: ¿Pueden recomendarnos un recurso como un libro básico para estudiar a mayor profundidad estos temas y complementar el programa de formación?**

Respuesta 31: Para fundamentos de lidar: (1) "Airborne and Terrestrial Laser Scanning" editado por Vosselman y Maas, (2) "Topographic Laser Ranging and Scanning" por Shan y Toth. Para GEDI específicamente: (1) Documentos ATBD de GEDI: Los Algorithm Theoretical Basis Documents en el sitio web de la misión GEDI ([gedi.umd.edu](http://gedi.umd.edu)) proporcionan detalles técnicos completos, (2) Dubayah et al. (2020)



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

"The Global Ecosystem Dynamics Investigation" en Science of Remote Sensing—el artículo principal de descripción de la misión, (3) Tutoriales de LP DAAC: Ipdaac.usgs.gov tiene guías de usuario y notebooks de código. Para aplicaciones forestales: (1) "Remote Sensing of Forest Environments" por Wulder y Franklin, (2) Artículos de revisión: Wulder et al. (2012) "Lidar sampling for large-area forest characterization" en Remote Sensing of Environment.

### **Question 31: Can you recommend a resource such as a basic book to study these topics in greater depth and complement the training program?**

Answer 31: For lidar fundamentals: (1) "Airborne and Terrestrial Laser Scanning" edited by Vosselman and Maas, (2) "Topographic Laser Ranging and Scanning" by Shan and Toth. For GEDI specifically: (1) GEDI ATBD documents: Algorithm Theoretical Basis Documents on the GEDI mission website (gedi.umd.edu) provide complete technical details, (2) Dubayah et al. (2020) "The Global Ecosystem Dynamics Investigation" in Science of Remote Sensing—the main mission description paper, (3) LP DAAC tutorials: Ipdaac.usgs.gov has user guides and code notebooks. For forest applications: (1) "Remote Sensing of Forest Environments" by Wulder and Franklin, (2) Review articles: Wulder et al. (2012) "Lidar sampling for large-area forest characterization" in Remote Sensing of Environment.

### **Pregunta 32: ¿La altura se calcula con base al Elipsoide o al Geoide? ¿Así como lo hacen los Modelos de Elevación Digital y Superficial?**

Respuesta 32: La altura de la vegetación usa el pico de suelo como referencia, por esto la detección de este pico es muy importante para la precisión. Para elevación absoluta, GEDI usa el elipsoide WGS84 como referencia—el campo elevation\_bin0 en L1B y las elevaciones absolutas en las formas de onda están referenciadas al elipsoide WGS84, similar a GPS. Para altura de vegetación (métricas RH): Las métricas RH (RH0, RH25, RH50, RH95, RH98) son relativas al suelo identificado por los algoritmos de procesamiento, NO al elipsoide. La mayoría de DEMs (SRTM, ASTER, etc.) también están referenciados al elipsoide WGS84, aunque algunos pueden proporcionar alturas geoidales. El elevation\_bin0 usa valores interpolados de DEMs existentes (SRTM, TanDEM-X) como referencia inicial, pero la detección del suelo en la forma de onda proporciona la medición real. La precisión de todas las métricas de altura de vegetación depende completamente de la detección correcta del pico del suelo—por esto quality\_flag=1 (acuerdo de algoritmos dentro de 2 m) es esencial para datos confiables.

### **Question 32: Is height calculated based on an ellipsoid or a geoid? Is it the same as the Digital and Surface Elevation Models?**



**Answer 32:** Vegetation height uses the ground peak as a reference, which is why detecting this peak is very important for accuracy. Specifically: For absolute elevation: GEDI uses the WGS84 ellipsoid as reference—the elevation\_bin0 field in L1B and absolute elevations in waveforms are referenced to the WGS84 ellipsoid, similar to GPS. Most DEMs (SRTM, ASTER, etc.) are also referenced to the WGS84 ellipsoid, though some may provide geoidal heights. GEDI's elevation\_bin0 uses interpolated values from existing DEMs (SRTM, TanDEM-X) as initial reference, but ground detection in the waveform provides the actual measurement. Accuracy of all vegetation height metrics depends entirely on correct ground peak detection—this is why quality\_flag=1 (algorithm agreement within 2 m) is essential for reliable data.

**Pregunta 33: Los DEM utilizados en GEDI (SRTM y TanDEM-X) son un poco antiguos (SRTM es del 2000) y reflejan un dosel arbóreo obsoleto, ¿por qué no utilizar productos más actualizados, con filtro de árboles y edificios? ¿Cómo e.g., FABDEM?**

**Respuesta 33:** Los DEMs usados en GEDI (SRTM, TanDEM-X) sirven principalmente como elevación de referencia inicial para el campo elevation\_bin0, pero es importante entender que GEDI no depende de los DEMs para altura de vegetación: (1) Los DEMs solo proporcionan un valor de elevación de referencia aproximada, (2) El procesamiento de L2A identifica independientemente el pico de retorno del suelo ACTUAL en cada forma de onda de GEDI, (3) Todas las métricas de altura (RH) se calculan relativas a este suelo detectado por GEDI, NO al DEM. Por qué se usan SRTM/TanDEM-X: (1) Cobertura global consistente: Estos productos cubren toda el área de cobertura de GEDI con metodología uniforme, (2) Procesamiento operacional: Cuando la misión GEDI comenzó, estos eran los DEMs globales estándar disponibles, (3) Función limitada: Como el DEM es solo una referencia inicial y GEDI detecta su propio suelo, usar DEMs más nuevos tendría impacto mínimo en las métricas finales de altura. La edad del DEM importaría más si GEDI dependiera del DEM para altura final, pero no es así—el DEM es solo para geolocalización inicial. Los seis algoritmos de detección del suelo de GEDI proporcionan la medición de suelo real y actual.

**Question 33: The DEMs used in GEDI (SRTM and TanDEM-X) are a bit old (SRTM is from 2000) and reflect an outdated tree canopy, why not use more up-to-date products, with tree and building filtering? Like e.g., FABDEM?**

**Answer 33:** The DEMs used in GEDI (SRTM, TanDEM-X) primarily serve as initial reference elevation for the elevation\_bin0 field, but it's important to understand that: GEDI does NOT depend on DEMs for vegetation height: (1) DEMs only provide an approximate reference elevation value, (2) L2A processing independently identifies the



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

ACTUAL ground return peak in each GEDI waveform, (3) All height metrics (RH) are calculated relative to this GEDI-detected ground, NOT to the DEM. Why SRTM/TanDEM-X are used: (1) Consistent global coverage: These products cover the entire GEDI coverage area with uniform methodology, (2) Operational processing: When the GEDI mission began, these were the standard global DEMs available, (3) Limited function: Since the DEM is just an initial reference and GEDI detects its own ground, using newer DEMs would have minimal impact on final height metrics. DEM age would matter more if GEDI depended on the DEM for final height, but it doesn't—the DEM is just for initial geolocation. GEDI's six ground-finding algorithms provide the real, current ground measurement.

### **Pregunta 34: ¿Cómo se debe crear un "buffer de zona homogénea de 45 m"?**

#### **¿Homogéneo en qué sentido?**

Respuesta 34: El "buffer de zona homogénea de 45 m" se refiere a asegurar que la cobertura terrestre sea uniforme dentro de un círculo de 45 m de diámetro alrededor de cada huella de GEDI. Por qué 45 m: 25 m (diámetro de huella) + 20 m (2 x el error de geolocalización de  $\pm 10$  m) = 45 m de buffer total. Homogéneo significa el mismo tipo de cobertura terrestre/vegetación en toda el área. Por ejemplo, homogéneo sería un rodal de bosque maduro sin claros, campos agrícolas, o cambios de tipo de vegetación dentro de 45 m. NO homogéneo: Huella cerca de un borde bosque-campo, mezclando árboles y cultivos; área con parches de bosque y claros; transición de bosque maduro a bosque secundario joven.

Cómo implementar: (1) Obtenga mapas de cobertura terrestre de alta resolución (Landsat, Sentinel-2, mapas locales) para su área, (2) Cree buffers: Para cada huella de GEDI, cree un buffer circular de 22.5 m de radio (45 m de diámetro) alrededor de las coordenadas, (3) Verifique homogeneidad: Usando herramientas SIG (QGIS, ArcGIS, Python/geopandas), verifique si todas las celdas dentro del buffer tienen la misma clase de cobertura terrestre, (4) Filtre: Excluya huellas donde el buffer intersecta múltiples clases de cobertura terrestre o está cerca de bordes. En código: Puede usar geopandas para crear buffers de 22.5 m alrededor de puntos de GEDI, luego hacer análisis de intersección con sus polígonos de cobertura terrestre para identificar áreas homogéneas. Este paso reduce errores causados por el desplazamiento de geolocalización al asegurar que incluso si la huella está desplazada 10 m, todavía muestrea el tipo correcto de vegetación.

### **Question 34: How should a "45 m homogeneous zone buffer" be created?**

#### **Homogeneous in what sense?**



## Lidar Espacial para el Monitoreo de la Estructura y Biomasa de la Vegetación Usando Datos de GEDI

23 y 30 de octubre y 6 de noviembre 2025

Answer 34: The "45 m homogeneous zone buffer" refers to ensuring that land cover is uniform within a 45 m diameter circle around each GEDI footprint. Why 45 m: 25 m (footprint diameter) + 20 m (2 × the  $\pm 10$  m geolocation error) = 45 m total buffer.

Homogeneous means: The same land cover/vegetation type throughout the area. For example, homogeneous would be a mature forest stand with no clearings, agricultural fields, or vegetation type changes within 45 m. NOT homogeneous: Footprint near a forest-field edge, mixing trees and crops; area with patches of forest and clearings; transition from mature forest to young secondary forest.

How to implement: (1) Obtain high-resolution land cover maps (Landsat, Sentinel-2, local maps) for your area, (2) Create buffers: For each GEDI footprint, create a circular buffer of 22.5 m radius (45 m diameter) around the coordinates, (3) Check homogeneity: Using GIS tools (QGIS, ArcGIS, Python/geopandas), verify if all cells within the buffer have the same land cover class, (4) Filter: Exclude footprints where the buffer intersects multiple land cover classes or is near edges. In code: You can use geopandas to create 22.5 m buffers around GEDI points, then perform intersection analysis with your land cover polygons to identify homogeneous areas. This step reduces errors caused by geolocation offset by ensuring that even if the footprint is shifted 10 m, it still samples the correct vegetation type.