

LIDAR terrestre móvil e inteligencia artificial al servicio de una inventariación forestal rápida y precisa

La utilización de la tecnología láser LiDAR terrestre móvil (LTM) nos ha permitido desarrollar una metodología innovadora encaminada a la digitalización del monte, mediante la obtención de nubes de puntos a nivel de parcela y de cantón. A partir de estas nubes de puntos, y mediante el desarrollo de un software propio y específico, basado en la inteligencia artificial (Aid-Forest1), se obtienen todos los parámetros dendro y dasométricos que caracterizan al cantón de forma directa, esto es, sin utilizar relaciones alométricas (número de pies, área basimétrica, altura media, altura dominante, altura del primer verticilo, volumen del fuste con corteza, cobertura,...), bien desde el punto de vista de muestreo estadístico, cuando las nubes de puntos corresponden a parcelas (incluyendo los errores de muestreo), bien desde el punto de vista de inventario total (pie a pie) cuando las nubes de puntos proceden del cantón completo.

LIDAR TERRESTRE MÓVIL (LTM)

Los bosques nos proporcionan una gran cantidad de servicios ecosistémicos cuya correcta gestión precisa del conocimiento detallado de su estado estructural actual.

El inventario forestal es la herramienta básica y principal que permite describir la estructura de la masa y cuantificar sus recursos renovables. Tradicionalmente, el estado forestal de la masa se ha venido realizando bien mediante inventario por mues-

treo, bien mediante inventario por conteo pie a pie (inventarios denominaremos clásicos). Estos métodos exigen gran cantidad de tiempo y recursos humanos para su correcta realización. Su excesivo coste repercute en la imposibilidad de su ejecución con la intensidad óptima, suponiendo un freno a la correcta gestión de las masas forestales.

En la última década, se viene asistiendo a una pequeña “revolución” en las herramientas disponibles para la medición de los recursos forestales, debido al mayor desarrollo tecnológico. Tal es el caso de la tecnología LiDAR (*Light Detection and Ranging*). Hasta ahora, sólo el LiDAR aéreo ha sido utilizado como un intento de mejorar las estimaciones realizadas mediante inventarios clásicos. Sin embargo, los resultados en la cuantificación de los recursos forestales no han sido muy halagüeños, fundamentalmente porque el tronco del árbol apenas es detectado, y predecir las variables de la masa forestal en función de estadísticos derivados de la nube de puntos (percentiles), difícilmente puede alcanzar este objetivo.

Por este motivo, en el marco de los grupos operativos², conformamos el denominado “GO Monte Digital”, integrado por la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), Dielmo 3D SL y Naturtec SL, que pretende desarrollar una metodología basada en la tecnología LTM para abaratar costes y aumentar la precisión de los inventarios forestales.

Al contrario que el LiDAR aéreo, el terrestre sí que puede detectar lo interesante para los técnicos



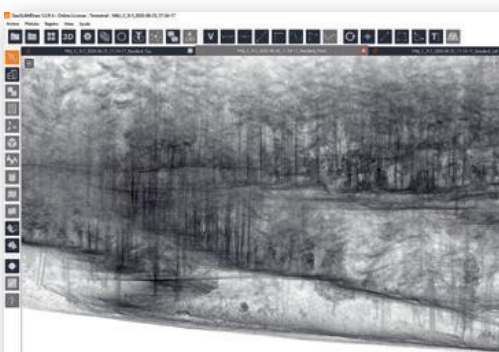
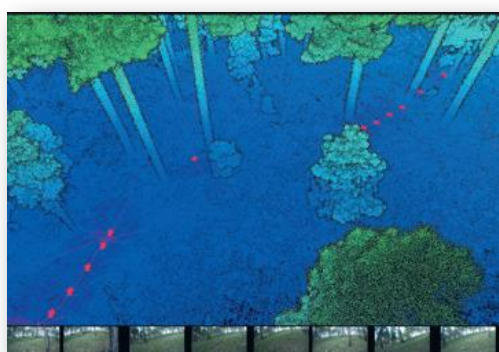
Figuras 1

Francisco Ramón López Serrano¹,
José Carlos García González²,
Eva María Rubio Caballero¹,
José Miguel Sánchez García³,
Manuela Andrés Abellán¹,
Francisco Antonio García Morote¹,
Marta Isabel Picazo Córdoba¹,
Iván Pérez Anta¹,
Diego Garcés Alonso¹,
Gerardo Alain Marquet García¹,
Joaquín Serena Innerarity³

¹ Universidad de Castilla-La Mancha,
Instituto de Investigación
en Energías Renovables

² Dielmo 3D SL

³ Naturtec SL



Figuras 2 y 3

forestales, entre otros, el tronco del árbol.

Nuestra innovación consiste en la utilización de un LiDAR de retorno discreto múltiple³ (Fig. 1), para obtener nubes de puntos bajo dos enfoques diferentes: muestreo de parcelas e inventario completo del cantón.

Posteriormente, los datos brutos de la nube de puntos se han procesado con el software *GeoSLAM Hub*, que permite visualizar tanto la nube de puntos como las trayectorias y las imágenes de video (Fig. 2), y con *GeoSLAM Draw* (Fig. 3), que recorta y georreferencia, obteniéndose unos archivos (*.las) que serán procesados por nuestro software Aid-Forest.

AID-FOREST

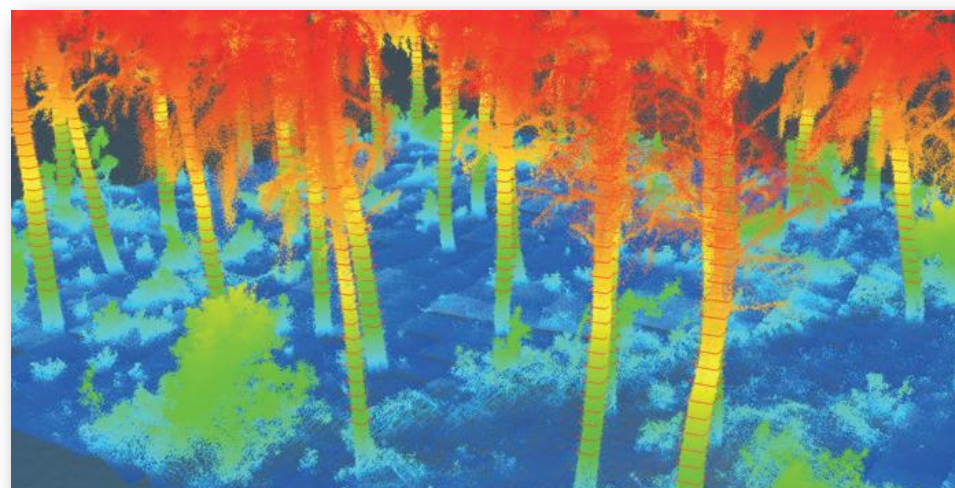
Con el objetivo de identificar automáticamente árboles y obtener los parámetros dendro y dasométricos, el GO Monte Digital ha desarrollado un software automatizado que ejecuta un proceso secuencial en tres fases:

1. Para manejar grandes volúmenes de datos como los generados por el LTM es preciso realizar un pre-procesado de los mismos. Los datos de entrada se dividen por bloques con un solape entre ellos para que no existan discrepancias en los cambios de bloque. A continuación, se genera una serie de productos automáticos como la clasificación de suelo, modelos digitales del terreno y de superficies y normalización de la nube de puntos.
2. Detección de los árboles mediante inteligencia artificial. Para ello se ha entrenado un modelo de detección de objetos en imágenes que detecta anillos sobre imágenes rasterizadas de la nube de puntos LiDAR a diferentes alturas. La combinación de todas las diferentes detecciones a diferentes alturas nos da información tridimensional de la posición de los árboles y nos permite crear capas vectoriales de salida con la posición de estos, así como medir sus propiedades geométricas (Fig. 4).
3. Finalmente, para cada árbol identificado, se generan los diferentes parámetros dendrométricos y, por adición, los parámetros dasométricos a nivel de parcela y cantón.

RESULTADOS

Los resultados, tanto a nivel de parcela como de cantón completo, han sido muy esperanzadores. El software ha mostrado una fiabilidad excelente en la identificación de árboles. La Fig. 5 muestra el ajuste entre datos reales y los obtenidos mediante el software Aid-Forest, mientras que la Fig. 6 informa de la similitud entre las distribuciones diamétricas obtenidas con ambos procedimientos.

La Tabla 1 muestra el tiempo empleado en replantar y medir parcelas utilizando diferentes metodologías clásicas y la propuesta por nosotros



mediante LTM, incluyéndose también el tiempo de procesado mediante Aid Forest.

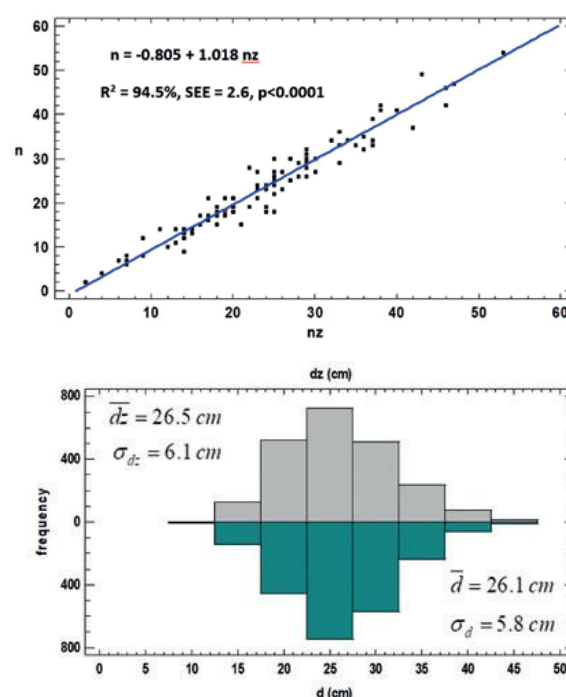
Finalmente, el software Aid-Forest ofrece diferentes salidas de gran utilidad, unas vectoriales (*.shp) y otras numéricas (*.csv), que permiten la caracterización del cantón completo bien por muestreo bien por inventario total.

CONCLUSIONES

La metodología aquí presentada, basada en LTM y el software Aid-Forest de desarrollo propio, ha mostrado un comportamiento muy adecuado a la hora de realizar inventarios forestales, tanto en rapidez como en facilidad de manejo; el software de procesado de nubes de puntos está totalmente automatizado, a diferencia de otros productos disponibles en el mercado. Por tanto, esta nueva metodología y tecnología, contribuirá a aumentar la precisión de los inventarios a la vez que reducirá el coste y la dureza del trabajo de campo.

AGRADECIMIENTOS

Financiado por el proyecto "Propuesta metodológica de digitalización del monte para la obtención de parámetros dasométricos con alta precisión en Castilla-La Mancha y Valencia" (Exp. 20180020012125), concedido por el MAPA en el marco del Programa Nacional de Desarrollo Rural 2014-2020 y financiado con fondos FEADER. Se agradece a GRAFINTA su asesoramiento, a CAPAZITA la gestión del proyecto, y a Pedro Díaz, Virginia Garcia, Luis Lapeña, Emilio Martínez, Miguel Moset y Elías Pardo por el trabajo de campo realizado.



De arriba a abajo: Figuras 4, 5 y 6

¹ Artificial Intelligence and Digital Forest, 2020 ©Grupo Operativo Monte Digital-ref. 2018 0020012125

² Real Decreto 169/2018, de 23 de marzo, por el que se establecen las bases reguladoras para la concesión de subvenciones a la ejecución de proyectos de innovación de interés general por grupos operativos de la Asociación Europea para la Innovación en materia de productividad y sostenibilidad agrícolas. Boletín Oficial del Estado nº 81 de 3 de abril de 2018.

³ ZEB-Horizon, GeoSLAM, 300000 puntos/s, alcance máximo 100 m