



2025 | **16-20**
GIJÓN | **JUNIO**

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1863

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





Evaluación de la reducción del combustible de sotobosque por quemas prescritas en pinares utilizando múltiples sistemas de LiDAR terrestre

BOLAÑOS CHAMORRO, R. (1), SANTÍN, C. (1, 2), LAÍÑO, D. (1), ÁLVAREZ- TABOADA, F. (3), MADRIGAL OLMO, J. (4) y CABO, C. (2,5)

(1) Instituto Mixto de Investigación en Biodiversidad (IMIB) – CSIC – Universidad de Oviedo – Principado de Asturias, Mieres, España.

(2) Centre for Wildfire Research, Swansea University, Swansea, United Kingdom.

(3) Universidad de León, Escuela de Ingeniería Agraria y Forestal, Ponferrada, León, España.

(4) Instituto de Ciencias Forestales (ICIFOR), Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA-CSIC), Madrid, España.

(5) Departamento de Explotación y Prospección de Minas, Universidad de Oviedo, España.

Resumen

El riesgo de incendio en masas forestales está condicionado en gran medida por el combustible vegetal del sotobosque, que facilita la propagación del fuego a las copas de los árboles. Por ello, las quemas prescritas buscan reducir este combustible y romper su continuidad vertical y horizontal. Este estudio investiga el uso de escáneres láser terrestres móviles para medir cambios en la biomasa antes y después de un fuego controlado, evaluando así su efectividad en la reducción del combustible superficial.

La quema prescrita utilizada, realizada en junio de 2024 en una masa de *Pinus sylvestris* en Allande, Asturias, fue la primera bajo arbolado en esta comunidad autónoma. Se emplearon dos escáneres diferentes, GeoSLam Zeb Horizon y Mandeye, con los que se hicieron mediciones antes y después del fuego obteniendo datos detallados de la vegetación en 3D. Posteriormente, esta información fue transformada en volumen aparente de biomasa usando la voxelización a distintas escalas. El uso de diferentes escáneres láser permitió un monitoreo detallado de la biomasa a diferentes niveles de precisión.

Los resultados mostraron una reducción sustancial del combustible, en términos de volumen aparente de biomasa, calculándose una disminución del 14 % - 25 % con GeoSLAM y hasta del 30% con Mandeye. La diferencia en la disminución del volumen entre escáneres parece estar relacionada con el número total de puntos adquiridos antes del fuego, las trayectorias seguidas durante el muestreo y las capacidades técnicas de cada dispositivo. De manera general, GeoSLAM ofrece una mejor cobertura y adquisición de datos que Mandeye, influyendo en los resultados de volumen. Nuestros resultados muestran el potencial de los láser escáner terrestres para ofrecer evaluaciones rápidas y no invasivas del volumen aparente de biomasa, útiles para la gestión forestal y la prevención de incendios forestales.

Palabras clave

Biomasa, TLS, MLS, LiDAR terrestre, gestión forestal, mitigación de incendios



forestales.

1. Introducción

La acumulación de combustible (biomasa) vegetal y su continuidad horizontal y vertical son factores críticos en el riesgo de incendios forestales y, como tales, existen estrategias para reducirlos. Los fuegos prescritos (quemados bajo condiciones controladas) se utilizan cada vez más en zonas con una alta actividad de incendios para reducir el combustible vegetal y así el riesgo de incendio (SAMPLE et al., 2022; JONKO et al., 2024). La evaluación de la efectividad de un fuego prescrito típicamente se determina con la toma de datos en campo, con muestreos destructivos de vegetación antes y después del fuego, para así obtener medidas de la reducción de la biomasa vegetal. Estos muestreos conllevan recursos de tiempo y esfuerzo considerables, así como la alteración de la vegetación (MARINO et al., 2010).

LiDAR, light detection and ranging por sus siglas en inglés, es tecnología de teledetección originalmente utilizada para medir la profundidad del océano montado sobre plataformas aéreas (HICKMAN & HOGG, 1969). Desde entonces, los sensores remotos basados en LiDAR han experimentado transformaciones que han permitido mejorar sus capacidades significativamente y adaptarse a múltiples sectores (DASSOT et al., 2011), incluyendo el sector forestal y el de prevención de incendios (LECHNER et al., 2020; CHEN et al., 2024). Su adaptabilidad a multitud de contextos ha conducido a la tecnología LiDAR a estar configurada para usarse en distintas plataformas como pueden ser los trípodes, mochilas, automóviles, vehículos aéreos no tripulados, aeronaves tripuladas y satélites.

Los LiDAR terrestres, o escáneres láser terrestres (TLS, por sus siglas en inglés) proporcionan mediciones tridimensionales detalladas de alta resolución de las estructuras vegetales, permitiendo modelar con precisión la densidad de la vegetación y su disposición espacial, factores críticos para comprender el comportamiento del fuego y sus impactos ecológicos (CALDERS et al., 2020). Además, por su perspectiva terrestre, el TLS evita oclusiones causadas por el dosel arbóreo, típica de sistemas LiDAR aéreo, proporcionando una excelente representación de los combustibles de sotobosque (GARNERO, 2023). Estos son los que se eliminan principalmente en las quemados controlados en masas arboladas, ya que son los que permiten que el fuego pase de la superficie a las copas de los árboles, aumentando así el riesgo de incendios de alta intensidad. Dentro de los instrumentos TLS, el escáner láser móvil de mano (MLS, por sus siglas en inglés) adquiere continuamente información LiDAR a medida que un operador se mueve por el terreno, reduciendo la oclusión de la vegetación típicamente encontrado con la versión estática de estos instrumentos y siendo, además, más rápido en la adquisición de información (BAUWENS et al., 2016; BALESTRA et al., 2024). Este tipo de instrumentos LiDAR terrestres han sido usado en estudios previos para la caracterización del combustible vegetal (ALONSO-REGO et al., 2020; LOUISE LOUDERMILK et al., 2023), pero todavía no se utilizan de forma generalizada para evaluar la reducción de dicho combustible durante una quemada prescrita.

2. Objetivos

El objetivo general de este estudio es evaluar el uso de técnicas de escaneado terrestre móvil para medir la reducción, por una quema prescrita, del combustible de sotobosque en masas de *Pinus sylvestris* en el concejo de Pola de Allande, Asturias. Para ello, se identifican tres objetivos específicos:

1. Comparar el desempeño de dos láseres escáneres terrestres móviles, GeoSLAM Zeb Horizon y Mandeye, en la adquisición de nubes de puntos tridimensionales de vegetación de sotobosque.
2. Cuantificar el volumen de biomasa en el sotobosque en las nubes de puntos 3D adquiridas antes y después del fuego prescrito.
3. Contrastar la reducción del volumen de biomasa obtenido por ambos escáneres terrestres móviles.

3. Metodología

La zona de estudio se ubica en la parroquia de Berducedo, concejo de Allande (Asturias, España). Se trata de una masa forestal de *Pinus sylvestris*, con un sotobosque compuesto principalmente de *Ilex aquifolium*, *Betula pendula*, *Quercus sp.* y un sotobosque arbustivo conformado en su mayoría por *Ulex europaeus*, *Erica spp.*, *Rubus ulmifolius*, musgo y, en menor medida, helechos. Una parcela de aproximadamente 30 por 30 metros fue localizada por el equipo del Centro de Investigación Forestal (ICIFOR) de INIA (Instituto Nacional de investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria) (Figura 1).

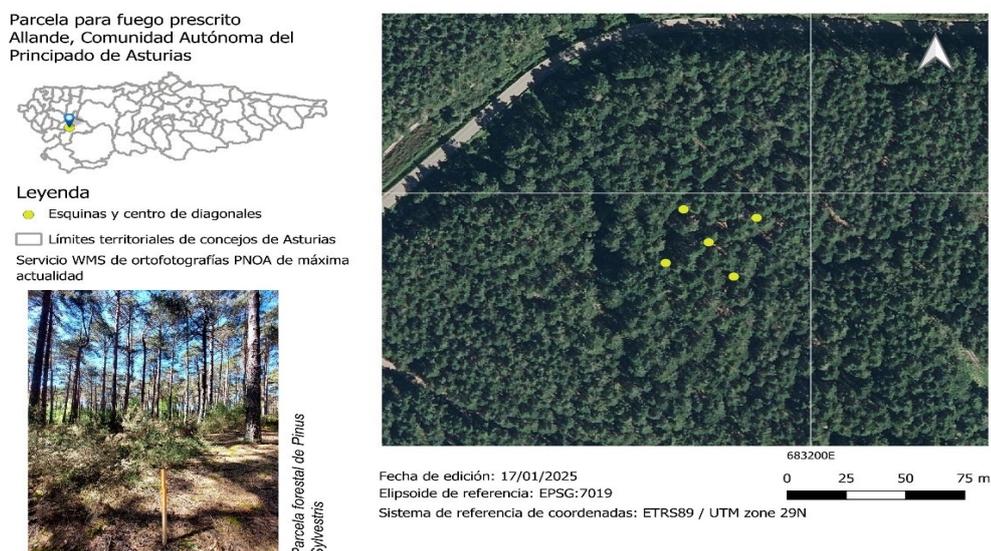


Figura 1. Localización de la parcela en el concejo de Allande, Asturias.

La parcela se quemó con fuego prescrito el 5 de junio de 2024 (Figura 2, a). La quema fue coordinada por el INIA y ejecutada por el Equipo de Prevención de Incendios Forestales (EPRIF) de Asturias. Las mediciones prefuego se realizaron en

los meses de mayo y junio de 2024 y las postfuego una semana después de la fecha del fuego prescrito.



Figura 2. Parcela luego del fuego prescrito (a). Parcela siendo escaneada antes del fuego con láser escáner móvil Mandeye (b).

Para la adquisición de nubes de puntos tridimensionales se utilizaron dos láseres escáneres terrestres móviles con distintas capacidades técnicas (Tabla 1). Tanto el escáner GeoSLAM ZEB Horizon como el Mandeye fueron utilizados para muestrear la vegetación (Figura 2, b). La parcela de 30m² se escaneó entre 2 y 3 veces con cada equipo antes y después del fuego prescrito. El tiempo que duró la medición con cada escáner nunca superó los 15 minutos y siempre se inició y terminó en el mismo punto, para prevenir cualquier confusión o deriva del algoritmo SLAM durante la medición. La trayectoria seguida durante el escaneo comprendió tanto el interior de la parcela como unos metros por fuera de la misma, de manera que se lograra capturar toda la vegetación. Además, siempre se midió de forma que se minimizaran en lo posible oclusiones y recorriendo los centros de diagonales y estacas que delimitaban la parcela.

Tabla 1. Características técnicas los láseres escáneres terrestres móviles.

Parámetro	GeoSLAM	Mandeye
Rango	100 m	40 m
Adquisición	300.000 puntos/s	200.000 puntos/s
Longitud de onda del láser	903 nm	905 nm



Posteriormente a la toma de datos, la información tridimensional fue preprocesada para asegurar la comparación de los resultados entre ambos escáneres. Se utilizó el software CloudCompare (GIRARDEAU-MONTAUT, 2024) para aplicar un filtro de ruido en las nubes 3D de Mandeye, por otro lado, a las nubes de GeoSLAM se les aplicó un filtro propio de su software comercial para eliminar ruido. A continuación, las nubes de ambos equipos fueron submuestreadas a 0.5 cm para homogenizar la densidad de puntos. Seguidamente, el procesamiento incluyó la utilización del programa 3DFin (LAINO et al., 2024) para la obtención de la altura normalizada de los puntos de la nube y la eliminación de información tridimensional que no perteneciese al estrato de sotobosque: los primeros 10 cm del suelo y la información por encima de los 3 m de altura, puesto que no son objeto de este estudio.

La técnica utilizada para el cálculo del volumen aparente de biomasa se basó en la voxelización a diferentes resoluciones, y la adición del volumen correspondiente a los vóxeles ocupados por puntos de cada nube. Se utilizó un rango de voxelización de 1 cm a 20 cm para evaluar la influencia del tamaño del vóxel en las estimaciones de volumen. La voxelización se implementó en un código desarrollado en Python que se ajustó fijando la misma resolución en los tres ejes que comprende un cubo en tres dimensiones (X, Y y Z). Las librerías utilizadas para los cálculos del código fueron: NumPy, pandas, os, laspy y Dendromatrics (CABO et al., 2018).

A manera de resumen, la función dentro del código Python sigue el siguiente orden lógico: primero, lee los ficheros .las utilizando la biblioteca laspy; segundo, extrae la información de los campos escalares que contienen estos archivos, en este caso la altura normalizada; tercero, emplea un filtro para eliminar puntos de altura negativa, que en la mayoría de los casos es inexistente o supone un error que es prácticamente residual; cuarto, voxeliza la nube de puntos normalizada utilizando la librería Dendromatrics; quinto, calcula el volumen aparente multiplicando el número de vóxeles por el volumen del cubo tridimensional especificado y, finalmente calcula otros parámetros como el número de puntos totales o la media de puntos por vóxel.

4. Resultados

La Figura 3 muestra los resultados de la medición en las nubes pre- y postfuego hechas con los dos escáneres. Los preprocesados permiten distinguir y separar los fustes del sotobosque y la extracción de los puntos de los que se pretende calcular el volumen. Se aprecian claramente diferencias moderadas en el volumen del sotobosque antes y después del fuego.

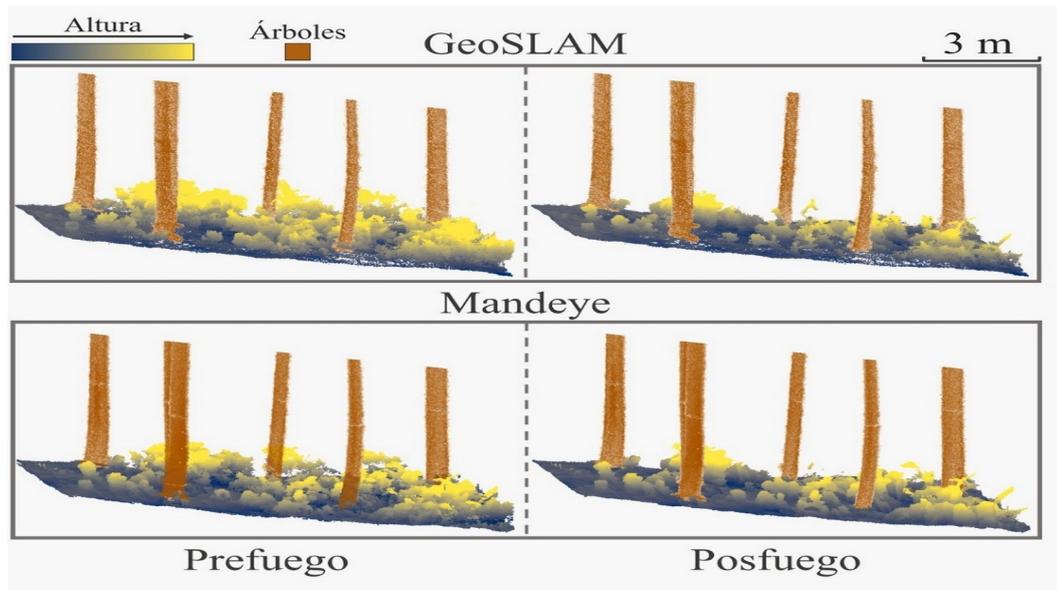


Figura 3. Franja de sotobosque entre 0,10 cm y 3 m de altura con respecto al suelo antes y después del fuego prescrito para escáneres GeoSLAM y Mandeye.

Tanto antes como después del fuego se obtuvo un mayor número de puntos con el GeoSLAM Zeb Horizon (Figura 4) con un total de 14,1 millones de puntos antes del fuego y 11,3 después del fuego. Con el escáner Mandeye se obtuvo un total de 7,4 millones de puntos antes del fuego y 11,1 posfuego. La cifra más baja de puntos antes del fuego podría deberse al efecto conjunto de la oclusión de la vegetación dentro de la parcela, las diferencias de las trayectorias empleadas en las mediciones pre- y posfuego y a la propia configuración del escáner Mandeye, con menos campo de visión y, por tanto, más proclive a la aparición de diferencias sustanciales de nubes medidas en las mismas condiciones y sobre los mismos objetos.

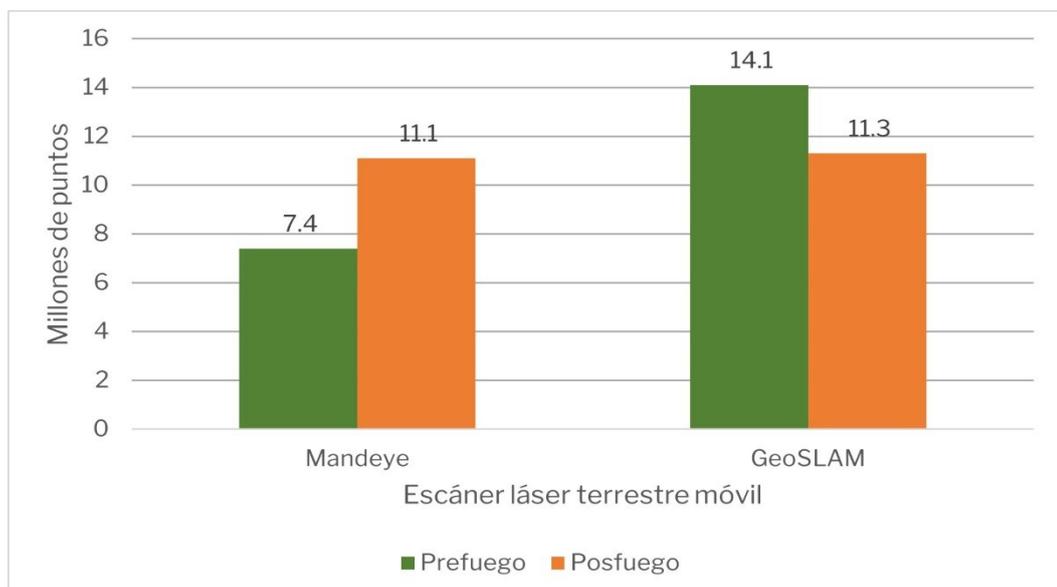




Figura 4. Número total de puntos de sotobosque de las nubes 3D de la parcela en estudio obtenidos por los dos escáneres terrestres móviles, antes y después del fuego prescrito.

Se voxelizaron las nubes pre- y postfuego de los dos escáneres a 20 tamaños de vóxel, que varían desde 1 cm hasta 20 cm en incrementos de 1 cm. De estas voxelizaciones se obtuvo el volumen aparente de biomasa (Figuras 5 y 6).

Con el escáner GeoSLAM Horizon, según se aprecia en la Figura 5, el volumen de biomasa en el sotobosque siempre fue mayor antes del fuego, siendo evidente la reducción del volumen después del fuego prescrito. Esta reducción oscila ligeramente, entre el 14% y el 25%, dependiendo de la escala; correspondiendo las mayores variaciones a los menores tamaños de vóxel. Sin embargo, debido a que se considera el volumen íntegro de los vóxeles ocupados en cada caso, los volúmenes calculados para cada escala (tamaño de vóxel) varían enormemente. Como ejemplo, como se puede apreciar en Figura 5, para las resoluciones extremas de 1 cm y 20 cm, los volúmenes aparentes de biomasa de sotobosque obtenidos antes del fuego fueron de 13 m³ y 750 m³, respectivamente, mientras que después del fuego, para estas mismas resoluciones, los volúmenes fueron de 10 m³ y 651 m³, respectivamente.

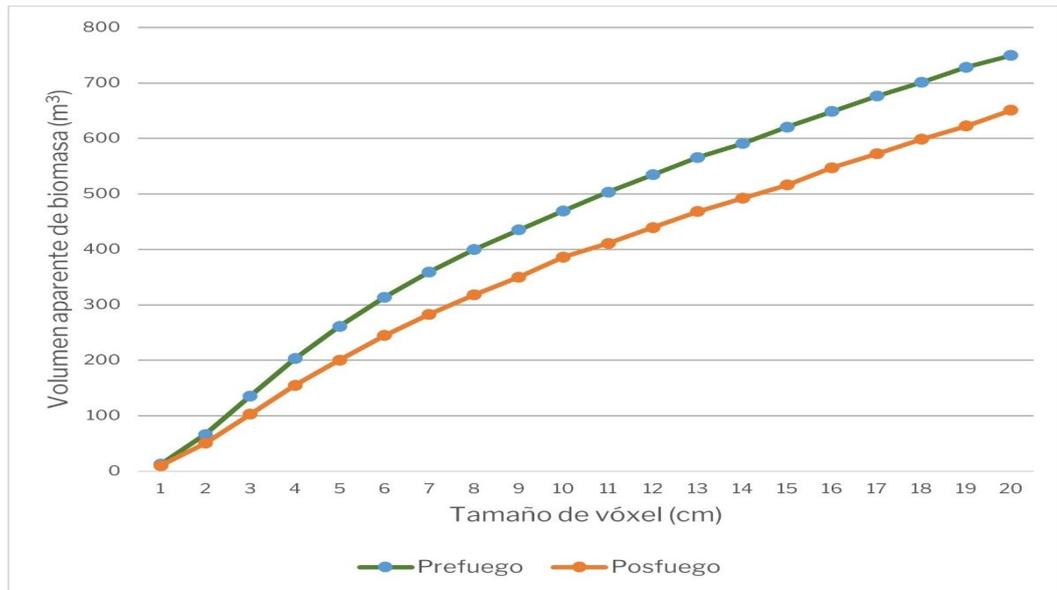


Figura 5. Volumen aparente total de biomasa en toda la parcela, obtenido mediante voxelización a diferentes resoluciones con el escáner GeoSLAM Zeb Horizon.

La Figura 6 muestra los volúmenes obtenidos voxelizando los datos del Mandeye a las mismas escalas. Comparado con los datos obtenidos con el GeoSLAM Horizon, la disminución de los volúmenes aparentes tras el fuego es menos evidente. De hecho, se observa que para tamaños de vóxel menores de 6 cm, la diferencia de volúmenes aparentes pre- y posfuego es prácticamente nula (llegando a ser incluso ligeramente negativa en alguna escala). Con tamaños de vóxel de 8 a 14 cm aproximadamente, los resultados en disminución de volumen son más similares a las de los obtenidos con GeoSLAM Horizon (entre 13% y 25%). Sin embargo, en los tamaños de vóxel más grandes, las diferencias pre- y postfuego se disparan hasta el 30% de disminución de volumen aparente. En cuanto a los valores absolutos de biomasa obtenidos en todos los casos con el Mandeye, se ven afectados del mismo efecto del tamaño de vóxel y aumentan de forma casi lineal (volúmenes entre 3 y 300 m³).

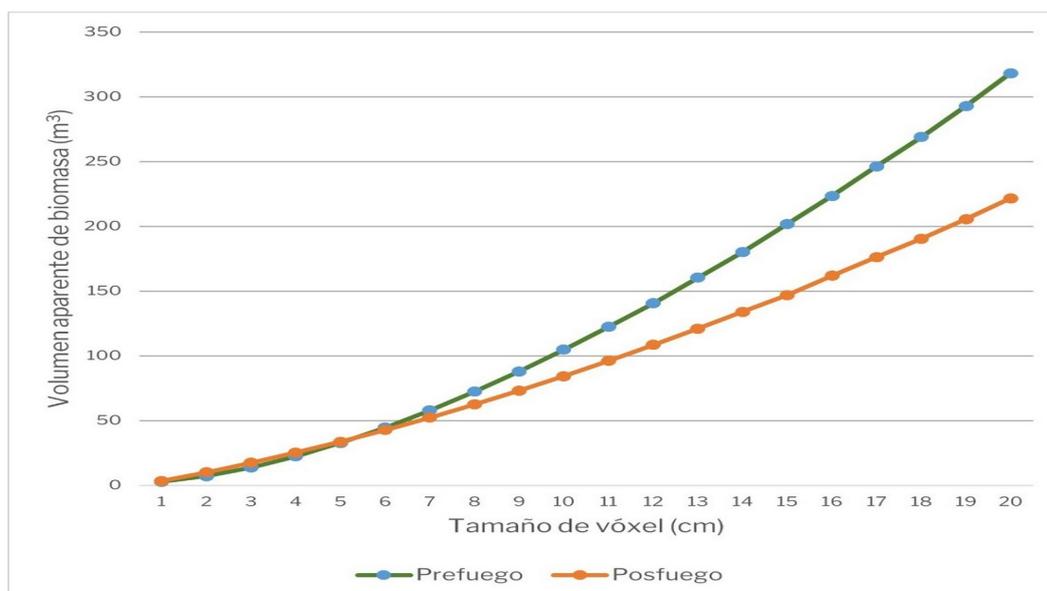


Figura 6. Volumen aparente total de biomasa, obtenido mediante voxelización a diferentes resoluciones con el escáner Mandeye.

5. Discusión

Basado en los resultados obtenidos con ambos escáneres terrestres móviles, se puede observar que hay una reducción sustancial del volumen aparente de biomasa de sotobosque, sin embargo, los volúmenes calculados a distintas escalas o tamaños de vóxel reflejan diferencias en sus rangos. Si se observan los valores absolutos de biomasa para un tamaño de vóxel de 6 cm, en donde Mandeye indica una disminución del volumen, se observa que este escáner obtuvo una disminución de volumen para la parcela de 30 x 30 m de 2 m³, por el contrario, GeoSLAM reportó para la misma resolución de vóxel 69 m³ consumidos por el fuego. Esto puede estar influenciado por el número puntos adquiridos antes del fuego con ambos escáneres, ya que GeoSLAM adquirió el doble de puntos en esta etapa que Mandeye.

No obstante, otros factores también deben de considerarse para explicar las diferencias encontradas. Estos pueden separarse en dos categorías, en primer lugar, aquellos relativos a las características propias de los equipos y, en segundo lugar, aquellos factores relacionados con la trayectoria de escaneo.

En cuanto a los equipos, GeoSLAM ZEB Horizon tiene una capacidad de captura mayor a la de Mandeye, con 300.000 puntos / segundo en comparación con los 200.000 puntos por segundo de Mandeye. Adicionalmente, el rango en el que operan ambos escáneres es diferente, afectando la calidad final de la nube de puntos gracias a que el escáner GeoSlam rota (resolución angular) cuando captura la información 3D mientras que Mandeye tiene un campo de visión limitado por la propia configuración del escáner, la cual hay que constantemente ajustar mientras se escanea para capturar la mayor cantidad de información 3D. Finalmente, ambos escáneres cuentan con un software de procesamiento distinto y, si bien ambos



computan SLAM para obtener una nube 3D final, el procesado es distinto.

Con respecto a las trayectorias, se debe contextualizar que, a pesar que el tiempo de medición nunca superó 15 min para ambos escáneres, las trayectorias recorridas por distintos operarios no siguen exactamente el mismo patrón y esto a su vez se ve afectado por otros factores como la técnica de escaneado, el esfuerzo e incluso la altura del operador, incidiendo en la calidad final de la nube de puntos. En el estudio realizado por BALESTRA et al. (2024), se analiza la parcela de este estudio con cuatro escáneres láser terrestre, incluyendo Mandeye y GeoSLAM; el objetivo era determinar parámetros de inventario forestal tradicional como lo es el diámetro a la altura del pecho (DBH) y la altura. A pesar de que los resultados de DBH del escáner Mandeye fueron muy similares con los escáneres de grado profesional como GeoSLAM, Trimble X7 y LiGrip, el resultado de altura obtenido con este escáner presentó desafíos importantes, puesto que el rango del equipo limitaba la adquisición de puntos 3D.

6. Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos, se concluye que tanto GeoSLAM como Mandeye demostraron ser herramientas relevantes para evaluar cambios en el volumen aparente de biomasa en el contexto de fuegos prescritos, aunque presentan diferencias significativas en su desempeño. En ese sentido, cumplen su capacidad de hacer evaluaciones rápidas de los efectos el fuego sobre el combustible de sotobosque.

En cuanto a los escáneres terrestres móviles, GeoSLAM registró un mayor número de puntos y una reducción más consistente en el volumen de biomasa tras el fuego, reflejando su mayor capacidad de captura y mejor campo de visión. Por otro lado, Mandeye mostró un comportamiento divergente en resoluciones menores a 6 cm, evidenciando un aumento en el volumen, posiblemente influido por las características del equipo y las oclusiones capturadas durante las trayectorias de escaneo. Estas diferencias resaltan la importancia de considerar tanto las especificaciones del hardware como los protocolos de adquisición al emplear estos sistemas para caracterizar combustible vegetal.

A pesar de que los volúmenes calculados no han sido validados con muestras de biomasa obtenidas en campo, los resultados sugieren un gran potencial de estas tecnologías en la monitorización y manejo del combustible en el sotobosque. Para futuras investigaciones sería importante considerar el aumentar la muestra del número de parcelas sometidas a fuegos prescritos, así como de la implementación de otros escáneres terrestres móviles o estáticos.

7. Agradecimientos

Este trabajo se ha financiado bajo el proyecto [PID2021-126790NB-I00]: Nuevos métodos para estimaciones de emisión de carbono en incendios mediante inteligencia artificial aplicada a nubes de puntos terrestres en 3D (PyroCarbon3D) del Subprograma Estatal de Generación de Conocimiento de la Agencia Estatal de Investigación y la ayuda [PRE2022-104159] del Ministerio de Ciencia e Innovación



de España en colaboración con la Agencia Estatal de Investigación y cofinanciado por la Unión Europea (FSE+).

8. Bibliografía

ALONSO-REGO, C.; ARELLANO-PÉREZ, S.; CABO, C.; ORDOÑEZ, C.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, J. G.; DÍAZ-VARELA, R. A.; RUIZ-GONZÁLEZ, A. D.; 2020. Estimating fuel loads and structural characteristics of shrub communities by using terrestrial laser scanning. *Remote Sensing* 12(22), 3704-3704.

BALESTRA, M.; CABO, C.; MURTIYOSO, A.; VITALI, A.; ALVAREZ-TABOADA, F.; CANTERO-AMIANO, A.; BOLAÑOS, R.; LAINO, D.; PIERDICCA, R.; 2024. Advancing forest inventory: a comparative study of low-cost MLS lidar device with professional laser scanners. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLVIII-2/W8-2024*.

BAUWENS, S.; BARTHOLOMEUS, H.; CALDERS, K.; LEJEUNE, P.; HYYPPÄ, J.; LIANG, X.; PUTTONEN, E.; 2016. Forest inventory with terrestrial LiDAR: A comparison of static and hand-held mobile laser scanning. *Forests* 7(6), 127-127.

CABO, C.; ORDÓÑEZ, C.; LÓPEZ-SÁNCHEZ, C. A.; ARMESTO, J.; 2018. Automatic dendrometry: Tree detection, tree height and diameter estimation using terrestrial laser scanning. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 69, 164-174.

CALDERS, K.; ADAMS, J.; ARMSTON, J.; BARTHOLOMEUS, H.; BAUWENS, S.; BENTLEY, L. P.; CHAVE, J.; DANSON, F. M.; DEMOL, M.; DISNEY, M.; GAULTON, R.; KRISHNA MOORTHY, S. M.; LEVICK, S. R.; SAARINEN, N.; SCHAAF, C.; STOVALL, A.; TERRY, L.; WILKES, P.; VERBEECK, H.; 2020. Terrestrial laser scanning in forest ecology: Expanding the horizon. *Remote Sensing of Environment* 251, 112102.

CHEN, Y.; MORTON, D. C.; RANDERSON, J. T.; 2024. Remote sensing for wildfire monitoring: Insights into burned area, emissions, and fire dynamics. *One Earth* 7(6), 1022-1028.

DASSOT, M.; CONSTANT, T.; FOURNIER, M.; 2011. The use of terrestrial LiDAR technology in forest science: Application fields, benefits and challenges. *Annals of Forest Science* 68(5), 959-974.

GARNERO, G.; 2023. Aerial and terrestrial LiDAR: Comparisons and accuracies. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* 14111 LNCS, 597-607.

GIRARDEAU-MONTAUT, D.; 2024. CloudCompare (version 2.13.2).



HICKMAN, G. D.; HOGG, J. E.; 1969. Application of an airborne pulsed laser for near shore bathymetric measurements.

JONKO, A.; OLIVETO, J.; BEATY, T.; ATCHLEY, A.; BATTAGLIA, M. A.; DICKINSON, M. B.; GALLAGHER, M. R.; GILBERT, A.; GODWIN, D.; KUPFER, J. A.; HIERS, J. K.; HOFFMAN, C.; NORTH, M.; RESTAINO, J.; SIEG, C.; SKOWRONSKI, N.; 2024. How will future climate change impact prescribed fire across the contiguous United States? *npj Climate and Atmospheric Science* 7(1), 1-10.

LAINO, D.; CABO, C.; PRENDES, C.; JANVIER, R.; ORDOÑEZ, C.; NIKONOVAS, T.; DOERR, S.; SANTIN, C.; 2024. 3DFin: A software for automated 3D forest inventories from terrestrial point clouds. *An International Journal of Forest Research* 97, 479-496.

LECHNER, A. M.; FOODY, G. M.; BOYD, D. S.; 2020. Applications in remote sensing to forest ecology and management. *One Earth* 2(5), 405-412.

MARINO, E.; GUIJARRO, M.; HERNANDO, C.; MADRIGAL, J.; DÍEZ, C.; 2010. Fire hazard after prescribed burning in a gorse shrubland: Implications for fuel management.

SAMPLE, M.; THODE, A. E.; PETERSON, C.; GALLAGHER, M. R.; FLATLEY, W.; FRIGGENS, M.; EVANS, A.; LOEHMAN, R.; HEDWALL, S.; BRANDT, L.; JANOWIAK, M.; SWANSTON, C.; 2022. Adaptation strategies and approaches for managing fire in a changing climate. *Climate* 10(4), 58.

LOUDERMILK, E.; POKSWINSKI, S.; HAWLEY, C. M.; MAXWELL, A.; GALLAGHER, M. R.; SKOWRONSKI, N. S.; HUDAK, A. T.; HOFFMAN, C.; HIERS, J. K.; 2023. Terrestrial laser scan metrics predict surface vegetation biomass and consumption in a frequently burned Southeastern U.S. ecosystem. *Fire* 6(4), 151-151.