CONAMA 2026

Aplicación de tecnología LiDAR terrestre móvil para la caracterización y planificación de tratamientos selvícolas en pinares mediterráneos

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Edita: Fundación Conama

Año: 2026

Este documento está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Personas autoras de la presente comunicación técnica

Autor Principal de la comunicación: Víctor Fabregat Tena. Responsable de Innovación. ORTHEM Servicios y Actuaciones Ambientales, S.A.U.

Otros Autores: Ana Martínez-Fortún Sánchez-Vizcaino. Jefa Estudios y Proyectos. ORTHEM Servicios y Actuaciones Ambientales, S.A.U.

Laura Hita Esquer. Técnico Forestal. ORTHEM Servicios y Actuaciones Ambientales, S.A.U.

Jose Luis Durán. Jefe de Servicios e Innovación. ORTHEM Servicios y Actuaciones Ambientales, S.A.U.

Eric Valero Alfara. Técnico Forestal. ORTHEM Servicios y Actuaciones Ambientales, S.A.U.

Índice

1. Introducción 4

1.1. LIFE TOKEN CO2 5

2. Materiales y métodos 6

2.1. Diseño del inventario y adquisición de datos LiDAR 6

2.2. Procesamiento de la información mediante AID-FOREST 6

2.3. Aplicación de los inventarios a la planificación selvícola 7

3. Resultados y discusión 9

3.1. Caracterización estructural de las áreas experimentales 9

3.2. Utilidad de la información para evaluar los tratamientos 10

3.3. Ventajas y limitaciones de la tecnología 11

4. Conclusiones y discusión 12

4.1. Implicaciones para la gestión forestal mediterránea 12

4.2. Conclusiones 13

5. Bibliografía 14

1. Introducción

La planificación de tratamientos selvícolas requiere disponer de información suficiente sobre las características estructurales de las masas forestales. Variables como la densidad, el diámetro del arbolado, el área basimétrica, la altura o la fracción de cabida cubierta permiten conocer el **estado de desarrollo de los rodales, identificar situaciones de competencia y establecer criterios técnicos** para seleccionar las actuaciones más adecuadas.

Tradicionalmente, esta información se obtiene mediante inventarios forestales basados en mediciones directas sobre el terreno. Aunque constituyen un procedimiento consolidado, su aplicación puede presentar limitaciones relacionadas con el tiempo necesario para la toma de datos, la accesibilidad de determinadas zonas y la representatividad espacial de las parcelas de muestreo.

El desarrollo de **tecnologías de adquisición tridimensional** ha ampliado las posibilidades de caracterización forestal. Entre ellas, el **LiDAR terrestre** permite reconstruir digitalmente elementos de la estructura del arbolado mediante nubes de puntos, proporcionando información geométrica que complementa los procedimientos convencionales de inventario. Esta capacidad resulta especialmente relevante para analizar la arquitectura de los árboles y la organización tridimensional de la vegetación (Disney, 2019).

Dentro de estas tecnologías, el **LiDAR terrestre móvil** permite registrar información mientras el operador se desplaza por el interior del rodal. Frente a los sistemas de escaneo estático, esta modalidad ofrece mayor **flexibilidad para realizar recorridos de inventariación y registrar los árboles desde diferentes posiciones,** reduciendo determinadas limitaciones asociadas a la ocultación de elementos por la propia vegetación (Bauwens et al., 2016).

La información obtenida adquiere especial interés cuando se integra con herramientas informáticas capaces de procesar las nubes de puntos y extraer automáticamente variables dendrométricas y dasométricas. Esta combinación permite **avanzar desde la representación tridimensional del bosque hacia su caracterización cuantitativa**, facilitando la utilización de los datos en la planificación forestal. En este sentido, López Serrano et al. (2022) desarrollaron y validaron el software AID-FOREST, demostrando su capacidad para detectar árboles y estimar variables de inventario a partir de datos LiDAR terrestres móviles.

En el ámbito mediterráneo, esta aplicación resulta particularmente relevante en masas de pino carrasco (*Pinus halepensis*), donde las diferencias de densidad, desarrollo y disponibilidad de recursos condicionan las necesidades de intervención. Los trabajos de Manrique-Alba et al. (2020) ponen de manifiesto que las claras pueden modificar el crecimiento del arbolado y su respuesta al estrés hídrico, reforzando la importancia de adaptar la gestión a las características de cada masa.

El objetivo de esta comunicación es analizar la aplicación del LiDAR terrestre móvil y del software AID-FOREST en la caracterización de pinares mediterráneos, a partir de la experiencia desarrollada en LIFE TOKEN CO2, y examinar su utilidad para la planificación y el seguimiento de tratamientos selvícolas.

Para ello, se describe la metodología de adquisición y procesamiento de datos, se presentan los principales parámetros de caracterización obtenidos en las áreas experimentales y se analiza su aplicación en la definición y evaluación estructural de las intervenciones.

1.1. LIFE TOKEN CO2

El proyecto europeo LIFE TOKEN CO2 tiene como finalidad **contribuir a la mitigación del cambio climático mediante el desarrollo y validación de herramientas para cuantificar la absorción de carbono asociada a diferentes alternativas de gestión forestal**. Para ello, combina información obtenida mediante mediciones experimentales, inventarios forestales y observación de la Tierra, con el objetivo de mejorar la precisión de las estimaciones y facilitar su aplicación a otras masas y territorios (LIFE TOKEN CO2, s. f.).

Su planteamiento combina la caracterización de las masas forestales, la ejecución de tratamientos selvícolas experimentales y el seguimiento de la respuesta de los ecosistemas mediante técnicas complementarias de medición y análisis.

La investigación incorpora inventarios forestales, tecnologías LiDAR, teledetección y mediciones de intercambio de carbono mediante sistemas *Eddy Covariance*. La integración de estas fuentes de información pretende mejorar el conocimiento de las relaciones entre la estructura forestal, la gestión selvícola y la evolución de los intercambios de carbono.

En este contexto, **la caracterización previa de las masas constituye una fase esencial del diseño experimental, ya que permite conocer las condiciones de partida de los rodales y establecer criterios cuantitativos para definir las intervenciones.** Asimismo, proporciona una referencia para interpretar los cambios observados posteriormente.

El componente de demostración forestal del proyecto se desarrolla en seis áreas experimentales de *Pinus halepensis*, situadas en Castilla-La Mancha, la Comunitat Valenciana y la Región de Murcia. Los emplazamientos corresponden a Chinchilla y Yeste, en la provincia de Albacete; dos áreas en el monte La Hunde, en Ayora (Valencia); y los montes de Mula y Moratalla, en la Región de Murcia. Las masas seleccionadas presentan diferencias en densidad, dimensiones del arbolado, cobertura y grado de desarrollo. Esta heterogeneidad permite analizar distintas situaciones selvícolas y estudiar cómo la caracterización cuantitativa contribuye a definir tratamientos ajustados a las particularidades de cada área.

Las intervenciones se basan fundamentalmente en claras selectivas orientadas a reducir la competencia entre árboles y modificar la estructura de las masas. Para ello, **resulta necesario determinar previamente la situación de cada rodal**, identificar las características del arbolado y establecer criterios para seleccionar los ejemplares que deben permanecer y aquellos cuya retirada puede contribuir a alcanzar los objetivos selvícolas.

Dentro de este proceso, **ORTHEM** ha participado en las actuaciones forestales experimentales y en la aplicación práctica de la información generada durante las diferentes fases de caracterización y seguimiento.

2. Materiales y métodos

La metodología empleada en la caracterización forestal combinó la adquisición de información tridimensional mediante LiDAR terrestre móvil y el procesamiento automatizado de los datos obtenidos. Su aplicación se integró en los trabajos de inventario del proyecto y en la posterior definición de las actuaciones selvícolas.

2.1. Diseño del inventario y adquisición de datos LiDAR

La caracterización de las masas se realizó mediante un sistema de muestreo sistemático, con parcelas de inventario de superficies comprendidas entre aproximadamente 1.100 y 1.800 m².

La adquisición de información mediante LiDAR terrestre móvil se desarrolló a través de recorridos por el interior de las parcelas, siguiendo trayectorias en zigzag con separaciones entre pasadas de aproximadamente 15 a 25 metros. Esta disposición permite registrar los árboles desde diferentes posiciones y obtener información espacial sobre su distribución dentro de la zona inventariada. El resultado es una nube de puntos tridimensional que representa las superficies detectadas por el sensor durante su desplazamiento.

Una de las principales ventajas del LiDAR terrestre móvil es la posibilidad de registrar información tridimensional del arbolado durante recorridos continuos, facilitando la adquisición de datos estructurales a escala de parcela. A diferencia de las mediciones convencionales, centradas en la obtención individual de determinadas variables, el escaneo LiDAR genera un registro espacial que puede utilizarse posteriormente para identificar elementos del arbolado y analizar sus características geométricas.

Ryding et al. (2015) demostraron la viabilidad de los sistemas LiDAR terrestres móviles para obtener información sobre la posición de los árboles y sus diámetros. No obstante, la calidad de las estimaciones depende de las características de la masa, las condiciones de adquisición y las limitaciones propias del equipo.

En el proyecto LIFE TOKEN CO2, esta metodología permitió incorporar la información tridimensional al procedimiento de caracterización inicial de las áreas experimentales.

2.2. Procesamiento de la información mediante AID-FOREST

Una vez obtenidas las nubes de puntos, su procesamiento permite transformar la información geométrica en variables útiles para el inventario forestal. Para esta finalidad se empleó el **software**

AID-FOREST, una herramienta desarrollada para **procesar datos LiDAR terrestres móviles mediante procedimientos automatizados de identificación y medición del arbolado.**

El principal interés de AID-FOREST reside en **transformar las nubes de puntos LiDAR en información dasométrica cuantificable,** permitiendo su utilización en los procedimientos de inventario y planificación forestal. El sistema permite detectar árboles individuales dentro de las nubes de puntos y obtener variables dendrométricas que posteriormente pueden agregarse para caracterizar la parcela o el rodal.

Su metodología fue desarrollada y validada por López Serrano et al. (2022), quienes compararon los resultados obtenidos mediante LiDAR terrestre móvil y AID-FOREST con inventarios forestales convencionales. El estudio, realizado sobre 76 parcelas y 10.887 árboles, obtuvo una detectabilidad media del 97 %, aunque identificó diferencias relacionadas con la complejidad de los ecosistemas y con la estimación de determinados parámetros. Estos resultados constituyen un antecedente científico relevante para la aplicación de la tecnología, pero no deben interpretarse como valores de precisión verificados específicamente en las parcelas de LIFE TOKEN CO2.

Entre las principales variables que pueden obtenerse mediante esta metodología destacan:

- **Número de pies y densidad (pies/ha):** identificación de los árboles y estimación de su abundancia por unidad de superficie.
- **Diámetro normal (cm):** caracterización del tamaño de los fustes a partir de su sección a 1,30 metros de altura.
- **Altura del arbolado (m):** estimación de la dimensión vertical de los árboles y de los indicadores de altura de la masa.
- **Área basimétrica (m^2/ha):** cuantificación de la superficie transversal de los fustes por unidad de superficie.
- **Volumen del fuste con corteza (m^3/ha):** estimación de las existencias de madera.
- **Cobertura y distribución espacial:** caracterización de la ocupación del espacio por el arbolado y de su organización estructural.

La disponibilidad conjunta de estos parámetros permite describir el estado de desarrollo de las masas y analizar sus diferencias estructurales.

2.3. Aplicación de los inventarios a la planificación selvícola

La información dasométrica constituye la base para establecer las necesidades de intervención de cada rodal. La densidad y el área basimétrica permiten evaluar el grado de

ocupación de la masa, mientras que la distribución diamétrica y las alturas aportan información sobre su desarrollo y composición estructural.

La interpretación conjunta de estas variables facilita la identificación de situaciones de elevada competencia, la diferenciación entre árboles de distintas clases dimensionales y la definición de criterios para seleccionar los ejemplares objeto de corta.

En masas mediterráneas de *Pinus halepensis*, la competencia por los recursos, especialmente por el agua, puede condicionar el crecimiento y la respuesta del arbolado a situaciones de sequía. Manrique-Alba et al. (2020) observaron que los tratamientos de clara podían favorecer el crecimiento y mejorar determinados indicadores de resiliencia frente a la sequía, aunque la respuesta depende de las condiciones de la masa y de la intensidad aplicada.

En LIFE TOKEN CO2, la caracterización inicial permitió disponer de información cuantitativa para plantear tratamientos de reducción de competencia adaptados a las particularidades de cada emplazamiento. La selección de arbolado debía considerar tanto las características generales de la masa como el estado y la posición de los individuos, priorizando la retirada de aquellos cuya permanencia resultara menos favorable para los objetivos selvícolas establecidos. **La utilización de los datos de inventario no sustituye la evaluación directa sobre el terreno, sino que proporciona una base cuantitativa para fundamentar las decisiones y verificar posteriormente la intensidad de las actuaciones.**

Una vez ejecutados los tratamientos, la comparación de los inventarios anteriores y posteriores permite cuantificar las modificaciones estructurales producidas y comprobar su correspondencia con los objetivos de intervención.

3. Resultados y discusión

3.1. Caracterización estructural de las áreas experimentales

Los inventarios desarrollados en LIFE TOKEN CO2 permitieron caracterizar las seis áreas experimentales mediante un conjunto común de variables dasométricas. Los resultados de la caracterización inicial reflejan diferencias relevantes entre los rodales, tanto en la densidad del arbolado como en su desarrollo, cobertura y existencias de madera.

Cuadro 1. Caracterización inicial de las masas forestales estudiadas

Área experimental	Densidad (pies/ha)	Área basimétrica (m^2/ha)	Altura media (m)	FCC (%)
Chinchilla	495	30,0	12,0	74
Yeste	410	19,0	9,0	62
La Hunde 1	902	23,0	9,0	89
La Hunde 2	665	28,0	10,0	76
Mula	558	22,6	14,8	71
Moratalla	588	21,0	11,0	71

FCC: fracción de cabida cubierta.

Las densidades iniciales presentan un intervalo comprendido entre 410 y 902 pies/ha, mientras que el área basimétrica varía entre 19 y 30 m²/ha. Estas diferencias ponen de manifiesto que los emplazamientos no presentan una estructura homogénea y, por tanto, requieren una evaluación individualizada. La Hunde 1 destaca por presentar la mayor densidad, con 902 pies/ha y una fracción de cabida cubierta del 89 %. Estas características reflejan una elevada ocupación del espacio por el arbolado, lo que constituye un factor relevante para valorar las necesidades de reducción de competencia. En contraste, Chinchilla presenta una densidad inferior, de 495 pies/ha, pero alcanza un área basimétrica de 30 m²/ha, la mayor de los emplazamientos analizados. Esta diferencia ilustra la importancia de considerar conjuntamente el número de árboles y sus dimensiones, ya que una menor

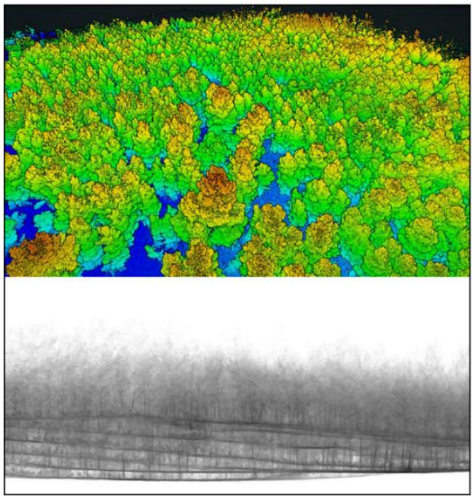


Ilustración 1. LiDAR terrestre móvil y AID-FOREST en la parcela de La Hunde (Ayora)

densidad no implica necesariamente una menor ocupación del espacio por los fustes. Mula presenta, por su parte, una altura media de 14,8 metros, superior a la registrada en las restantes áreas. Este resultado refleja diferencias en el desarrollo del arbolado que deben tenerse en cuenta al interpretar la estructura y las necesidades de intervención.

En conjunto, la caracterización permite distinguir distintas situaciones forestales dentro de una misma especie y ámbito bioclimático general.

La principal aportación de estos inventarios a la planificación es disponer de una base cuantitativa que permita diferenciar las necesidades de intervención entre rodales, evitando definir las claras exclusivamente mediante criterios generales de densidad.

3.2. Utilidad de la información para evaluar los tratamientos

La disponibilidad de inventarios anteriores y posteriores a las actuaciones permite analizar el grado de modificación estructural alcanzado mediante las claras. Los resultados de seguimiento dasométrico recogidos en la documentación técnica del proyecto muestran, por ejemplo, que en La Hunde 1 la densidad pasó de 902 a 539 pies/ha, mientras que la fracción de cabida cubierta se redujo del 89 % al 56,23 %. En Mula, la densidad se redujo de 558 a 265 pies/ha y la fracción de cabida cubierta pasó del 71 % al 47 %.

Estas variaciones reflejan el efecto inmediato de las intervenciones sobre la estructura de los rodales y permiten cuantificar su intensidad real mediante indicadores comparables. **La evaluación conjunta del número de pies, el área basimétrica, la cobertura y las distribuciones diamétricas proporciona una representación más completa de los cambios estructurales que la utilización aislada de uno de estos parámetros.** Asimismo, las variaciones del diámetro medio o de la altura media inmediatamente después de una clara deben interpretarse con cautela. Un aumento del diámetro medio, por ejemplo, puede deberse a la retirada preferente de árboles de menor tamaño y no necesariamente a un incremento del crecimiento individual de los árboles remanentes.

Esta distinción resulta importante para diferenciar los efectos estructurales inmediatos de los tratamientos de las respuestas de crecimiento que puedan manifestarse durante el seguimiento posterior.

Los trabajos de Manrique-Alba et al. (2020) muestran que la respuesta del crecimiento de los pinares mediterráneos a las claras puede mantenerse durante periodos prolongados, lo que refuerza la necesidad de combinar la evaluación estructural inmediata con observaciones posteriores.

3.3. Ventajas y limitaciones de la tecnología

La incorporación del LiDAR terrestre móvil al inventario forestal ofrece ventajas relacionadas con la cantidad de información registrada y la posibilidad de analizar conjuntamente distintas características geométricas del arbolado. Una de sus principales aportaciones es la capacidad de conservar una representación tridimensional de la zona inventariada, que puede utilizarse para extraer diferentes variables a partir de una misma campaña de adquisición. Disney (2019) destaca precisamente la capacidad del LiDAR terrestre para proporcionar información detallada sobre la arquitectura tridimensional de los árboles y ampliar las posibilidades de estudio de la estructura forestal.

Por otra parte, la automatización del procesamiento mediante AID-FOREST permite reducir la dependencia de procedimientos exclusivamente manuales para determinadas mediciones. Los trabajos de validación publicados muestran posibilidades de mejora en la eficiencia del inventario, aunque las ventajas operativas dependen de las condiciones de aplicación (López Serrano et al., 2022). No obstante, la utilización de esta tecnología también presenta limitaciones que deben considerarse.

La presencia de vegetación densa, la superposición de fustes y ramas y las dificultades para registrar determinadas partes del dosel pueden afectar a la calidad de las nubes de puntos. Igualmente, los resultados dependen del diseño de los recorridos, las características del equipo y los procedimientos empleados para procesar la información (Bauwens et al., 2016; Ryding et al., 2015). En consecuencia, su aplicación requiere establecer controles de calidad y contrastar las estimaciones con observaciones de campo cuando sea necesario.

En el caso de LIFE TOKEN CO2, la experiencia permite valorar la utilidad de integrar esta tecnología en la caracterización y planificación forestal. Sin embargo, no se dispone en esta comunicación de un análisis específico de precisión, tiempos de adquisición o costes que permita cuantificar sus ventajas frente al inventario convencional en las seis áreas experimentales.

Por ello, los resultados deben interpretarse como una experiencia de aplicación técnica y no como una validación independiente del rendimiento del sistema.

El potencial del LiDAR terrestre móvil debe valorarse tanto por su capacidad de obtener información estructural detallada como por la fiabilidad y utilidad de los datos generados para la gestión forestal.

4. Conclusiones y discusión

4.1. Implicaciones para la gestión forestal mediterránea

La experiencia desarrollada en LIFE TOKEN CO2 muestra la importancia de integrar los inventarios forestales con los procesos de planificación y seguimiento de las actuaciones selvícolas.

La caracterización mediante **LiDAR terrestre móvil y AID-FOREST** permite ampliar la información disponible sobre las masas, aportando variables que pueden utilizarse para fundamentar la selección de tratamientos y comparar las condiciones forestales antes y después de su ejecución.

Esta aplicación adquiere especial relevancia en masas mediterráneas donde la heterogeneidad estructural y las limitaciones ambientales condicionan la respuesta del arbolado a la gestión. Los resultados de Manrique-Alba et al. (2020) refuerzan la importancia de considerar las condiciones iniciales y la intensidad de las claras al evaluar sus efectos sobre el crecimiento y la respuesta a la sequía. En estos escenarios, la utilización de información cuantitativa contribuye a identificar diferencias entre rodales y a establecer criterios de intervención adaptados a las condiciones particulares de cada uno.

Desde una perspectiva operativa, **el interés de la tecnología no reside únicamente en digitalizar la medición forestal, sino en transformar los resultados del inventario en información aplicable a la toma de decisiones selvícolas.**

Esta relación entre caracterización, planificación y ejecución constituye uno de los principales elementos transferibles de la experiencia a otros ámbitos de gestión forestal. Adicionalmente, la disponibilidad de información estructural comparable ofrece una base para estudiar la evolución posterior de las masas y relacionar los tratamientos con otros sistemas de seguimiento ambiental.

En LIFE TOKEN CO2, esta información se integra en un planteamiento más amplio orientado a analizar la respuesta de los ecosistemas forestales y sus intercambios de carbono.

No obstante, debe diferenciarse la caracterización estructural de la evaluación de la absorción neta de CO_2. Los inventarios LiDAR permiten describir el arbolado y estimar determinadas existencias forestales, pero no cuantifican directamente los intercambios de carbono entre el ecosistema y la atmósfera.

Para abordar esta última cuestión resulta necesario combinar la información estructural con los restantes sistemas de medición y seguimiento contemplados en el proyecto, especialmente los sistemas *Eddy Covariance* y la observación satelital. De este modo, el LiDAR terrestre móvil constituye una herramienta complementaria dentro de una estrategia integrada de evaluación

forestal, cuya utilidad puede extenderse desde el diseño de los tratamientos hasta la interpretación de sus efectos a lo largo del tiempo.

4.2. Conclusiones

La aplicación de LiDAR terrestre móvil y del software AID-FOREST en LIFE TOKEN CO2 ha permitido incorporar tecnologías de adquisición y procesamiento de información tridimensional a los trabajos de caracterización forestal desarrollados en seis áreas experimentales de *Pinus halepensis*.

Los inventarios realizados proporcionan información cuantitativa sobre variables como la densidad, el diámetro, la altura, el área basimétrica y la cobertura, permitiendo identificar diferencias estructurales relevantes entre los rodales y fundamentar la definición de tratamientos selvícolas adaptados a sus características.

La comparación de los inventarios anteriores y posteriores a las intervenciones aporta, además, una base para cuantificar las modificaciones producidas en la estructura de las masas y evaluar la intensidad de las actuaciones ejecutadas.

La principal contribución de esta experiencia reside en vincular la caracterización forestal digital con las necesidades reales de planificación y seguimiento. El interés de la tecnología no se limita a obtener un mayor volumen de información, sino a facilitar que esta pueda utilizarse de forma coherente en la toma de decisiones sobre la gestión de los rodales.

Su aplicación requiere, no obstante, considerar las limitaciones de adquisición y procesamiento de los datos, así como mantener procedimientos de contraste que permitan garantizar la fiabilidad de las estimaciones.

En conjunto, la experiencia de LIFE TOKEN CO2 evidencia el potencial de estas herramientas como apoyo a una selvicultura de precisión basada en información cuantitativa, adaptable a distintas condiciones forestales y compatible con sistemas de seguimiento ambiental.

La integración del LiDAR terrestre móvil en los procesos de inventario, planificación y evaluación constituye una oportunidad para mejorar la fundamentación técnica de las actuaciones selvícolas y avanzar hacia modelos de gestión forestal más precisos, comparables y verificables.

5. Bibliografía

[1] Bauwens, S., Bartholomeus, H., Calders, K., & Lejeune, P. (2016). Forest inventory with terrestrial LiDAR: A comparison of static and hand-held mobile laser scanning. *Forests, 7*(6), 127. https://doi.org/10.3390/f7060127

[2] Disney, M. (2019). Terrestrial LiDAR: A three-dimensional revolution in how we look at trees. *New Phytologist, 222*(4), 1736–1741. https://doi.org/10.1111/nph.15517

[3] LIFE TOKEN CO2. (s. f.). *CO_2 + TOKEN: Información técnica del proyecto*. https://lifetoken-co2.eu/co2-token/

[4] López Serrano, F. R., Rubio, E., García Morote, F. A., Andrés Abellán, M., Picazo Córdoba, M. I., García Saucedo, F., Martínez García, E., Sánchez García, J. M., Serena Innerarity, J., Carrasco Lucas, L., García González, O., & García González, J. C. (2022). Artificial intelligence-based software (AID-FOREST) for tree detection: A new framework for fast and accurate forest inventorying using LiDAR point clouds. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 113*, 103014. https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.103014

[5] Manrique-Alba, À., Beguería, S., Molina, A. J., González-Sanchis, M., Tomàs-Burguera, M., del Campo, A. D., Colangelo, M., & Camarero, J. J. (2020). Long-term thinning effects on tree growth, drought response and water use efficiency at two Aleppo pine plantations in Spain. *Science of the Total Environment, 728*, 138536. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138536

[6] Ryding, J., Williams, E., Smith, M. J., & Eichhorn, M. P. (2015). Assessing handheld mobile laser scanners for forest surveys. *Remote Sensing, 7*(1), 1095–1111. https://doi.org/10.3390/rs70101095

CONAMA 2026