



Caracterización del viñedo mediante análisis de datos LIDAR aerotransportado

J. Santamaría-Peña¹, F. Sanz-Adán², M.E. Palacios-Ruiz³, M.C. Ortega-Saenz⁴

¹ Departamento de Ingeniería Mecánica-Universidad de La Rioja; jacinto.santamaria@unirioja.es

² Departamento de Ingeniería Mecánica-Universidad de La Rioja; felix.sanz@unirioja.es

³ Consejería de Fomento y Política Territorial-Gobierno de La Rioja; epalacios@larioja.org

⁴ Consejería de Agricultura-Sección de Viñedo-Gobierno de La Rioja; mcortega@larioja.org

Resumen: La utilización de datos LIDAR aerotransportado para el análisis territorial es una herramienta de uso creciente en los últimos años. En este trabajo pretendemos demostrar que el tratamiento de estas nubes de millones de puntos con programas específicos y algoritmos orientados es una buena solución para el estudio y caracterización de los viñedos en zonas típicamente agrícolas. El mercado nos ofrece gran cantidad de soluciones software para el análisis, tratamiento y visualización de los datos LIDAR. Nosotros proponemos la utilización combinada de varios tipos de software, integrado o no en sistemas de información geográfica. Conocer los parámetros y variables de cálculo de cada uno de los procesos o algoritmos del software utilizado resulta fundamental para dar seguridad y precisión a los resultados obtenidos. En este trabajo se describen sencillos procesos para, a partir de ficheros LIDAR de mediana resolución, extraer información precisa del viñedo, tanto el emparrado como el formado en vaso. Y se dejan fijados los pasos para acometer otro tipo de estudios similares. Aunque la comunicación se centra en la utilización de información de los datos LIDAR aerotransportados, los procesos descritos son igualmente aplicables a otro tipo de información LIDAR disponible, como pueden ser los escaneos terrestres laser 3D o las nubes de puntos obtenidas desde drones.

Palabras clave: viñedo; LIDAR aerotransportado; software LIDAR; LIDAR-GIS.

1. Introducción

En este trabajo trataremos de demostrar que el material LIDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) con origen en vuelos fotogramétricos y disponible hoy en día en grandes bases de datos públicas, es un elemento esencial para cualquier estudio territorial y básico para la posible caracterización agrícola de un entorno rural determinado. Aspectos como la detección de masas de viñedo en el entorno agrario, su posible digitalización automática, la determinación del volumen de copa, su altura máxima, su conformación geométrica, detección de áreas con déficit de desarrollo vegetal, clasificación varietal, distribución espacial de la vegetación, etc., son de suficiente entidad como para investigar sobre la viabilidad y predisposición de dichos datos LIDAR para conseguir este propósito.

Y para ello utilizaremos herramientas de tres ámbitos bien diferenciados, todas ellas orientadas a la gestión territorial de la información:

- Por un lado, tenemos los sistemas de información geográfica (SIG), que gestionan elementos georreferenciados y los analizan desde el punto de vista del dato y desde su geolocalización, obteniendo nueva información con valor añadido. En este estudio

utilizaremos como Sistema de Información Geográfica de referencia el software QGIS versión 3.6.2-Noosa, aplicación profesional, software libre y de código abierto (FOSS) licenciado bajo GNU (*General Public License*).

- Por otro lado, disponemos de software específico de visualización y tratamiento básico de los datos LIDAR para realizar primeras aproximaciones, filtrado de puntos y visualización tridimensional. En nuestro caso, utilizaremos el software FUGROVIEWER™ (*Fugro N.V.*).
- Por último, disponemos de software más específico para explotar toda la información que nos ofrecen los datos LIDAR y obtener otros productos aparentemente ocultos pero que son de gran trascendencia para caracterizar cualquier entorno vitícola, como son, los Modelos Digitales de Superficie (MDS), los Modelos Digitales del Terreno (MDT), los modelos digitales de alturas sobre el suelo, entre otros. Como novedad, para abarcar este aspecto, lo haremos compaginando y comparando dos herramientas aparente divergentes como son:
 - o las herramientas LASTools® de Rapidlasso GmbH integradas en el software QGIS.
 - o el software de tratamiento de nubes de puntos de orientación arquitectónica-industrial CloudCompare, software libre de procesamiento de nubes de puntos 3D que ofrece procesos semiautomáticos ya programados que van a ser muy útiles para nuestro propósito de estudio. Utilizaremos la versión 2.10.2 Zephyrus

Los datos LIDAR almacenan información de la posición tridimensional X,Y,Z de cada uno de los rebotes sobre todos los objetos dispuestos sobre el terreno y también sobre el propio terreno. Y además guardan información sobre intensidad de la señal, número de rebote, valores R-G-B, tiempo GPS, ángulo, dirección de escaneo y, tras postproceso, la clasificación de cada punto (suelo, vegetación, masa de agua, edificio, ...) [1]. Esta información es precisamente la que queremos explotar y orientarla al objetivo de caracterización del viñedo en terrenos agrícolas.

2. Materiales y métodos

Para realizar este estudio vamos a centrarnos en la hoja 512-4712 del vuelo LIDAR de 2016 realizado por el Gobierno de la Rioja y el Instituto Geográfico Nacional. Se trata de un entorno de 2km x 2km en el municipio de Haro en el que convergen elementos típicamente agrícolas (viñedos abundantes con distinta conformación, plantaciones frutales dispersas, parcelas de cultivo y sin cultivo, árboles dispersos, ...), con otros más urbanizados (infraestructuras viarias de primero, segundo y tercer orden, tendidos eléctricos, zona industrial, zona urbana, ...). El vuelo se realizó en el mes de septiembre, ósea cuando el viñedo estaba en plena vegetación, tal vez en recesión, ya que la maduración de la uva ya estaba bastante avanzada.

La captura LIDAR se hizo con una densidad media de 2 puntos/m², a la vez que se tomaron imágenes fotográficas en RGB e infrarrojo. La razón de incluir la información del infrarrojo se basa en la idoneidad de su uso para la futura discriminación entre vegetación y edificios y su correcta clasificación en ficheros LAS. La precisión horizontal del material obtenido de estima en valores de RMSE ≤ 20 cm y la vertical en valores de RMSE ≤ 0.15 cm. La imagen fotogramétrica obtenida tanto para RGB como para infrarrojo, es de 0,50 m/pixel.

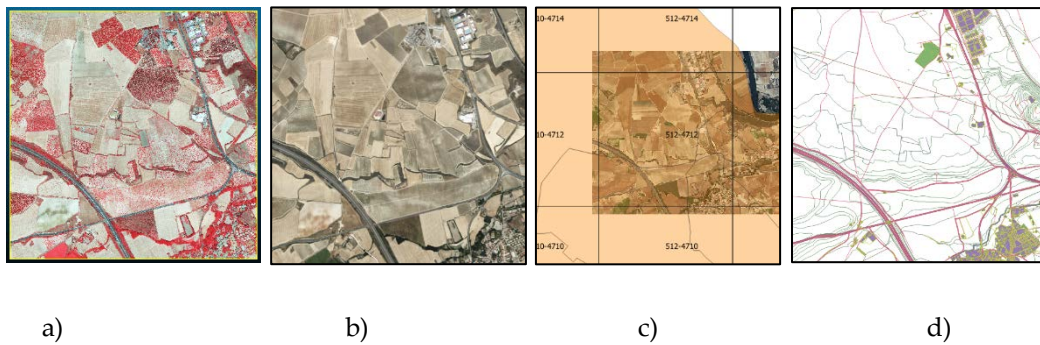


Figura 1. Zona de estudio 2Km x 2 Km: a) imagen en falso color-septiembre2016; b) imagen RGB-septiembre2016-0,5m/p; c) hoja LIDAR 512-4712 ; d) plano topográfico.

El fichero LIDAR “pnoa_2016_rio_512-4712_cla-001-irc.laz” está comprimido y conserva todos los campos de información típicos de los ficheros LAS definidos por la American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) [2]. A este respecto, y teniendo en cuenta el objeto principal de este estudio, sería conveniente destacar la clasificación establecida para la vegetación. Según la ASPRS (2008), por defecto se clasifican tres rangos de vegetación: low vegetation ($0.5\text{ m} < \text{height} \leq 2.0\text{ m}$), medium vegetation ($2.0 < \text{height} \leq 5.0\text{ m}$), high vegetation ($5.0 < \text{height}$). Sin embargo, en estos ficheros LAZ los rangos de altura de vegetación han sido clasificados de forma diferente: low vegetation ($0\text{ m} < \text{height} \leq 0.5\text{ m}$), medium vegetation ($0.5 < \text{height} \leq 3.0\text{ m}$), high vegetation ($3.0 < \text{height}$), de acuerdo a los protocolos establecidos por el Instituto Geográfico Nacional. Este aspecto es muy interesante para nuestro estudio, ya que el viñedo (su masa vegetal) se halla claramente en el entrono 0,5 m y 2,0 metros, abarcando los distintos sistemas de formación en la zona de denominación de origen Rioja.

2.1. Procesos previos.

Comenzamos por analizar el material de partida, ósea, el fichero LAZ con la nube de puntos LIDAR clasificados. Para ello, la mejor solución es el software FUGROVIEWER (ver Figura 2).

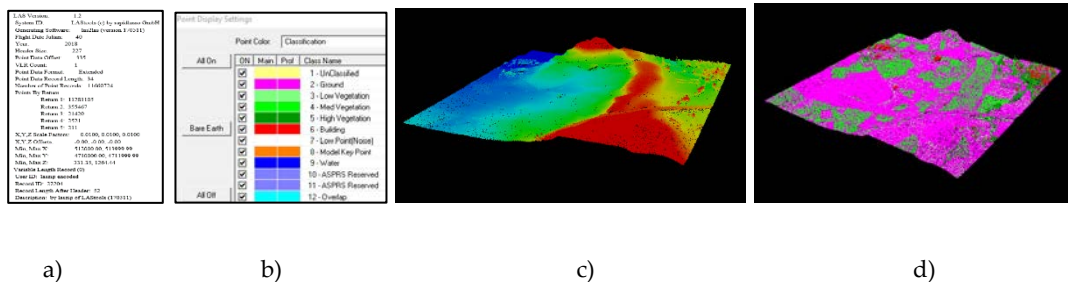


Figura 2. Análisis preliminar de fichero LAZ: a) información; b) clasificación; c) visualización 3D por alturas; d) visualización 3D por clases.

Se trata de un fichero con 11.660.724 millones de puntos LIDAR, la mayoría (96,7 %) como primeros retornos y cuyo rango de cotas va desde los 331 m hasta los 1.264 m. Esta primera información ya nos hace ver que la nube de puntos tiene bastante “ruido” ya que el rango de cotas real de la zona no es tan amplio como nos indica el programa. Por tanto, lo primero es hacer una limpieza previa del fichero LIDAR.

Para la visualización y limpieza de dicho ruido, utilizaremos el software CloudCompare, apoyándose en una simple visualización de vistas ortogonales de planta y alzado, agrandando el tamaño del punto, del modo que se aprecia en la Figura 3 siguiente.

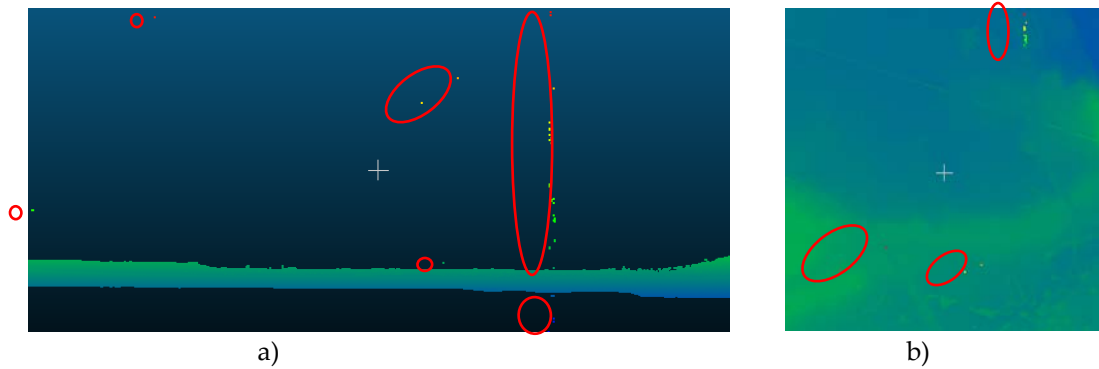


Figura 3. Detección de ruido y puntos erróneos: a) vista en alzado; b) vista en planta.

Por un simple proceso de segmentación manual, en el entorno de CloudCompare, procedemos a la eliminación de dicho ruido y errores groseros. El resultado es el que se muestra en la Figura 4, que deja un total de 11.660.682 puntos (7.137.332-suelo; 446.598-vegetación baja; 1.021.988-vegetación media; 228.493-vegetación alta; 102.088-edificios). Si bien es cierto que tan solo se han eliminado 42 puntos, son suficientes para reducir el rango de cotas de los 933 m iniciales a los 113 m finales y eso puede ser muy importante a la hora de desarrollar procesos de cálculo en los que intervengan las alturas (ver Figura 4).



Figura 4. Vista en alzado de nube de puntos tras proceso de limpieza.

2.2. Procesos avanzados.

2.2.1. Detección de ruido

Una vez ya tenemos la nube de puntos limpia de puntos groseros, podríamos aplicar alguno de los algoritmos de eliminación de ruido disponibles en las herramientas LASTools o propios de CloudCompare. Para ello, previamente pediremos información del fichero en el entorno de QGIS y usando LASinfo, de lo que resulta que existen 2.517 puntos clasificados como ruido, que podríamos eliminar. Debemos tener en cuenta que estos puntos tal vez sean reales y pertenezcan a elementos elevados sobre el terreno que podrían interesarnos, como pueden ser los cables de los tendidos eléctricos, en los que los impactos son escasos y alejados del suelo.

En LASTools esta función puede llevarse a cabo con la herramienta LASnoise y en CloudCompare con el plugin SOR (Statistical Outlier Removal). Optamos por este último por su sencillez y rápida ejecución. En él, tan solo hay que definir el número de puntos a considerar para calcular la distancia media de cada punto a su vecino y el factor el factor multiplicador de la desviación estándar, según la expresión: $Distancia\ máxima = distancia\ media + Factor \times desviación\ estandar$. Tomaremos un valor de 10 puntos y un factor de 2, siendo el resultado el siguiente:

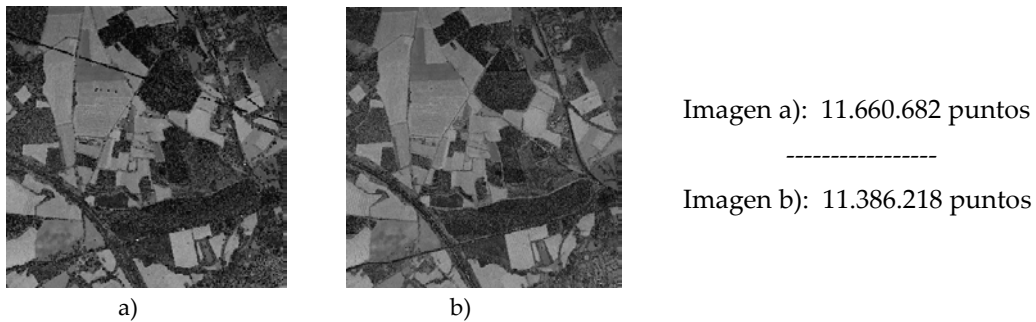


Figura 4. Efecto de la eliminación del ruido: a) imagen original; b) imagen tras eliminación del ruido.

Se observa cómo la línea recta que atraviesa la imagen de Este a Oeste, y que corresponde con un tendido eléctrico (ver Figura 1-d), ha sido eliminada. El proceso ha eliminado 274.464 puntos (2,35 %), pero tiene el inconveniente de que no sabemos exactamente en qué zonas se han eliminado los puntos, ni sobre qué tipología de puntos ha actuado en mayor medida (vegetación alta, puntos de mayor altura, ...) y la importancia que esto pueda tener en procesos posteriores. Por ello, se opta por seguir con los procesos de tratamiento de la nube de puntos sin aplicar la eliminación de ruido.

2.2.2. Normalización de la nube de puntos

Un elemento importante a considerar para localizar las plantaciones de viñedo en nuestra zona de estudio es la altura de la masa vegetal respecto del suelo. Para ello, debemos calcular la altura respecto del suelo de cada punto de la nube clasificado como vegetación. Y esto lo podemos hacer con dos herramientas: una desde QGIS-LASTools usando la utilidad LASheight y otra desde CloudCompare usando un proceso que comienza por detectar los puntos suelo y termina por calcular la distancia de los puntos a una malla creada con dichos puntos suelo.

Desde LASTools en QGIS: se somete a la función LASheight el fichero segmentado por CloudCompare, sustituyendo las cotas originales de los puntos por la altura sobre el suelo y se pide información a la función LASinfo sobre los datos de dicho fichero. El resultado es el que se muestra en la Figura 5.

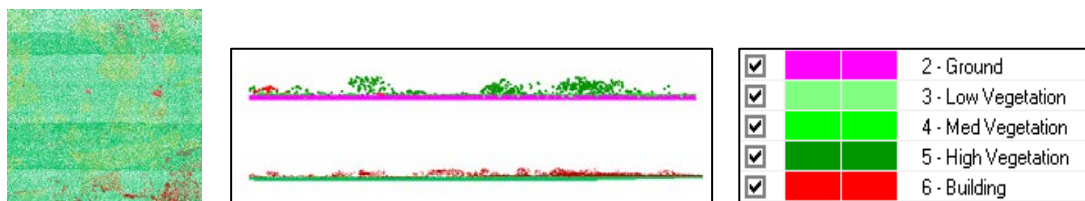


Figura 5. Clasificación por alturas sobre el suelo [LASTools en QGIS] de vegetación y edificios.

El resultado del análisis muestra que la altura media de los puntos de la nube sobre el suelo es de 0,516 m, con una densidad media de 2,82 p/m² y un espaciado medio de 0,60 m. Se detectan puntos a -20,84 m por debajo del suelo y a +57,17 m por encima, lo cual significa que persiste ruido en la nube de cierta importancia. La mayoría de los puntos (42,5 %) se hallan en el rango de - 0,5 m a +0,5 m; los puntos entre +0,5 m y +2,5 m, rango más representativo del cultivo de viña, representan el 12,8 % de los puntos totales.

Desde CloudCompare, vamos a realizar este proceso de normalización a través del plugin CSF-filter [3], que extrae de forma automática y separa los puntos-suelo (9.354.564 puntos) y los puntos-no-suelo (2.306.118 puntos) y crea una malla 3D con los primeros, para posteriormente

calcular la distancia de dichos puntos-no-suelo a la malla. Es un proceso bastante automatizado, cuyos resultados son los que aparecen reflejados en la Figura 6.

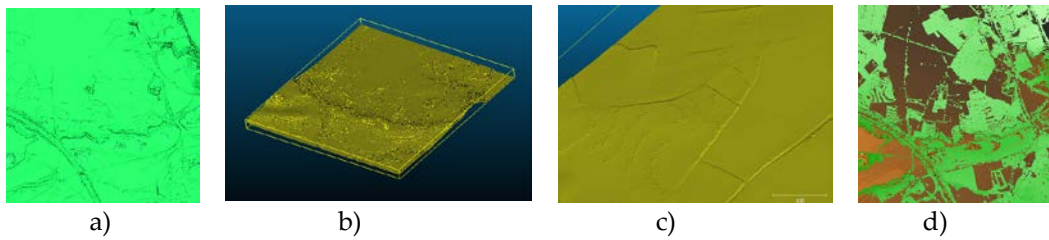


Figura 6. Puntos suelo y no-suelo (CloudCompare-CSF): a) malla renderizada suelo; b) modelo mallado 3D suelo; c) detalle del modelo mallado; d) no-suelo sobre malla-suelo.

Una vez discriminados los puntos suelo y los puntos no-suelo, y generada la malla, procedemos a calcular las distancias de todos los puntos no-suelo sobre la malla, generando un modelo normalizado y extrayendo los puntos que se hallan entre 0,5 m y 2,5 m del suelo (1.680.385 puntos), tal como se aprecia en la Figura 7.

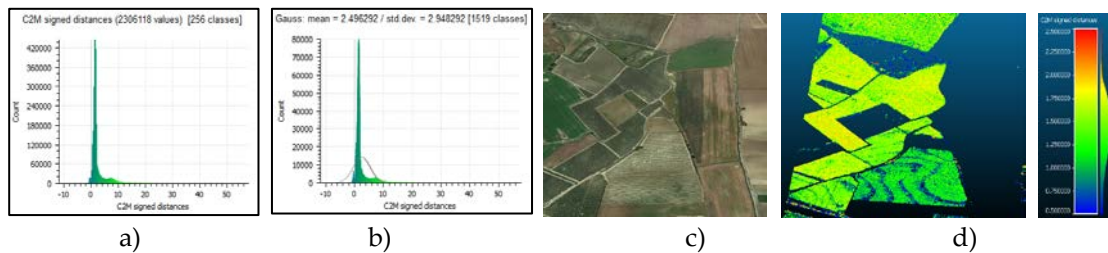


Figura 7. Alturas de puntos sobre el suelo (CloudCompare-C2M): a) histograma de alturas; b) modelo estadístico distribución Gauss; c) viñedos en zona de estudio; d) puntos a 0,5m – 2,5m.

Del estudio realizado con CloudCompare se deduce que la altura media de los puntos no-suelo sobre el terreno es de 2,49 m con una desviación típica de 2,95 m, existiendo un amplio rango de alturas desde los -11,84 m hasta los +57,85 m. Y se observa la alta precisión en la localización de las parcelas de viñedo, perfectamente aisladas del entorno suelo que las rodea. Los recintos de color verdoso-amarillento son viñas emparradas con alturas de puntos entre 1 y 2 metros. Los recintos azulados-verdosos son viñas jóvenes emparradas o viñas en vaso, que contienen puntos entre 0,2 m y 1,0 m.

Aprovechando la potencialidad de visualización de FUGROVIEWER, observamos con más detalle las zonas localizadas como viñedo y podemos hacer mediciones sobre ellas:

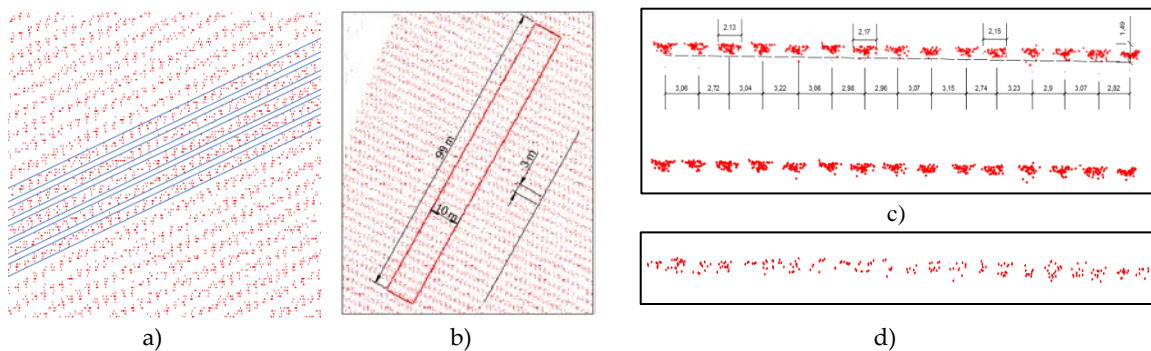


Figura 8. Mediciones sobre el viñedo: a) línea de viñedo emparrado; b) muestra para sección transversal; c) sección transversal y medidas en viñedo emparrado; d) sección transversal de viñedo en vaso.

3. Resultados y discusión

Del análisis realizado, podemos destacar la ventaja de la utilización combinada de varios programas de tratamiento de datos LIDAR aerotransportado, usando en cada proceso aquella herramienta que mejor se adapte al material y a los objetivos propuestos.

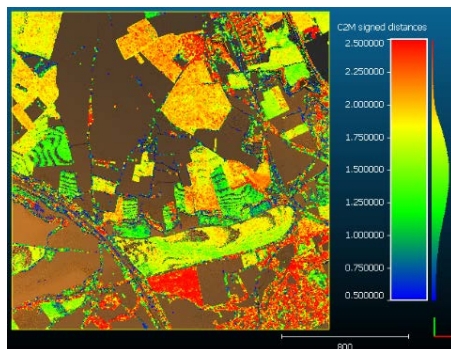


Figura 8. Modelizado del viñedo.

Las herramientas de LASTools integradas en QGIS, son importantes porque sin salir del entorno de técnicas de geoprocreso típicas de un sistema de información geográfica, tenemos la posibilidad de analizar y extraer información de los ficheros LAS/LAZ, con multitud de parámetros para afinar los resultados [4,5]. Es cierto que ni el propio LASTools ni QGIS, tienen potentes herramientas de visualización y el único visor disponible con cierta versatilidad es LASview. Esta carencia la solventamos con el uso de otros programas que han desarrollado un interface gráfico mucho más potente.

Es en este ámbito de la visualización 2D y 3D de la información LIDAR en donde destaca FUGROVIEWER, con un interface amigable y sencillas herramientas de edición. En este estudio ha sido utilizado básicamente para la visualización de nubes de puntos filtradas procedentes de QGIS, para la exportación de puntos filtrados y para la interpretación de las secciones transversales de parcelas de viñedo.

En relación al software CloudCompare, destacar su idoneidad para el objetivo de esta comunicación. Si bien es un programa que surgió para detectar errores de escaneo y solapamiento de nubes de puntos en entornos industriales y/o arquitectónicos, ha demostrado disponer de potentes herramientas de uso genérico para multitud de procesos de análisis territorial. Y en particular, la detección de cultivos como el viñedo, se adapta perfectamente a alguno de sus procesos de análisis de datos LIDAR.

4. Conclusiones

Del trabajo desarrollado, podemos extraer las siguientes conclusiones:

- La caracterización del viñedo dentro de una zona típicamente vitícola puede realizarse analizando la información suministrada por los datos LIDAR aerotransportados.
- Las soluciones software a utilizar para cada propósito no suelen ser únicas, sino más bien una combinación de herramientas de diversos programas que, bien gestionadas, permiten extraer el máximo de información de las nubes de puntos.
- Desde ficheros LIDAR que contienen millones de puntos, somos capaces de caracterizar parcelas concretas y viñedos concretos, discriminando la información de nos interesa y rechazando el resto, y todo ello, con interface amigables que exigen eso sí un adecuado control de parámetros de ajuste.
- Las herramientas freeware y de código abierto se adaptan bien a los objetivos básicos de análisis territorial que se emprenden comúnmente, y la asociación de QGIS-LASTools-

FUGROVIEWER-CloudCompare, actualmente se muestra como una excelente combinación para el análisis del viñedo en una zona vitícola de La Rioja.

5. Agradecimientos

Al Instituto Geográfico Nacional de España y al Gobierno de La Rioja, por poner a disposición del público en general este tipo de materiales con información LIDAR de alta precisión.

Referencias

1. HALL, Andrew. Remote sensing applications in viticulture: recent advances and new opportunities. En Proceedings of the 11th International Terroir Congress. 2016. p. 358-363.
2. KHOSRAVIPOUR, Anahita, et al. Generating pit-free canopy height models from airborne lidar. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2014, vol. 80, no 9, p. 863-872.
3. Zhang W, Qi J, Wan P, Wang H, Xie D, Wang X, Yan G. An Easy-to-Use Airborne LiDAR Data Filtering Method Based on Cloth Simulation. Remote Sensing. 2016; 8(6):501.
4. MOSQUERA GUILCAPI, Blanca Carlota. Cartografía de actividades extractivas a partir de datos LIDAR. 2017. Tesis de Maestría. Universitat Politècnica de Catalunya.
5. VERCHER, Gil; BERNARDO, José. Estudio de abandono de parcelas agrícolas mediante datos LIDAR. 2019. Tesis Doctoral.