



8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**



8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya - 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



Método aproximado de estimación de existencias maderables de un monte

PULGAR LORENZO, J.A.¹, RIESCO MUÑOZ, G.¹

¹ Departamento de Ingeniería Agroforestal. Escola Politécnica Superior de Enxeñaría de Lugo. Universidade de Santiago de Compostela.

Resumen

En ocasiones es necesario conocer el volumen de madera que hay en un monte con una simple visita al campo y una somera observación de la masa. Con ayuda de la variada cartografía temática disponible, hoy en día se puede determinar de forma aproximada el número de pies de la parcela. Junto a un diámetro normal y altura total medios, estimados por el ojo del selvicultor experimentado, es posible estimar el volumen de madera del monte (estimación pericial de existencias), dentro de unos márgenes razonables y suficientemente precisos para una primera toma de decisiones en torno a la masa a gestionar. La metodología propuesta solo aspira a proporcionar una estimación aproximada y a la baja de las existencias maderables del monte, especialmente en repoblaciones con especies de clara dominancia apical (coníferas, eucaliptos, etc.). El conteo de ápices mediante SAGA GIS no ha dado estimaciones válidas, sin duda por la baja densidad de puntos del archivo LiDAR. Con un modelo digital de altura de copas con mayor resolución los resultados serían bastante más satisfactorios. La estimación del número de pies mediante eCognition sí ha sido satisfactoria.

Palabras clave

Inventario forestal, LiDAR, SIG, cubicación de madera, eCognition, estimación pericial, IBERPIX, IGN, MDV, ortofotografía, pino de Oregón, *Pseudotsuga menziesii*, QGIS, SAGA.

1. Introducción

El inventario pie a pie de una masa arbolada no es siempre una opción viable. Es, de hecho, una elección válida únicamente en condiciones muy restringidas: una parcela pequeña, una masa de alto valor, etc. En el resto de ocasiones se recurre a muestreos, donde mediante técnicas de inferencia estadística se calcula una estimación de las existencias de madera en volumen. El número de árboles queda determinado entonces por medios indirectos, como el volumen maderable y otras variables de masa (Farriol y Vidal, 2014; González Molina et al, 2006).

Según la experiencia de los autores, el número de pies es una de las variables más engañosas en el inventario forestal, incluso en aquellas masas coetáneas procedentes de repoblación, en las que, a priori, sería fácil hacer un cálculo aproximado para su determinación. Dada su gran influencia en el resultado final, es importante tener un valor lo más exacto posible para dar una buena estimación de los volúmenes maderables.

Interesa especialmente conocer el posible valor mínimo de la densidad en número de pies por hectárea ya que razones comerciales llevan con frecuencia a que los demandantes de madera hagan ofertas económicas muy a la baja por lotes de madera en pie, con lo que el conocimiento de los valores mínimos de densidad es una útil orientación para el ofertante de madera cuando negocia la venta.

A continuación, se pasará a describir dos métodos que permiten estimar la densidad en número de pies por hectárea a partir de información cartográfica disponible en el Centro de Descargas del Instituto Geográfico Nacional y en el portal IBERPIX.

2. Objetivos

El objetivo del presente estudio es la determinación de una cota inferior para la estimación de las existencias maderables de un área concreta.

3. Metodología

La parcela seleccionada para ensayar este procedimiento se encuentra localizada en el término municipal de Monforte de Lemos (Lugo). Se trata de una repoblación de pino de Oregón (*Pseudotsuga menziesii*), de edad indeterminada pero no en turno de corta final (Figura 1). Se ha elegido esta especie por su copa regular y su gran dominancia apical.



Figura 1. Parcela objeto de estudio. Fuente: SIGPAC.

Para averiguar el número de árboles se probaron dos métodos:

- cuenta de ápices de los árboles sobre el modelo digital de vegetación (MDV)
- cuenta de ápices de los árboles a partir de la ortofotografía de la parcela.

El primer método se basa en la extracción del MDV a partir de la nube de puntos LiDAR de la zona a inventariar. Se emplearán los datos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea de la zona, con fecha de vuelo de 2016 y una densidad de 0.5 puntos/m². El segundo método se basa en el análisis de una composición de ortofotografías de la parcela a la máxima resolución posible.

CONTEO AUTOMÁTICO DE ÁPICES CON SAGA GIS

Para este método es necesario calcular primero el modelo digital de vegetación (MDV) a partir de la nube de puntos LiDAR de la parcela (puede bajarse desde el Centro de Descargas del IGN). La base para la determinación de variables dasométricas es el Modelo Digital de Vegetación o, en este caso, el Modelo Digital de Altura de Copas (en adelante, MDC), que grosso modo representa la proyección en planta sobre el suelo de la superficie del bosque. El MDC se obtiene mediante la sustracción al Modelo Digital de Superficies (MDS) del Modelo Digital del Terreno (MDT). Los tres modelos se calculan a partir de la nube de puntos LiDAR.

Una vez obtenido el MDC, el paso siguiente es determinar los ápices de cada árbol y realizar el perfilado de copas. De los ápices se deriva la densidad de pies; y del perfilado, la fracción de cabida cubierta. Se atenderá a una serie de supuestos de trabajo:

- cada árbol tiene un único ápice
- a cada árbol le corresponde una copa y las copas no pueden entrelazarse
- la delineación de copas representa la proyección de la copa sobre la superficie del terreno.

Las nuevas versiones de QGIS traen aparejada a su instalación la posibilidad de operar con SAGA GIS de forma independiente, con un acceso directo desde el menú de inicio. En este caso se trabajará con SAGA GIS 2.3.2 (Conrad et al, 2015), donde el ráster del modelo de copas importado aparece como se muestra en la Figura 2.

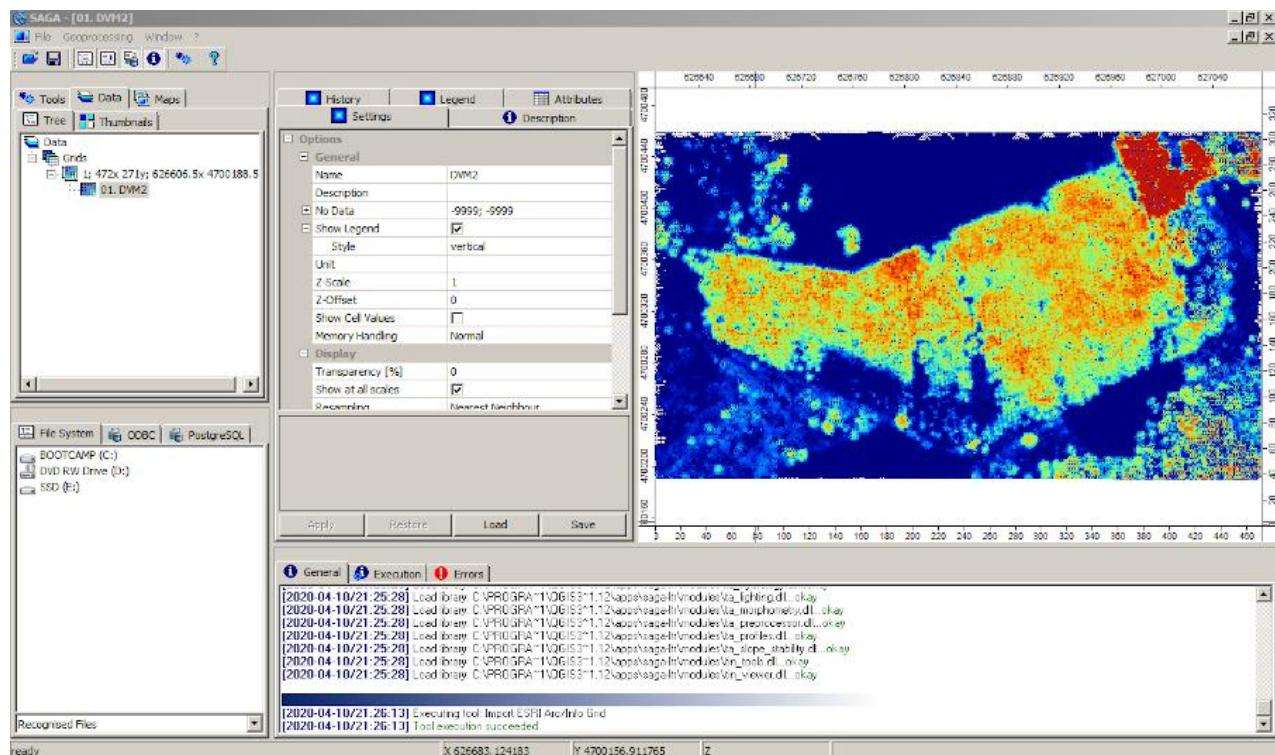


Figura 2. Ráster del Modelo Digital de Vegetación cargado en SAGA GIS 2.3.2.

Se observa que el modelo no es de gran calidad, con una definición muy pobre. Esto es debido a que la densidad de puntos del archivo LiDAR para la zona no permite confeccionar un ráster con un tamaño de píxel menor de 1 metro de lado. El siguiente paso es aplicar un filtro gaussiano al ráster, para suavizarlo y eliminar ruido, con el resultado que aparece en la Figura 3.

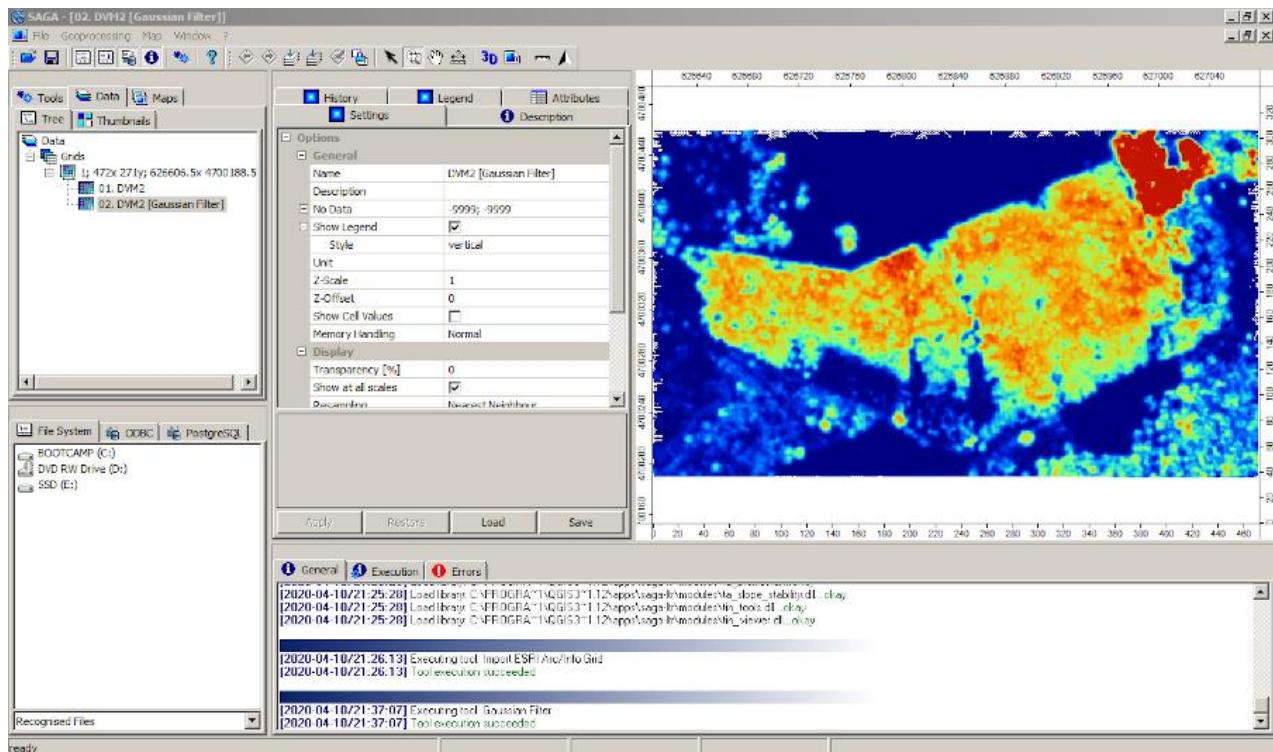


Figura 3. Modelo Digital de Vegetación con filtro gaussiano aplicado.

Ahora es el momento de aplicar el algoritmo de segmentación (*watershed segmentation*), que dará como resultado un archivo *shape* de todos los ápices de árbol que ha detectado (Figura 4).

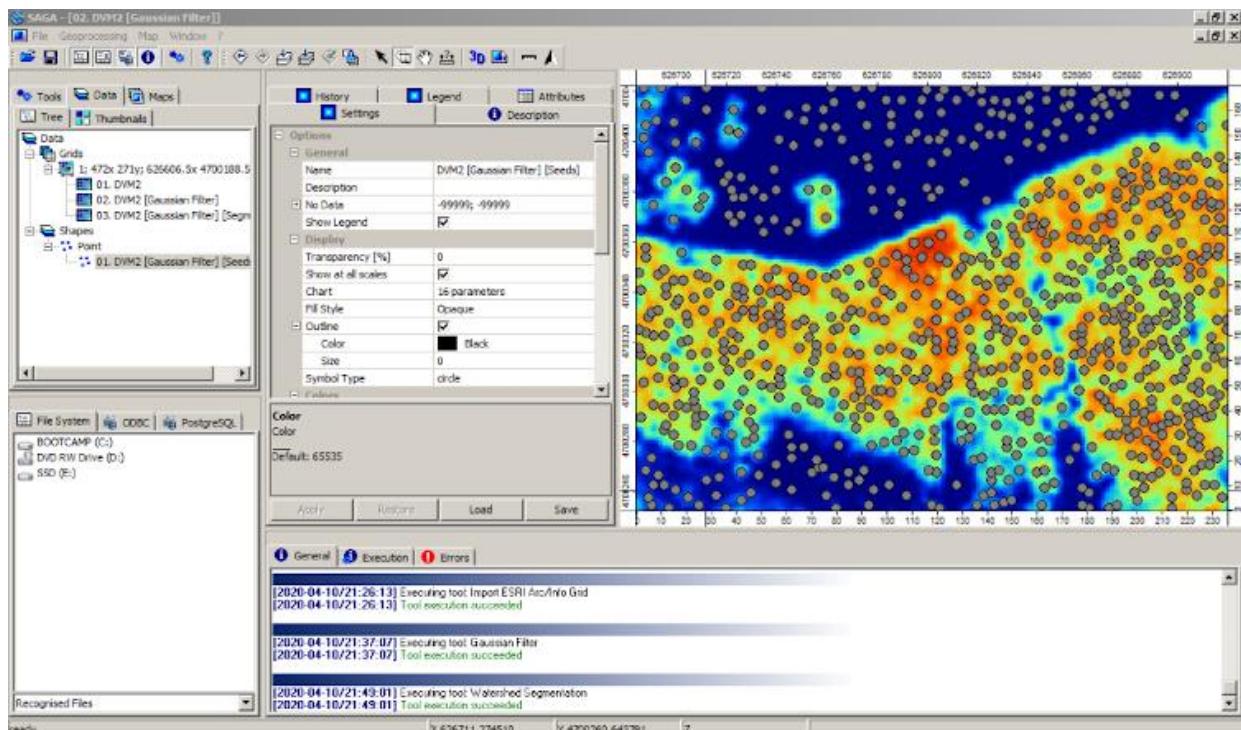


Figura 4. Apices (y otras elevaciones fuera de la parcela) detectados por el algoritmo watershed segmentation, en color gris oscuro.

Una vez cargado el archivo *shape* en QGIS, con la ortofotografía del WMS PNOA de fondo, se puede apreciar que la detección ha sido deficiente; sin duda por el bajo número de retornos de la nube LiDAR, que asciende al orden de 1,30 puntos por metro cuadrado (Figura 5).

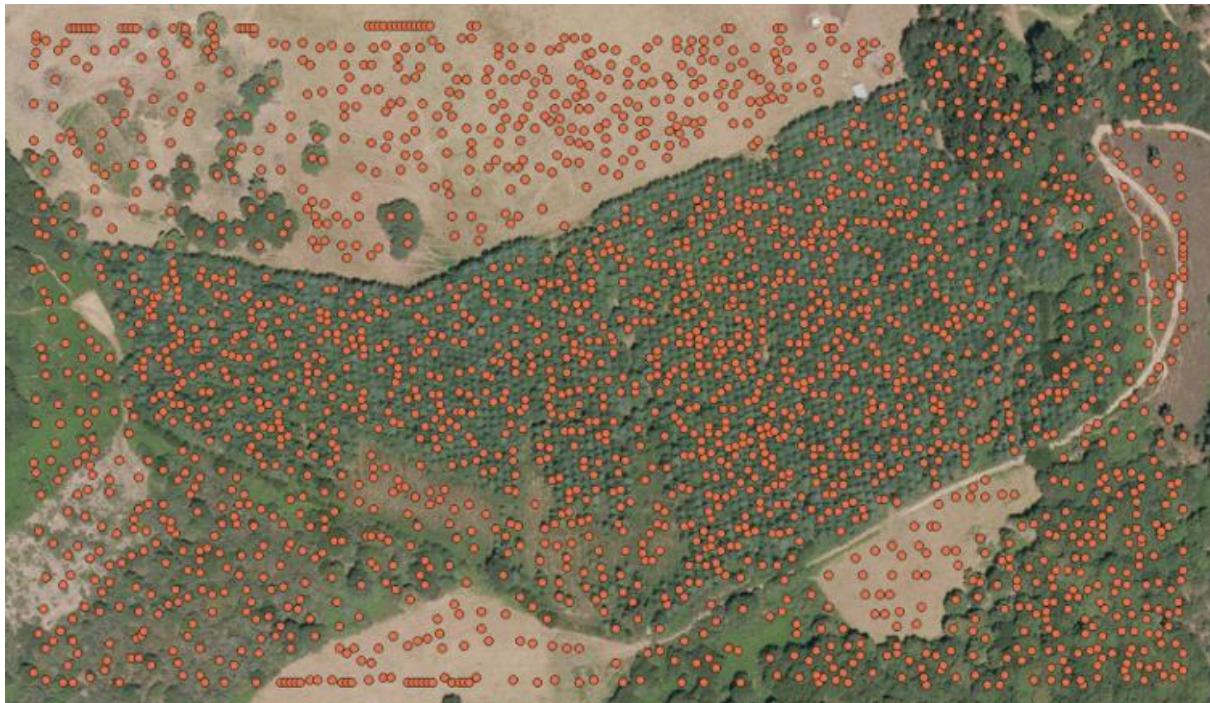


Figura 5. Archivo de puntos (en anaranjado) en QGIS representando los ápices detectados.

CONTEO MEDIANTE ANÁLISIS DE IMÁGENES: eCognition

Entre otras muchas funciones, el programa eCognition de Trimble posee un potente algoritmo de reconocimiento de patrones en imágenes (Definiens, 2009).

El primer paso para la cuenta de ápices será por lo tanto la composición de una ortoimagen del monte, a la máxima resolución posible. Esto se consigue en este caso descargando imágenes parciales desde la plataforma IBERPIX y uniéndolas con el comando combinar ráster de QGIS (Figura 6). Se logra así un ráster con 0,11 metros de tamaño de píxel.

Es posible ahora exportar el ráster a varios formatos. En este caso, para trabajar con eCognition se optó por *.img. Una vez ejecutado el programa, se importó la imagen y se eligió el proceso *Template matching* (Figura 7).

Tras elegir varias muestras del patrón que se desea identificar -copas de árboles-, y después de varios reajustes y cambios de umbral de detección (Figura 8), el programa marca aquellos lugares de la imagen donde identifica los ápices, como se muestra en la Figura 9.

El proceso ha de repetirse, variando umbrales y probando nuevos patrones, hasta que se obtenga un resultado fiable, y siempre evitando que haya dobles o triples positivos en la identificación del mismo árbol. La morfología de la copa del pino de Oregón facilita esta tarea. Como se aprecia en la Figura 9, el resultado es satisfactorio: la mayoría de los árboles han sido detectados. El siguiente paso es exportar los puntos en formato *shape* y abrirlos con QGIS. El archivo de superficie arbolada del monte (Figura 10) permite seleccionar aquellos ápices que caen dentro de la parcela y descartar los que no interesan.

En total, el proceso ha detectado 2.978 árboles.



Figura 6. En sentido horario y empezando en la parte superior izquierda: ortofotografía parcial del monte en IBERPIX, a nivel máximo de ampliación; mosaico de ortofotografías; ortofotografía final por combinación de las anteriores.

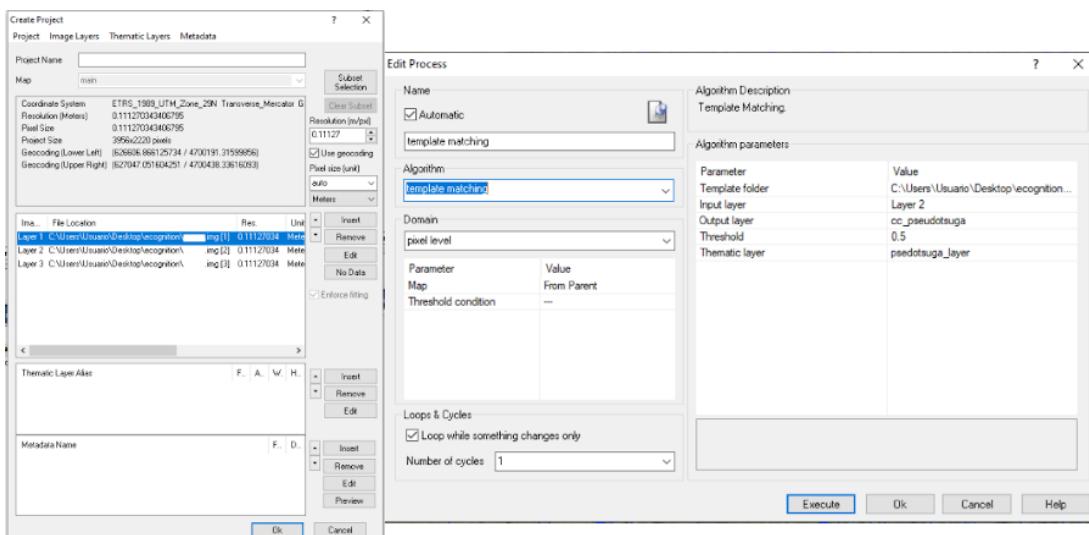


Figura 7. Importación del ráster y elección del proceso Template matching en eCognition.

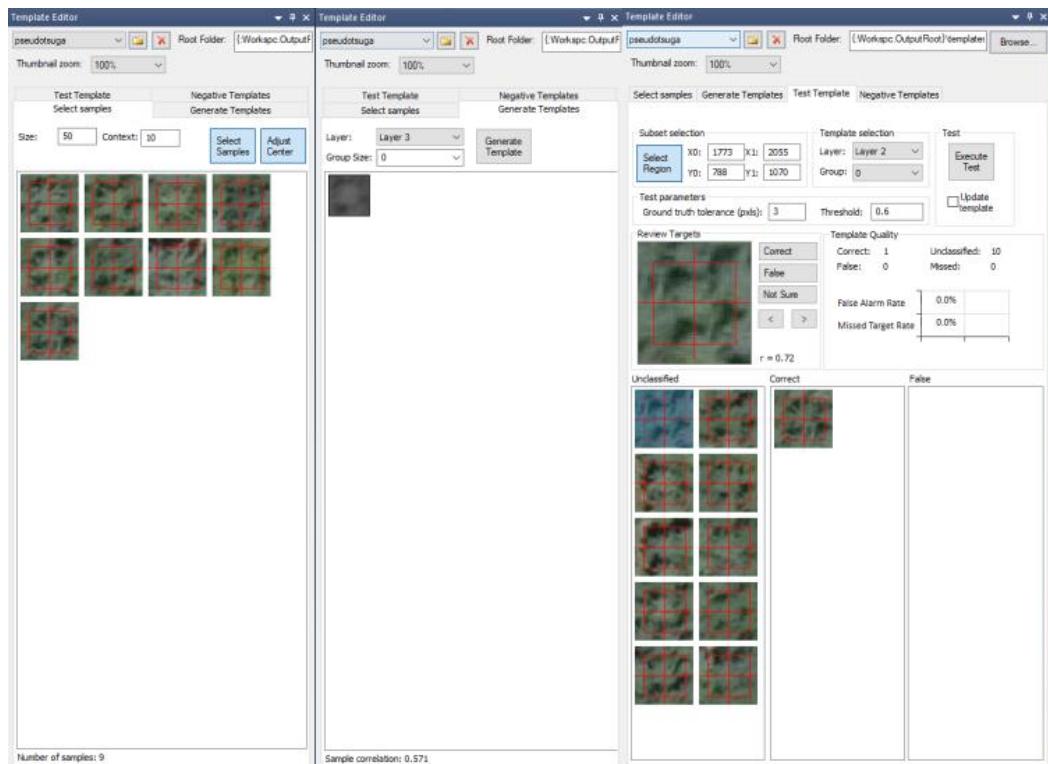


Figura 8. Editor de modelos de eCognition, con varios patrones de copa para realizar la búsqueda de ápices.

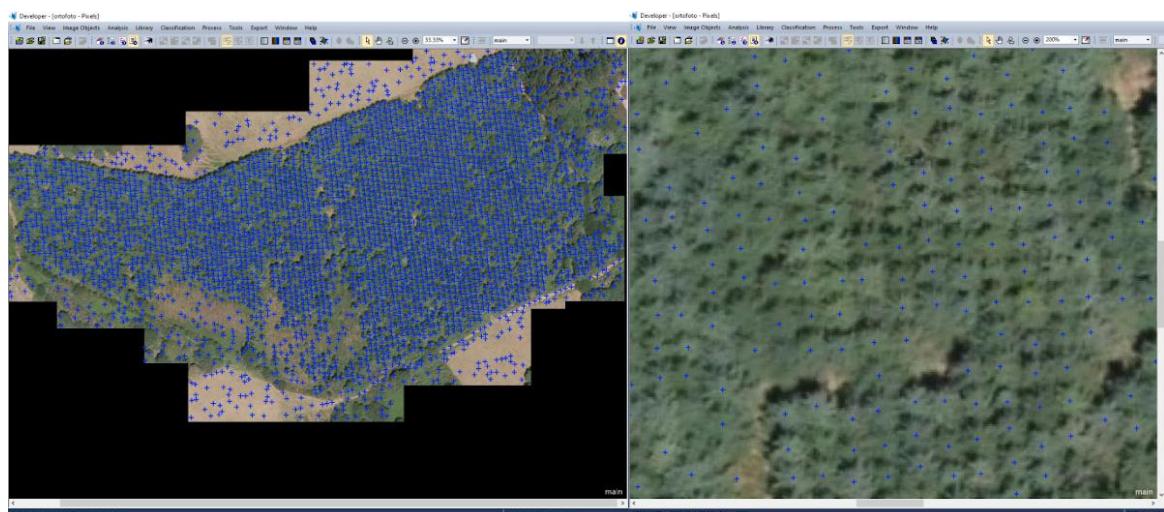


Figura 9. Resultado de la búsqueda de ápices. Vista general y detalles.



Figura 10. Zona arbolada de la parcela (en anaranjado) con ápices seleccionados (en blanco) y árboles fuera de la parcela (en rosado).

ESTIMACIÓN DE EXISTENCIAS

La finca objeto de estudio fue inventariada en campo mediante un muestreo aleatorio simple. Se levantaron 11 parcelas circulares de 10 m de radio, registrando en ellas todos los valores de diámetro normal y aquellas alturas que fue posible medir, dada la densa copa del pino de Oregón. A partir de la regresión entre diámetros y alturas se obtuvo un valor de altura para todos los pies de cada parcela, y con el par de diámetros-alturas se calculó el volumen con corteza de *Pseudotsuga* con las fórmulas de Diéguez Aranda et al (2009). Así, se estimaron unas existencias al 95 % de probabilidad de 1.040 metros cúbicos de madera. El error de muestreo se situó en el 16,58 %, lo que dejó el intervalo de confianza para el valor real del volumen de madera del monte entre los 868 y los 1.212 metros cúbicos.

En vez del replanteo de parcelas de muestreo, siempre más costosas en tiempo y recursos, la intención de este método es que los valores surjan fruto de una visita de campo de un tasador experimentado, mediante inspección ocular de la masa y alguna medición puntual (Farriol y Vidal, 2014). Esto es fiable en masas dimensionalmente homogéneas. A continuación se tomarán esos valores, junto con el dato de número de árboles del conteo mediante eCognition, y se usará una tarifa de cubicación de árbol individual adecuada a la especie y región, dando así un valor estimativo del volumen de madera de la masa. En este caso se empleó la citada tabla de cubicación de Diéguez Aranda et al (2009) para *Pseudotsuga menziesii*.

4. Resultados

Como valores representativos de diámetro normal y altura total del árbol en dicha masa se ha elegido la mediana de los valores muestreados en campo, y esto por dos razones:

- las distribuciones de frecuencias de diámetros y alturas parecen algo sesgadas hacia la izquierda (Figura 11)
- la mediana es menos sensible que la media con respecto a los valores atípicos.

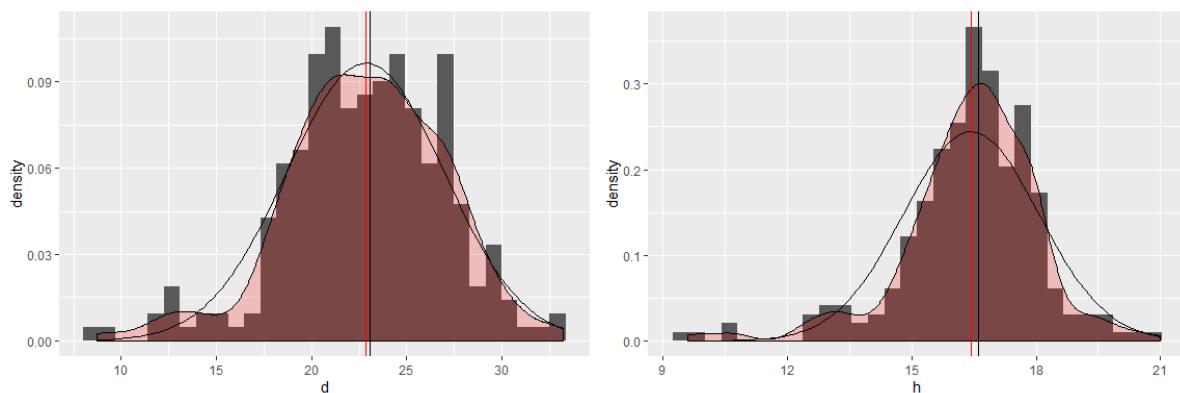


Figura 11. Distribuciones de densidad de diámetros normales (d) y alturas totales (h) en las parcelas de muestreo.

La línea vertical roja representa a la media y la negra a la mediana. La curva sombreada en rojo es la función de densidad de cada histograma. La curva sin sombreado es la curva de distribución normal para los valores de media y desviación típica de los datos de cada histograma.

Las medianas de diámetro normal y altura total son, respectivamente, 23,1 cm y 16,6 m; que, junto al dato de 2.978 árboles y la tarifa de cubicación utilizada para la especie, proporcionan un total de 892 metros cúbicos de madera.

5. Discusión

Empleando SAGA GIS, el perfilado de la estructura de copas no es satisfactorio, porque la definición que se deriva de una baja densidad de puntos LiDAR es deficiente y no captura la complejidad de la masa.

El cálculo realizado con eCognition proporciona mejores resultados. La gran dominancia apical de *Pseudotsuga*, así como la estructura regular del monte, facilitan el reconocimiento e individualización de los árboles.

El volumen de madera obtenido por este método es sensiblemente inferior al estimado mediante muestreo aleatorio: 892 metros cúbicos frente a 1.040. Era de esperar, dado que el programa de reconocimiento de imágenes no fue capaz de captar la totalidad de copas de la masa, con lo que la variable número de árboles queda estimada a la baja.

Aunque la estimación propuesta no coincide con la cubicación mediante inventario terrestre del monte por técnicas de muestreo, hay varias cuestiones a favor del método probado:

- el volumen de madera estimado queda dentro del intervalo de confianza para el valor real del volumen de madera
- con un esfuerzo y un tiempo de trabajo francamente menores, se ha conseguido una cota inferior para el volumen real de madera que hay en el monte
- hay tarifas de cubicación para la mayoría de las especies forestales españolas con interés comercial (Diéguez Aranda et al, 2009).

De cara al propietario forestal este método permitiría conocer aproximadamente las existencias de madera de sus tierras y poder negociar mejor su venta. A su vez, al maderista le ayudaría a ajustar mejor su oferta.

6. Conclusiones

Esta metodología solo aspira a proporcionar una estimación aproximada y a la baja de las existencias maderables del monte.

Su ámbito de aplicación son las masas procedentes de repoblación de especies con clara dominancia apical (coníferas, eucaliptos, etc.). Fuera de esas condiciones el método puede no resultar fiable. De hecho, la estimación pericial del diámetro normal y altura total del árbol medio es tanto más sencilla cuanto mayor es la regularidad de la masa.

El conteo de ápices mediante SAGA GIS no ha dado números acertados, sin duda por la baja densidad de puntos del archivo LiDAR. De contar con un modelo digital de altura de copas con mayor resolución, los resultados serían bastante más satisfactorios.

Un avance futuro será el ajuste más eficaz de umbrales y patrones en el procedimiento eCognition para minimizar el número de copas no detectadas, de modo que la cota inferior resultante del análisis se aproxime todo lo posible al valor real del número de pies por hectárea.

7. Agradecimientos

A María del Carmen Abuín González, por sus correcciones y sugerencias.

8. Bibliografía

CONRAD, O.; BECHTEL, B.; BOCK, M.; DIETRICH, H.; FISCHER, E.; GERLITZ, L.; WEHBERG, J.; WICHMANN, V; BÖHNER, J.; 2015. System for automated geoscientific analyses (SAGA) v. 2.1. 4. Geoscientific Model Development Discussions, 8(2).

DEFINIENS, A. G.; 2009. Definiens eCognition developer 8 userguide. Definens AG. 268 páginas. Munich.

DIÉGUEZ ARANDA U.; ROJO ALBORECA A.; CASTEDO DORADO F.; ÁLVAREZ GONZÁLEZ J.G.; BARRIO ANTA M.; CRECENTE CAMPO F.; GONZÁLEZ GONZÁLEZ J.M.; PÉREZ CRUZADO C.; RODRÍGUEZ SOALLEIRO R.; LÓPEZ SÁNCHEZ C.A.; BALBOA MURIAS M.Á.; GORGOSO VARELA J.J.; SÁNCHEZ RODRÍGUEZ F.; 2009. Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Dirección Xeral de Montes, Consellería do Medio Rural, Xunta de Galicia. 272 páginas. Santiago de Compostela.

FARRIOL, R.; VIDAL, E.; 2014. Manual de estimación pericial en el trabajo de campo. Departamentd'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural - Centre de la Propietat Forestal. 44 páginas. Santa Perpètua de Mogoda.

GONZÁLEZ MOLINA, J. M.; PIQUÉ NICOLAU, M.; VERICAT GRAU, P.; 2006. Manual de ordenación por rodales. Gestión multifuncional de los espacios forestales. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. 205páginas. Solsona (Lérida).