



UNIVERSIDAD DE LA RIOJA

TESIS DOCTORAL

Título
Determinación de variables forestales de masa y de árboles individuales mediante delineación de copas a partir de datos LIDAR Aerotransportado. Aplicación a las masas de <i>Pinus sylvestris</i> L. en Álava
Autor/es
Manuel Ángel Valbuena Rabadán
Director/es
Jacinto Santamaría Peña
Facultad
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial
Titulación
Departamento
Ingeniería Mecánica
Curso Académico
2013-2014



Determinación de variables forestales de masa y de árboles individuales mediante delineación de copas a partir de datos LIDAR Aerotransportado.

Aplicación a las masas de *Pinus sylvestris L.* en Álava, tesis doctoral de Manuel Ángel Valbuena Rabadán, dirigida por Jacinto Santamaría Peña (publicada por la Universidad de La Rioja), se difunde bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported. Permisos que vayan más allá de lo cubierto por esta licencia pueden solicitarse a los titulares del copyright.

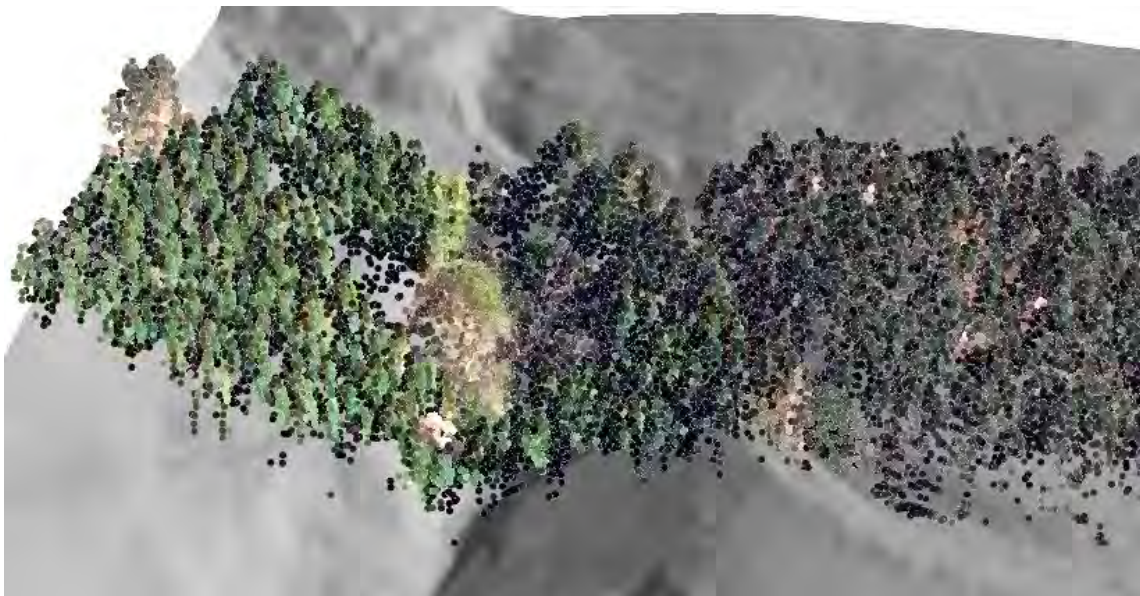


Departamento de Ingeniería Mecánica

TESIS DOCTORAL

DETERMINACIÓN DE VARIABLES FORESTALES DE MASA Y DE ÁRBOLES INDIVIDUALES MEDIANTE DELINEACIÓN DE COPAS A PARTIR DE DATOS LIDAR AEROTRANSPORTADO

*Aplicación a las masas de *Pinus sylvestris* L. en Álava*



Autor: Manuel Ángel Valbuena Rabadán

Director: Dr. Jacinto Santamaría Peña

15 de noviembre de 2013

A mi mujer y mis hijos.

Era su tiempo.

Agradecimientos.

Al Sr. D. Alejandro Cantero Amiano, técnico del área Forestal de la Fundación HAZI, porque en todo momento colaboró y aportó datos e ideas sin los que no hubiera podido desarrollar esta Tesis.

Al investigador en Recursos Forestales Dr. D. Francisco Rodríguez Puerta, por su ayuda con los datos estadísticos y compartir conmigo su capacidad para descubrir nuevas posibilidades y caminos.

A mis compañeros del IES Murguía por su ánimo y disponibilidad.

A mis alumnos que colaboraron con entusiasmo en la toma de datos de campo.

A mi Director de Tesis Dr. D. Jacinto Santamaría Peña por haber confiado en las posibilidades de este tema y en las mías.

RESUMEN

Como alternativa a la adquisición manual de datos para inventarios forestales, la aparición de sensores LIDAR ha supuesto una revolución en la captura de datos espaciales. Los sensores LIDAR son equipos láser que permiten calcular la posición de puntos en el espacio de una forma masiva. Existen variantes de este tipo de aparatos, pero la que está desarrollándose con más fuerza en el campo de la investigación forestal es la variante aerotransportada. Ésta consiste en montar un sensor láser en un avión o helicóptero y sobrevolar la zona a estudiar escaneando la superficie terrestre mediante la emisión de pulsos y la recepción de sus rebotes sobre las superficies que se sobrevuelan.

Utilizando conjuntamente los datos LIDAR del vuelo de 2008 sobre Álava y los datos obtenidos en las parcelas de pino silvestre del cuarto Inventario Forestal Nacional, en esta Tesis se desarrolla un procedimiento para individualizar y delinear las copas de cada uno de los árboles que componen la masa. A partir de los datos de las copas delineadas se calculan los modelos para estimar las variables diámetro normal y altura total de cada árbol. También se calculan los modelos para las siguientes variables de masa: altura media, altura dominante, densidad de pies por hectárea, área basimétrica, volumen de madera con corteza, incremento anual de volumen con corteza y biomasa total al 0% de humedad.

Los resultados obtenidos con el procedimiento estudiado mejoran los que se obtienen con los métodos clásicos de métrica de nube de puntos y delimitación de copas a partir de los modelos de superficie rasterizados.

Queda abierta la posibilidad de aplicación a otras especies y la utilización del procedimiento para la gestión de masas con selvicultura orientada a la producción.



ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABLAS	9
1 INTRODUCCIÓN.....	13
2 ANTECEDENTES	19
2.1 Características de la tecnología LIDAR.....	21
2.2 Formato de los datos	30
2.3 Adquisición de datos LIDAR	34
2.4 Planeamiento de vuelos LIDAR	37
2.5 Productos derivados de nubes de puntos LIDAR	39
2.6 Utilización de datos LIDAR en la gestión forestal.....	48
3 OBJETIVOS.....	63
4 MATERIALES Y MÉTODOS	67
4.1 Zona de estudio.....	69
4.2 El cuarto inventario forestal nacional en el País Vasco. El mapa forestal.....	76
4.3 El pino silvestre en el País Vasco y en Álava.	82
4.4 Datos de campo.	86
4.5 Datos LIDAR.....	94
4.6 Programas informáticos usados para el tratamiento de datos espaciales.	97
4.7 Algoritmo de individualización de copas.	101
4.7.1 Planteamiento conceptual.....	101
4.7.2 Preparación de datos LIDAR.....	106
4.7.3 Ejecución del algoritmo.....	113
4.8 Utilización de datos de campo y copas lidar	126
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	129
5.1 Ajuste del parámetro Otro Ápice (OA).....	131
5.2 Ajuste de regresiones de variables de masa	139



5.2.1	Altura media.....	139
5.2.2	Altura dominante.....	144
5.2.3	Diámetro medio.....	149
5.2.4	Área basimétrica.....	155
5.2.5	Volumen de madera con corteza.....	159
5.2.6	Incremento medio anual de volumen de madera con corteza.....	169
5.2.7	Densidad de pies por hectárea.....	177
5.2.8	Biomasa total a 0% de humedad.....	179
5.2.9	Resumen de modelos para variables de masa.....	184
5.3	Comparación con el método clásico.....	185
5.4	Aplicación de regresiones de variables de masa a un caso real.....	187
5.5	Comparación con otras experiencias similares.....	200
5.6	Ajuste de regresiones de variables individuales.....	201
5.6.1	Altura Total.....	201
5.6.2	Diámetro normal.....	211
5.6.3	Comparación de distribuciones de resultados de campo y LIDAR.....	215
5.6.4	Volumen con corteza.....	218
5.7	Aplicación al cantón 27 del monte Berretín.....	220
5.8	Comparación con experiencias similares.....	225
6	CONCLUSIONES.....	227
7	LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.....	233
7.1	Aplicación a otras especies de coníferas.....	235
7.2	Gestión de masas de selvicultura intensiva con vuelos periódicos.....	235
7.3	Detección de reducciones de densidades por claras y derribos.....	236
7.4	Estudio de densidades de puntos óptimas.....	236
7.5	Estudio de combinaciones de grosor de capa, buffer y OA.....	237
7.6	Implementación de servicio de datos remoto.....	237
	ANEJOS.....	239
	ANEJO 1.....	241
	MODELOS DE ECUACIONES DE CUBICACIÓN DEL IFN4.....	241



COEFICIENTES DE LOS MODELOS DE CUBICACIÓN PARA ÁLAVA.....	241
ANEJO 2.....	245
PARCELAS SELECCIONADAS.....	245
ANEJO 3.....	249
TRASLACIÓN DE LAS PARCELAS DE INVENTARIO.....	249
ANEJO 4.....	253
DATOS DE CAMPO PARCELAS DEL IFN4.....	253
ANEJO 5.....	311
VARIABLES PARCELAS DE CAMPO.....	311
ANEJO 6.....	315
VARIABLES PARCELAS LIDAR.....	315
ANEJO 7.....	319
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL CONJUNTO DE ÁRBOLES DE CAMPO.....	319
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LOS ÁRBOLES SELECCIONADOS PARA LOS MODELOS.....	319
BIBLIOGRAFÍA.....	323
PONENCIAS Y ARTÍCULOS DERIVADOS DE ESTA TESIS.....	329





LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Esquema de la huella de un impacto láser y errores.
- Figura 2.** Esquema de trabajo del Láser Escáner Aerotransportado (ALS).
- Figura 3.** Sistemas empleados para el desvío de la señal y distribución de los pulsos sobre la superficie escaneada.
- Figura 4.** Esquema de múltiples rebotes para un pulso.
- Figura 5.** Esquema de la plataforma con los movimientos de alabeo, cabeceo, y giro
- Figura 6.** Componentes de un sistema para toma de datos LIDAR aéreo.
- Figura 7.** Sistema EROLASER montado en el interior de una avioneta.
- Figura 8.** Modelo 3D de puntos lidar con colores reales.
- Figura 9.** Nube de puntos LIDAR con puntos anómalos.
- Figura 10.** Nube de puntos LIDAR filtrados.
- Figura 11.** Nube de puntos clasificada por altura.
- Figura 12.** Puntos clasificados como suelo.
- Figura 13.** Vista 3D de modelo digital del terreno creado desde puntos de suelo.
- Figura 14.** Modelo de Superficie de 0.5 x 0.5 m.
- Figura 15.** Representación 3D del MDS sin suavizar.
- Figura 16.** Representación 3D del MDS suavizado con filtro de media 3x3.
- Figura 17.** Imagen de intensidades sobre una masa forestal.
- Figura 18.** Modelos digitales de superficie y de copas.
- Figura 19.** Modelo digital de copas con celda de 0.6 m. Sin suavizar y su representación 3D.
- Figura 20.** Modelo suavizado con un filtro de media de dimensión 3X3 pixels.
- Figura 21.** Esquema de espacio voxel y matriz de transformación de coordenadas del espacio a voxel.
- Figura 22.** Nube de puntos y modelado 3D de las copas obtenido mediante la aplicación del procedimiento de Wang.
- Figura 23.** Situación de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAV) en España.
- Figura 24.** Situación de Álava en la CAV.
- Figura 25.** Comarcas alavesas.
- Figura 26.** Altitudes de Álava.
- Figura 27.** Mapa físico de Álava.
- Figura 28.** Distribución del pino silvestre en la CAV.
- Figura 29.** Distribución de superficie ocupada por masas de pino silvestre natural y repoblado en Álava.
- Figura 30.** Localización de parcelas levantadas en el IFN4 en Álava.
- Figura 31.** Localización de parcelas seleccionadas. Origen natural y repobladas.



- Figura 32.** Delineación de copas en parcela 512. Localización de los árboles antes y después de la traslación.
- Figura 33.** RIEGL LMS-Q560 Laser Scanner.
- Figura 34.** División de la cuadrícula “/as” y densidad de puntos en cada celda.
- Figura 35.** Normalización de la nube de puntos.
- Figura 36.** División de la nube de puntos en capas.
- Figura 37.** Conjunto de puntos de una copa y su envolvente mínima.
- Figura 38.** Recorte 2D y 3D de la parcela 238.
- Figura 39.** Parcela 189. Árboles de campo y polígonos de copa seleccionados.
- Figura 40.** Vista en planta de los puntos de la parcela 895.
- Figura 41.** Puntos de más de 3,75 metros de altura (capa 8). Parcela 895.
- Figura 42.** Puntos de la primera capa. Capa 49.
- Figura 43.** Detalle de buffers iniciales.
- Figura 44.** Disolución de buffers superpuestos en una única copa.
- Figura 45.** Puntos de la segunda capa. Capa 48.
- Figura 46.** Detalle de puntos de la segunda capa.
- Figura 47.** Punto de la segunda capa seleccionado como ápice.
- Figura 48.** Copas delineadas hasta la capa 40 en la parcela 895.
- Figura 49.** Resultado final de la delineación de copas en la parcela 895.
- Figura 50.** Modelo ajustado y residuos del modelo 1 de la variable OA.
- Figura 51.** Modelo ajustado y residuos del modelo 2 de OA.
- Figura 52.** R^2 y número de coeficientes para el modelo de altura media.
- Figura 53.** Modelo ajustado y residuos para altura media.
- Figura 54.** R^2 y número de coeficientes para el modelo de altura dominante.
- Figura 55.** Modelo ajustado y residuos para altura dominante.
- Figura 56.** R^2 y número de coeficientes para el modelo de diámetro medio.
- Figura 57.** Modelo ajustado y residuos para diámetro medio.
- Figura 58.** R^2 y número de coeficientes para el modelo de Área Basimétrica.
- Figura 59.** Modelo ajustado y residuos para Área Basimétrica.
- Figura 60.** R^2 y número de coeficientes para el modelo de Volumen con corteza.
- Figura 61.** R^2 y número de coeficientes para el modelo de LN de Volumen con corteza de parcela.
- Figura 62.** Modelo ajustado y residuos para Logaritmo neperiano de Volumen con corteza de parcela.
- Figura 63.** R^2 y número de coeficientes para el modelo de Incremento de Volumen con corteza de parcela.
- Figura 64.** R^2 y número de coeficientes para el modelo de logaritmo neperiano de IVCC.
- Figura 65.** Modelo ajustado y residuos para Logaritmo neperiano de IVCC de parcela.



- Figura 66.** R^2 y número de coeficientes para el modelo de densidad de pies por hectárea.
- Figura 67.** Modelo ajustado y residuos para Logaritmo neperiano de densidad de pies por hectárea.
- Figura 68.** R^2 y número de coeficientes para el modelo de biomasa total al 0% de humedad.
- Figura 69.** Monte Berretín y cantón 27.
- Figura 70.** Detalle del cantón 27 y parcelas replanteadas.
- Figura 71.** Límites definitivos del cantón 27.
- Figura 72.** . Árboles de campo y copas lidar cantón 27.
- Figura 73.** Detalle parcela 1 con árboles de campo y copas lidar.
- Figura 74.** Detalle parcela 2 con árboles de campo y copas lidar.
- Figura 75.** Detalle parcela 3 con árboles de campo y copas lidar.
- Figura 76.** Detalle de las 8 parcelas del cantón 34.
- Figura 77.** R^2 y número de coeficientes para el modelo de altura de árbol individual.
- Figura 78.** Distribución de los residuos del modelo de altura según parcelas.
- Figura 79.** Distribución de los residuos de la regresión de altura de árbol individual.
- Figura 80.** Modelo ajustado y residuos para altura de árboles individuales.
- Figura 81.** R^2 y n^o de coeficientes para el modelo de diámetro normal de árbol individual.
- Figura 82.** Modelo ajustado y residuos para diámetro normal de árboles individuales.
- Figura 83.** Distribuciones diamétricas de campo y lidar.
- Figura 84.** Distribuciones de alturas de campo y lidar.
- Figura 85.** Distribución de volumen con corteza por clases diamétricas.
- Figura 86.** Clasificación de árboles lidar por altura.
- Figura 87.** Errores delineación de copas.





LISTA DE TABLAS

- Tabla 1.** Valores de la clasificación de puntos LIDAR.
- Tabla 2.** Altitudes por comarcas.
- Tabla 3.** Estratos definidos para Álava en el mapa forestal 2010.
- Tabla 4.** Superficie ocupada por pino silvestre en la CAPV.
- Tabla 5.** Superficies ocupadas por pino silvestre en las comarcas alavesas.
- Tabla 6.** Factores de expansión según Dn.
- Tabla 7.** Parámetros de configuración del sensor LIDAR.
- Tabla 8.** Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de OA.
- Tabla 9.** Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de altura media.
- Tabla 10.** Validación del modelo de altura media de parcela.
- Tabla 11.** Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de altura dominante.
- Tabla 12.** Validación del modelo de altura dominante de parcela.
- Tabla 13.** Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de diámetro medio.
- Tabla 14.** Comparación de modelos de diámetro medio.
- Tabla 15.** Validación del modelo de diámetro medio de parcela.
- Tabla 16.** Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de Área Basimétrica.
- Tabla 17.** Comparación de modelos de Área Basimétrica.
- Tabla 18.** Validación del modelo de área basimétrica de parcela.
- Tabla 19.** Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de Volumen con corteza.
- Tabla 20.** Comparación de modelos de Volumen con corteza de parcela.
- Tabla 21.** Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de Logaritmo neperiano de Volumen con corteza.
- Tabla 22.** Comparación de modelos de Logaritmo neperiano de Volumen con corteza de parcela.
- Tabla 23.** Validación del modelo de volumen de madera con corteza de parcela.
- Tabla 24.** Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de incremento de Volumen con corteza en parcela.
- Tabla 25.** Comparación de modelos de Incremento anual de Volumen con corteza de parcela.
- Tabla 26.** Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de logaritmo neperiano de IVCC por parcela.
- Tabla 27.** Comparación de modelos de logaritmo neperiano de IVCC por parcela.
- Tabla 28.** Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de Biomasa total al 0% de humedad.
- Tabla 29.** Comparación con el método de métrica de la nube de puntos.
- Tabla 30.** Comparación de resultados campo – lidar cantón 27 para ecuaciones de variables de masa.



- Tabla 31.** Comparación de resultados campo – lidar cantón 34 para ecuaciones de variables de masa.
- Tabla 32.** Resultados inventario LIDAR Cuasante y García.
- Tabla 33.** Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de altura de árbol individual.
- Tabla 34.** Comparación de modelos de altura total de árbol individual.
- Tabla 35.** Residuos del modelo de alturas por parcelas.
- Tabla 36.** Correlaciones de los residuos de la regresión de alturas de árbol individual.
- Tabla 37.** Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de diámetro normal de árbol individual.
- Tabla 38.** Comparación de modelos de diámetro normal de árbol individual.
- Tabla 39.** Resultados medios de las regresiones.
- Tabla 40.** Distribución por clases diamétricas de pies de campo y pies lidar.
- Tabla 41.** Distribución por clases de altura de pies de campo y pies lidar.
- Tabla 42.** Distribución por clases de volumen con corteza de pies de campo y pies lidar.
- Tabla 43.** Comparación de resultados campo – lidar cantón 27 para ecuaciones de árbol individual.
- Tabla 44.** Comparación de resultados. campo – lidar cantón 27 para ecuaciones de árbol individual en todo el cantón.
- Tabla 45.** Errores de exclusión e inclusión en la delineación de copas. Cantón 27 del monte Berretín.







1. INTRODUCCIÓN





El conocimiento de la situación de las masas forestales en sus aspectos cuantitativo y cualitativo es el paso previo necesario para una adecuada gestión de sus recursos. Para la adquisición de esta información es necesario realizar inventarios forestales que se definen como el conjunto de técnicas y principios que se emplean para caracterizar la situación actual del monte y su evolución más probable.

En la práctica, existen dos formas tradicionales de ejecutar los inventarios forestales: inventarios pie a pie e inventarios por muestreo. En los inventarios pie a pie se hace una descripción completa de los pies que forman la masa midiendo en todos ellos las variables que se consideran relevantes. En los inventarios por muestreo se selecciona una muestra de la población total a inventariar y sólo en ella se miden estas variables. El número de variables a medir cambia con los objetivos del inventario pero en todos los que pretendan cuantificar existencias y predecir su evolución se deben medir el diámetro sobre el tronco a 1,30 metros desde el suelo o diámetro normal y la altura total del árbol. Además de éstas se pueden medir las alturas a las que se alcanza determinado diámetro, diámetros sobre el troco a distintas alturas, aumento del diámetro en los últimos n años, diámetro de la copa, grosor de corteza, altura del primer verticilo vivo y otras menos generales de acuerdo con las necesidades del estudio.

Los inventarios pie a pie se reservan para situaciones muy concretas en las que se necesita conocer el estado de cada árbol en una superficie reducida ya que el volumen de trabajos a realizar es grande y su coste muy elevado. Además, en estos inventarios no es posible conocer el error cometido.

El caso más general es la utilización de técnicas de muestreo en la toma de datos para su posterior tratamiento estadístico. En los inventarios por muestreo se determina una forma y tamaño de parcela, se selecciona un número concreto de ellas y en los árboles que contienen se miden las variables anteriores para a partir de ellas calcular volúmenes, crecimientos, distribuciones diamétricas, áreas basimétricas y otras. El tratamiento



estadístico de los datos así obtenidos permite generalizar los resultados a toda la superficie inventariada. Este tipo de inventario permite reducir el volumen de trabajo de campo al inventariarse entre un 0,5% y un 5% de la superficie total y además se puede conocer el error cometido en las estimaciones realizadas, pero los resultados sólo son válidos para el conjunto de la superficie inventariada y pierden fiabilidad cuando se consideran aisladamente partes de ella.

En cualquiera de los dos casos, la adquisición de la información necesaria en los inventarios forestales debe realizarse de forma estrictamente manual y su coste temporal y económico es muy alto. En consecuencia, los inventarios no se realizan con la frecuencia e intensidad necesaria para obtener la información con que apoyar la toma de decisiones para la adecuada gestión forestal.

Como alternativa a la adquisición manual de datos, la aparición de sensores LIDAR ha supuesto una revolución en la captura de datos espaciales. Los sensores LIDAR son equipos láser que permiten calcular la posición de puntos en el espacio de una forma masiva. Existen variantes de este tipo de aparatos, pero la que está desarrollándose con más fuerza en el campo de la investigación forestal es la variante aerotransportada. Ésta consiste en montar un sensor láser en un avión o helicóptero y sobrevolar la zona a estudiar escaneando la superficie terrestre mediante la emisión de pulsos y la recepción de sus rebotes sobre las superficies que se sobrevuelan.

Conceptualmente el funcionamiento de estos sensores es sencillo. A partir de las coordenadas conocidas del emisor láser y de las mediciones efectuadas de ángulos y distancias se calculan las coordenadas de puntos en el espacio. Se obtiene así una nube de puntos de los que se conocen sus coordenadas X,Y,Z y que representan la posición de los objetos contra los que impactaron los pulsos emitidos. El sistema no puede discriminar en principio los tipos de superficies contra las que impactan los pulsos y por tanto no se distingue entre los puntos que corresponden a vegetación, suelo,



edificios u otros objetos. El tratamiento posterior de la nube de puntos brutos mediante filtrado con algoritmos específicos, permite la separación de puntos de suelo, vegetación, edificios y otros.

La información contenida en la fracción de la nube de puntos que corresponde a rebotes sobre la vegetación puede ser usada para calcular datos de la cubierta forestal que sustituyan al menos a una parte de los que se deben obtener mediante trabajo de campo en los inventarios forestales tradicionales, con el consiguiente ahorro de tiempo y dinero.

Durante la última década, el cálculo de variables relacionadas con la estructura de masa como altura media, altura dominante, área basimétrica, diámetro medio o fracción de cubierta mediante el uso de datos LIDAR aerotransportado ha sido frecuente (Cuasante y García, 2009; Condes y Riaño, 2005; Kini y Popescu, 2004; Palomino, 2009; Zhao y Popescu, 2007). También se han desarrollado métodos de cálculo de valores de variables características de pies individuales como altura total o individualización de copa utilizando los mismos datos (Koch et al., 2006; Rahman y Gorte, 2009; Suarez et al., 2009; Wang et al., 2008). El gran tamaño de los ficheros generados con los datos de las superficies normalmente manejadas en la gestión forestal tiene como consecuencia que casi todos los estudios sobre el enfoque de árboles individuales se basen en la rasterización de la superficie determinada por la capa superior del dosel de copas de la masa y que se denomina Modelo Digital de Superficie (MDS). Por sustracción al MDS de las cotas del modelo digital del terreno (MDT) se obtiene el Modelo Digital de Copas (MDC). La individualización de árboles y el delineado de sus copas se consigue siguiendo distintos procesos que se basan en la expansión de cada máximo local del MDC por su zona circundante. Esta forma de operar reduce enormemente el volumen de datos que se manejan pero como contrapartida elimina toda la información contenida en los puntos que se encuentran por debajo de la superficie rasterizada, de forma que no pueden verse los árboles de los estratos



inferiores y no pueden sacarse conclusiones en cuanto a la forma ni dimensión vertical de las copas.

En cuanto a los métodos que utilizan la nube de puntos, el procedimiento más extendido consiste en la división de la superficie de estudio según una cuadrícula de lado variable. En cada recinto de la cuadrícula se estudia las relaciones entre las variables forestales y los valores de los percentiles y otros valores descriptivos de las alturas de la nube de puntos.

El objetivo principal de esta Tesis es desarrollar y comprobar un nuevo método que permita la localización e individualización de las copas de cada árbol presente en una masa utilizando la nube de puntos original y, a partir de los datos de cada copa delineada, extraer los valores de las variables de árboles individuales y de masa más utilizados en la gestión forestal, a saber: diámetro medio, área basimétrica, altura media, altura dominante, altura de cada árbol, diámetro de cada árbol, volúmenes y crecimientos.

Para conseguir este objetivo se han utilizado los datos del cuarto inventario forestal nacional en la provincia de Álava. La especie con la que se ha desarrollado y comprobado el método es *Pinus sylvestris.L.* Con los datos del IFN4 se pudieron seleccionar 50 parcelas en las que se cumplían las condiciones necesarias para el estudio. Los datos LIDAR proceden del vuelo sobre Álava del año 2008 con una densidad media de 3,2 puntos por metro cuadrado. Entre los datos del vuelo LIDAR y los del IFN4 hay una diferencia de tiempo de casi tres años y tres periodos vegetativos con sus tres crecimientos anuales. A pesar de este desfase temporal se pueden encontrar relaciones fiables entre los datos de campo y los obtenidos con el procedimiento desarrollado. En ausencia de datos más acompañados en el tiempo, se consideró la utilización de estas dos fuentes como las más apropiadas para el estudio



2. ANTECEDENTES





2.1 Características de la tecnología LIDAR

Hasta la puesta a punto de la tecnología LIDAR, los métodos fotogramétricos eran los más empleados en la estimación indirecta de los parámetros forestales. Son métodos indirectos (no miden directamente la distancia) y pasivos. Recogen la energía electromagnética en un soporte (físico o digital) con diversas configuraciones. En función de éstas, se recoge información de distintas bandas del espectro electromagnético. En cuanto a la disposición de trabajo, se trata de métodos aéreos, de mejor resolución y nitidez y espaciales y con mejor cobertura del terreno (Chuvieco 1995). La información obtenida por estos métodos es aplicable preferentemente a características generales de masa y en grandes superficies, siendo manifiestamente imprecisa para árboles individuales y parcelas de muestreo.

En estos últimos años, el LIDAR aerotransportado se ha implantado en trabajos de altos requerimientos altimétricos debido a su precisión y productividad. Esencialmente la tecnología se basa en un sensor láser sobre una plataforma móvil (helicóptero o avión) que barre el área de trabajo emitiendo pulsos regularmente y registrando los rebotes o ecos que se producen sobre la superficie impactada.

Las principales ventajas del láser escáner son el alto número de puntos obtenidos y su gran homogeneidad espacial. La principal desventaja es la dificultad en identificar el cuerpo sobre el que impacta. Por esa razón, se suele acompañar la toma de datos LiDAR con la adquisición de imágenes del área levantada.

El LIDAR aerotransportado es un sistema activo basado en un sensor láser que se puede instalar en aviones o helicópteros. El funcionamiento del LIDAR consiste en un sensor de barrido que emite señales láser y mide el tiempo que tardan dichas señales en llegar a la superficie terrestre y volver hasta el sensor. Además el sensor toma datos precisos acerca de la dirección y posición en que la señal fue emitida y su eco recibido.



Se pueden distinguir dos formas de trabajar para los sistemas LIDAR aerotransportados: sistemas de onda completa (*full waveform*) y sistemas de retornos discretos. En el ámbito forestal se utiliza casi exclusivamente la variante de retornos discretos por lo que sólo se describirá esta variante que además es la que se usó en este trabajo.

Actualmente hay instrumentos LIDAR que miden hasta con una frecuencia de 500 Khz., lo que quiere decir que emiten y reciben 500.000 pulsos láser por segundo. El pulso emitido es, en principio, puntual pero al ir alejándose del emisor el haz adquiere forma cónica de manera que, al producirse el impacto, la superficie detectada es un círculo dentro del cual se encuentra el punto que se asume como localizado. Este círculo se conoce como “huella” y su tamaño depende de la altura de vuelo sobre el punto y de la configuración del sensor. Esta circunstancia limita la altura de vuelo al rango entre 500 y 3.000 metros si no se quiere cometer grandes errores en la determinación planimétrica de los puntos. Por esta razón se considera de forma general que la precisión altimétrica es mucho mejor que la planimétrica cuando se emplea este sistema.

Esencialmente el sistema Láser Escáner Aerotransportado (ALS) es un método directo y activo de captura de datos que consiste en un sensor láser instalado en una plataforma móvil que barre las superficies que se encuentran entre el sensor y el terreno desnudo, obteniendo una nube de puntos de coordenadas precisas. El equipo está compuesto por un sensor láser, un sistema de navegación inercial (INS) y un receptor GPS en una plataforma móvil. Para obtener la máxima precisión se dispone en tierra una red GPS para trabajar de forma conjunta con el receptor GPS de la plataforma.

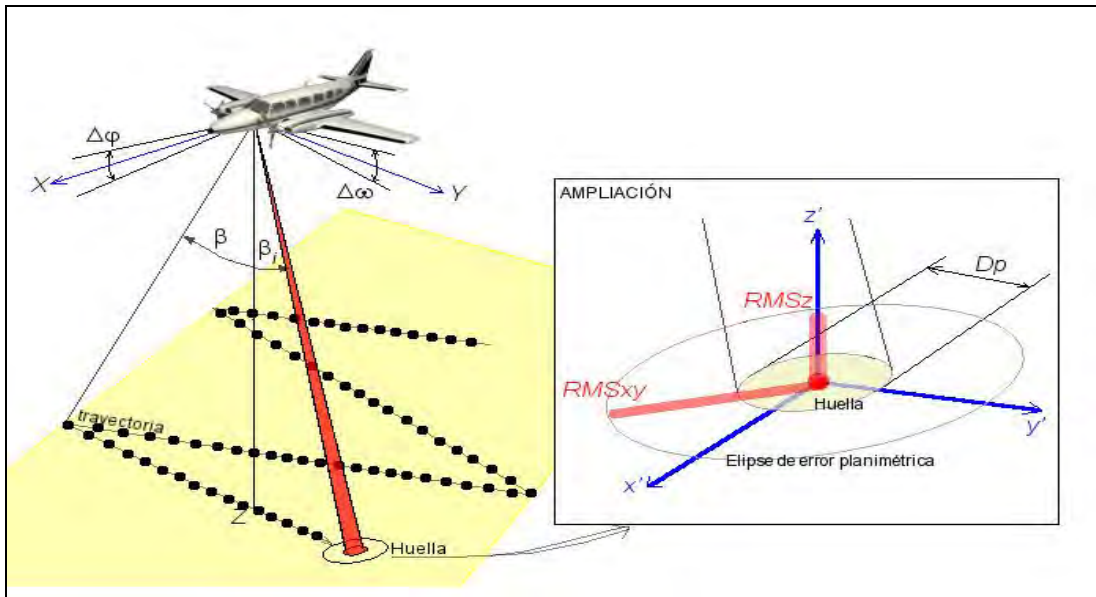


Figura 1. Esquema de la huella (diámetro mayor DP) de un impacto láser y errores

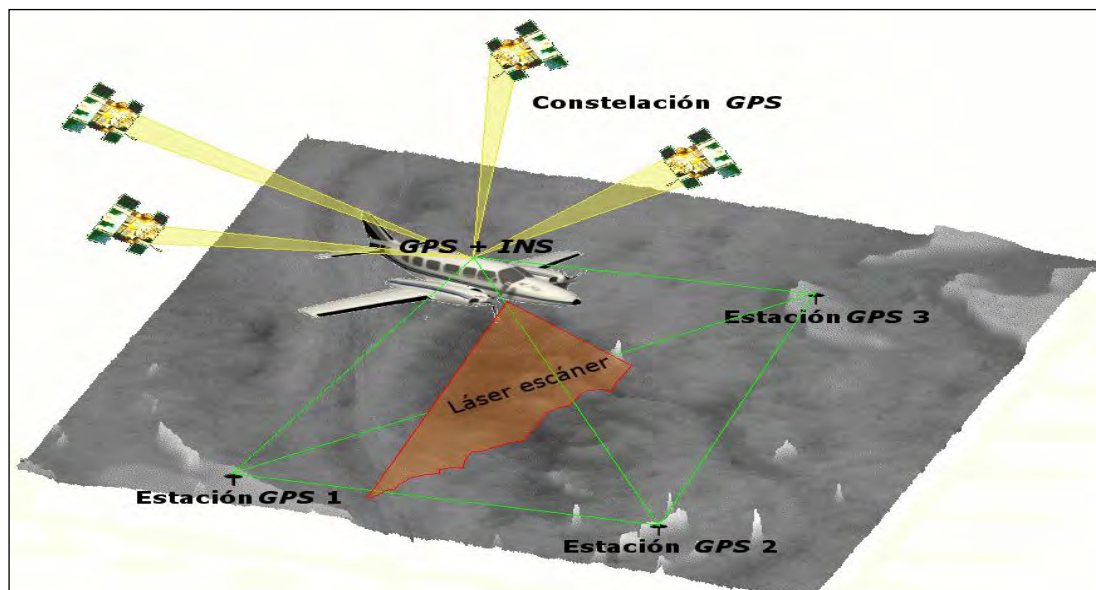


Figura 2. Esquema de trabajo del Láser Escáner Aerotransportado (ALS).

El sensor láser emite los pulsos en una única dirección pero un sistema de espejo oscilante, de polígono rotatorio o de fibra se encarga de desviarlos consiguiendo un barrido en una determinada franja de terreno en un ángulo de amplitud configurable. La anchura de la banda escaneada dependerá del ángulo configurado y de la altura de vuelo.

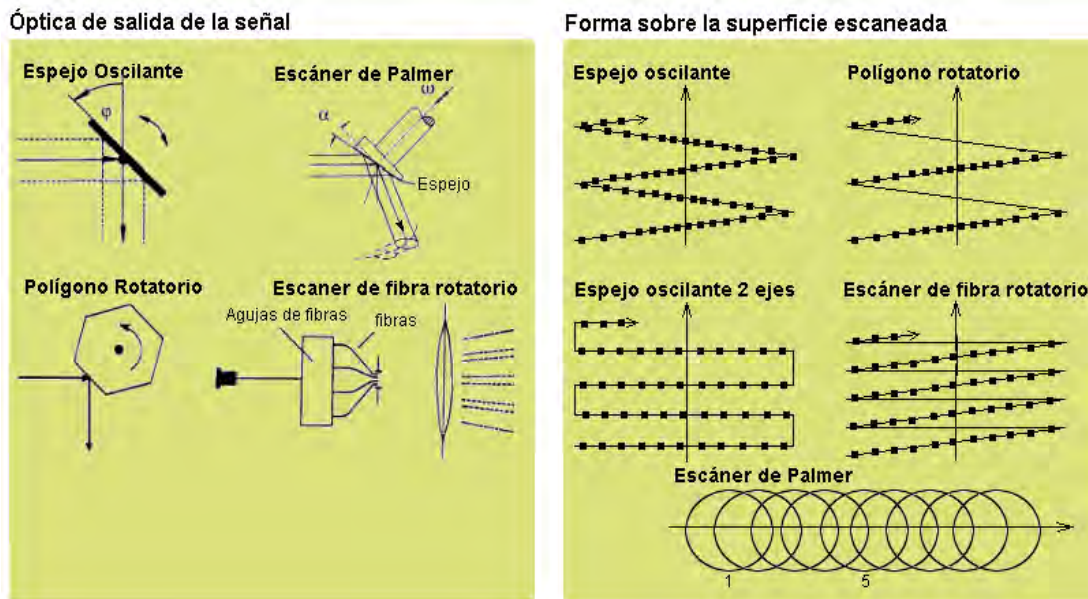


Figura 3. Sistemas empleados para el desvío de la señal y distribución de los pulsos sobre la superficie escaneada.

Los parámetros más importantes de un sensor LIDAR aerotransportado son:

Frecuencia de pulsos láser. Es el número de puntos por segundo que es capaz de emitir el sistema. Actualmente los sistemas llegan hasta 500 kHz siendo comunes valores entre 100 y 250kHz. Un sistema que trabaje a 150 kHz emite 150.000 pulsos por segundo. Este parámetro en combinación con la velocidad de vuelo y el porcentaje de solape entre bandas de barrido determina la densidad de pulsos por metro cuadrado que se conseguirá en el trabajo.

Hay que tener en cuenta que los sistemas antiguos sólo pueden procesar la información de un punto cada vez y por tanto deben esperar a haber recibido la reflexión de un pulso para emitir el siguiente. Los sistemas más modernos pueden trabajar con varios pulsos simultáneamente, pudiendo emitir un nuevo pulso antes de haber recibido la información del rebote del anterior. De esta manera se consigue aumentar la densidad de pulsos por metro cuadrado para la misma velocidad de trabajo.

Número de retornos o rebotes por pulso. Del reflejo de cada pulso laser emitido el sistema puede extraer entre uno y cinco o seis retornos individuales. Los sistemas antiguos sólo eran capaces de recibir un rebote



por cada pulso emitido pero los sistemas modernos pueden ser configurados para extraer de cada pulso varios rebotes o retornos. Esto se consigue programando el sistema para que discrimine los máximos relativos de la onda rebotada por cada pulso emitido.

En las especificaciones de los vuelos LIDAR es necesario determinar el número de pulsos mínimo por metro cuadrado exigible y no confundirlo con el de retornos por metro cuadrado. El número de pulsos por metro es constante si no se cambian la frecuencia ni la velocidad de vuelo. Sin embargo, en los sistemas multiretorno, la cantidad de rebotes recibidos para una misma densidad de pulsos emitidos variará con la configuración de la superficie sobre la que impactan las señales. Un pulso emitido que rebote sobre una superficie desnuda como un camino, un edificio (siempre que no sea su borde) o incluso sobre pastizales bajos, concentrará toda la energía en un único máximo y el número de rebotes en esta zona será igual al de pulsos. Los pulsos que impacten contra vegetación alta encontrarán en su camino antes de llegar al suelo, varios obstáculos contra los que irá haciendo reflexiones parciales de la energía que contiene y por tanto sumará al total varios retornos por cada pulso emitido. Esta propiedad es muy útil para el estudio de la estructura de las copas en masas forestales pero hay que considerar que la distancia vertical que separa dos rebotes del mismo pulso no puede ser menor que la que necesita el sistema para poder discriminar dos máximos consecutivos en la forma de la onda de reflexión del pulso. Esta distancia suele ser de dos o tres metros por lo que la vegetación baja de matorral tendrá una proporción mucho más bajas de segundos y posteriores retornos que la arbórea. Se debe tener en cuenta esta distancia mínima si se pretende evaluar la altura de la base de las copas ya que la indeterminación resultante será al menos la de esta distancia.

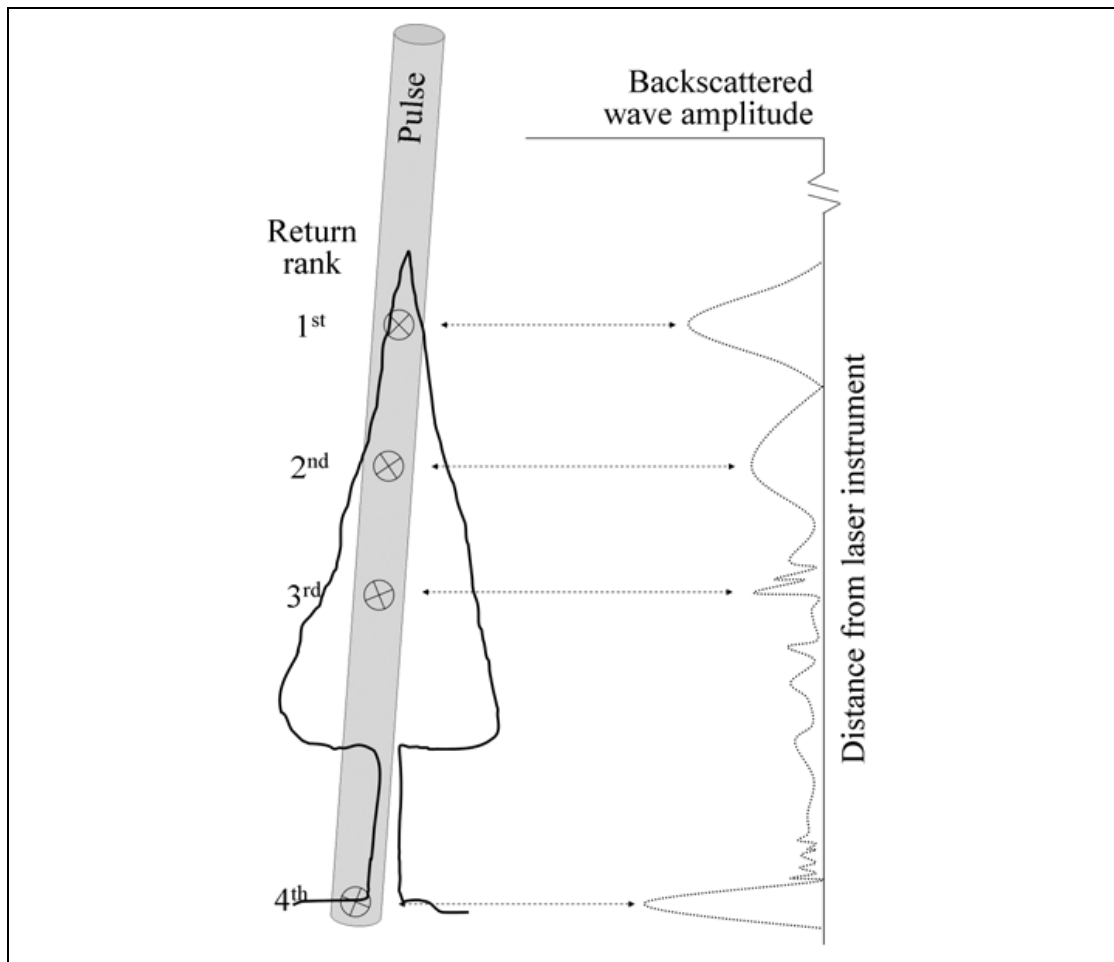


Figura 4. Esquema de múltiples rebotes para un pulso.

Frecuencia del ciclo de escaneo o barrido lateral . Corresponde al número de ciclos por segundo del sistema que desvía la señal láser (espejo oscilante, polígono rotatorio,...) para cubrir toda una franja de terreno. Se ajusta según la velocidad de vuelo siendo normales valores entre 10Hz y 120Hz.

Divergencia del haz (IFOV). Aunque la señal laser emitida por el sensor es inicialmente casi puntual, en su camino hacia el suelo se abre para formar un cono cuya base tendrá un diámetro que dependerá del ángulo de divergencia y de la distancia del emisor al objetivo. Los valores de este parámetro dependen del sistema utilizado y varía entre 0.1 y 1 miliradian (mrad). Los valores más frecuentes están entre 0.3 y 0.6 mrad.



Diámetro de la huella del haz láser sobre la superficie escaneada. Es función de la divergencia del haz y de la altura de vuelo, aumentando con ambos. El diámetro de la huella es igual a la base del cono que se forma al abrirse el haz del pulso láser. Como ejemplo, con una divergencia de 0.3 mrad y una altura de vuelo de 1000 m. el diámetro de la huella del haz láser es de 30 cm. Nominalmente se considera el diámetro de la base del haz sobre un plano perpendicular a su eje pero se debe tener en cuenta que este diámetro aumenta con el semiángulo de apertura y la pendiente del terreno. La distribución de la energía del pulso no es uniforme en toda la extensión de la huella. Decrece radialmente desde el centro al borde según una distribución bidimensional Gaussiana (Gatziolis and Andersen 2008).

Semiángulo de apertura (β). Ángulo del nadir a la máxima apertura de escaneado en la dirección perpendicular al vuelo. El error crece exponencialmente con este ángulo. Los sistemas comerciales ofrecen aperturas máximas entre 30° y 45°. En los levantamientos no es conveniente superar los 20°.

El ancho de la banda escaneada depende de este ángulo y de la altura de vuelo. En los extremos de cada línea de barrido el espaciamiento entre los centros de cada huella disminuye debido a que el mecanismo que desvía el rayo comienza a decelerar para cambiar de dirección y una vez ha cambiado debe recuperar de nuevo la velocidad de trabajo.

Duración del pulso. El tiempo de emisión para cada pulso en nanosegundos (ns). Junto con los parámetros de discretización determina la mínima distancia entre dos retornos del mismo pulso.

Espaciamiento entre huellas. Es la distancia nominal entre los centros de las superficies cubiertas por dos haces consecutivos a lo largo y entre dos líneas de escaneado consecutivas. Junto con la divergencia del haz determina la resolución espacial de los datos LIDAR ya que fijan la superficie



total cubierta por los haces. Es función de la altura de vuelo, frecuencia de pulsos y velocidad del avión.

Parámetros de discretización. Son las especificaciones del procesado de la energía rebotada para identificar los retornos individuales. Son particulares de cada sistema. Determinan la mínima energía para considerar un retorno y condicionan la distancia mínima entre dos retornos del mismo pulso (discretization tolerance)

Una vez ajustados estos parámetros se acopla el sistema al avión. El sensor receptor de la señal se encuentra solidario al emisor. Éste mide la potencia de retorno de la señal de modo continuo. Cada sistema registra de manera distinta los retornos. Algunos registran sólo el último pulso, otros los dos, tres o cuatro primeros y el último, otros sólo el primero y el último, y los más modernos guardan toda la forma del retorno (sistemas de onda completa o fullwaveform). Según el trabajo a realizar puede ser mejor un sistema que otro.

Lo más cercano posible al sensor láser se coloca un sistema de navegación inercial (INS) que detecta los movimientos de alabeo, cabeceo y giro que pueda sufrir la plataforma y los compensa para evitar los errores de posicionamiento que pudieran ocasionar.

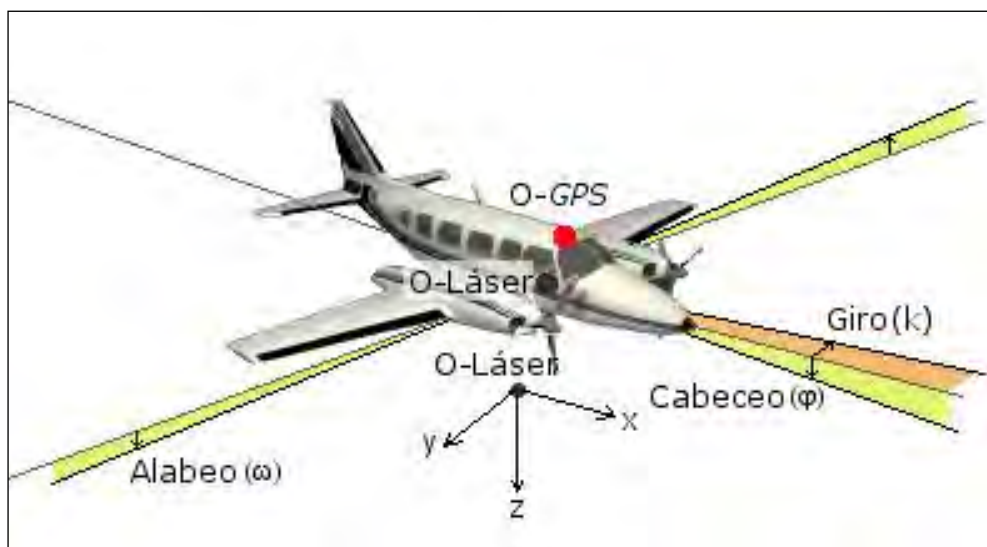


Figura 5. Esquema de la plataforma con los movimientos de alabeo, cabeceo, y giro (ω , ϕ , k).

Para calcular en tiempo real la posición del emisor en cada pulso el sistema se completa con un GPS.

De la exactitud de los registros del GPS dependerá la precisión del trabajo posterior. Por ello, se utilizan receptores de doble frecuencia y se establece en tierra una red de aparatos similares situados en posiciones bien conocidas para utilizar sus registros en la corrección diferencial en tiempo real o en postproceso de los datos tomados por el receptor aéreo.



Figura 6. Componentes de un sistema para toma de datos LIDAR aéreo



Figura 7. Sistema EROLASER montado en el interior de una avioneta para toma de datos LIDAR aéreo

Utilizando correcciones en tiempo real con un sistema GPS-RTK se consiguen precisiones altimétricas cercanas a los 15 centímetros. En postproceso se puede llegar a reducir el error altimétrico hasta hacerlo menor de 5 cm. (Ibañez. 2008)



2.2 Formato de los datos

De la combinación y tratamiento de los datos obtenidos y corregidos por todos los diferentes componentes descritos se obtiene una nube de puntos brutos. Cada punto corresponde con uno de los rebotes registrados y se guarda en un formato específico con una extensión de fichero que suele ser “.las”. Este formato responde a las especificaciones propuestas por la ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing) que aprobó en noviembre de 2011 la última edición (Versión 1.4) de la especificación LAS con el fin de adaptarla a las necesidades requeridas por las nuevas capacidades de sensores LiDAR.

El formato “.las” contiene datos binarios que se organizan en tres bloques: cabecera, registros de tamaño variable y datos de puntos.

El archivo cabecera contiene datos genéricos referentes al número de puntos, número de puntos para cada orden de rebote, coordenadas extremas del archivo, densidades medias de puntos, software de generación, formato “.las” utilizado, proyección, metadatos y forma de onda.

El bloque de registro de tamaño variable contiene información del sistema de referencia, proyección y metadatos.

Los campos más importantes de información de cada uno de los puntos son los siguientes:

X, Y, y Z: Se trata de los valores de las coordenadas almacenados como enteros largos. Mediante los datos de las escalas de la cabecera, estos datos se pueden convertir a su valor real en punto flotante.

Intensidad: El valor de la intensidad es un entero que mide la potencia del pulso retornado. Este valor es opcional y específico del sistema por lo que su utilización para determinar parámetros forestales es casi nula al no ser



comparable entre vuelos o incluso entre sesiones distintas de un mismo vuelo o conjunto de datos.

Número del Retorno: El número del retorno es el orden que ocupa el dato en la secuencia de respuestas respecto a un único pulso de salida. Un pulso láser de salida puede tener muchos retornos y deben ser marcados por orden de llegada. El primer retorno tendrá el número 1, el segundo el dos y así sucesivamente hasta el máximo de retornos por pulso admitido por el sistema.

Número Total de Retornos (para un pulso emitido): El número máximo de retornos para un pulso dado. Los sistemas antiguos sólo admitían un rebote por pulso. Posteriormente aparecieron sistemas que distinguían el primer y último rebote para cada pulso. En la actualidad todos los sistemas discriminan múltiples retornos para cada pulso e incluso hay sensores que graban la información de la onda reflejada completa (fullwaveform).

Ángulo de escaneado. El ángulo que forma el eje del rayo emitido con el nadir del punto de emisión. Se codifica como positivo si es a la derecha del sentido de vuelo y como negativo si a la izquierda. Con ángulos de valor absoluto mayor de 30 se pueden cometer graves errores de localización.

Clasificación: Es un campo obligatorio que puede tener una serie de valores estándares propuestos por la ASPRS.



Valor	Descripción
0	Creados, nunca clasificados
1	No asignado
2	Suelo
3	Vegetación baja
4	Vegetación media
5	Vegetación alta
6	Edificios
7	Puntos bajos (ruido)
8	Clave de modelo
9	Agua
10	Reservado para ASPRS
11	Reservado para ASPRS
12	Puntos solapados
13-31	Reservado para ASPRS

Tabla 1. Valores de la clasificación de puntos LIDAR

Hora GPS: Se trata de la hora en formato punto flotante de doble precisión en la que se emitió el pulso y por tanto todos los rebotes del mismo pulso tienen este dato igual. Puede ser usado como identificador único de cada pulso.

Extremo de línea de barrido. Si el punto es el último de una línea de barrido antes del cambio de dirección del dispositivo que desvía lateralmente el rayo emitido, este campo toma el valor 1. En caso contrario valdrá 0.

RGB. Cuando la captura de datos LIDAR se hace junto con la toma de fotografías aéreas, a cada punto se le puede asignar el valor de rojo, verde y azul del punto de la fotografía que coincide con su localización X-Y. De esta forma se pueden visualizar los puntos LIDAR como una nube 3D con colores reales.

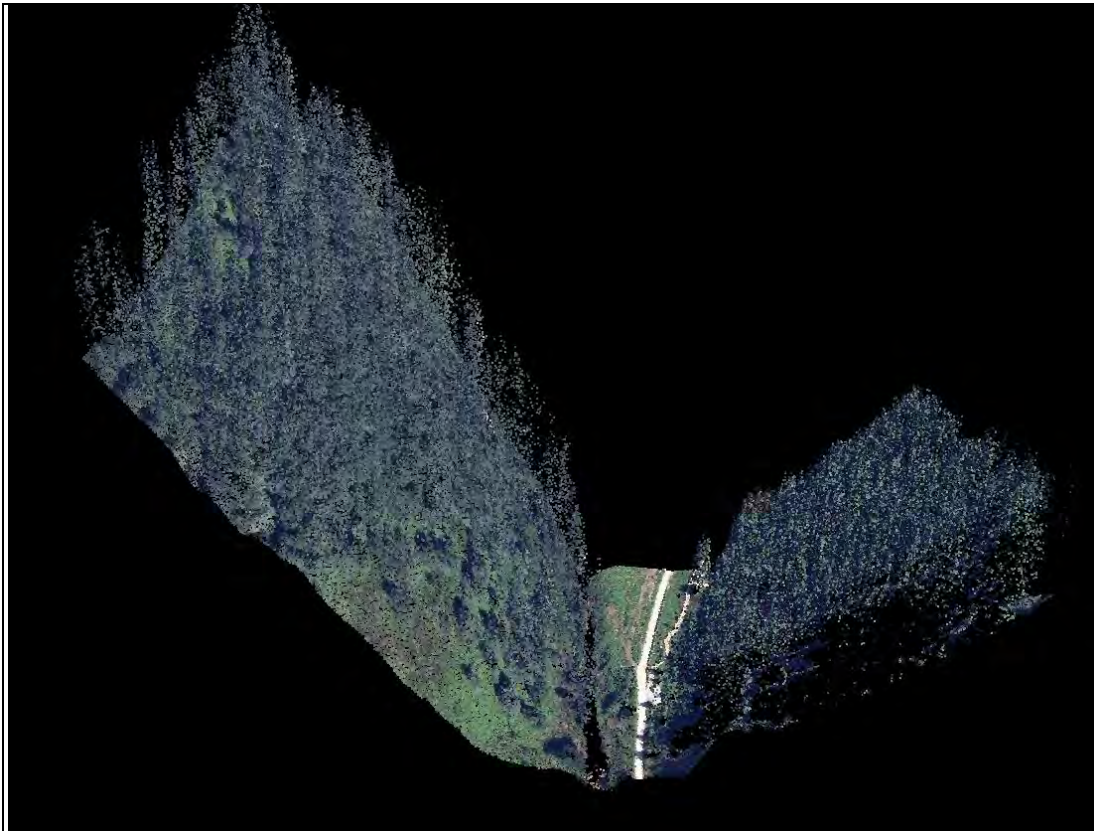


Figura 8. Modelo 3D de puntos lidar con colores reales



2.3 Adquisición de datos LIDAR

El proceso de adquisición de datos LIDAR necesita un planeamiento que depende de las necesidades a las que tienen que dar respuesta estos datos. Por ejemplo, el planteamiento es completamente diferente si el objetivo es generar modelos digitales del terreno o si se pretende extraer información sobre la cubierta vegetal.

Cuando el objetivo principal es obtener información útil en la gestión forestal se tendrán en cuenta los siguientes condicionantes:

Época de realización del vuelo. En las masas forestales de especies caducifolias los vuelos realizados en invierno no tendrán apenas información de los estratos de copas de los árboles. En cambio, la proporción de puntos de suelo será mucho mayor y por tanto los modelos digitales del terreno (MDT) que se generen con estos datos serán mucho más precisos. Esta limitación no existe en masas de frondosas perennifolias y resinosas.

Densidad de pulsos. La utilización de datos LIDAR para obtención de parámetros forestales se puede hacer desde dos orientaciones metodológicas distintas: utilizando variables de masa o utilizando variables de árbol individual.

Esta segunda opción requiere la individualización de los pies dentro de la masa y para ello requiere una mayor densidad de rebotes por metro cuadrado que la que emplea variables de masa. En general se admite que la densidad mínima para individualizar árboles es de 4 rebotes por metro cuadrado (Gatziolis and Andersen 2008). Si se utilizan las variables de masa, densidades de 1 punto por metro cuadrado o incluso menores son suficientes.

En cualquier caso, como en cada sesión de adquisición de datos se cubrirán zonas más o menos heterogéneas, es necesario especificar el número mínimo de pulsos y no el de rebotes por metro cuadrado.



Frecuencia de emisión de pulsos. A igualdad de puntos por metro cuadrado, los datos tomados con equipos que trabajan a más altas frecuencias tendrán un mayor porcentaje de rebotes sobre la superficie que los de frecuencias más bajas. Esto es así porque la energía que puede concentrar un pulso emitido por equipos de alta frecuencia es menor que la que acarrea un pulso emitido por ese mismo equipo trabajando con frecuencia más baja y por tanto tendrá menor capacidad de penetración en el dosel de copas. En consecuencia, si se quieren utilizar modelos digitales de la superficie de la masa forestal se deberán usar equipos de más alta frecuencia. Para usar información de la distribución de los puntos en toda la anchura de las copas es ventajoso usar equipos de frecuencias más bajas que además generaran más puntos de suelo para mejorar la precisión de los MDT.

Ajuste de los parámetros de discretización. Consiste en ajustar el valor mínimo de diferencia de energía en los máximos de la onda rebotada para considerarlo como un eco diferenciado. Cuanto más pequeño es este valor, más rebotes por pulso aparecen pero tienden a concentrarse en el ápice de los árboles y sobre todo en los dominantes (Gatziolis and Andersen 2008). Sin embargo un ajuste fino de este valor se asocia con pérdida de precisión en la posición de los puntos de los estratos inferiores de vegetación. Cuando el objetivo es el estudio del estrato de árboles dominantes conviene reducir este valor.

Semiángulo de apertura. Cuanto mayor es el ángulo de divergencia del rayo emitido, cuanto más se aleja de la vertical marcada por el nadir del punto de emisión, mayor es la superficie interceptada por la sección del cono que forma. Esto hace que el aumento del ángulo de apertura mejore la robustez y disminuya la varianza cuando se utilizan métodos de variables de masa (Gatziolis and Andersen 2008) pero a cambio se debe asumir menor precisión en la determinación de la posición de cada uno de los puntos. Por ello, cuando se usan métodos de individualización de árboles es preferible



reducir el ángulo de apertura. En cualquier caso, el semiángulo de apertura nunca debe ser mayor de 30° . Con ángulos mayores aparecen problemas de “multipathing” o cambios en la dirección de propagación del rayo que disminuyen la precisión en la localización de los puntos reflejados. Según la experiencia del USDA Forest Service, se recomienda, aunque pocas veces se cumple, que el semiángulo no sea mayor de 12° en terrenos llanos y 10° en terrenos escabrosos (Gatziolis and Andersen 2008)



2.4 Planeamiento de vuelos LIDAR

Teniendo en cuenta los condicionantes anteriores se establecen los parámetros y condiciones del vuelo para la toma de datos.

Para el planeamiento del vuelo se tendrá en cuenta principalmente la superficie total a cubrir y la densidad de puntos esperada. Se deberán planificar las líneas de vuelo teniendo en cuenta el ancho de cada pasada y los solapes entre pasadas según la altura de vuelo y el semiángulo de apertura. Establecidos estos parámetros la densidad de pulsos por metro se consigue teniendo en cuenta la frecuencia de emisión de pulsos y la velocidad de vuelo. En ocasiones es necesario planificar pasadas adicionales para asegurar la densidad mínima de puntos exigida. Adicionalmente se tendrá en cuenta la climatología de la región de vuelo, evitando las temporadas lluviosas o brumosas.

Para el posterior ajuste de datos se seleccionan los puntos de control sobre el terreno en los que se situaran las estaciones GPS que servirán de apoyo para la corrección diferencial de las posiciones de los puntos LIDAR.

Una vez diseñado el vuelo, se instalan y ajustan las estaciones GPS de apoyo en tierra y los aparatos (sensor, GPS e IMU) del avión y se realiza el vuelo.

Cada pasada del avión se considera una “misión” en la que se deberán calibrar y ajustar los sensores LIDAR y GPS de la aeronave.

Los datos brutos obtenidos aún deben ser preprocesados y filtrados para pasarlos al formato en el que serán utilizados. El *software* necesario para estos procesos es muy específico y el precio de las licencias hace que sean asumibles económicamente sólo si se hace un uso intensivo de estos programas. Por ello lo normal es que la empresa que ejecutó el vuelo sea la misma que se ocupe de la preparación de los datos para su comercialización final.



La preparación de datos debe incluir:

- El ajuste de posición de los puntos de forma que se asegure la cobertura completa y la densidad mínima sin presencia de huecos.
- La homogeneización de la densidad de puntos eliminando los solapes innecesarios.
- El filtrado y la clasificación de los puntos en las categorías ya señaladas.

Hasta aquí queda descrita la fase de adquisición de datos LIDAR. Esta fase suele escapar al control del usuario final. Sin embargo es imprescindible conocer estos procesos previos ya que condicionan y determinan las características del material de trabajo para posteriores aplicaciones.



2.5 Productos derivados de nubes de puntos LIDAR

El tratamiento de los datos LIDAR brutos tiene como objetivo la consecución de una gama diversa de productos de los cuales los más comunes son:

Nube de puntos brutos: Contiene todos los puntos obtenidos en los procedimientos anteriores. Se suele filtrar para eliminar valores anómalos que se pueden producir por irregularidades o desajustes en el proceso de adquisición de datos o por rebotes anómalos como por ejemplo en aves.

El filtrado de la nube de puntos es un proceso que requiere mucha intervención manual y por tanto puede resultar lento y caro si la calidad de los datos originales no es buena. Una adecuada planificación y ejecución en los procedimientos de toma de datos puede ahorrar mucho tiempo y dinero si se evitan la mayor parte de los errores que después habría que corregir en esta fase.

El usuario debe exigir al proveedor de datos los archivos de puntos ya depurados, puesto que es éste el que debe disponer de software adecuado para la realización de esta tarea de forma automática o semiautomática. Si no fuera así, el usuario final tendrá que realizar el filtrado y eliminación de los puntos erróneos de manera casi manual.

Normalmente la nube de puntos recibida por el usuario ha pasado por el proceso de clasificación por lo que cada punto tendrá asignado el valor de alguno de los grupos reseñados en la tabla 1.

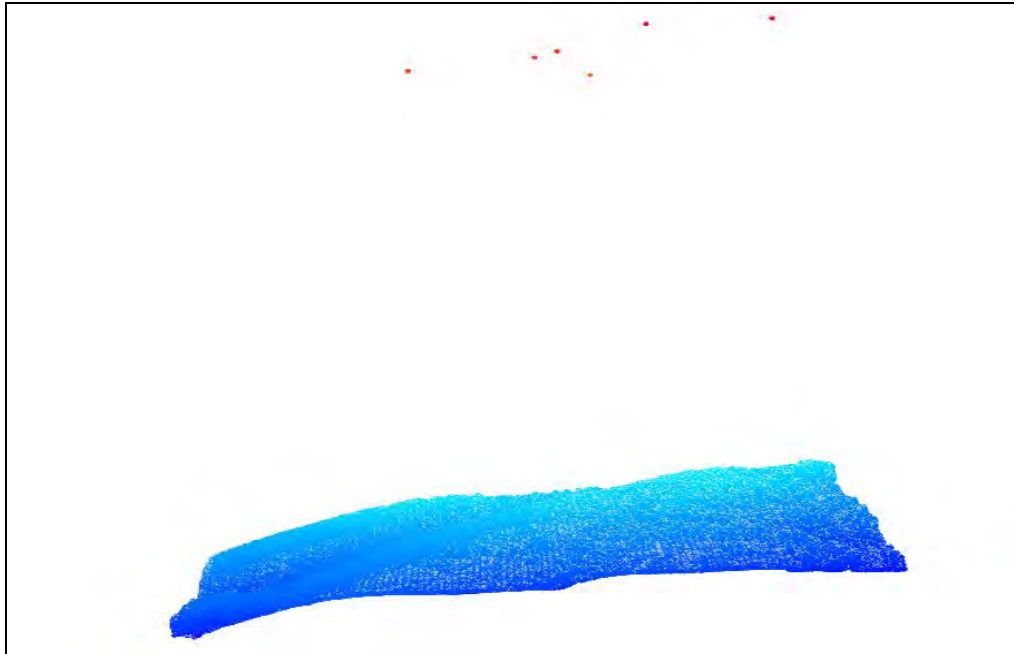


Figura 9. Nube de puntos en la que el proveedor no ha eliminado los puntos anómalos. Entre la masa principal de puntos (en color azul) y los puntos anómalos (en color rojo) hay más de 700 metros de diferencia de cota

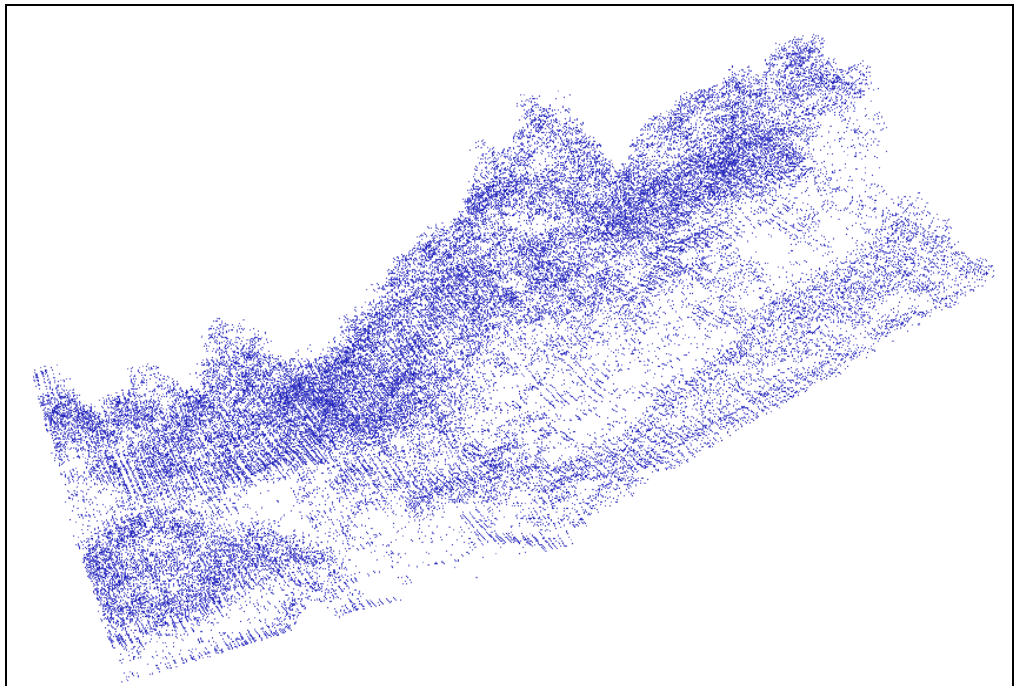


Figura10. Nube de puntos una vez filtrados los puntos que causaban la distorsión.

La principal dificultad para el manejo de estos productos es su gran volumen. Dependiendo de la densidad de puntos por metros cuadrado, el tamaño de un archivo puede llegar a ser inmanejable. Como ejemplo se puede prever



que para una densidad media de cuatro puntos por metro cuadrado se necesita aproximadamente un Megabyte por hectárea y por tanto, un monte de una superficie de 1.000 hectáreas generaría un fichero de un Gigabyte.

Modelo Digital del Terreno (MDT)

Una de las principales ventajas del LIDAR aerotransportado es que una parte considerable de los pulsos atraviesa la vegetación total o parcialmente llegando hasta el suelo. El número de rebotes que se reflejan en el suelo es variable según la fracción de cabida cubierta y la densidad de la vegetación. Esta circunstancia es aprovechada para seleccionar entre los rebotes aquellos que se supone que han llegado hasta el suelo y por tanto contienen información sobre las coordenadas y la cota de puntos del terreno con una precisión, como se reseña más arriba, de hasta 5 cm.

Los algoritmos de filtrado de puntos son variados y cada software utiliza su propio sistema para determinar qué puntos pertenecen al suelo. Normalmente en los procesos de filtrado se puede elegir el nivel de exigencia que se le impone a un punto para ser considerado como punto de suelo. Al aumentar la seguridad en el filtrado disminuye el número de puntos de suelo de forma que se puede llegar a carecer de datos en superficies más o menos extensas. En estos huecos la superficie es interpolada con la información de los puntos que los rodean. Esta carencia es más acusada cuanto más densa es la vegetación que cubre el terreno y menor la densidad de pulsos.

Se han publicado multitud de algoritmos de filtrado que, en general, se pueden clasificar en cuatro grupos:

Filtros basados en el cálculo TIN. Asumen que la superficie topográfica no presenta grandes discontinuidades nada más que ocasionalmente. Localizan los puntos mínimos considerados localmente y realizan una triangulación inicial que sirve como base para el cálculo del posterior modelo digital (Axelsson 2000).



Filtros basados en interpolación. Comparan las elevaciones de los puntos y las estimadas usando varios métodos de interpolación. (Kraus & Pfeifer 1998).

Filtros morfológicos. Se basan en la comparación y posición relativa de formas geométricas generadas en cada punto respecto a los circundantes. (Volsselman 2000).

Filtros basados en contornos activos. Utilizan modelos de formas activas para representar un contorno tridimensional que sirve de red para eliminar puntos no pertenecientes al suelo.

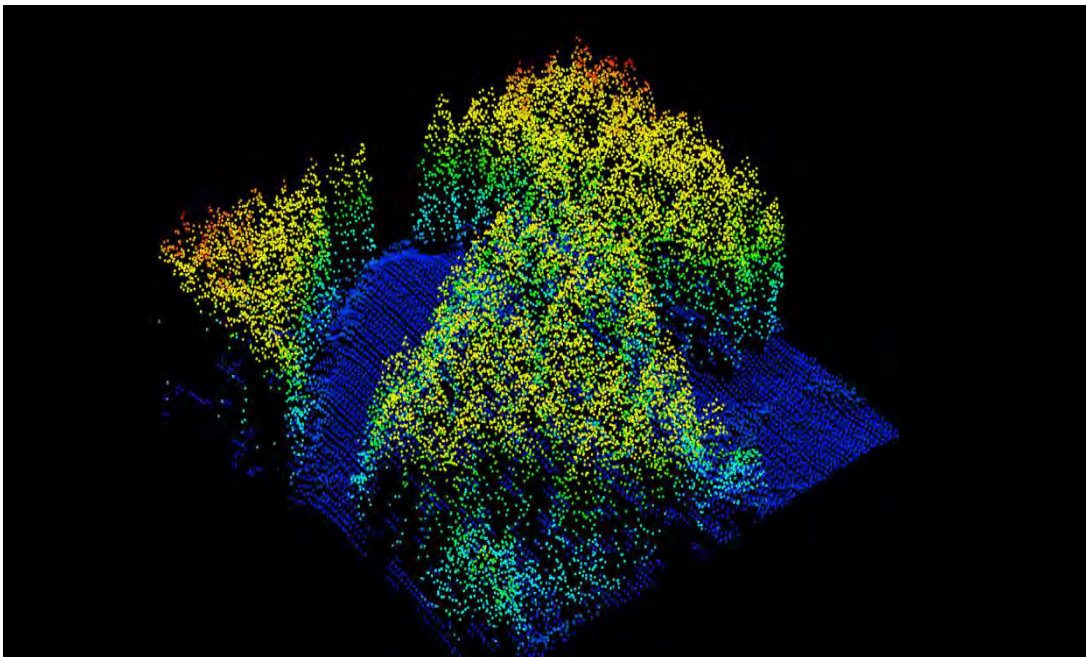


Figura 11. Nube de puntos clasificada por altura

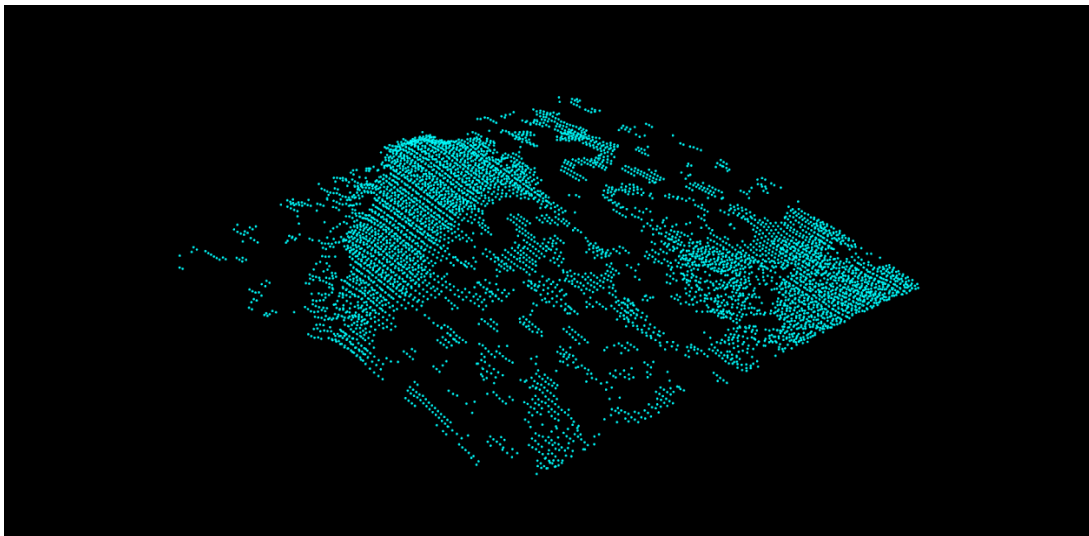


Figura 12. Puntos clasificados como suelo

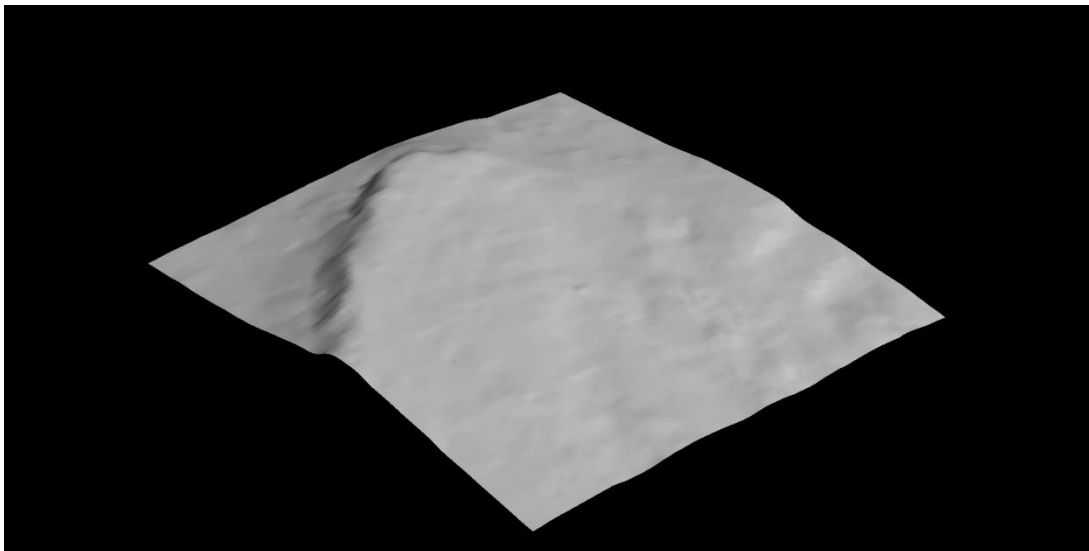


Figura 13. Vista 3D de modelo digital del terreno creado desde puntos de suelo.

Se entiende por Modelo Digital del Terreno el modelo que se construye eliminando las alturas de la vegetación y las infraestructuras humanas, utilizando una malla que une los puntos clasificados como terreno y también la restitución de las líneas de ruptura.

Como se puede apreciar en la figura 14, una vez eliminados los puntos no clasificados como terreno aparecen huecos en los que no hay información sobre la cota. En terrenos forestales estos huecos son más frecuentes cuanto más densa es la vegetación. Algunos procesos de generación de MDTs rellenan estos huecos con puntos de cota similar a la de los puntos



que los rodean. En otros procesos se implementan algoritmos que asignan la cota de cada punto creado según la tendencia del terreno. Cuando no se rellenan con puntos los huecos se realiza una triangulación en ellos de forma que en el modelo final aparecen triángulos mucho mayores que los del resto de la malla.

El MDT es el principal producto derivado de los datos LIDAR y de su precisión dependerá en gran medida la fiabilidad de la información sobre parámetros forestales deducibles de la nube de puntos ya que se constituye en la referencia sobre la que se calcula la altura de cada punto de la nube. Todas las variantes de utilización de datos LIDAR para la gestión forestal utilizan la información contenida en los MDT que se deben construir previamente para poder referenciar la altura de cada punto y consecuentemente los errores cometidos en la confección del MDT se transmitirán a la altura de la vegetación localizada sobre cada celda de la malla del modelo.

Modelo Digital de Superficie (MDS)

Se entiende por modelo digital de superficies el que se construye teniendo en cuenta las alturas de la vegetación y las infraestructuras humanas, utilizando una malla de elevaciones y la restitución de las líneas de ruptura. Para la confección de los MDS sólo se tienen en cuenta los primeros rebotes de cada pulso.

Gráficamente se podría visualizar como un gran paño fino que se dejara caer sobre la superficie que forma el suelo y todos los elementos que hay sobre él.

Al rasterizar los puntos de primer rebote aparece un modelo que representa la superficie que contiene los puntos de máxima cota o cota media en cada celda. Esto ocasiona una superficie muy accidentada con muchos máximos y mínimos locales que no aportan información y pueden distorsionar el modelo.



Para evitarlo se usan filtros que suavizan la superficie eliminando gran parte de los extremos locales. En el proceso de filtrado se define una ventana móvil de $n \times m$ píxeles que recorre toda la superficie de trabajo. A cada píxel se le asigna el valor de la media o mediana de los de la ventana en la que se encuentra. De esta forma desaparecen los máximos y mínimos locales que distorsionan la forma de la superficie. Como contrapartida se incrementa la incertidumbre en la determinación de la altura de cada punto.

Es importante señalar que en el *raster* generado el valor de cada celda refleja la cota absoluta de cada punto y no su altura sobre el terreno.

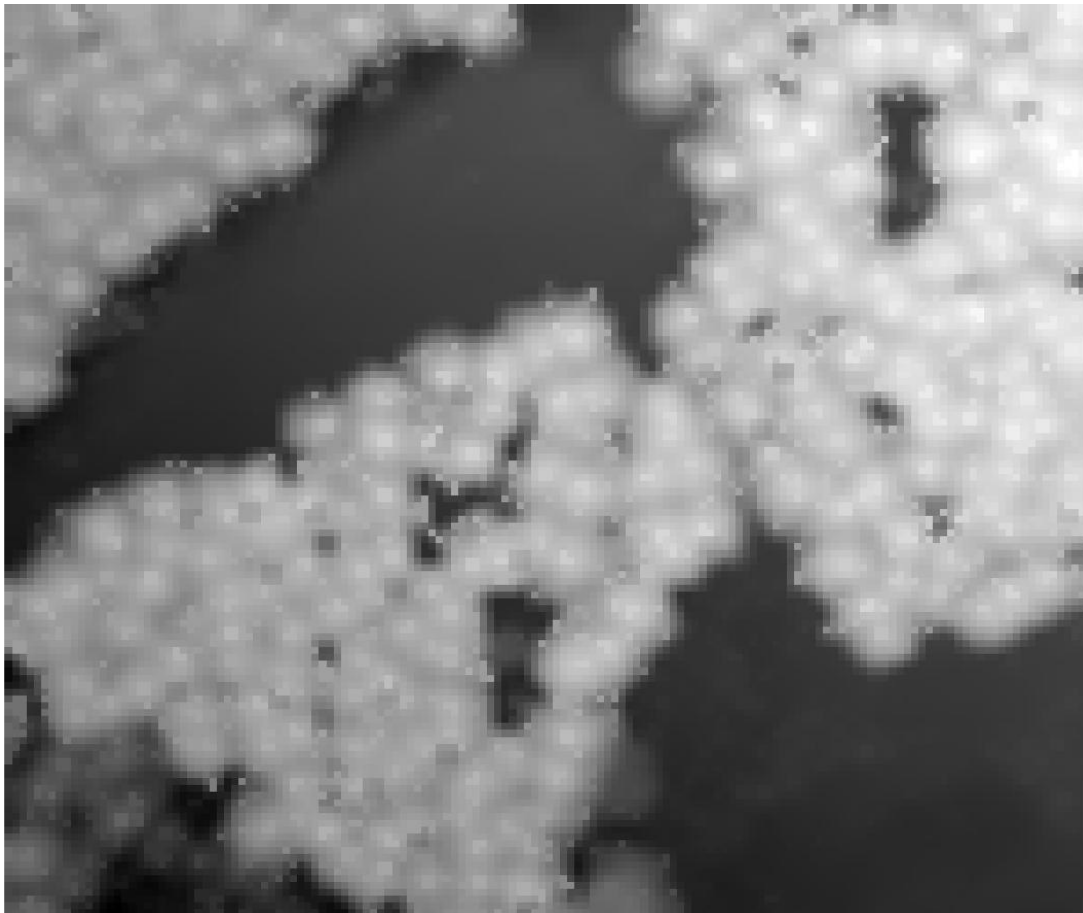


Figura 14. Modelo de Superficie de 0.5 x 0.5 m

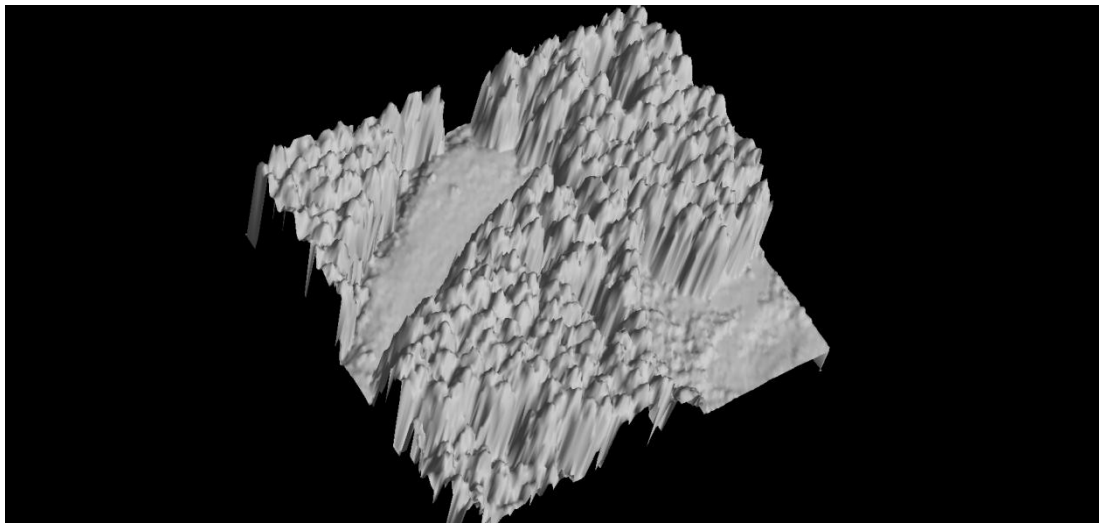


Figura 15. Representación 3D del MDS sin suavizar

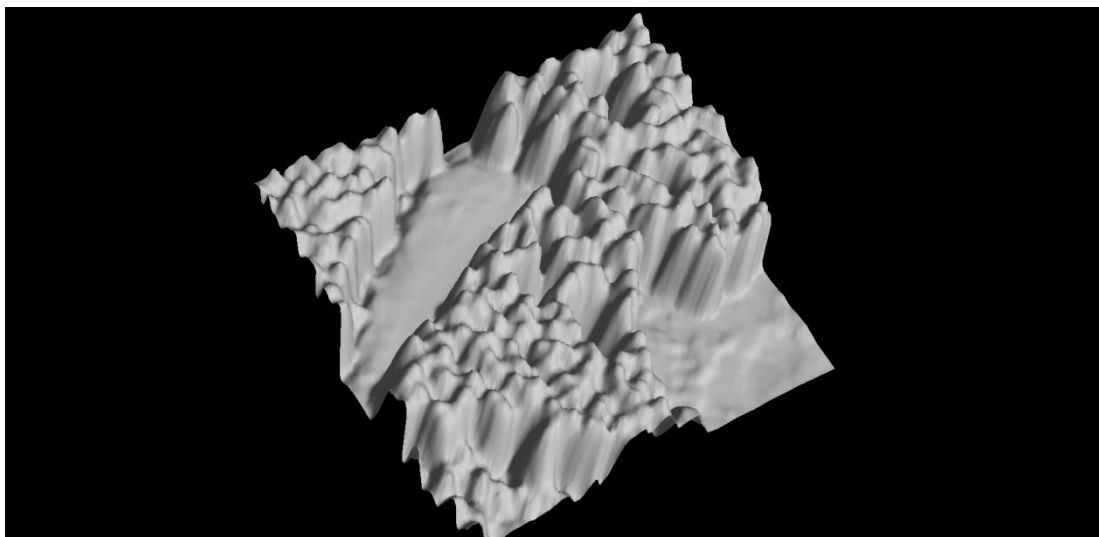


Figura 16. Representación 3D del MDS suavizado con filtro de media 3x3

Imagen de intensidades: la intensidad con la que el rebote regresa al sensor es variable según el objeto contra el que chocó. Esta propiedad permite utilizar la intensidad para distinguir los elementos con distintas reflectancias que están sobre la superficie terrestre como carreteras, vegetación, cultivos, etc. Sin embargo, la intensidad con la que se recibe el rebote no es directamente relacionable con el material u objeto sobre el que se produjo ya que varía con las condiciones de vuelo y con el sensor utilizado. Aún así, en muchos casos discrimina distintas situaciones por comparación dentro de la misma imagen. Para ello es necesario normalizar los valores, eliminar los extremos y aplicar una escala de color en blanco y



negro para asignar un nivel de intensidad en esa escala. La imagen resultante se regulariza al rasterizarla al ser constante la distancia entre píxeles.

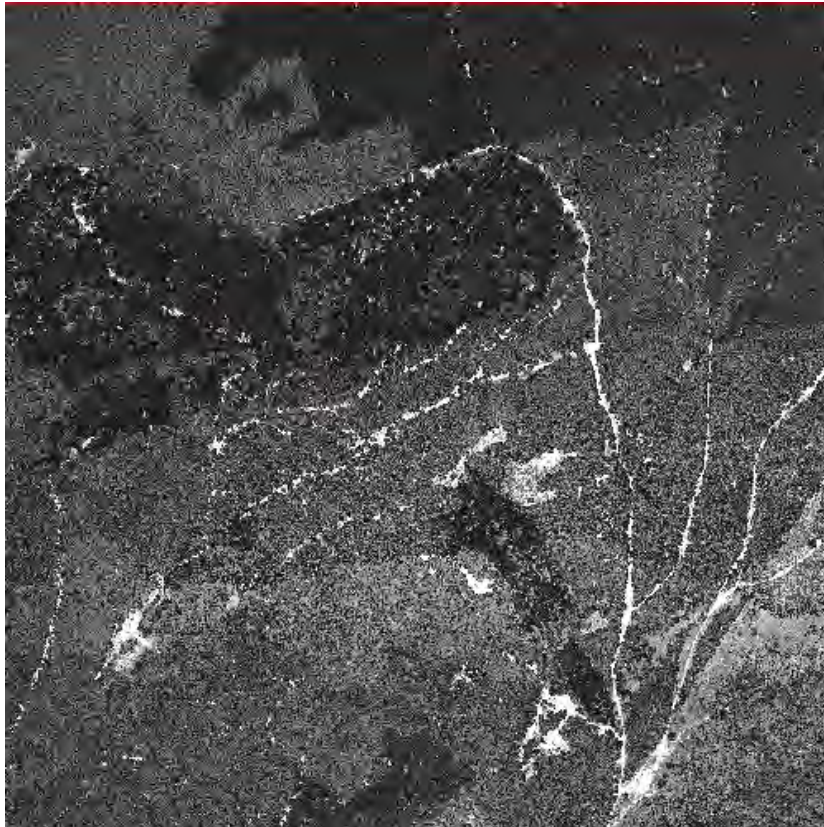


Figura 17. Imagen de intensidades sobre una masa forestal

Los productos anteriores o su unión o modificación se usan en muchos campos. Cualquier ciencia o técnica que necesite del conocimiento de la forma del terreno o de la distribución y magnitud de lo que hay sobre él, puede encontrar una herramienta muy potente en estos productos.

Las áreas clásicas de utilización son la Topografía, Cartografía, Hidrología y Gestión del territorio, pero también se usan o son potencialmente utilizables en la planificación, desarrollo y mantenimiento de infraestructuras, mantenimiento de redes eléctricas, Arqueología, Urbanismo, control y policía de recursos naturales y otras muchas.



2.6 Utilización de datos LIDAR en la gestión forestal.

Desde el comienzo de la utilización de la tecnología LIDAR en los años 80 del pasado siglo se intuyeron las posibilidades forestales que ésta tenía para el apoyo de la gestión forestal. (Aldred & Bonner 1985).

Durante la década de los 90 se comenzó a utilizar forestalmente los datos obtenidos con sensores LIDAR aerotransportados. Sin embargo, el nivel de desarrollo de la tecnología de adquisición y tratamiento de datos sólo permitía estimaciones generales de algunas variables de masa que servían para establecer modelos aplicables en superficies más o menos grandes y que resultaban inoperantes para parcelas de muestreo y árboles individuales. En este sentido cabe destacar los trabajos de (Nelson et al. 1988.; Ritchie et al. 1992.; Nillsson 1996.; Nässet, 1997.; Lefsky et al. 1999.; Means et al. 1999)

En 1999 se obtienen por primera vez modelos de copa individuales (Hyypä & Inkinen 1999). Desde este momento se separan dos enfoques distintos para abordar el tratamiento de datos LIDAR en el campo forestal. El primero utiliza los datos LIDAR para calcular variables de masa en superficies más o menos extensas y el segundo se basa en la determinación de parámetros de árboles individuales.

En los métodos basados en variables de masa se utilizan los percentiles y otras características de la distribución de alturas de la nube de puntos para calcular variables como altura media de los árboles, diámetro normal medio, volumen de madera o la biomasa en cada una de las celdas de una cuadrícula regular superpuesta a la zona de estudio.

Siguiendo esta línea, algunos trabajos parecen indicar que se pueden determinar con una precisión aceptable la altura media de la masa, su volumen de madera, la cantidad de biomasa o el área basimétrica. Por ejemplo, Means (Means et al. 2000) utiliza los percentiles de la distribución de alturas y fracción de cabida cubierta en la estimación de la altura media



de la masa, volumen de madera y área basimétrica en bosques de *Pseudotsuga douglasii* (Lindl.), con altura de árboles entre 7 y 52 m. Los modelos de regresión produjeron coeficientes de determinación (R^2) de 0,93, 0,97 y 0,95 para la altura media, el volumen maderable y el área basimétrica, respectivamente. Næsset y Økland (Næsset & Økland 2002) utilizan percentiles, valores máximos, valores medios y coeficientes de variación de la altura del dosel de copas para predecir la altura media del árbol con un error estándar (RMSE) de 7,6% (1,5 m).

En España Cuasante y García (Cuasante y Garcia 2009) aplicando esta metodología en montes de coníferas en la provincia de Burgos, obtuvieron modelos de regresión para las variables de masa: densidad de árboles, área basimétrica, volumen de madera, diámetro medio cuadrático y altura dominante para cinco estratos diferentes con R^2 entre 0.37 y 0.65, 0.65 y 0.83, 0.65 y 0.84, 0.22 y 0.77, 0.60 y 0.94 y RMSE entre 25% y 39%, 18%, 26%, 16% y 31%, 10% y 21%, 5% y 10% respectivamente.

También en España Condes y Riaño (Condes y Riaño 2005) aplican esta metodología para el cálculo de la biomasa foliar de una masa de pino silvestre obteniendo una ecuación basada en la altura del punto más alto de cada celda con $R^2=0.82$ y RMSE menor del 10%

David García (Garcia 2011) aplica esta metodología para la realización de un inventario forestal obteniendo ecuaciones de volumen total, biomasa total aérea, área basimétrica y pies por hectárea con R^2 de 0.90, 0.89, 0.89 y 0.80 respectivamente.

Como se dijo anteriormente, con el perfeccionamiento de los equipos se pudieron realizar trabajos con mayor densidad de datos. Kaartinen y Hyypä (Kaartinen & Hyypä 2008) encontraron que intensidades de sondeo de dos puntos por metro cuadrado eran adecuadas para la delineación de copas en masas regulares de fustales con densidades normales. Según otros estudios, se puede considerar que con densidades de entre 5 y 10 puntos



por metro cuadrado se pueden reconocer y delimitar árboles individuales (Yu et al. 2010)

En este trabajo se utilizará la orientación de árbol individual por lo que se hará especial énfasis en esta metodología. Según los resultados obtenidos, densidades de dos puntos por metro cuadrado pueden ser suficientes para la delineación de copas de árboles individuales en masas de coníferas con escasa estratificación.

El enfoque de “árbol individual” se basa en la localización, delineación de copa, medida de la altura y extracción de algunos parámetros adicionales para cada árbol presente en la zona de estudio. Las variables de masa para parcelas, rodales, cantones o unidades superficiales mayores, pueden ser deducidas de las obtenidas de los pies que las componen.

Este enfoque trabaja de forma muy similar a la de los inventarios forestales pie a pie o por muestreo en parcelas de radio fijo o variable pero con la ventaja de reducir el trabajo de campo a la necesaria verificación de la fiabilidad de los resultados obtenidos. Por ello, en la actualidad es la forma más extendida de trabajar cuando se pretende obtener datos para la gestión diaria de los montes, mientras que el enfoque de áreas o superficies se utiliza en estudios más generales como cálculo de biomasa o caracterización de superficies homogéneas en el monte. Además, la individualización de árboles permite obtener resultados con el mismo nivel de precisión para cualquier superficie estudiada.

A partir del año 2000 comienzan a ser relativamente numerosas las publicaciones sobre tratamiento de datos LIDAR con fines forestales que siguen esta segunda orientación. La mayor parte de ellas utilizan los modelos digitales del terreno y superficie (MDT y MDS) para calcular las alturas del dosel de copas. Los modelos digitales de terreno y superficie regularizan la información contenida en los puntos correspondientes mediante la rasterización de la información contenida en la tabla asociada a



los puntos LIDAR con los que se trabaja. De entre los algoritmos los más frecuentemente utilizados son:

Interpolación por distancia inversa: crea una capa *raster* continua a partir de un conjunto de valores puntuales. Una vez definida la dimensión de la celda del raster, el valor que se asigna a cada una de ellas se calcula mediante una media ponderada de los puntos que se encuentren dentro de un radio de influencia desde el centro de la misma. Para la ponderación, a cada punto se le asigna un peso en función inversa a la distancia al centro. Este radio debe ser elegido según la densidad de puntos de forma que no queden huecos sin datos.

La fórmula utilizada es:

$$z_j = \sum_{i=1}^n k_{ij} \cdot z_i$$

Donde z_j es el valor estimado para el punto j ; n es el número de puntos usados en la interpolación; z_i el valor en el punto i -ésimo y k_{ij} el peso asociado al dato i en el cálculo del punto j . Los pesos k varían entre 0 y 1 para cada dato y la suma total de ellos es la unidad.

Interpolación por decremento lineal: Igual que el anterior pero la ponderación se hace por decremento lineal.

Interpolación Kriging: crea una superficie con valores estimados por interpolación Kriging que se basa en un análisis previo de la autocorrelación espacial de la variable a través del variograma teórico. A partir de los valores del variograma se estima un vector de pesos que multiplicado por el vector de valores de los puntos de influencia da el valor estimado.

Una vez creados los MDSs y MDTs, se dispone de dos mallas regulares, normalmente compuestas por celdas cuadradas o rectangulares. Cada celda contiene el valor de su altitud y se conocen sus coordenadas X Y. Es posible entonces restar el valor de las altitudes de cada par de celdas coincidentes



en el plano, de forma que al sustraer a la altitud del MDS la correspondiente en el MDT se obtiene su altura sobre el terreno. En terrenos forestales se puede calcular así la altura máxima de la vegetación en cada celda, obteniéndose de esta forma el modelo digital de alturas de copa (MDC).

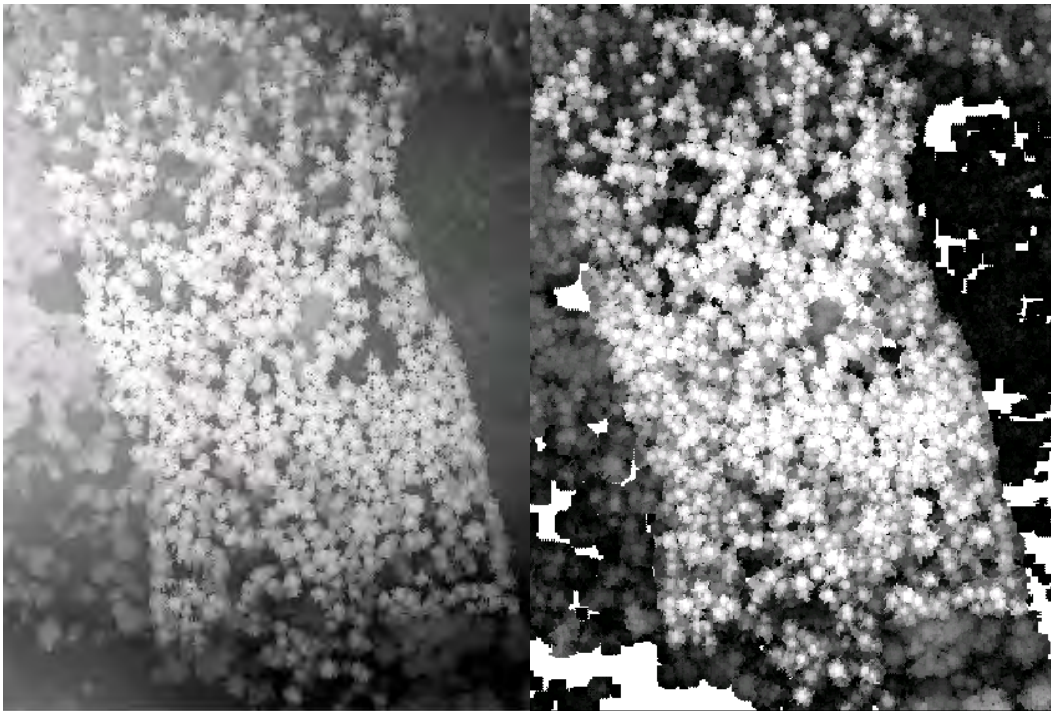


Figura 18. Modelos digitales de superficie (izda.) y de copas (derecha)

Una vez obtenido el MDC hay que delinear sobre él las copas de los árboles individuales y asignarles una altura.

Hyypä e Inkinen son los primeros en abordar este problema (Hyypä & Inkinen 1999). Para ello proponen recorrer toda la extensión del MDC con una ventana móvil de tamaño fijo de 3X3 celdas o mayor. La ventana inicia su recorrido en el píxel superior izquierdo y se desplaza píxel a píxel hacia la derecha. Cuando llega la final de una línea desciende un píxel y reinicia el recorrido de izquierda a derecha hasta completar toda la capa. Se anotan como máximos las celdas que resultan estar rodeadas de valores menores o iguales en todas direcciones. Estos máximos se consideran ápices de árboles y por tanto su número debe ser igual al de pies presentes en la superficie recorrida por la ventana. El método se probó en masas de



coníferas de Finlandia, Austria y Alemania, detectándose correctamente entre el 40 y el 50% de los árboles.

Con este método es posible asignar a cada árbol detectado su altura, que se haría corresponder con la de la celda del raster del máximo local. Sin embargo, durante el proceso de rasterización cada celda ha asumido una sola cota que no tiene porqué ser la mayor de entre las de los puntos brutos que contiene. Además, los modelos digitales de copas obtenidos contienen un gran número de máximo locales secundarios que no se corresponden con ápices y que distorsionan el modelo falseando la información. Para evitar este problema los MDC se suavizan con filtros gaussianos, de media o de mediana. El efecto de estos filtros es una suavización de la superficie pero también un cambio en los valores de altura de cada celda.

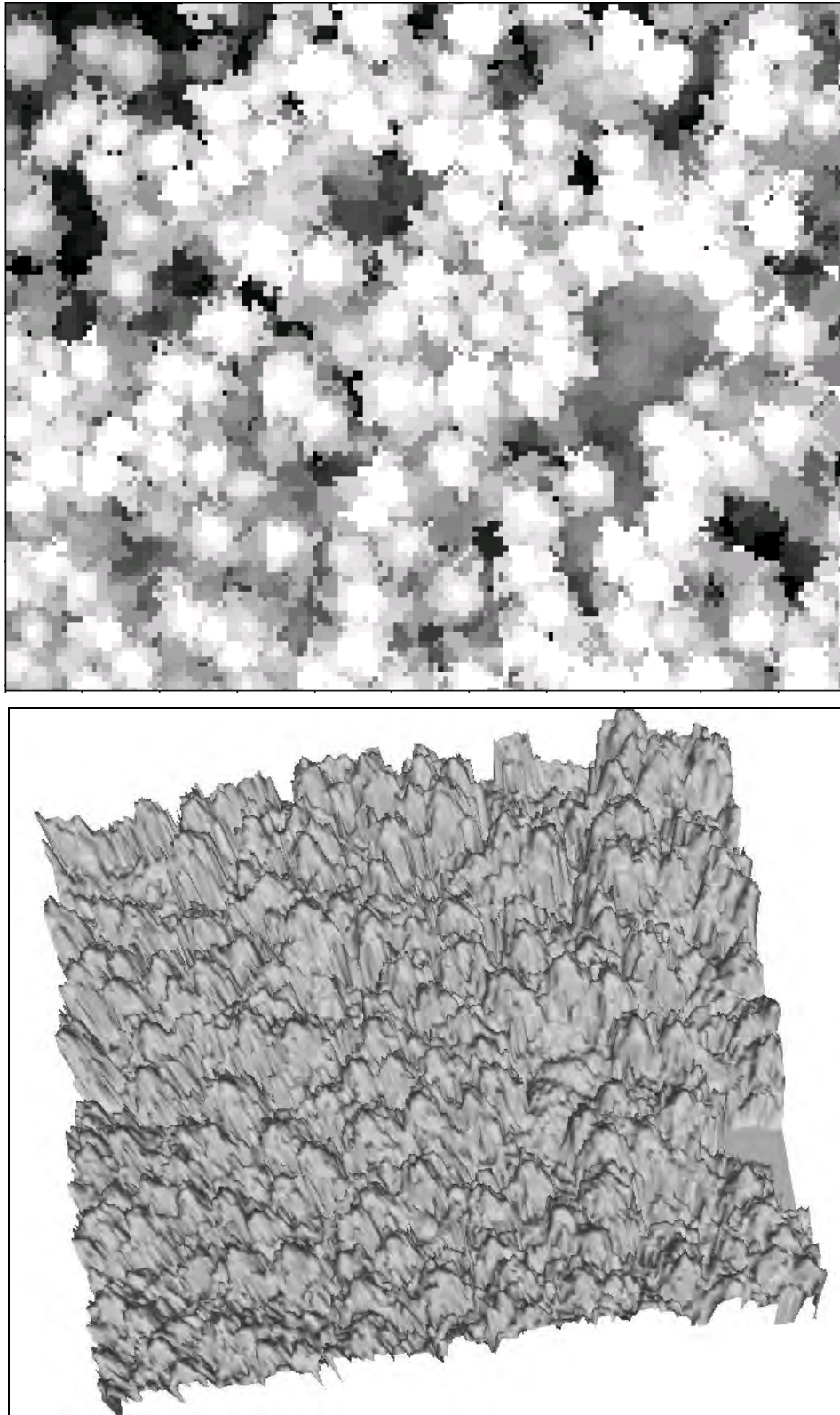


Figura 19. Modelo digital de copas con celda de 0.6 m. Sin suavizar y su representación 3D

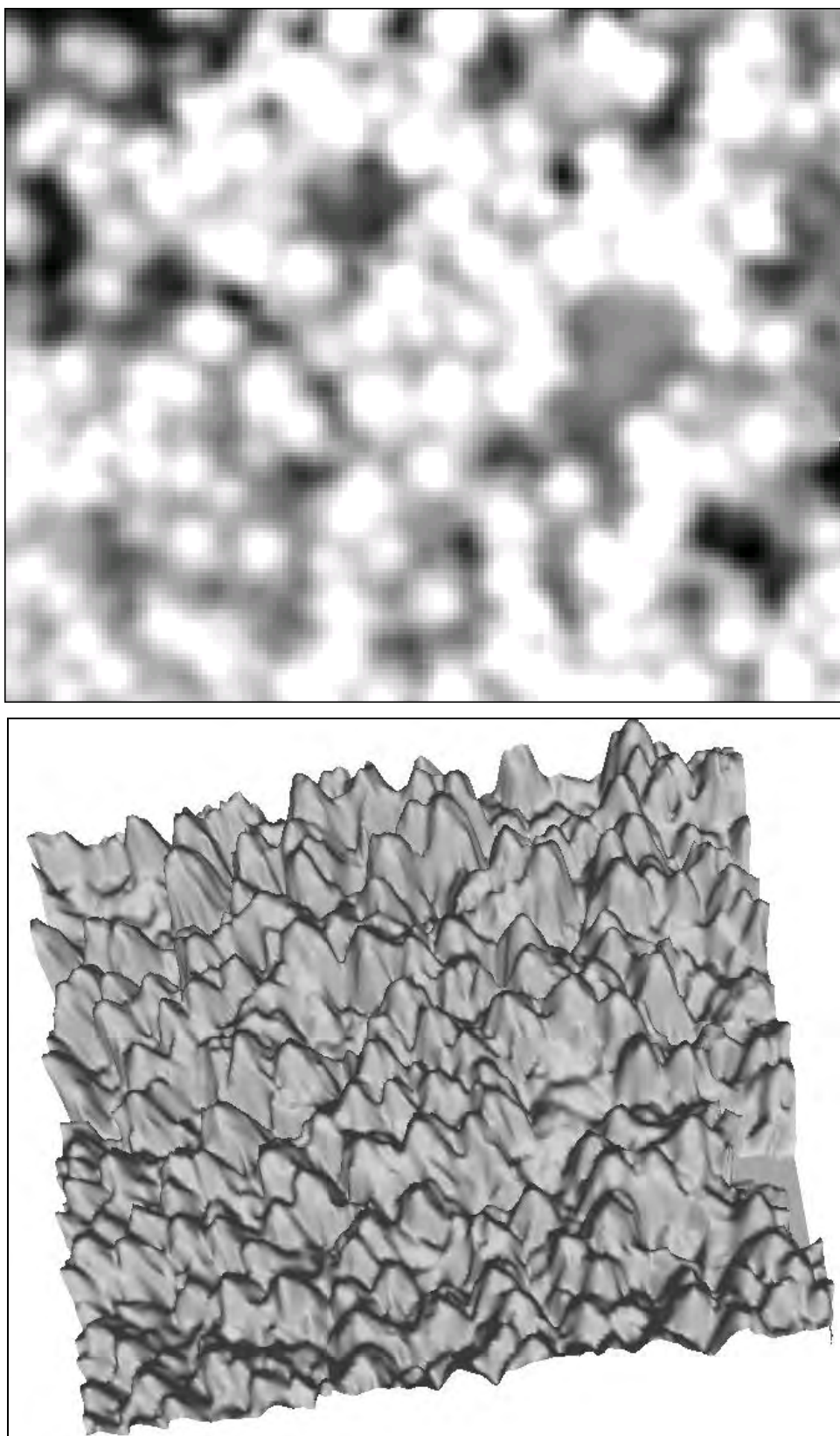


Figura 20. Modelo anterior tras ser suavizado con un filtro de media de dimensión 3X3 pixels.



Un paso hacia delante desde el modelo anterior para la detección de máximos locales fue la utilización de una ventana de dimensión variable según la altura del MDC en cada punto (Popescu et al. 2002). El método se probó sobre masas de frondosas y resinosas entre 15 y 115 años de edad en Virginia, en el sureste de los Estados Unidos de América. En el trabajo sólo utilizaron el primer y último rebote para la confección de los modelos digitales de terreno y superficie. El modelo digital de copas se obtiene por resta de los dos anteriores. Como conclusión establecen las siguientes ecuaciones que relacionan la altura del MDC en cada celda con el tamaño de la ventana para detectar máximos locales:

Para frondosas:

- $LV (m) = 3.09632 + 0.00895 H^2$ ($R^2=0.54$, $Sy.x=1.49$)

Para pinos:

- $LV (m) = 3.75105 - 0.17919 H + 0.01241 H^2$ ($R^2=0.58$, $Sy.x=1.20$)

Para masas mixtas:

- $LV (m) = 2.51503 + 0.00901 H^2$ ($R^2=0.59$, $Sy.x=1.45$)

Siendo LV el lado de la ventana en metros y H la altura del MDC en metros.

Estas ecuaciones sirvieron de base para el desarrollo del programa *Treevaw* (Tree Variable Window). Este software realiza el análisis del dosel de copa y localiza y delimita cada árbol individual.

La delineación de las copas de cada árbol individual también se puede abordar desde la utilización de los MDC. El método más usado para ello es el de “cuencas inundables”. La base de este método es la inversión del MDC de forma que los máximos relativos se convierten en los puntos más bajos de depresiones que contendrían las copas de cada árbol. Utilizando después las herramientas de análisis hidrológico de los sistemas de información



geográfica (SIG), se puede separar cada cuenca e identificarla como la copa de un árbol.

Como quiera que la simple aplicación del método de cuencas vertientes por sí sólo ofrece resultados poco precisos, se han desarrollado modificaciones para aumentar su eficacia. Mei y Durrieu consiguen delimitar correctamente el 52,6% de las copas en una parcela de pinos y el 80% en una de álamos con una modificación del método de cuencas.

Es frecuente en estos casos considerar la clasificación propuesta por Leckie (Leckie et al. 2003) que incluye cada uno de los árboles en alguna de las siguientes categorías:

- Correctamente delineado: el árbol detectado corresponde con un árbol real y sus copas coinciden en más de un 60% de su superficie.
- Satisfactoriamente delineado: el árbol detectado corresponde con un árbol real pero sus copas tienen un solape menor del 60%.
- Fusionado: un solo árbol detectado corresponde a dos o más árboles reales.
- Dividido: un solo árbol real corresponde a dos o más árboles detectados.
- No encontrado: un árbol real no se corresponde con ninguno de los detectados.

También utilizando modificaciones del método de inundación de cuencas, Koch, Heyder y Weinacker (Koch et al. 2003) obtienen para dos parcelas de abeto de Douglas y mezcla de frondosas porcentajes de 87,3 y 50% respectivamente, contando correctos y satisfactorios.

Se han propuesto Otras modificación del método de cuencas mediante segmentación jerárquica (Zaho & Popescu 2007).



A partir de los modelos digitales de copas y una vez establecidos los máximos locales, hay autores que optan por la delineación de los árboles individuales utilizando el recrecimiento de regiones. Este método consiste básicamente en el análisis de los píxeles vecinos a los estudiados y la decisión de su inclusión o no en la copa de cada árbol. Siguiendo esta línea, Tiede, Hochleitner y Blaschke (Tiede et al. 2005) consiguen detectar y delinear correctamente el 51% de los árboles de seis parcelas en el Parque Nacional Forestal de Bavaria en Alemania. Utilizando nubes de puntos muy densas, Rahman y Gorte (Rahman & Gorte 2009) consiguen mejorar los resultados anteriores en un ensayo realizado en Holanda.

Añadiendo al concepto anterior técnicas de segmentación orientada a objeto, Suárez, di Lucca, Goudie, Polsson, Xenadis, Gardiner y Perks (Suárez et al. 2009) consiguen detectar y delinear cerca del 90% de árboles dominantes y coodominantes en parcelas de pino silvestre en Escocia. Sin embargo, al algoritmo se mostró incapaz de detectar los árboles del estrato dominado.

Todos los trabajos anteriores tienen en común que parten del modelo digital de copas para obtener de él la información que necesitan para localizar y en su caso delimitar los árboles individuales. Como ya se ha comentado, dos son los problemas principales de la utilización de los MDC. Por una parte eliminan gran parte de la información presente en los puntos brutos y por otra son incapaces de detectar todo lo que quede cubierto por la superficie que representan. Con la intención de evitar estos inconvenientes, recientemente algunos autores han comenzado a trabajar con la nube completa de puntos. Esta orientación permite obtener información de cualquier altura del dosel de copas y por tanto puede, potencialmente, describir los estratos inferiores de las masas forestales que hasta ahora eran inaccesibles a los modelos de copas. Esta orientación es la que se seguirá en el desarrollo de este trabajo.

En esta línea de trabajo está el estudio de Wang, Weinacker y Koch. (Wang et al. 2008). El método de trabajo es el siguiente:



- Dividen la superficie en una retícula de 200 m. de lado de forma que los datos sean manejables. Ya se había comentado que uno de los inconvenientes del trabajo con la nube completa de puntos era el gran volumen de datos y la dificultad de su manejo. Procesando la información en áreas más pequeñas y uniéndolas al final se corrige parcialmente este problema.
- Una vez dividida la superficie, se normaliza la nube de puntos restando a cada uno la cota del terreno en su vertical. De esta forma cada punto contiene ahora su elevación sobre el suelo.
- La nube normalizada de puntos se “rebana” en capas de un metro de altura. Se añade a cada punto la información de la capa a la que pertenece.
- Cada capa se divide según una cuadrícula de lado fijo. Se obtiene así un espacio “voxel” formado por pequeños cubos.

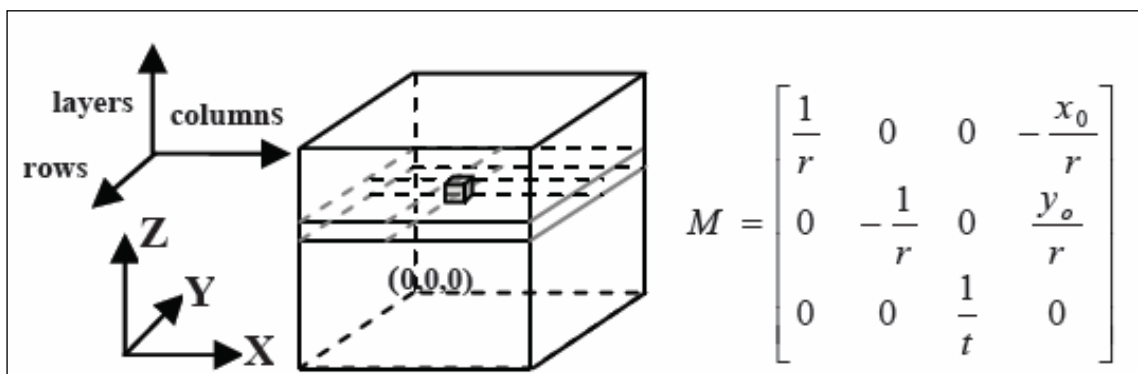


Figura 21. Esquema de espacio voxel y matriz de transformación de coordenadas del espacio a voxel donde r = resolución del raster, t = espesor de la capa, x_0 e y_0 = coordenadas del origen local.

- Los puntos de cada capa son proyectados sobre el plano de su base para pasar de un espacio 3D a múltiples capas 2D. Cada capa está a su vez dividida en celdas.
- A cada celda de cada capa se le asigna un valor que es igual al número de puntos que contiene.
- Se rasteriza la malla anterior con el valor de la densidad de puntos.



- Considerando que las mayores densidades corresponden a árboles, se delimitan en cada capa las copas de los árboles limitando su crecimiento.
- Se aplica un procedimiento para la mejora de la delimitación anterior
- Se hace la unión de cada copa en su recorrido vertical usando un procedimiento que Wang denomina “Pre-order forest transversal”.
- Modela las copas en 3D

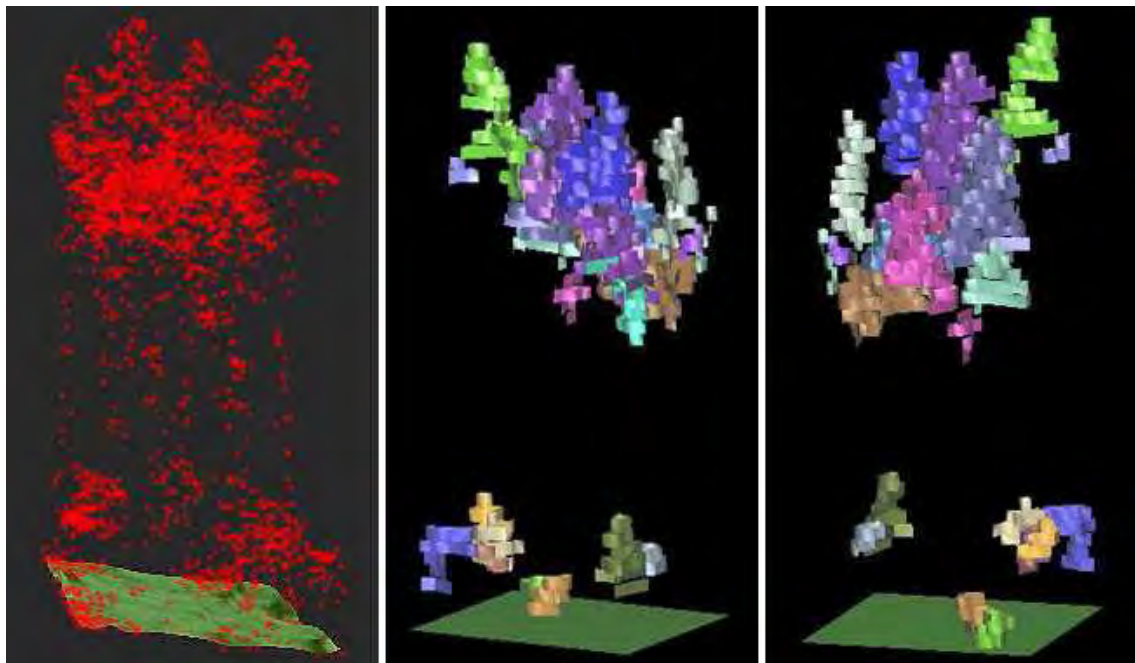


Figura 22. Nube de puntos inicial y modelado 3D de las copas correspondientes obtenido mediante la aplicación del procedimiento de Wang.

Como se puede apreciar en la figura, con este método es posible localizar los árboles de los estratos inferiores.

Basándose en el procedimiento seguido por Wang, Palomino (Palomino 2009) implementa mejoras en la delimitación de las copas y el reconocimiento de árboles bifurcados mediante el desarrollo de un algoritmo que incluye métodos de “clustering” y lógica “Fuzzy”.

También utilizando los puntos LIDAR directamente Tittman (Tittman 2011), localiza los ápices de árboles y separa los puntos de cada uno utilizando un



modelo geométrico de puntos basado en RANSAC (RANdom SAmple Consensus). Obtiene sobreestimaciones medias del 8% en número de pies. También se sobreestima el diámetro medio y se reduce la amplitud de la curva de distribución de diámetros por frecuencia eliminándose los extremos.

Trabajando con densidades de 14 puntos por metro cuadrado, Lee (Lee et al. 2010) consigue detectar correctamente el 95% de los árboles presentes en 28 parcelas de coníferas en Florida con un 5% de errores tanto de comisión como de omisión. Evalúa también la altura de cada árbol con un error medio del 4,2% y el diámetro de copa con un error medio del 10%.

En esta Tesis se desarrolla una metodología novedosa basada en la individualización de árboles, utilizando directamente la nube de puntos original con sus alturas normalizadas respecto a la cota de la celda del MDT correspondiente.





3 . OBJETIVOS





El objetivo principal de este trabajo de investigación es de carácter estrictamente práctico y finalista: desarrollar un método para la individualización de copas y el cálculo de altura total y diámetro normal **de cada árbol** de los que componen una masa que ocupe cualquier superficie, utilizando directamente nubes de puntos obtenidas con sensores laser aerotransportados.

Es importante recalcar que se utilizará directamente la nube de puntos y no modelos rasterizados conseguidos a partir de ella.

El método será desarrollado y aplicado a las masas de *Pinus sylvestris*. L (pino silvestre) del Territorio Histórico de Álava; sin embargo el procedimiento será tan flexible como para poder ser adaptado a masas de coníferas en cualquier parte del mundo introduciendo pequeñas modificaciones en los parámetros que lo regulan.

Para conseguir este objetivo general se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Desarrollar un programa en lenguaje SQL utilizable por el software POSTGRES – POSTGIS que automatice la individualización de árboles y la delineación de sus copas a partir de la información contenida en los puntos de archivos “.las”.
- Desarrollar un programa que automatice para cada árbol delineado el cálculo de su altura, superficie de copa y densidades puntuales de pies por hectárea.
- Compilar la información anterior en un formato estándar utilizable por Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Ajustar y validar modelos mediante regresiones para la estimación del diámetro normal y altura total de cada árbol.



Derivado de los anteriores, se plantea el siguiente objetivo secundario:
Ajustar y validar modelos para las siguientes variables de masa:

- Densidad de pies por hectárea.
- Altura media.
- Altura dominante.
- Diámetro medio.
- Área basimétrica.
- Volumen de madera por hectárea.
- Incremento anual de volumen de madera por hectárea.
- Biomasa total por hectárea.



4. MATERIALES Y MÉTODOS





4.1 Zona de estudio.

La zona de estudio corresponde a la provincia de Álava. Esta provincia se encuentra en el norte de España y ocupa la mitad sur de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV).



Figura 23. Situación de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAV) en España.



Figura 24. Situación de Álava en la CAV



El Territorio Histórico de Álava ocupa 303.456 ha. y se divide en seis comarcas de las cuales cinco pertenecen a la cuenca mediterránea y sólo una, Valles Cantábricos, pertenece a la cuenca norte.



Figura 25. Comarcas alavesas. En amarillo la vertiente cantábrica

Las comarcas administrativas de Álava coinciden a grandes rasgos con las distintas zonas climáticas en que se puede dividir el Territorio.

CANTÁBRICA ALAVESA. Comarca que linda con Bizkaia por la comarca de Encartaciones (N/O) y Arratia-Nervión (N/E), y con la comarca de Estribaciones del Gorbea (S/E) por Álava. También limita con la provincia de Burgos en su vertiente S/O (Altos Valles Burgaleses) y con el municipio de Orduña, perteneciente a la citada comarca vizcaína de Arratia-Nervión. Los municipios que la componen son: Amurrio, Artziniega, Ayala, Llodio y Okondo. Por tanto, situada en su totalidad en la vertiente cantábrica, se caracteriza por su clima oceánico y unos suelos relativamente profundos. Su superficie forestal se distingue de las demás comarcas alavesas por su menor altitud y su mayor pendiente media. La productividad forestal de esta



comarca es alta, concentrando la mayor parte de las industrias forestales de Álava.

ESTRIBACIONES DEL GORBEA. Comarca colindante con las comarcas alavesas de Llanada Alavesa (S), Cantábrica Alavesa (O) y Valles Alaveses (S-O), con Gipuzkoa a través de la comarca del Alto Deba (E) y con Bizkaia al norte, a través de los Parques Naturales de Gorbea y Urkiola. Es decir, los límites de esta comarca están definidos por una serie de accidentes geográficos que marcan las características físicas de esta zona: El macizo de Gorbea y los montes de Legutiano (al norte), la Llanada (al sur), al este el embalse del Zadorra y el guipuzcoano valle del Deba y finalmente al oeste, la depresión de Orduña. Está formada por cinco municipios: Aramaio, Urkabustaiz, Zuia, Legutiano y Zigoitia. Por tanto, es una comarca de transición entre la vertiente cantábrica (valles de Aramaio y Altube) y la mediterránea, con una importante influencia de las condiciones montañosas. Su superficie forestal se caracteriza por unas considerables altitudes, aunque las pendientes no son elevadas. La productividad forestal de esta comarca es considerable, con importante presencia del Pino radiata.

LLANADA ALAVESA. Comarca que se localiza en el nordeste del Territorio Histórico de Álava. Limita al norte con el Territorio Histórico de Guipúzcoa (Alto Deba y Goierri) y las sierras de Elgea y Urkilla; al oeste se sitúa Vitoria-Gasteiz; al este limita con Montaña Alavesa y la Comunidad Foral de Navarra, y al sur con los montes de Iturrieta y la sierra de Entzia. Los municipios que la integran son Alegría-Dulantzi, Salvatierra-Agurain, Asparreña, Barrundia, Elburgo/Burgelu, Iruraiz-Gauna, San Millán/Donemiliaga y Zaldondo. La Llanada Alavesa es una comarca mediterránea, en la que la superficie agraria alcanza la mitad de la extensión total. Las laderas montañosas que rodean la amplia llanura del Zadorra acogen una superficie forestal caracterizada por unas pendientes moderadas y una amplia presencia de matorral y masas de frondosas procedente de



cepa. La productividad forestal de esta comarca es intermedia, con importante presencia de plantaciones de coníferas.

MONTAÑA ALAVESA, Comarca que se localiza en el centro-oeste de la provincia de Álava, limitando al sur con Rioja Alavesa, al este con Navarra, al oeste con los Valles Alaveses y al norte con el enclave de Treviño y la Llanada Alavesa. Los municipios que la componen son: Arraia-Maeztu, Bernedo, Campezo, Lagrán, Peñacerrada y Valle de Arana. Montaña Alavesa es una comarca con importante influencia de las condiciones montañosas, que se traducen en bajas temperaturas medias y periodo vegetativo de corta duración. Su superficie forestal es muy extensa, ya que el uso forestal arbolado ocupa el 63% de la superficie comarcal. La productividad forestal, a causa de la altitud, no es muy elevada, aunque debido a la extensión de los bosques los aprovechamientos son de considerable magnitud.

VALLES ALAVESES. Comarca que se ubica en el sur-oeste del Territorio Histórico de Álava, se trata de una comarca estructurada por valles independientes. Los municipios que integran esta comarca son: Salinas de Añana, Armiñón, Berantevilla, Kuartango, Lantarón, Ribera Alta, Ribera Baja, Valdegovía y Zambrana. Valles Alaveses es una comarca de características intermedias entre las dos anteriores, ya que cuenta con amplias extensiones agrícolas en sus valles y unas masas arboladas situadas en altitudes elevadas. La productividad forestal, a causa de la altitud, no es muy elevada, aunque la extensión que alcanza el Pino silvestre en la sierra de Arcena supone importantes aprovechamientos forestales.

RIOJA ALAVESA. Comarca que se localiza en el sur del Territorio Histórico de Álava, limita al norte con la Montaña Alavesa, al sur con el río Ebro que sirve de límite meridional con el vecino territorio de La Rioja, al este con Navarra y al oeste con el entrante de San Vicente de la Sonsierra y Ábalos (La Rioja). Los municipios que conforman la comarca son: Baños de Ebro/Mañueta, Kripan, Elciego, Elvillar/Bilar, Labastida, Laguardia,



Lanciego/Lantziego, Lapuebla de Labarca, Leza, Moreda de Álava, Navaridas, Oion-Oyón, Samaniego, Villabuena de Álava/Eskuernaga y Yécora. La Rioja Alavesa es una comarca de clima mediterráneo con intenso aprovechamiento agrícola. La superficie forestal arbolada sólo supone el 12% de la superficie total comarcal y queda restringida a terrenos marginales, con limitaciones por pendiente o altitud. La productividad forestal es baja, a lo que hay que unir un considerable riesgo de incendio (fuerte sequía estival, situación en solana, uso agrícola del fuego).

En cuanto a las altitudes, casi el 70% da la superficie de Álava se encuentra entre 400 y 800 metros. Las cotas inferiores a 400 metros sólo aparecen en la comarca de Valles Cantábricos. Las mayores altitudes corresponden al Macizo del Gorbea situado en la comarca de Etribaciones del Gorbea. El rango altitudinal va de los 1.482 metros de la cumbre del Monte Gorbea a los 55 metros de la salida hacia Vizcaya del río Cadagua.

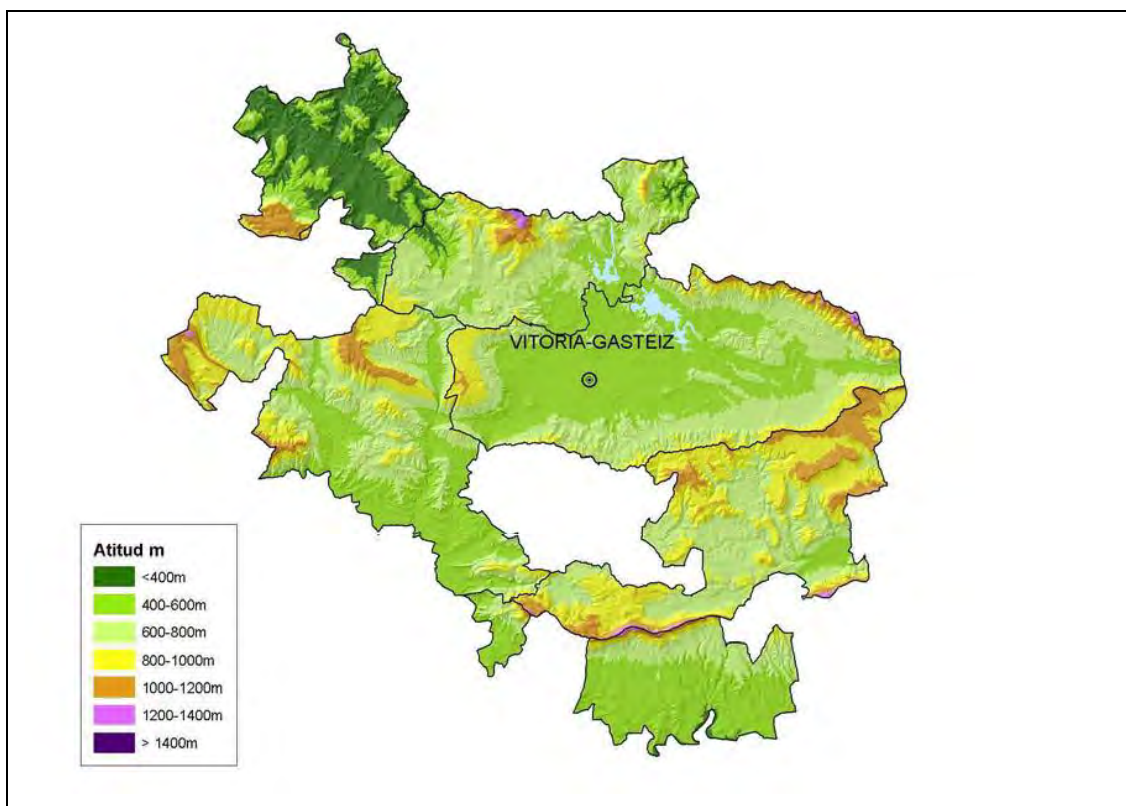


Figura 26. Altitudes de Álava



ALTITUD	COMARCAS. Superficie en hectáreas						TOTAL
	Llanada	Cantábrica	Estribaciones Gorbea	Montaña Alavesa	Valles Alaveses	Rioja Alavesa	
0-200	0	2.398	0	0	0	0	2.398
200-400	0	16.755	1.071	0	0	565	18.391
400-600	40.532	10.193	12.038	1.853	22.219	21.108	107.988
600-800	28.591	1.562	20.777	20.783	24.025	7.632	103.372
800-1000	9.128	507	4.834	22.183	14.125	1.500	52.367
1000-1200	2.038	1.668	1.171	8.194	4.067	578	17.716
1200-1400	166	0	296	356	130	242	1.190
1400-1600	6	0	23	4	0	2	35

Tabla 2. Altitudes por comarcas

Los montes alaveses se agrupan en sierras que atraviesan el territorio en dirección preferente este – oeste en tres líneas principales. Al sur las sierras de Toloño, Cantabria y Codes forman la línea de separación de la región climática genuinamente mediterránea. Las sierras de Arkamo, Entzia, Montes de Vitoria, Izki e Iturrieta conforman una línea central que separan la región anterior de los valles de transición y la Llanada. Sierra Salvada, Sierra de Guibijo, Macizo del Gorbea, Sierra de Elgea y Montes de Altzania forman la línea norte que separa la cuenca del Ebro de la cuenca Norte y las regiones biogeográficas Mediterránea y Eurosiberiana.

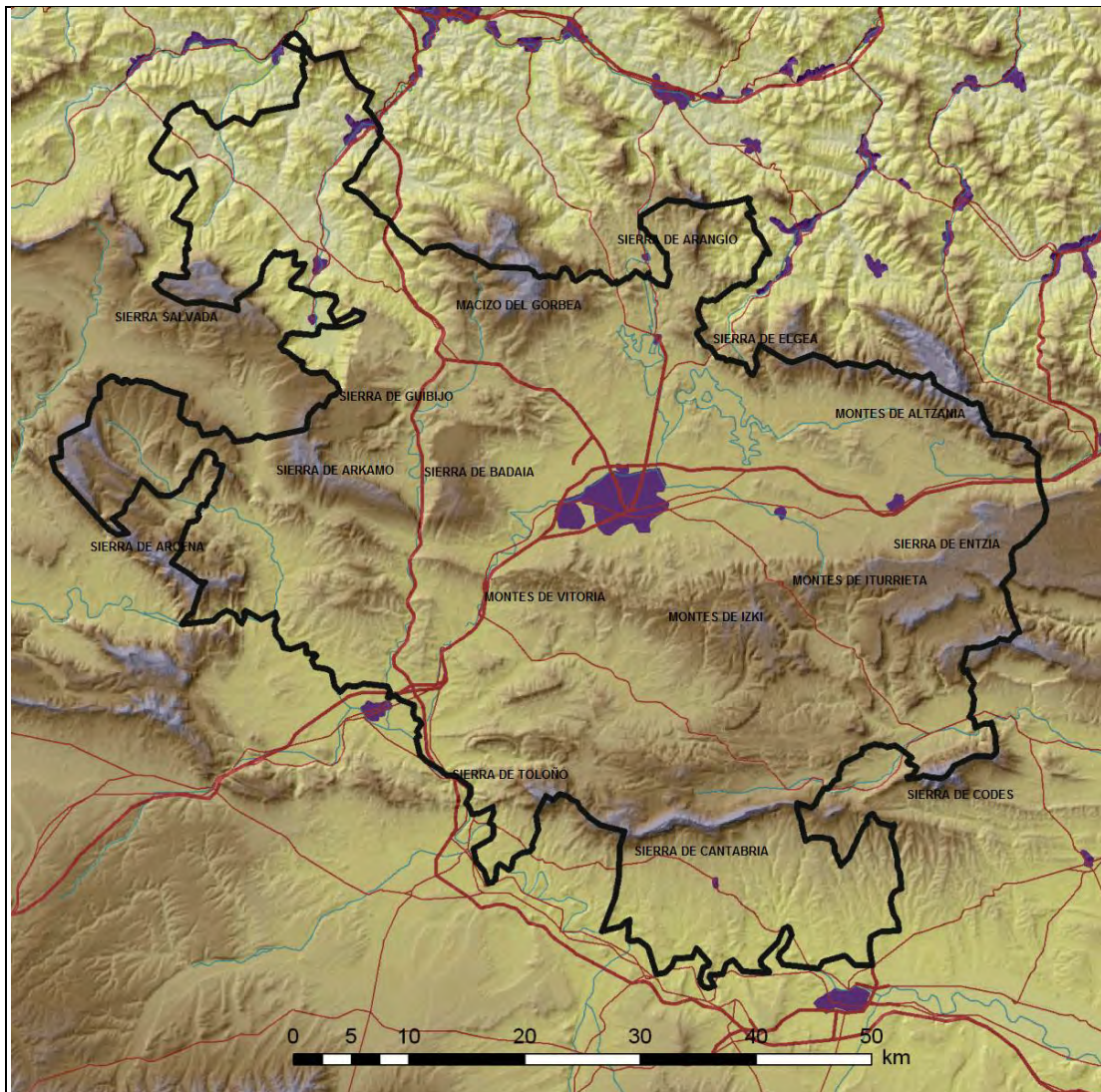


Figura 27. Mapa físico de Álava



4.2 El cuarto inventario forestal nacional en el País Vasco. El mapa forestal.

El Inventario Forestal CAPV 2011 es una estadística oficial, integrada en el Plan Vasco de Estadística 2009-2012. Su realización es responsabilidad del Órgano Estadístico del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, y cuenta con la colaboración financiera y operativa de la Diputación Foral de Álava, Diputación Foral de Bizkaia y Diputación Foral de Gipuzkoa. Este Inventario, desarrollado en el marco metodológico de la operación estadística Inventario Forestal Nacional IFN4, se ha realizado en colaboración con el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, responsable del IFN4, que ha aportado soporte técnico y financiero para, entre otras tareas, el levantamiento de las parcelas de campo y su procesado, la valoración económica, el estudio de biodiversidad y la evolución del paisaje forestal.

Previo a la ejecución del inventario se realizó durante los años 2010 y 2011 el mapa forestal de la CAPV. Este documento fue la base para la determinación de los estratos inventariables y la colocación de las parcelas de inventario.

El mapa forestal se elaboró por fotointerpretación sobre pantalla utilizando las ortofotos en color del vuelo del año 2009 con tamaño de pixel de 0,25 metros. El tamaño mínimo de tesela cartografiable fue de 0,20 hectáreas, de forma que una tesela pudiera albergar una parcela de inventario de 25 metros de radio.

Las fases que se siguieron en el trabajo de fotointerpretación fueron:

Recogida de la información: las Diputaciones Forales enviaron datos catastrales de las parcelas en las que se habían registrado peticiones de corta de arbolado o ayudas por reforestación. También se contaba con los



mapas de rodales actualizados de montes públicos. De esta forma, se contaba con una referencia geográfica de la ubicación de cortas y plantaciones forestales en los últimos años.

Transformaciones temporales: dado el plazo de 5 años entre el anterior mapa y el nuevo, en el caso de las plantaciones forestales se supuso que evolucionaron con la edad; así, los arbolados en estado de masa repoblado en 2005 han pasado 5 años después al estado monte bravo, los arbolados en estado de masa monte bravo en 2005 han pasado 5 años después al estado latizal y los arbolados en estado de masa latizal en 2005 han pasado 5 años después al estado fustal. Las zonas que en 2005 aparecían como Talas y no han sido plantadas ni regeneradas en estos 5 años, dejan de considerarse Talas para pasar a ser Matorral o Herbazal en cada caso.

Teselado: tomando como base el anterior mapa forestal 2004-2005, se foto-interpretaron directamente en pantalla los cambios detectados en la vegetación sobre ortofoto en color con pixel de 0,25 metros.

Codificación: las teselas, visualizadas en pantalla, fueron codificadas siguiendo las normas del mapa forestal MFE25, incluido en el IFN4. Con vistas a que los foto-interpretadores tuvieran mejores referencias del tipo de vegetación de cada tesela, se contó con la información aportada por anteriores ortofotos anuales, cartografía de vegetación Eunis 2005 y las propias parcelas de campo del Inventario forestal 2005 (incluido en el IFN3)

Corrección de errores: una vez codificadas las teselas de las distintas hojas, se comprobó que no existieran teselas con campos vacíos o con valores erróneos y que no hubiera bordes defectuosos en las teselas, concentrados sobre todo en los límites entre hojas.

Se siguió el límite oficial de la CAPV y de cada Territorio Histórico aportado por el Ministerio de Medio Ambiente (MMA), aunque se amplió esta superficie cartografiada del País Vasco en una distancia de 1 km para evitar vacíos de información en los bordes.



En los Territorios Históricos de Bizkaia y Gipuzkoa, las Diputaciones Forales aportaron cartografía digitalizada de los rodales de diversos montes públicos, a escala aproximada de trabajo 1/5.000. En el caso de Álava, donde no se dispone de rodalización de los montes públicos, la guardería forestal realizó el trabajo de corrección y actualización del mapa de vegetación.

Para la ejecución del inventario, Cada parcela de campo es asignada a un estrato según la información del mapa forestal. Los estratos se definen en función de la especie forestal, densidad del arbolado y estado de masa o rango de edad. Se busca en la formación de estratos la homogeneidad de las teselas que lo componen en cuanto a la variable principal a estimar en el inventario: volumen de madera. Los estratos se materializan de forma que tengan una superficie mínima que asegure una suficiente representación de parcelas de campo que evite que los errores de muestreo sean muy elevados, la búsqueda de esta superficie mínima lleva en ocasiones a agrupar en un estrato teselas de diferentes especies. Se definieron 18 estratos en Álava, 12 en Bizkaia y 14 en Gipuzkoa.



Estrato	DEFINICIÓN			
	Formación forestal dominante	Ocupación %	Estado de masa	FCC%
01	Pinus sylvestris	>=70	Fustal. Latizal	70-100
02	Pinus sylvestris	>=70	Fustal. Latizal	5-69
03	Pinus sylvestris y Pinus nigra de plantación	>=70	Fustal. Latizal	5-100
04	Pinus nigra y Pinus pinaster	>=70	Fustal. Latizal	5-100
05	P. nigra y P. nigra con Q. faginea o Q. ilex	>-70;30<=Esp.<70	M. bravo-Repoblado	5-100
06	Pinus radiata	>=70	Fustal. Latizal	20-100
07	Pinus radiata	>=70	M. bravo-Repoblado	5-100
08	Q. robur y Q. robur con Fagus sylvatica	>=70;30<=Esp.<70	Fustal. Latizal	5-100
09	Quercus pyrenaica	>=70	Fustal. Latizal	5-100
10	Quercus faginea	>=70	Fustal. Latizal	70-100
11	Q. faginea con P. sylvestris o con g.	30<=Esp.<70	Fustal. Latizal	70-100
12	Quercus faginea	>70	Fustal. Latizal	5-69
13	Quercus ilex	>=70	Fustal. Latizal	70-100
14	Quercus ilex	>=70	M. bravo-Repoblado	5-69
15	Q.faginea, Q. ilex y Q. pyrenaica	>-70;30<=Esp.<70	Fustal. Latizal	5-100
16	Fagus sylvatica	>=70	Fustal. Latizal	70-100
17	Fagus sylvatica	>=70	Fustal. Latizal	5-69
			M. bravo-Repoblado	5-100
18	Arboles de ribera y frondosas región atlántica	>=70;30<=Esp.<70	Todos	5-100

Tabla 3. Estratos definidos para Álava en el mapa forestal 2010

Las parcelas de inventario se situaron en los vértices de la malla kilométrica de coordenadas UTM en el sistema de referencia ED50, cuando éstos se encontraban dentro de una tesela de las definidas en el Mapa Forestal. En esta edición del inventario y por motivos presupuestarios, sólo se midió una de cada dos parcelas que cumplían las condiciones anteriores por lo que sólo se cuenta con la mitad de la información de campo que en ediciones anteriores del IFN. En esta edición se midieron 1.685 parcelas.

Para el replanteo de parcelas y medida de variables se siguió, con algunas modificaciones, la metodología desarrollada para el IFN2 (ICONA 1990).

Es muy importante tener en cuenta que según esta metodología de medición, se replantean en el campo parcelas de radio variable de forma que un árbol entrará o no en la parcela según su diámetro normal. Los árboles con diámetro inferior a 7,5 centímetros se consideran pies menores y no se tienen en cuenta para el cálculo de las variables derivadas. Los pies cuyo diámetro se encuentra entre 7,5 y 12,5 centímetros sólo se cuentan si se



encuentran a menos de 5 metros del centro de la parcela. Los pies con diámetro entre 12,5 y 22,5 centímetros se cuentan si su distancia al centro de la parcela es menor de 10 metros. Aquellos árboles cuyo diámetro normal esté entre 22,5 y 42,5 cm se tendrán en cuenta si su distancia al centro de la parcela es menor de 15 metros. Los arboles de más de 42,5 centímetros de diámetro se contarán todos dentro de una parcela de 25 metros de radio. El peso de cada árbol en el cálculo de variables derivadas depende pues de su diámetro según el denominado factor de expansión que se define como la relación que existe entre la superficie de referencia (en general una hectárea) y la superficie de la subparcela cuyo diámetro corresponde a las condiciones expuestas más arriba. El uso de estos factores no ofrece problemas si se pretende estimar existencias a una escala adecuada pero es problemático si se pretenden estimar distribuciones diamétricas de parcelas reales (BRAVO et al. 2002)

Una vez obtenidos los datos de campo, la densidad en número de pies por hectárea de cada parcela se obtiene sumando la densidad correspondiente a cada pie muestreado. El área basimétrica por hectárea de cada parcela se obtiene sumando la sección normal correspondiente a cada árbol muestreado teniendo en cuenta que en función de su diámetro, cada árbol muestreado representa a un número determinado de pies por hectárea según su factor de expansión.

Se aplican las ecuaciones de cubicación a cada árbol muestreado en las distintas parcelas de campo para obtener el volumen y el crecimiento anual de cada árbol y, por extensión, de cada parcela multiplicando el volumen de cada árbol por el factor de expansión que le corresponde.

Para elevar los datos a nivel de provincia, se toman todas las parcelas de un mismo estrato y se calculan con todas ellas los valores medios por hectárea de los distintos parámetros, estos valores constituyen los parámetros dasométricos. Estos valores medios se multiplican por la superficie del estrato y se obtienen los valores absolutos del estrato. La agregación de los



valores absolutos de todos los estratos proporciona los datos de número de pies, volúmenes y crecimientos desglosados por especies en cada provincia.

Para este estudio se utilizarán los datos de *Pinus sylvestris*. L (pino silvestre) obtenidos en el IFN4 de la CAPV. Sobre esta especie se desarrolla todo el trabajo posterior.



4.3 El pino silvestre en el País Vasco y en Álava.

La especie sobre la que se centra este estudio es el *Pinus sylvestris*. L (pino silvestre). En la CAPV esta especie aparece casi exclusivamente en Álava, concentrándose en la región de la Sierra de Arcena entre los 600 y 1.000 metros de altitud. Se trata en su mayor parte de masas naturales que forman una prolongación de los extensos pinares del Sistema Ibérico desde el norte de Burgos. Su resistencia a la continentalidad y al intenso frío invernal del interior de Álava propició en las décadas de 1950 y 1960 su extensión por repoblación en zonas de montaña del dominio del haya, el quejigo y el rebollo.

El *Pinus radiata* D.Don (pino radiata) es la especie de mayor importancia económica en la CAPV y es la conífera que más superficie ocupa en este territorio: 132.084 ha. Por tanto el número de parcelas medidas en el IFN4 es mucho mayor que el de parcelas de pino silvestre. Inicialmente se planteó desarrollar el procedimiento de este trabajo para esta especie en todo el ámbito territorial de CAPV. Sin embargo, el rápido crecimiento de esta especie provoca que las diferencias entre los valores de las variables dasométricas obtenidas con los datos de campo procedentes del IFN4 de 2011 y los obtenidos con la aplicación del procedimiento desarrollado para los datos LIDAR obtenidos en 2008 tengan una magnitud que desaconseja su uso. Además el pino radiata está sometido a un régimen de cortas mucho más intenso que el pino silvestre por lo que en los tres años de desfase muchas de las parcelas medidas han sufrido reducciones considerables en el número de pies que contienen.

No obstante lo anterior, el procedimiento desarrollado también se aplicó al pino radiata obteniéndose buenos resultados que confirman la posibilidad de, en estudios posteriores, generalizar el procedimiento a otras especies y ámbitos territoriales.



Según el mapa forestal de 2010 los datos para el pino silvestre son los siguientes:

Territorio	Estado de la masa					Densidad			Propiedad Pública
	Talas	Rep/MB	Latizal	Fustal	Total	Baja	Media	Alta	
CAPV	7	391	2.767	14.295	17.459	798	1.521	15.057	79,4%
Álava	7	370	2.736	13.749	16.862	775	1.429	14.582	79,5%
Vizcaya	0	11	28	408	447	8	80	351	72,9%
Guipuzkoa	0	10	3	138	151	15	12	124	82,4%

Tabla 4. Superficie ocupada por pino silvestre en la CAPV

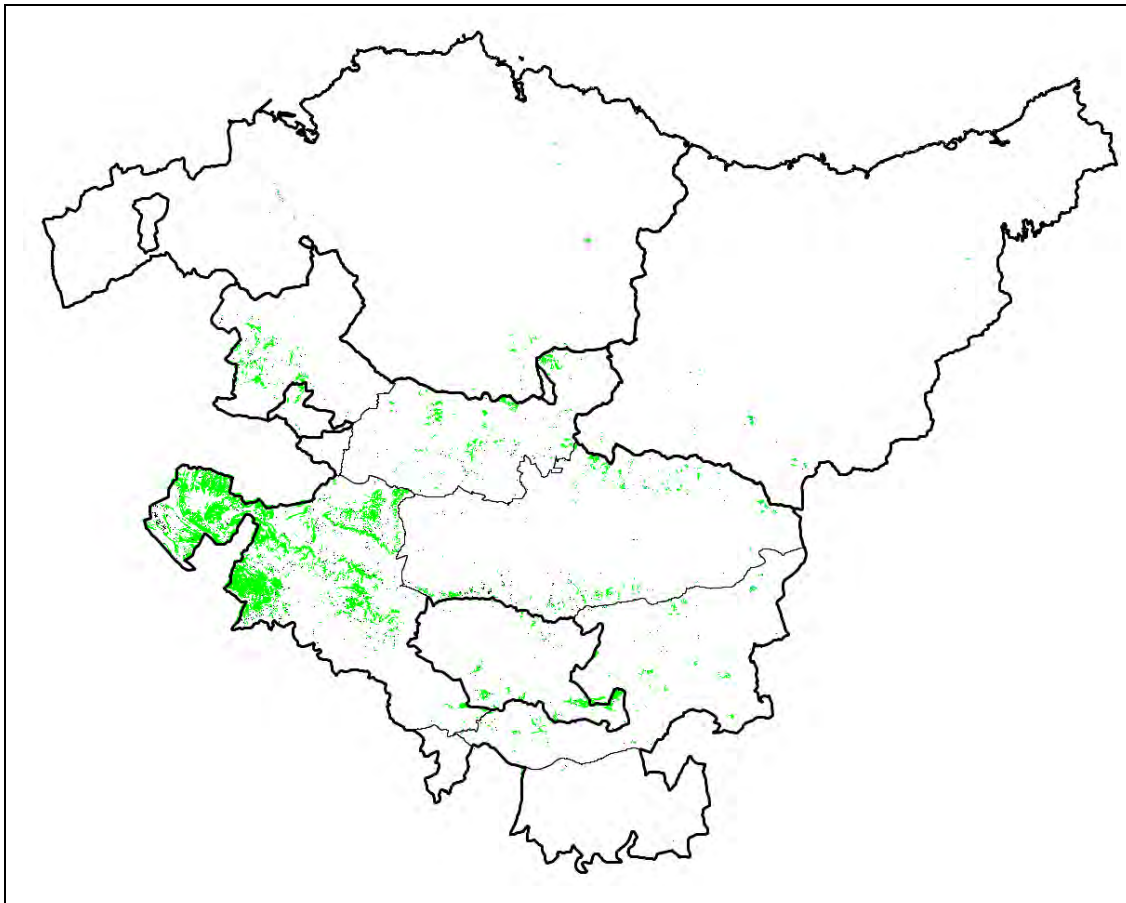


Figura 28. Distribución del pino silvestre en la CAV

El ámbito territorial de este estudio es el de la provincia de Álava y en ella se encuentra el 96,6% de la superficie ocupada en la CAPV por el pino silvestre.



La distribución por comarcas de la superficie ocupada por pino silvestre en Álava es la siguiente:

Comarca	Estado de la masa					Densidad			Propiedad Pública
	Talas	Rep/MB	Latizal	Fustal	Total	Baja	Media	Alta	
Llanada Alavesa	2	71	159	1.092	1.323	92	116	1.111	91,5%
Cantábrica Alavesa	0	27	825	572	1.423	19	208	1.185	44,5%
Estribaciones Gorbea	3	33	118	1.331	1.485	36	52	1.371	79,7%
Montaña Alavesa	0	0	52	577	630	8	92	530	92,0%
Valles Alaveses	2	233	1.562	10.151	11.948	612	956	10.345	81,7%
Rioja Alavesa	0	6	20	26	53	7	5	41	89,4%
Total	7	370	2.736	13.749	16.862	775	1.429	14.582	79,5%

Tabla 5. Superficies ocupadas por pino silvestre en las comarcas alavesas

Según el Mapa Forestal en Álava hay aproximadamente 13.300 hectáreas de pino silvestre natural (78%) y unas 3.700 hectáreas de pino silvestre repoblado (22%). Los pinares naturales corresponden principalmente a los de las comarcas occidentales de Valles Alaveses y Cantábrica Alavesa. El área de expansión del pino silvestre por repoblación se extiende principalmente por las comarcas de Estribaciones del Gorbea, Llanada Alavesa y Montaña Alavesa donde casi todas las masas tienen un origen antrópico. En la Rioja Alavesa el pino silvestre es prácticamente inexistente.

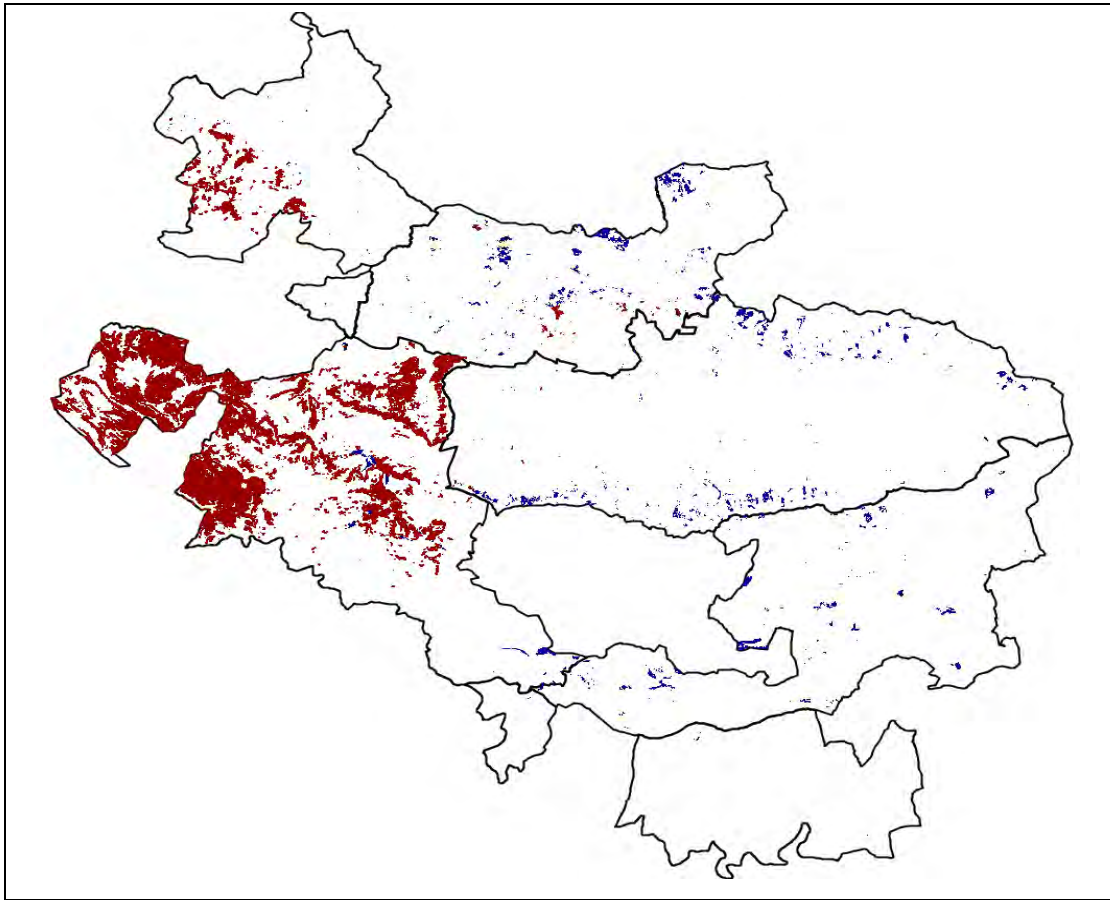


Figura 29. Distribución de superficie ocupada por masas de pino silvestre natural (rojo) y repoblado (azul) en Álava.

En junio de 2013 se publicó el libro resumen del IFN4 en la CAPV. Según estos datos, la superficie y las existencias del pino silvestre en la CAPV apenas han variado respecto al anterior inventario de 2005 pero se aprecia un notable aumento de la cantidad de pies no inventariables de especies acompañantes.

La publicación anterior no desglosa por territorios la superficie ocupada por el pino silvestre. En el total de la CAPV asigna 15.559 hectáreas a esta especie, un 11% menos que el mapa forestal.

Según el IFN4 en la CAPV hay 10.544.539 pies mayores de pino silvestre con un volumen de 2.393.062 m³ de madera con corteza.

La densidad media es de 677,69 pies/ha y el volumen con corteza medio 153,80 m³/ha.



4.4 Datos de campo.

Los datos de campo de este estudio corresponden a los tomados en Álava entre octubre de 2010 y junio de 2011 para el Cuarto Inventario Forestal Nacional (IFN4).

En total 632 parcelas de inventario fueron replanteadas y medidas en Álava.

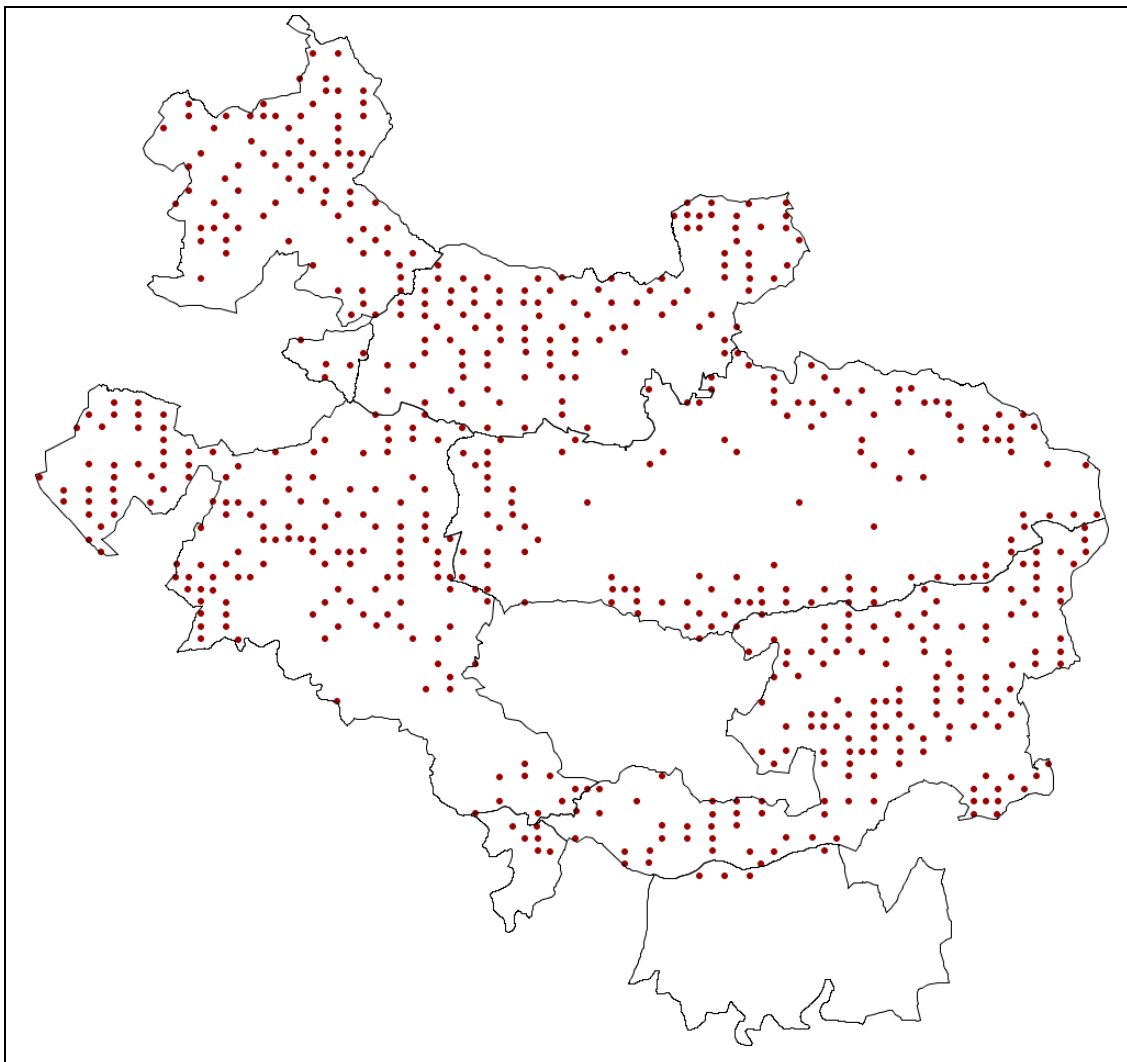


Figura 30. Localización de parcelas levantadas en el IFN4 en Álava

De las parcelas medidas en Álava se separaron las 93 que tenían como especie principal el pino silvestre.



De las 93 parcelas se eliminaron aquellas cuya altura media no superaba los seis metros. Esto es así porque el algoritmo de delineación de copas trabaja explorando la nube de puntos en sentido descendente hasta una altura sobre el suelo de cuatro metros para no incluir el efecto distorsionador que puede tener el matorral sobre los datos finales y además se debe tener en consideración el crecimiento en altura de los árboles en los tres años de desfase entre la toma de datos LIDAR y los datos de campo.

Aunque en el IFN4 se consideran pies mayores aquellos cuyo diámetro normal es mayor de 7,5 cm, en este estudio sólo se tendrán en cuenta los árboles cuyo diámetro normal sea mayor de 10 cm. De esta forma se eliminan un gran número de pies de la masa accesoria, muertos en pie y especies arbustivas que distorsionan los resultados finales.

Como se explicará más adelante, los datos LIDAR usados en el proceso se tomaron tres años antes que las medidas en campo. El crecimiento en altura de los pinos en estos años puede considerarse como media de 0,33 metros por año. (González 2006). Por esto, para este estudio, se considerarán sólo los pies cuya altura sea mayor de 6 metros. Se evita así que los árboles incluidos invaliden la premisa de altura mínima de trabajo (4 m) del algoritmo que se desarrolló para la individualización de copas y cálculo de las variables de árbol.

En consecuencia, en las parcelas que cumplían las condiciones anteriores se eliminaron los pies con diámetro normal menor a 10 cm o altura total menor de 6 metros.

Una vez eliminados los pies anteriores, se seleccionaron aquellas parcelas en las que el pino silvestre representaba más del 80% de los pies medidos teniendo en cuenta su ponderación. Las parcelas que cumplían esta condición se clasificaron como de clase 1. También se seleccionaron aquellas parcelas en las que las coníferas representan más del 90% y el pino silvestre más del 60% de los pies medidos considerando su



ponderación. Las parcelas que cumplían estas condiciones se clasificaron como de tipo 2. Tres de las parcelas seleccionadas no cumplían las condiciones anteriores pero aun así fueron seleccionadas por la pequeña dimensión de los pies que no eran pinos. Estas parcelas se clasificaron como de tipo 3.

Para evitar el error que supondría la reducción de la densidad de pies se eliminaron además aquellas parcelas en las que se habían realizado claras en los tres años de desfase en los datos.

Con estos criterios fueron seleccionadas 50 parcelas, de las que 43 son de tipo 1, 4 de tipo 2 y 3 de tipo 3. De las parcelas seleccionadas, 10 proceden de repoblación y las otras 40 tienen un origen natural. En ninguna de ellas se realizaron claras en los tres años que median entre la toma de datos LIDAR y los del IFN4.

La relación de parcelas seleccionadas, su condición de naturales o repobladas y el tipo según la clasificación anterior se incluyen en el anejo 2.

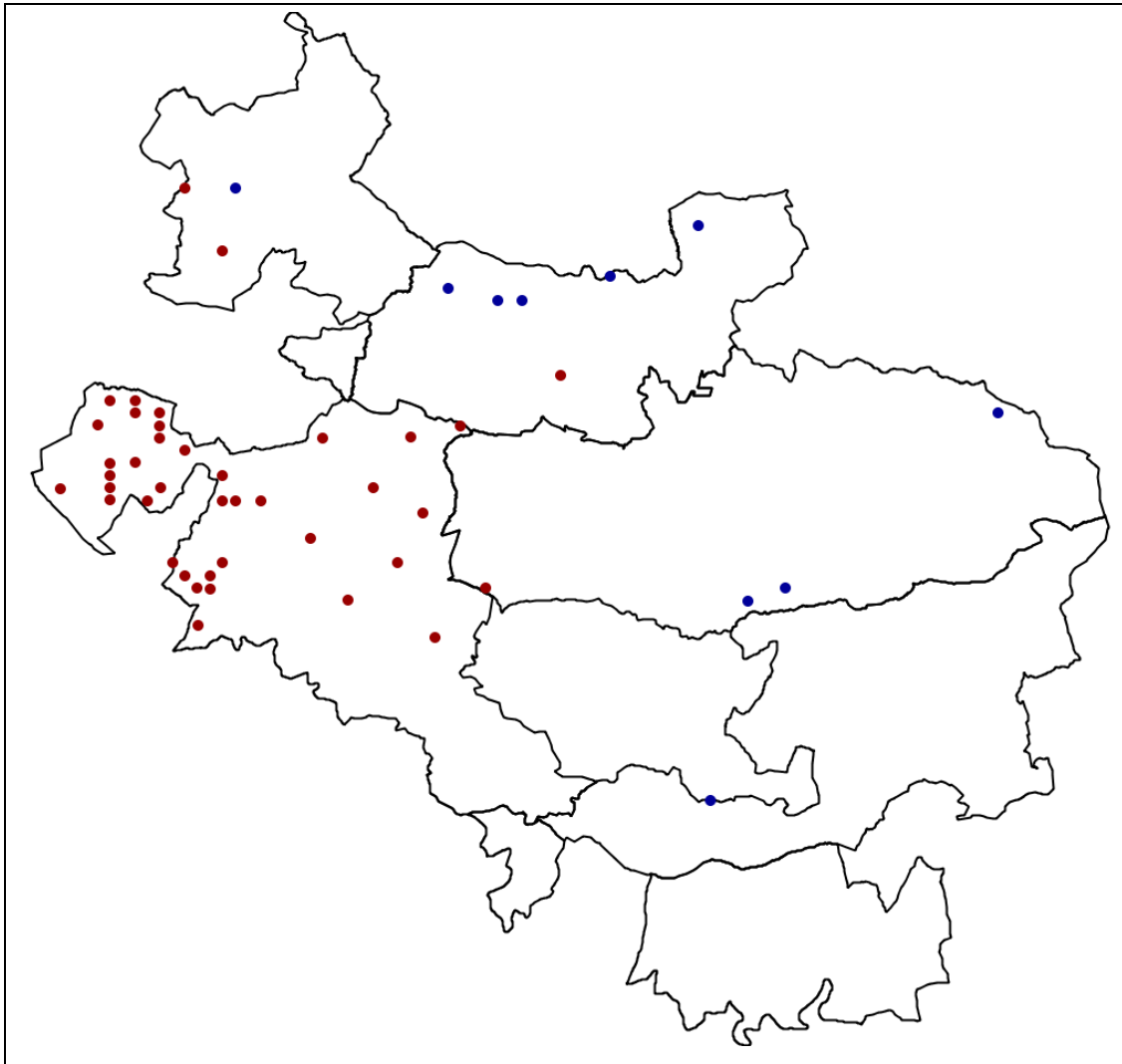


Figura 31. Localización de parcelas seleccionadas. Origen natural en rojo. Repobladas en azul

En cada una de las parcelas seleccionadas se realizaron las siguientes operaciones:

- Ordenación ascendente de árboles por diámetro normal (D_n).
- Separación de cuatro grupos de árboles:
 1. $10,0 \text{ cm} \leq D_n < 12,5 \text{ cm}$.
 2. $12,5 \text{ cm} \leq D_n < 22,5 \text{ cm}$.
 3. $22,5 \text{ cm} \leq D_n < 42,5 \text{ cm}$.
 4. $42,5 \text{ cm} \leq D_n$.
- Asignación a cada árbol del factor de expansión según su D_n . Para ello se considera la hectárea como unidad superficial de referencia. El



factor es el que corresponde al cociente entre la superficie de una hectárea y la superficie de la subparcela a la que pertenece el árbol según su D_n . Los árboles del grupo 1 de la relación anterior se miden en una parcela de 5 m de radio, los del 2 en una parcela de 10m de radio, los del 3 en una parcela de radio 15 m y los del grupo 4 en una parcela de 25m de radio. En resumen, los factores de expansión son los de la siguiente tabla:

Dn. del árbol. (cm)	Radio subparcela. (m)	Superf. Subparcela. (m ²)	Factor de expansión
10,0 – 12,5	5	78,54	127,324
12,5 – 22,5	10	314,16	31,831
22,5 – 42,5	15	706,86	14,147
Mayor de 42,5	25	1.963,45	5,093

Tabla 6. Factores de expansión según D_n .

- Cálculo del número de pies por hectárea como sumatorio de los factores de expansión de todos los árboles.
- Cálculo del diámetro medio, diámetro medio cuadrático, altura media y altura dominante como media ponderada por el factor de expansión de las variables de los árboles de la parcela.
- Cálculo del volumen total con corteza e incremento anual de volumen con corteza en m³ por hectárea. El volumen con corteza individual de cada pie y su crecimiento anual se calculó con las ecuaciones utilizadas en el IFN4 para Álava. (Anejo 1). Los resultados se pasaron a m³.
- Cálculo del Área Basimétrica (AB) como suma ponderada de las secciones normales de todos los árboles.

Las coordenadas UTM del centro de cada parcela se determinaron en campo con navegador GPS en el sistema de referencia ED50. El error cometido en este tipo de medidas sin corrección en postproceso posterior



puede ser de varios metros. Esto obligó a un proceso de recolocación posterior como se explicará más adelante.

Las coordenadas de las parcelas seleccionadas se compilaron en una tabla de formato csv y se cargaron en el Sistema de Información Geográfica gvSIG como capa de eventos. A la capa de centros de parcela se le aplicó una reproyección de código EPSG 1632. De esta forma se obtuvo la capa de centros de parcela en el sistema de referencia ETRS89. Todos los cálculos posteriores están referidos a este sistema.

Durante la toma de datos en campo, desde el centro de cada parcela se midió el rumbo en grados centesimales con aproximación de ± 1 grado. Al ser la declinación en el momento de la toma de datos de aproximadamente 1 grado, se optó por no corregir el rumbo medido y asimilarlo al azimut de la dirección del centro a cada árbol.

También se midió la distancia en metros a cada árbol desde el centro de la parcela con aproximación de $\pm 0,1$ metros. De esta forma se obtuvieron las coordenadas polares de cada árbol respecto al centro de la parcela.

Para cada árbol se calcularon con los datos anteriores sus coordenadas UTM en ETRS89. Estas coordenadas se corrigieron posteriormente para compensar los errores propios de la medición con GPS y los que conlleva la aproximación que se hace en la reproyección y cambio de sistema de referencia. Para ello se hizo una ejecución previa del algoritmo de delineación de copas utilizando parámetros aproximados de forma que se obtuvo una primera localización de los árboles en el terreno. Para asegurar la validez de la capa de copas recién creada se superpuso ésta a la ortofoto del 2008 con resolución 25cm X 25cm (<http://www.geo.euskadi.net>). Todas las capas de copas delineadas en las parcelas de inventario coincidían considerablemente con la fotografía aérea.

Sobre las dos capas anteriores se superpuso la capa de árboles de campo con sus coordenadas calculadas como se ha descrito. Los árboles de más



altura se consideraron como referencias y se ajustó manualmente mediante traslaciones de las coordenadas x,y cada parcela de forma que coincidieran en lo posible las máximas alturas de los árboles de campo y las máximas alturas de las copas delineadas y que todo ello fuera coherente con la ortofoto. A todos los árboles de cada parcela y al centro de la misma se les aplicó la misma traslación 2D.

Con esto no se anuló totalmente el error en la geolocalización de los árboles pero se considera que la aproximación es suficiente para cumplir los objetivos de este trabajo.

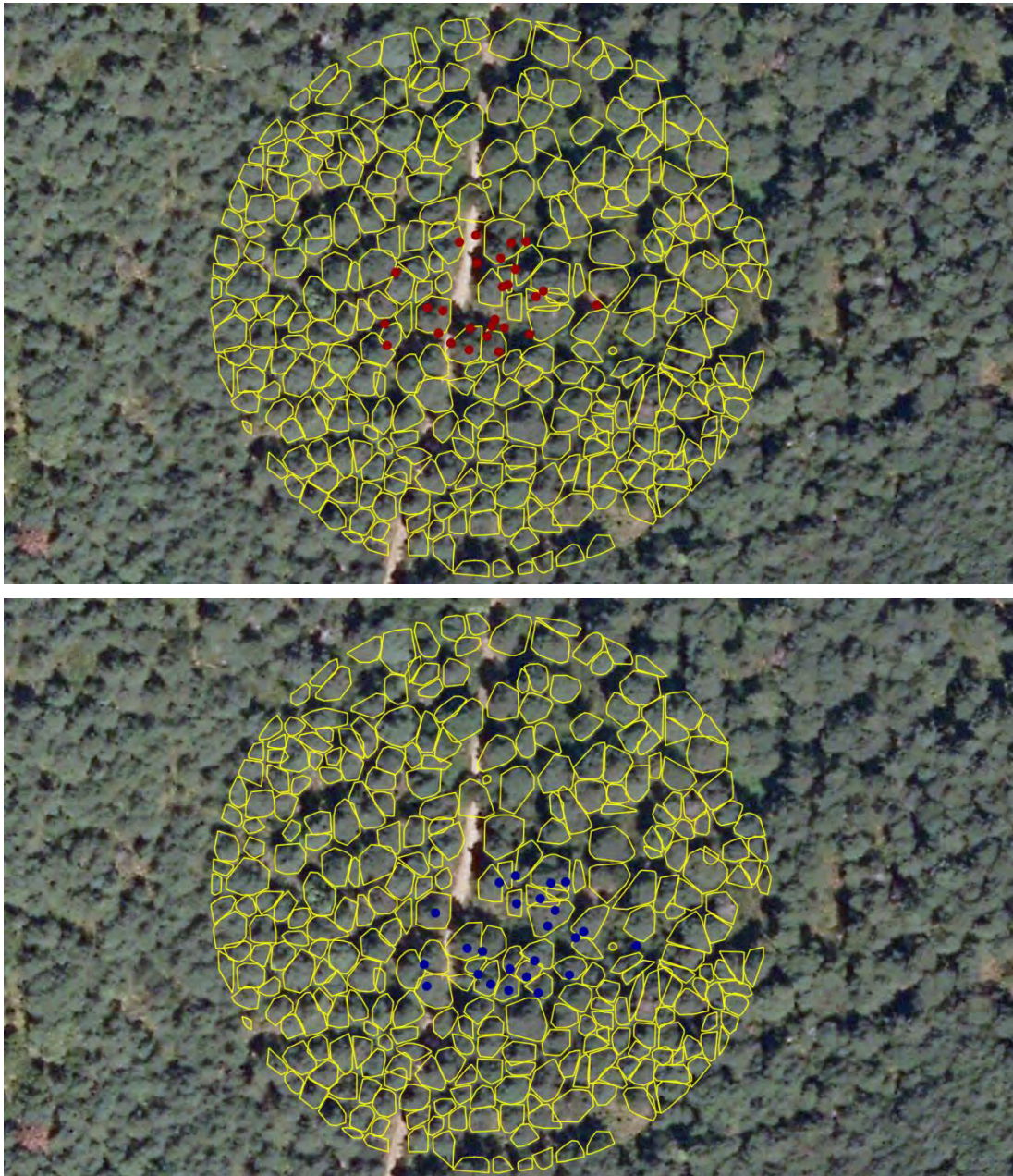


Figura 32. Delineación de copas en parcela 512. Arriba localización de los árboles según los datos de campo. Abajo localización de los árboles tras aplicar traslación 2D de +8 metros en el eje X y -9 metros en el ejeY

La traslación 2D realizada en cada parcela, la distancia del centro original al centro trasladado y las estadísticas de este valor pueden encontrarse en el anejo 3.



4.5 Datos LIDAR.

El vuelo del que proceden los datos LIDAR de Álava se realizó entre los días 18 de junio y 10 de julio de 2008.

Los componentes del sistema LIDAR fueron los siguientes:

- Sistema Lite Mapper 5600 con Laser Scanner RIEGL LMS- Q560.
- Sistema de Navegación: CCNS-4 de IGI
- GPS: NovAtel OEM 4-G2 (Internal) 4-G2 L1/L2 2Hz
- INS: AeroControl IID. Frecuencia de registro 256 Hz.

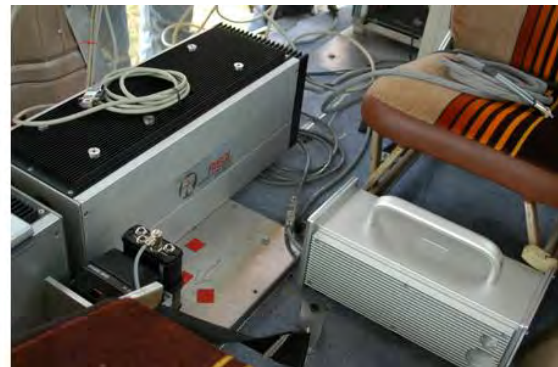


Figura 33. RIEGL LMS-Q560 Laser Scanner

Parámetros de configuración:

CARACTERISTICA	VALOR
Scan angle	60º
Pulse Repetition Rate (PRR)	120.000 Hz
Eff. Measurement rate	80.000 Hz
Beam divergence	0,5 mrad
Facets	4
Ground speed	110 Km/h

Tabla 7. Parámetros de configuración del sensor LIDAR

Densidad de puntos: Densidad media planificada de 2,5 puntos por m².



Altitud de vuelo sobre el terreno: 900 m. con incrementos de variación de 600 m.

Distancia entre líneas de vuelo: 450 m.

Recubrimiento transversal: 60%.

Corredor de línea de barrido en el terreno: 1.039 m.

Ángulo de barrido: 60 ° (ÁNGULO COMPLETO).

Velocidad de la aeronave: 56,6 m/s

Gap Límite: 60 m. Es el máximo hueco sin puntos permitido.

Estaciones de referencia: Como estaciones de referencia se emplearon las integradas dentro de la red GPS de Euskadi y dos estaciones GPS adicionales TRIMBLE 5700 centradas en el área del proyecto con una frecuencia de registro de 2 Hz.

El conjunto de puntos obtenidos se dividió según una cuadrícula de 1Km de lado y se creó un archivo independiente para cada celda. El resultado de la división de archivos y la densidad media de puntos en cada uno es el siguiente:

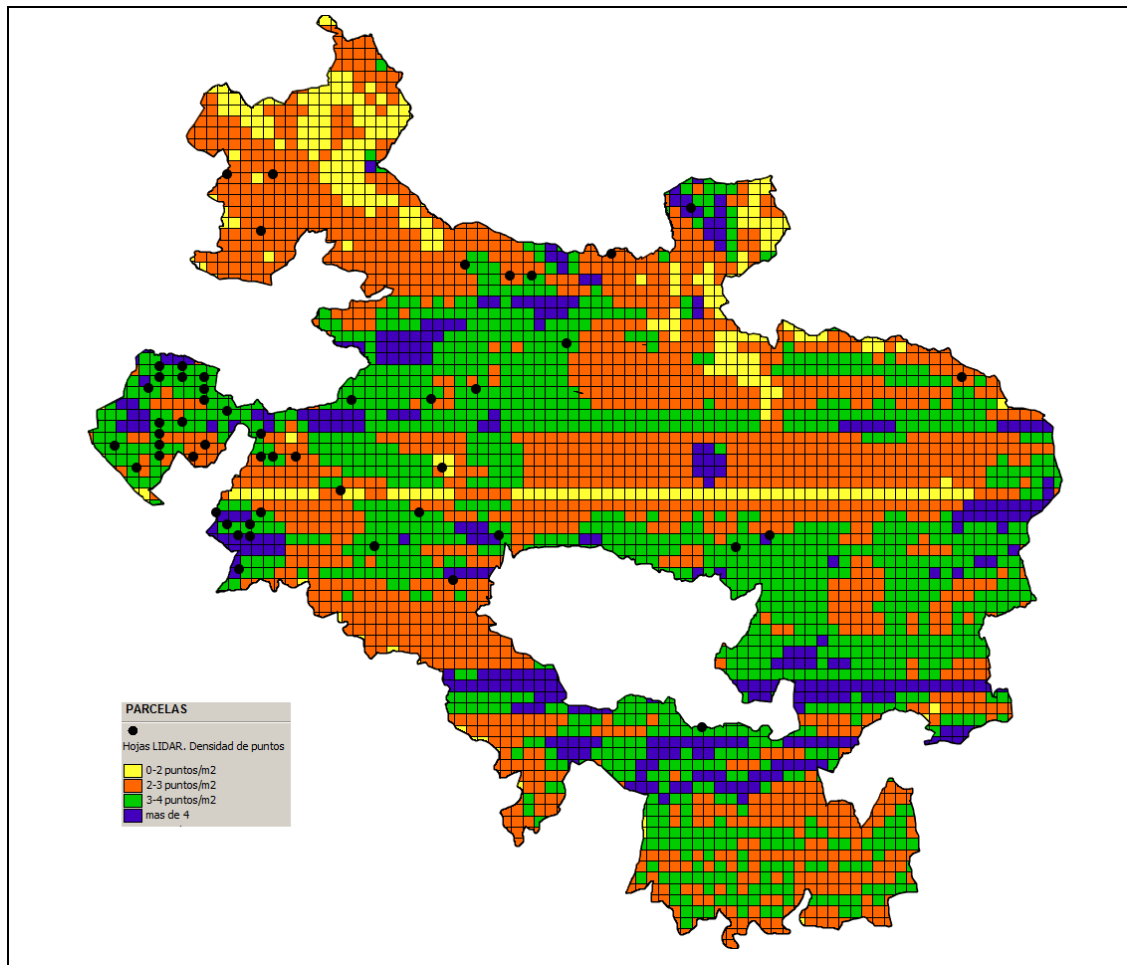


Figura 34. División de la cuadrícula ".las" y densidad de puntos en cada celda.

El proceso previo de los puntos obtenidos se realizó por la empresa SIGRID S.L. utilizando para ello los programas de TERRASOLID TerraMatch, V-8 y TerraScan, V-8. Se obtuvo una nube irregular de puntos con una densidad media de 3,18 puntos por metro cuadrado. Tras el proceso, Los puntos quedaron clasificados en alguna de las categorías recogidas en la tabla 1.

Con los puntos clasificados como suelo se confeccionó el Modelo Digital del Terreno (MDT) de la CAPV con una definición de 1m X 1m de lado de celda.

Tanto los archivos .las como los MDT tienen carácter público y pueden ser descargados gratuitamente en la página de la Infraestructura de datos espaciales (IDE) de Euskadi ftp://ftp.geo.euskadi.net/lidar/LIDAR_2008_ETRS89/.



4.6 Programas informáticos usados para el tratamiento de datos espaciales.

Los programas informáticos que sirven para manejar información refiriéndola al lugar geográfico en que se encuentra se llaman Sistemas de Información Geográfica (SIG). En la actualidad no existen aplicaciones específicas ni funciones de los SIG comerciales o de licencia libre que permitan implementar y ejecutar eficientemente un procedimiento como el que se pretende desarrollar en este trabajo. En consecuencia se determinó tratar los archivos de puntos *las* directamente como tablas de bases de datos, de forma que pudieran ser manejados en distintas operaciones por un gestor de bases de datos.

Al tratarse de información geo-referenciada, después del tratamiento que se expondrá más adelante, las tablas de puntos *las* pueden ser tratadas como bases de datos espaciales utilizando las relaciones geométricas entre los elementos que las componen. Para poder usar esta ventaja el gestor de bases elegido debe tener un módulo que le añada soporte para bases de datos espaciales. Actualmente tres gestores de bases de datos cumplen estas condiciones: Oracle y su extensión Oracle Spatial, MySQL con sus extensiones espaciales y PostgreSQL con su extensión PostGIS.

Tras un análisis de las posibilidades de las tres se descartaron Oracle por no ser de código abierto y MySQL por su menor desarrollo. La opción elegida fue PostgreSQL y su módulo para gestión de bases de datos espaciales PostGIS. Por su licencia libre, cualquier persona puede usar, modificar y distribuir PostgreSQL de manera libre y gratuita para cualquier propósito, sea privado, comercial o académico.

Según el manual oficial de la versión 9.2 de PostgreSQL (<http://www.postgresql.org>), se trata de un sistema de gestión de bases de datos objeto-relacional que utiliza un modelo cliente – servidor basado en multiproceso para garantizar la estabilidad del sistema. De esta forma, el



fallo de un proceso no afecta al resto y el sistema sigue trabajando. El desarrollo de este sistema comenzó hace más de 16 años por una iniciativa de la University of California at Berkeley, convirtiéndose posteriormente en un proyecto universal de código abierto al que cualquier persona puede aportar desarrollos.

La versión actual es la 9.2. Las características principales son:

Generales

- Integridad referencial
- Tablespace
- Nested transactions (savepoints)
- Replicación asincrónica/sincrónica / Streaming replication - Hot Standby
- Two-phase commit
- PITR - point in time recovery
- Copias de seguridad en caliente (Online/hot backups)
- Unicode
- Juegos de caracteres internacionales
- Regionalización por columna
- Multi-Version Concurrency Control (MVCC)
- Múltiples métodos de autenticación
- Acceso encriptado vía SSL
- Actualización in-situ integrada (pg_upgrade)
- SE-postgres
- Completa documentación
- Licencia BSD
- Disponible para Linux y UNIX en todas sus variantes (AIX, BSD, HP-UX, SGI IRIX, Mac OS X, Solaris, Tru64) y Windows 32/64bit.

Programación / Desarrollo



- Funciones/procedimientos almacenados (stored procedures) en numerosos lenguajes de programación, entre otros PL/pgSQL (similar al PL/SQL de oracle), PL/Perl, PL/Python y PL/Tcl
- Bloques anónimos de código de procedimientos (sentencias DO)
- Numerosos tipos de datos y posibilidad de definir nuevos tipos. Además de los tipos estándares en cualquier base de datos, tenemos disponibles, entre otros, tipos geométricos, de direcciones de red, de cadenas binarias, UUID, XML, matrices, etc.
- Soporta el almacenamiento de objetos binarios grandes (gráficos, videos, sonido, ...)
- APIs para programar en C/C++, Java, .Net, Perl, Python, Ruby, Tcl, ODBC, PHP, Lisp, Scheme, Qt y muchos otros.

SQL

- SQL92, SQL99, SQL2003, SQL2008
- Llaves primarias (primary keys) y foráneas (foreign keys)
- Check, Unique y Not null constraints
- Restricciones de unicidad postergables (deferrable constraints)
- Columnas auto-incrementales
- Índices compuestos, únicos, parciales y funcionales en cualquiera de los métodos de almacenamiento disponibles, B-tree, R-tree, hash ó GiST
- Sub-selects
- Consultas recursivas
- Funciones 'Windows'
- Joins
- Vistas (views)
- Disparadores (triggers) comunes, por columna, condicionales.
- Reglas (Rules)
- Herencia de tablas (Inheritance)
- Eventos LISTEN/NOTIFY



Como plataforma de administración y desarrollo de PostgreSQL se utilizó la versión 1.16 de pgAdmin III y su gestor de importación / exportación de shapefiles shp2pgsql-gui.

Para la gestión de las bases de datos espaciales se usó la extensión de PostgreSQL PostGIS en su versión 2.0 (<http://postgis.net>). Este programa ha sido desarrollado por Refrations Research (<http://www.refrations.net>) como un proyecto de software libre bajo licencia GNU. Está desarrollado en lenguaje C, C++ y PL/PgSQL (lenguaje procedural de PostgreSQL). Cumple con la especificaciones OpenGIS Simple Features Implementation Specification for SQL versión 1.1 del Open GeoSpatial Consortium (OGC). (Martínez 2012).

Esta extensión añade a PostgreSQL todas las funcionalidades SIG necesarias para este trabajo.

Las capas creadas que contienen los polígonos de copa y su información se deben transferir a un SIG para su visualización y tratamiento. Para este trabajo se utilizó gvSIG en su versión 1.12. Se trata de un SIG de licencia libre GNU desarrollado y mantenido por La "Asociación para la promoción de la geomática libre y el desarrollo de gvSIG", (<http://www.gvsig.com>).



4.7 Algoritmo de individualización de copas.

4.7.1 Planteamiento conceptual.

El objetivo principal de esta tesis es desarrollar un método para la individualización de copas y el cálculo de altura total y diámetro normal de cada árbol utilizando directamente la información contenida en nubes de puntos obtenidas con sensores laser aerotransportados, aplicable a las masas de pino silvestre de Álava.

La premisa fundamental que condiciona todo el desarrollo posterior es la utilización directa de la nube de puntos y no modelos de elevaciones derivados para la localización y posterior delineación de la copa de cada árbol.

Se trata pues de un enfoque de árbol individual pero que tiene como singularidad la utilización directa de la nube de puntos para la definición de cada individuo. El manejo directo de nubes de puntos con varios millones de registros en la base de datos asociada es el principal aspecto innovador de esta Tesis.

La individualización y descripción de cada individuo que forma la masa asimila el método a un inventario pie a pie y por tanto tiene las mismas ventajas e inconvenientes que éstos. (Pita. 1973)

Para poder manejar geoméricamente la nube de puntos se imponen las siguientes condiciones:

1. Cada árbol tiene un único ápice que es el punto más elevado de su copa. Según esta premisa los árboles bifurcados se tratan como dos árboles independientes.
2. Un árbol ocupa inicialmente una superficie mínima en la que no puede aparecer otro árbol. Esto supone que alrededor de la proyección del ápice del árbol sobre el plano horizontal de cota la del MDT en ese



- punto, hay una región mínima que sólo puede estar ocupada por su copa. Esta superficie se puede asimilar a un círculo de radio dado.
3. El perímetro de la proyección de la copa de un árbol sobre el plano horizontal de cota la del MDT en ese punto, está definido en cada altura por los puntos más externos de ésta. Para cada árbol se pueden hacer cortes transversales a diferentes alturas cuyas proyecciones sobre el suelo definan la planta de su copa. Por lo general, la proyección de la copa aumentará en tamaño a medida que se descende por el eje del árbol.
 4. Los puntos LIDAR recogidos sobre montes arbolados deben estar incluidos en alguna de las siguientes tres categorías: punto de ápice de árbol, punto de copa de árbol o punto no incluido en ningún árbol (externo).
 5. A cualquier altura, un punto que diste más de una distancia umbral del polígono resultante de la proyección del corte transversal de la copa más cercana a él sobre el plano horizontal de cota la del MDT en ese punto, no pertenece a ninguna de las copas delineadas a esa altura y por tanto debe ser el ápice de un nuevo árbol. Esta distancia mínima dependerá de las características de la masa y de las de la nube de puntos.
 6. Un punto que no sea ápice pertenece al árbol cuya proyección del polígono del corte transversal de su copa a esa altura sobre el plano horizontal de cota la del MDT en ese punto, esté más próxima a su propia proyección sobre ese plano.
 7. Por debajo de cuatro metros sobre el suelo, la vegetación arbustiva y la arbórea pueden mezclarse y por tanto no es fiable la delineación de copas. El límite inferior de altura para el trabajo del algoritmo desarrollado será consecuentemente de 4 metros sobre la cota del MDT en cada punto.

Conceptualmente y de forma esquemática se trata de:



- Teniendo en cuenta las reglas anteriores, encontrar los ápices de cada árbol seleccionando de entre todos los puntos de la nube aquellos que sean los extremos superiores de los árboles.
- Utilizando las relaciones geométricas entre puntos y principalmente la distancia entre sus proyecciones sobre el plano horizontal, asignar cada punto a una copa de árbol.
- Delinear la proyección horizontal de la copa de cada árbol por medio de los puntos que contiene.
- Asignar a cada polígono de copa delineado la información necesaria para poder obtener estimaciones de variables dasométricas individuales y de masa.

Las cotas de los puntos contenidos en la nube se refieren a su altitud sobre el nivel del mar y por tanto no aportan información sobre su posición altitudinal relativa en la copa de cada árbol. Para solventar este problema el primer paso es asignar a cada punto su altura sobre el suelo. Cada punto encuentra hacia abajo en la vertical que pasa por él una celda de 1m^2 del MDT. Esta celda contiene el valor de su altitud sobre el nivel del mar. Restando a la altitud de cada punto la de la celda del MDT que se encuentra en su vertical se obtiene la altura del punto sobre la aproximación del terreno que es el MDT. De esta forma se puede conocer la altura de cada punto sobre el terreno. Este proceso se conoce como Normalización de las alturas de los puntos o simplemente Normalización.

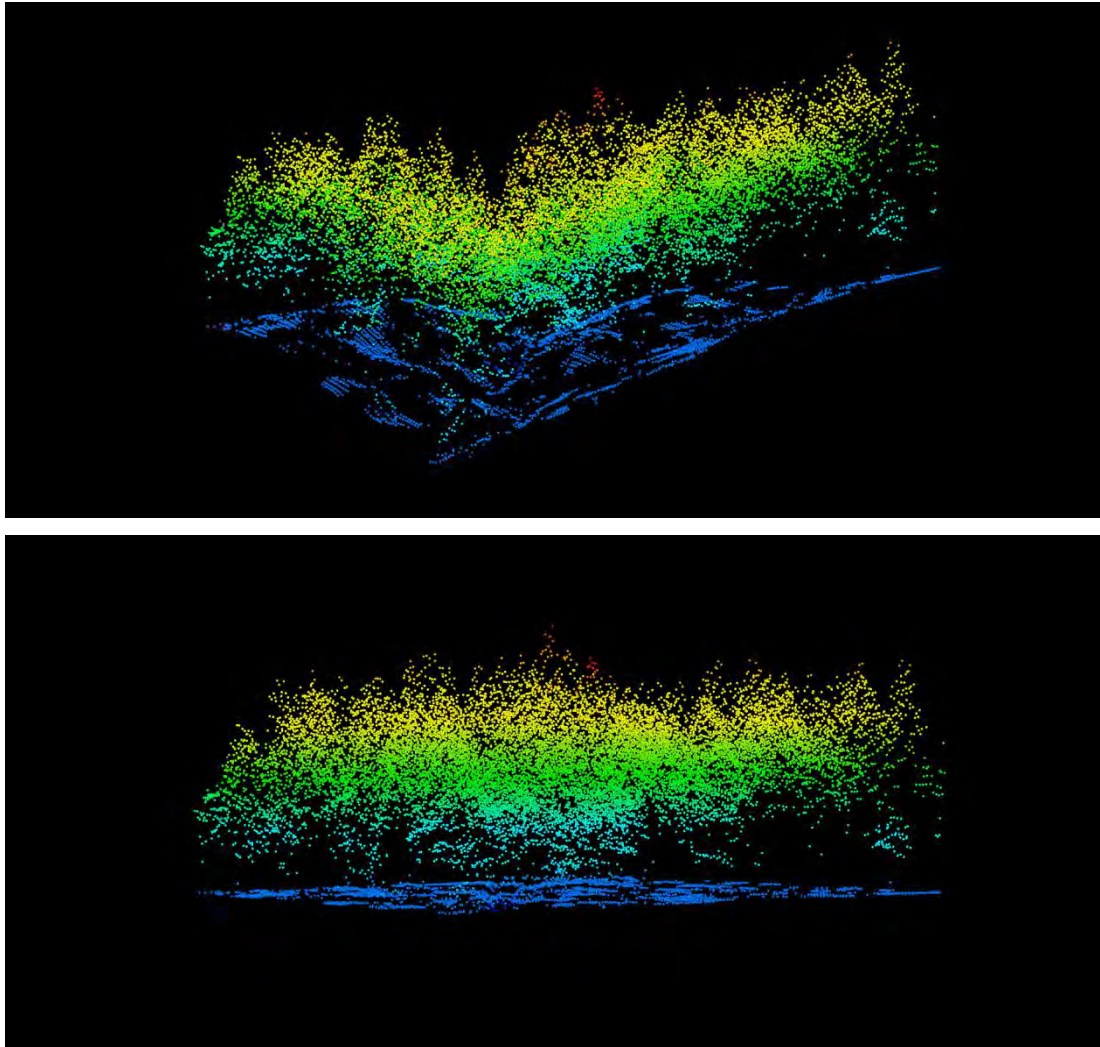


Figura 35. Normalización de la nube de puntos

El conocimiento de la estructura de la nube de puntos y las relaciones geométricas entre éstos son difíciles de establecer si se trata de estudiar la nube en su conjunto. Siguiendo la idea de Wang (Wang et al. 2008), una vez normalizada la nube de puntos se divide en capas de medio metro de espesor. La nube de puntos se analiza capa por capa desde el punto más alto hasta cuatro metros sobre el MDT. En cada capa se buscan nuevos ápices y se asignan los puntos que no son ápices a las copas delineadas hasta esa altura.

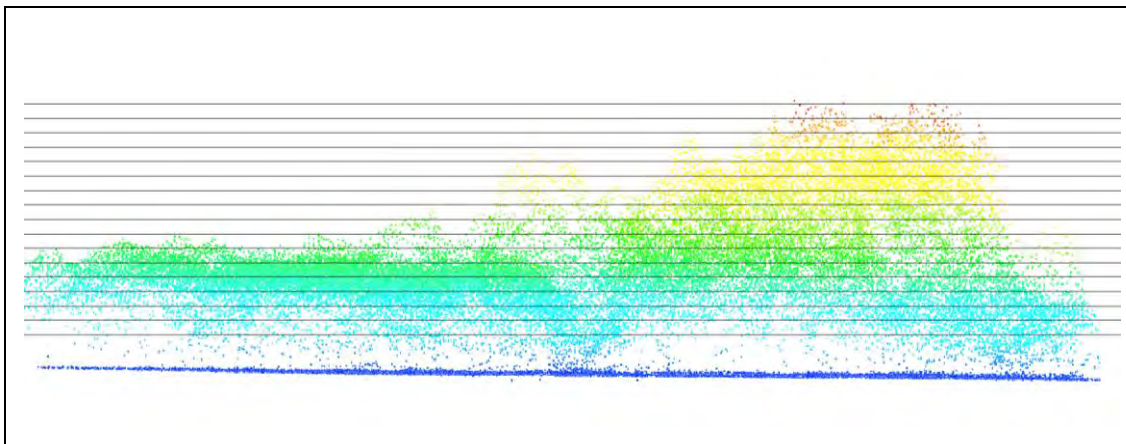


Figura 36. División de la nube de puntos en capas

En cada capa se redelinean los polígonos de copa utilizando el concepto de Envoltente Convexa o Convex-Hull

Dado un conjunto P de n puntos en el plano euclídeo E^2 o en el espacio euclídeo E^3 se define la envoltente convexa como el menor conjunto convexo que contiene a P . (Chan, 1996).

Conceptualmente la envoltente convexa de un conjunto de puntos situados en un plano puede visualizarse como la forma de una goma elástica que los envuelve a todos.

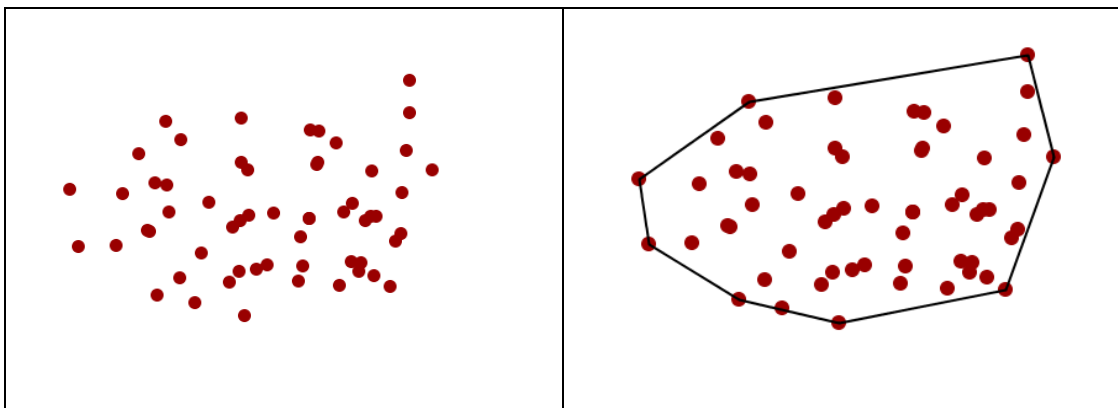


Figura 37. Conjunto de puntos de una copa y su envoltente mínima

Utilizando las envoltentes mínimas se recalcula en cada capa el polígono de cada copa de forma que envuelva todos los puntos asignados a esa copa hasta esa altura.



Una vez delineadas todas las copas se crea una tabla en la que a cada copa se le asignan:

- Un identificador único
- La altura de su punto más alto
- El número de puntos que contiene
- Su superficie
- La altura de la base de la copa como la mínima de los puntos de su borde.

Para calcular la densidad de pies por hectárea de manera aproximada, a cada árbol se le añade la distancia al sexto árbol más cercano. Aplicando el método del sexto árbol (Prodan. 1968) se aproxima la densidad en pies por hectárea en cada punto. Según este autor, dado un punto de referencia como el centro de una parcela de inventario, la distancia al n-ésimo árbol d_n se relaciona con un estimador adecuado de la densidad de árboles por hectárea en ese punto según la fórmula:

$$\text{Nº de pies/ha.} = (n-0,5) * 10.000 / \pi * d_n^2$$

Al utilizar la variante del sexto árbol, el valor de n es 6.

Como condición adicional se estableció que todos los programas informáticos utilizados en el proceso tuvieran licencia libre de forma que el procedimiento pueda ser aplicado por cualquier técnico interesado sin coste alguno.

4.7.2 Preparación de datos LIDAR.

Por el momento, los datos en formato *las* no son directamente utilizables por PostGIS. Además el dato de altura que aparece en el archivo *las* original es el referido a la cota ortométrica de elevación sobre el nivel del mar. Esto hace necesario un tratamiento previo de los archivos *las* que los haga utilizables por PostGIS una vez calculada la altura sobre el MDT.



4.7.2.1 Cambio a formato shp.

Para poder ser cargados en PostGIS los archivos *las* se convirtieron al formato ESRI Shapefile (*shp*). Se trata de un formato propietario para datos espaciales desarrollado por la casa ESRI. Este formato se ha convertido en un estándar para el intercambio de información geográfica entre SIG.

Shapefile es un formato vectorial de almacenamiento digital con el que se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos. Es un formato multiarchivo, es decir está generado por varios ficheros informáticos. El número mínimo requerido es de tres y tienen las extensiones siguientes:

- **.shp** - es el archivo que almacena las entidades geométricas de los objetos.
- **.shx** - es el archivo que almacena el índice de las entidades geométricas.
- **.dbf** - es la base de datos, en formato dBASE, donde se almacena la información de los atributos de los objetos.

Para la conversión se utilizó DielmoOpenLIDAR. Es un software libre con licencia GNU GPL basado en gvSIG para el manejo de datos LiDAR. Permite el acceso, visualización, análisis y control de calidad de datos LiDAR originales, pudiendo visualizar a la vez grandes volúmenes de datos originales (nube de puntos irregular en formato LAS y BIN) superpuestos con otros datos geográficos.

Una vez cargado el archivo *.las* en gvSIG se deben seleccionar todos los puntos y exportarlos a *shp* con la herramienta correspondiente del menú "CAPA".

En los archivos Shapefile generados se recortaron los puntos que estaban dentro de una parcela de 60 metros de radio alrededor del centro de cada una de las 50 parcelas del IFN4 seleccionadas. Se creó así para cada



parcela de inventario un archivo *shp* identificado con el número del estadillo de la parcela correspondiente que contenía los puntos de la nube original en un radio de 60 metros desde el centro de la misma.

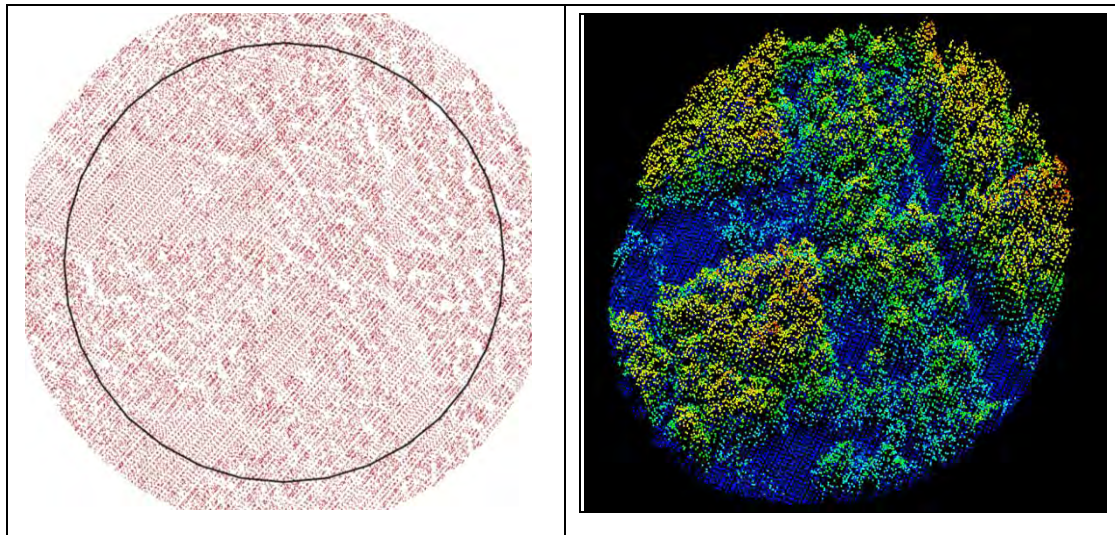


Figura 38. Recorte 2D y 3D de la parcela 238

4.7.2.2 Carga en PostgreSQL de puntos y MDT.

Los archivos *shp* aún no son directamente manejados por PostGIS. Para cargar la base de datos incluida la columna de geometría se utilizó el complemento *shp2pgsql-gui* de PostGIS. De esta forma la base de datos queda cargada en PostgreSQL y lista para su utilización.

Desde la versión 2.0 PostGIS incluye funcionalidad *raster*. Esta característica permite el tratamiento conjunto del archivo de la nube de puntos y el correspondiente MDT. Para poder ser cargado en PostgreSQL el archivo de MDT debe estar en formato de intercambio ASCII (archivos *.asc*)

4.7.2.3 Normalización.

Tras la carga en PostgreSQL del archivo *asc* correspondiente al MDT de la zona de trabajo, se añadió a la tabla del archivo de puntos un nuevo campo en el que, mediante la función específica de PostGIS, se consignó para cada punto el valor de la altura de la celda del MDT que se encontraba bajo él su vertical.



Por sustracción a la altura de punto del valor de altura del MDT incorporado se calculó el valor de un nuevo campo en la tabla de puntos que contenía la altura sobre el terreno de cada punto. La nube de puntos quedaba así normalizada.

4.7.2.4 Rango de alturas de trabajo.

Los archivos de datos generados en los pasos anteriores contienen registros con alturas aberrantes que pueden llegar a cientos de metros. Esto ocurre porque los archivos /as originales tenían fallos de depuración y aparecían algunos puntos con altitudes erróneas. (Véase figura 9)

Por otra parte, este estudio se centra en la vegetación arbórea de las masas de pino silvestre. Se considera que por debajo de 3,75 metros sobre el suelo la interferencia del matorral puede restar validez a los resultados obtenidos.

Como consecuencia de lo anterior, se estableció un intervalo de alturas sobre el MDT de límite inferior 3,75 metros y de límite superior 50 metros ya que el árbol más alto medido en el IFN4 de Álava tiene una altura de 46,8 metros . El límite inferior tiene un valor no entero debido al procedimiento de división capas que se verá más adelante.

Se eliminaron todos los puntos cuya altura sobre el suelo era menor de 3 o mayor de 50 metros.

4.7.2.5 Ajuste de parámetros de trabajo. Buffer y grosor de capas.

Según se dijo en la condición 2, se asume que un árbol ocupa inicialmente una superficie mínima en la que no puede aparecer otro árbol. Esto supone que alrededor de la proyección del ápice del árbol sobre el plano horizontal de cota la del MDT en ese punto, hay una región mínima que sólo puede estar ocupada por su copa. Se asimila esta región a un círculo alrededor del ápice del árbol.



Para establecer el radio de la región reservada a cada árbol (buffer) se comprobó que la mayor densidad de pies por hectárea de las parcelas del IFN4 de Álava no supera los 4.000 pies por hectárea. El marco real que corresponde a esta densidad es 1,58 X 1,58 metros por lo que el radio de la zona de reserva de cada pie debe ser como mucho de 0,79 metros si se quiere tener seguridad de que no hay ningún caso en el que los árboles estén a una distancia menor que la del buffer. Por seguridad se estableció un valor ligeramente inferior y se fijó en 0,75 metros.

Para establecer el grosor de las capas de trabajo en las que se dividirán las nubes de puntos se tuvieron en cuenta dos condicionantes:

- El número de capas de altura en las que se dividirá la nube de puntos depende del grosor de éstas. Cuanto mayor es el número de capas a procesar más lento se hace el procedimiento.
- Cuanto mayor es el número de capas procesadas más detallado es el análisis que se hace de la nube de puntos.

Teniendo en cuenta estas limitaciones se estableció un grosor de las capas de trabajo de 0,5 metros.

Conviene reseñar que los valores calculados en el siguiente apartado para el parámetro Otro Ápice (OA) sólo son válidos cuando los valores de buffer y grosor de capa son los expuestos en este apartado.

4.7.2.6 Ajuste de parámetros. OA.

Como se dijo en la condición 5, a cualquier altura, un punto que diste más de una distancia umbral del polígono resultante de la proyección del corte transversal de la copa más cercana a él sobre el plano horizontal de cota la del MDT en ese punto, no pertenece a ninguna de las copas delineadas a esa altura y por tanto debe ser el ápice de un nuevo árbol. Es decir, un punto cuya distancia a la copa más cercana sea mayor que el umbral OA será considerado el ápice de un nuevo árbol.



Para determinar el valor de OA se ejecutó el algoritmo sobre los puntos de cada parcela de inventario haciendo variar su valor hasta que la densidad de pies/ha. obtenida con los datos de campo y la obtenida con la aplicación del procedimiento sobre la nube de puntos se igualaron.

Para calcular las densidades de campo se sumaron todos los factores de expansión de todos los pies incluidos en la parcela de inventario. De esta forma se obtiene la densidad no referida a las subparcelas de inventario correspondientes sino a la hectárea.

El método seguido en el IFN4 para replantear las subparcelas según los diámetros de los árboles medidos no se puede utilizar con los resultados del procedimiento para puntos LIDAR. Una vez delineadas las copas de los árboles sólo se puede medir la densidad de pies en parcelas de radio fijo.

Para minimizar la influencia que sobre los resultados pueda tener la diferente metodología de medición en ambos casos, se siguió el siguiente procedimiento para calcular la densidad sobre las copas LIDAR:

- Para cada parcela de inventario se escogió el pie más alejado del centro según los datos de campo.
- El radio de la parcela se fijó en el menor múltiplo de 5 mayor que esta distancia.
- Desde el centro de la parcela de inventario se dibujó sobre la capa de los polígonos de copas delineados con el procedimiento una circunferencia con este radio.
- Se contaron los polígonos que estaban contenidos completamente dentro del círculo limitado por la circunferencia dibujada.
- De los polígonos intersectados por la circunferencia se contaron aquellos que tenían más de la mitad de su superficie en el interior del círculo y los que teniendo menos de la mitad de su superficie dentro contuvieran un árbol de campo.



- El número total de polígonos de copa contados se multiplicó por el factor correspondiente según el radio de la circunferencia para obtener la densidad de pies/ha. Los factores son 14,147 para radio 15 metros, 7,958 para radio 20 metros y 5,093 para radio 25 metros.

Una vez establecido el valor de OA para una parcela se introduce como constante en la función PostGIS desarrollada.

Como ejemplo, según puede apreciarse en la siguiente figura, en la parcela 189 se calculó una densidad de campo de 329 pies/ha. Según los datos de campo, el árbol más alejado del centro se encontraba a 23,9 metros y por tanto el radio de la parcela para hacer los cálculos LIDAR fue 25 metros desde el centro de la parcela. Una vez realizadas las iteraciones correspondientes el valor de OA calculado fue 1,70 metros. De las copas delineadas 58 tenían toda su superficie en el interior de la parcela. El límite de la parcela intersectaba otros 24 polígonos de copa de los cuales 7 tenían más de la mitad de su superficie en el interior de la parcela. Se contaron pues 65 pies. Al tratarse de una parcela de 25 metros de radio el factor correspondiente es 5,093. La densidad calculada con el método LIDAR fue 331 pies/ha.

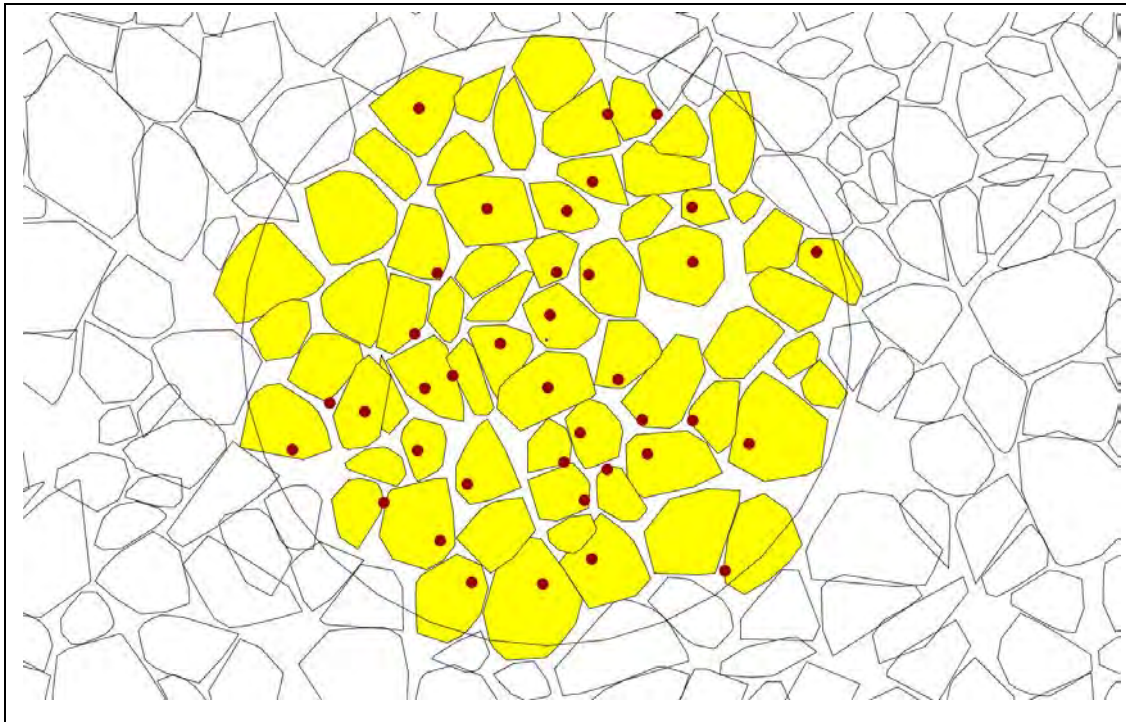


Figura 39. Parcela 189. En rojo situación de los árboles de campo. En amarillo polígonos de copa seleccionados

Una vez obtenido el valor de OA para cada parcela de inventario, se confeccionaron varios modelos basados en regresiones entre el valor de OA como variable dependiente y los valores de las variables de masa de las parcelas como variables independientes. Tras su análisis se eligió el que se consideró el mejor de ellos.

4.7.3 Ejecución del algoritmo

4.7.3.1 Asignación de los puntos a capas.

La nube de puntos original se dividió en capas de medio metro de espesor. Para medir la distancia entre puntos, la función considera todos los puntos de una capa proyectados sobre el plano horizontal situado en la mitad de su altura. De esta forma se mide la distancia en dos dimensiones en lugar de en tres dimensiones. Para asignar la capa a la que pertenece cada punto se siguió el siguiente procedimiento:

- Se crea un nuevo campo denominado capa en la tabla.
- Se multiplica por dos el valor de la altura normalizada de cada punto.



- Se redondea el valor anterior al entero más próximo. De esta manera se crea una variable que hace discretos los valores continuos de la altura.
- Se introduce el valor redondeado en el campo *capa*.

A cada punto de la nube se le añadió en su registro de la tabla el valor de la *capa* en la que se encontraba.

Tras los procesos anteriores queda creada una tabla con los datos de todos los puntos de la nube original cuya altura sobre el suelo se encuentra entre 4 y 50 metros. La tabla tiene 6 campos:

- **gid.** Es el identificador único del punto. Es de tipo *integer*. Tiene carácter de llave primaria (*Primary key*).
- **geom.** Es de tipo *geometry* y contiene la información espacial del punto.
- **altura.** Es de tipo *double precisión* y contiene el valor en metros de la altura del punto sobre el MDT.
- **capa.** Es de tipo *integer*. Contiene el valor de la *capa* a la pertenece cada punto.
- **buffer.** Es de tipo *double precisión*. Contiene el valor en metros del radio del círculo de terreno reservado inicialmente a la copa de cada árbol.
- **OA.** Es de tipo *double precisión*. Contiene el valor en metros de la distancia umbral para que el punto sea considerado como ápice.

Para densidades medias de 3 puntos/m², la base de datos correspondiente a una zona de 100 hectáreas puede contener 3.000.000 de registros. El manejo mediante relaciones espaciales de los registros de estas tablas necesita una enorme cantidad de cálculos y el tiempo requerido para ejecutarlos puede hacer inviable el procedimiento. Para evitar este problema PostgreSQL implementa un algoritmo de indexación espacial denominado GIST (*Generalized Search Tree*). PostGIS extiende los índices GIST para



que funcionen con el tipo de datos *geometry*, haciendo estos índices muy eficaces en la indexación de datos en dos y tres dimensiones (Martínez. 2012).

Como ejemplo, en el proceso de los 44.755 puntos de la parcela 894 se emplearon 40,7 segundos cuando el archivo de puntos no estaba indexado. Tras la indexación GIST el tiempo de proceso fue de 19,7 segundos más 2 segundos que se emplearon en la creación del índice. En este caso el número de puntos procesado es muy pequeño pero hay que tener en cuenta que sin indexación el tiempo de proceso aumenta exponencialmente con el número de registros. En pruebas con aproximadamente 15.000.000 de puntos, el tiempo total de procesado fue de unas 12 horas con archivos indexados. Al eliminar los índices el problema se tornó intratable, no habiendo concluido cuando se detuvo varios días después.

En consecuencia, una vez creada la tabla de la base de datos de trabajo, ésta debe ser indexada con este tipo de índices. Se creó un índice GIST sobre el campo que contiene la información espacial (*geom*).

4.7.3.2 Proceso de la primera capa.

Puesto que no existen polígono anteriores de copa, los puntos de la primera capa, los más altos, deben ser considerados todos como ápices. Alrededor de cada uno de ellos se establece la zona de reserva propia de cada árbol. Cuando estas zonas de reserva se superponen, se consideran como partes del mismo árbol y por tanto se disuelven en un solo polígono.

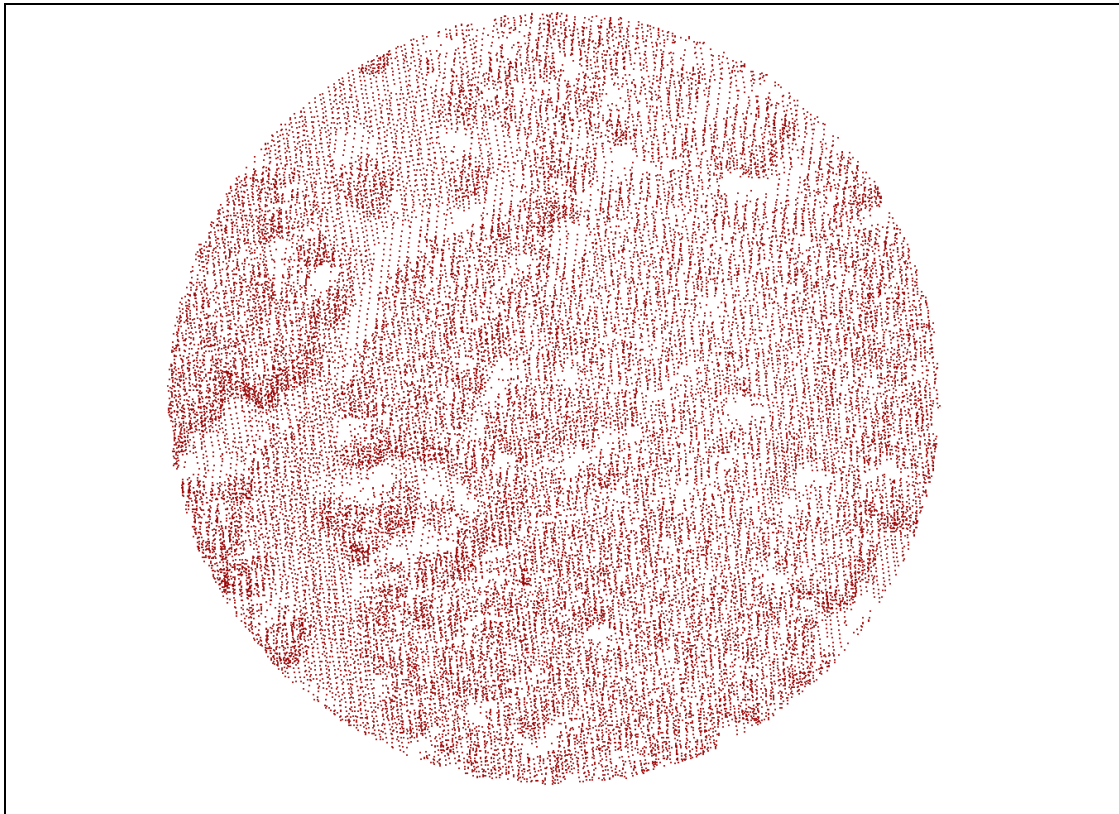


Figura 40. Vista en planta de los puntos de la parcela 895.

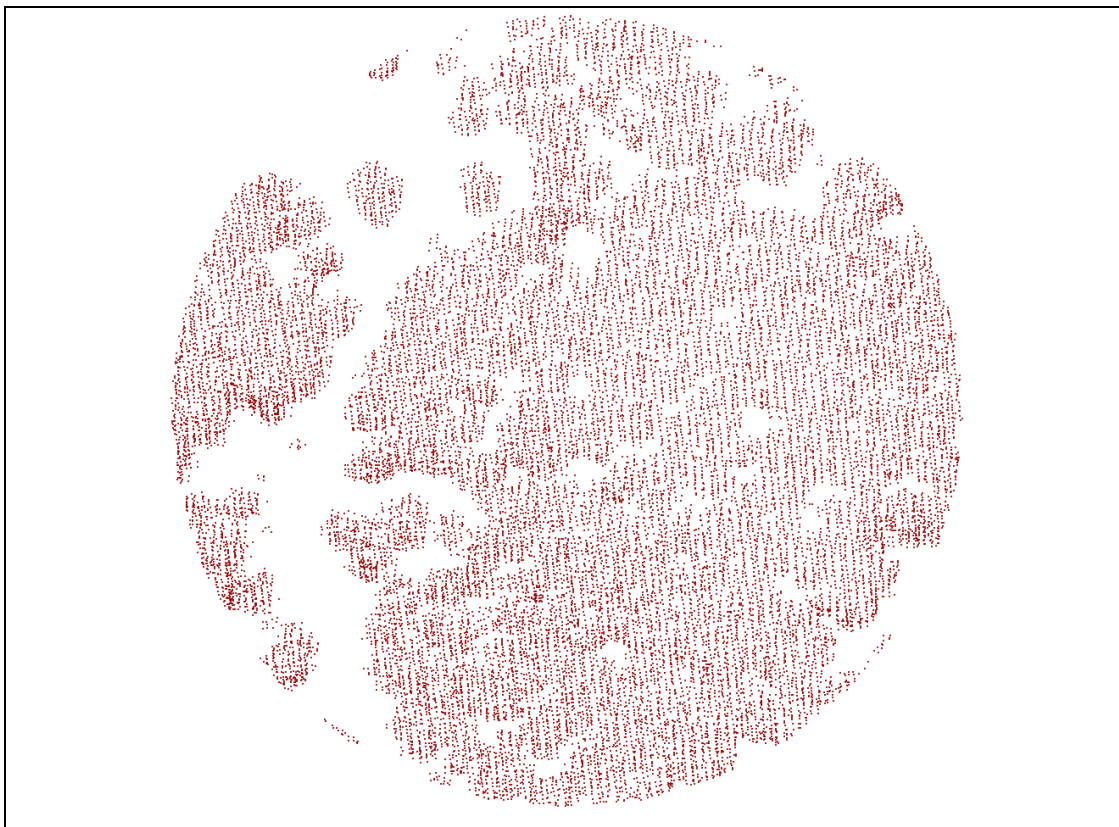


Figura 41. Puntos de más de 3,75 metros de altura (capa 8). Parcela 895

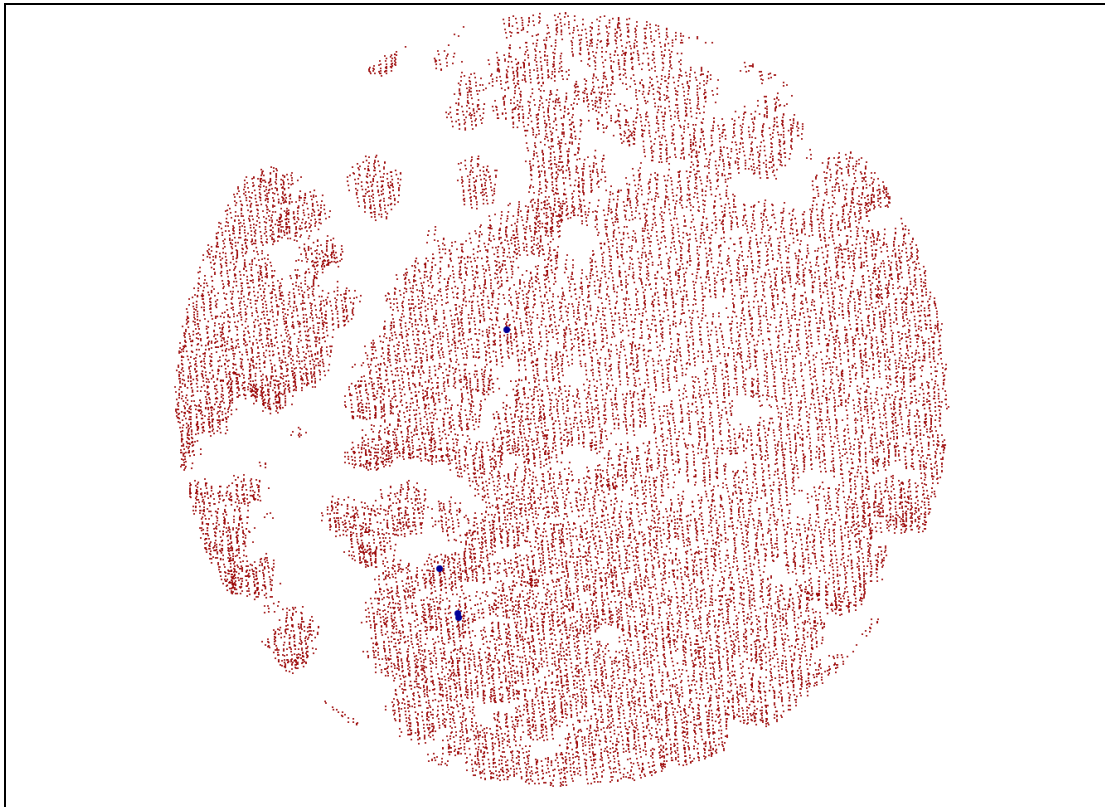


Figura 42. En azul puntos de la primera capa. Capa 49. Alturas de los puntos entre 24,55 y 24,26 metros

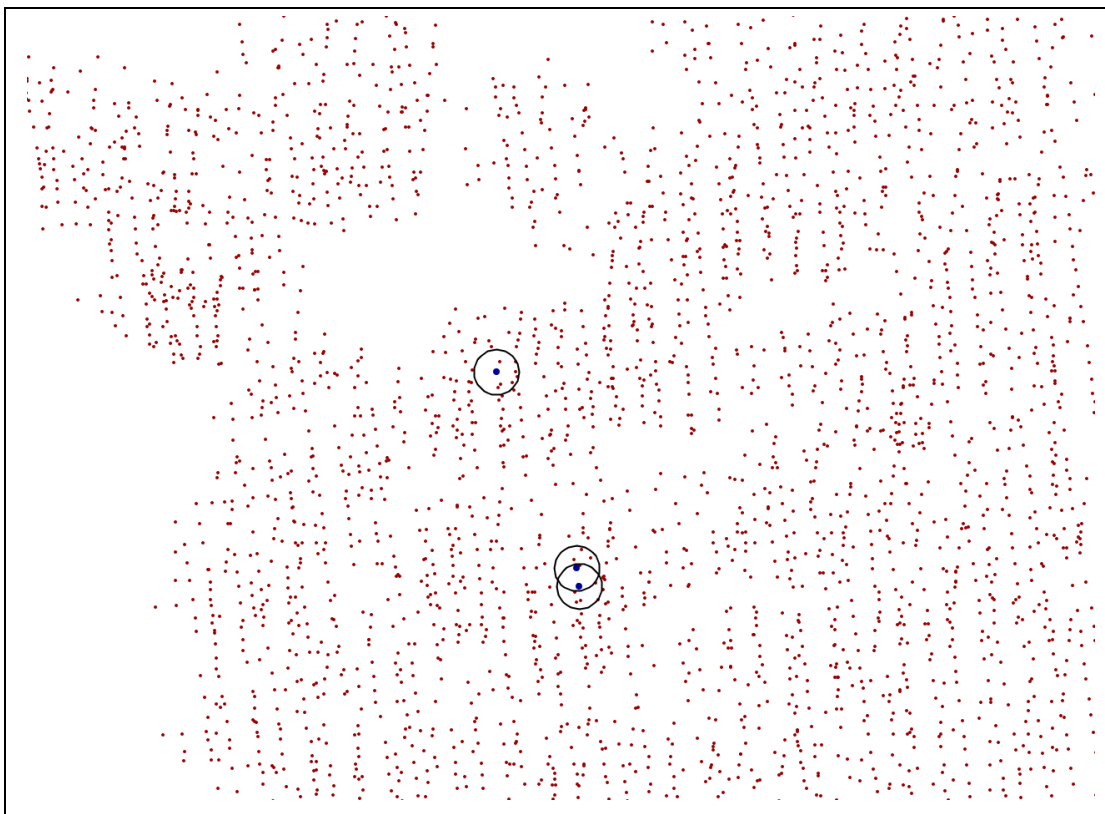


Figura 43. Detalle de buffers iniciales.

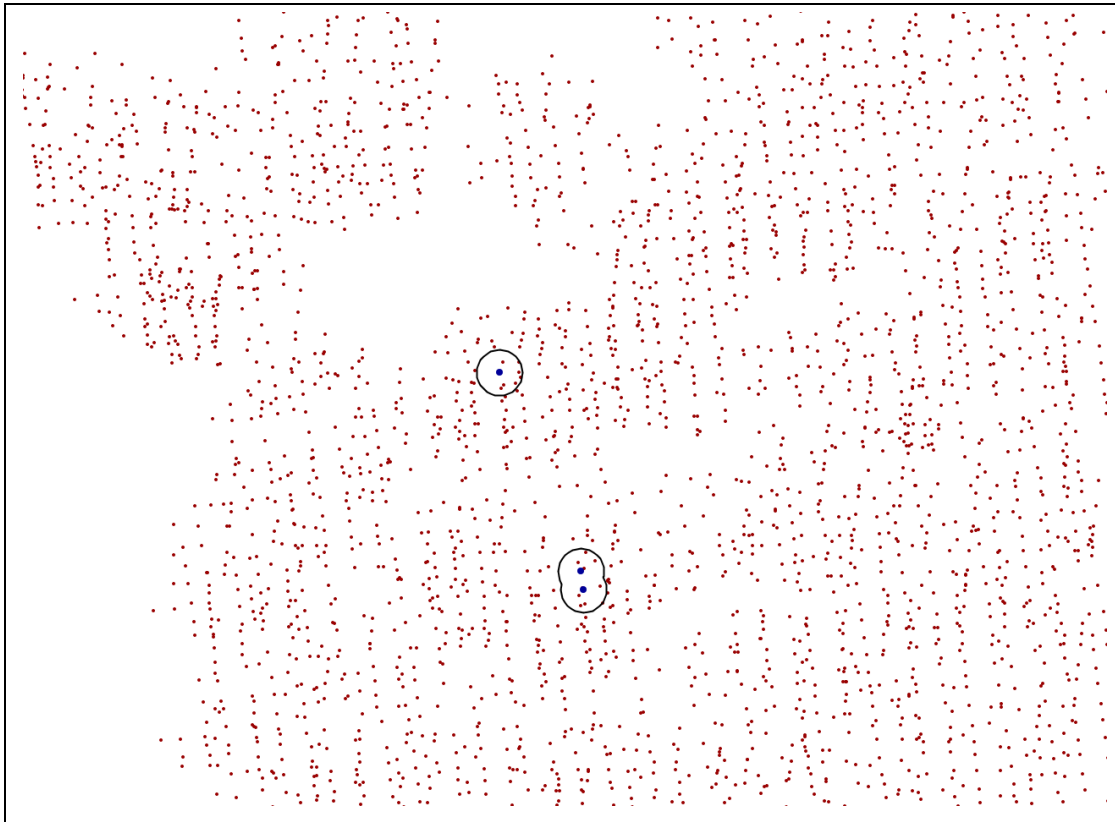


Figura 44. Disolución de buffers superpuestos en una única copa.

4.7.3.3 Comprobación de ápice.

Una vez delineadas las copas de la primera capa, la función programada inicia un bucle que repite con los puntos de cada capa.

Procesada la capa anterior, se seleccionan los puntos de la siguiente capa de medio metro de espesor. Todos los puntos y las copas delineadas anteriormente se proyectan sobre el plano horizontal medio de la capa.

Mediante un algoritmo de vecino más cercano (*nearest neighbor*), para cada punto de la nueva capa se mide la distancia al polígono de copa delineado en la capas anteriores que esté más próximo a él. Si esta distancia es mayor que el umbral especificado en la variable OA, el punto es considerado como un nuevo ápice.

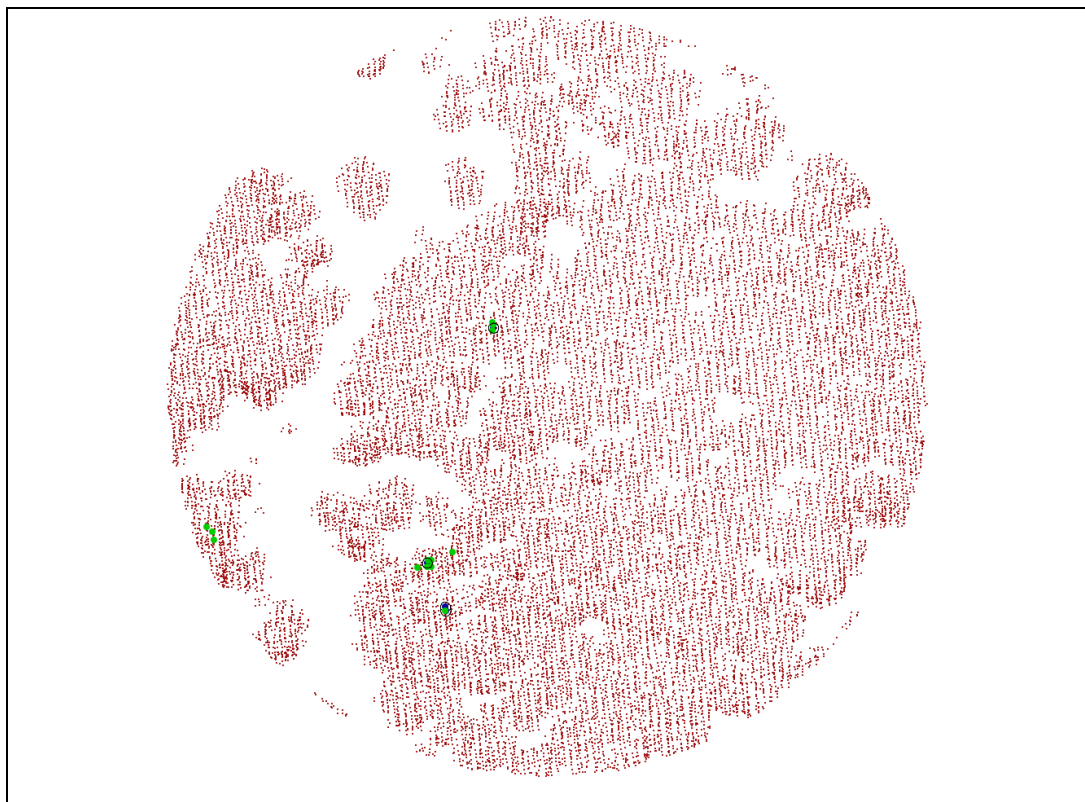


Figura 45. En verde puntos de la segunda capa. Capa 48. Alturas entre 24,14 y 23,75 metros

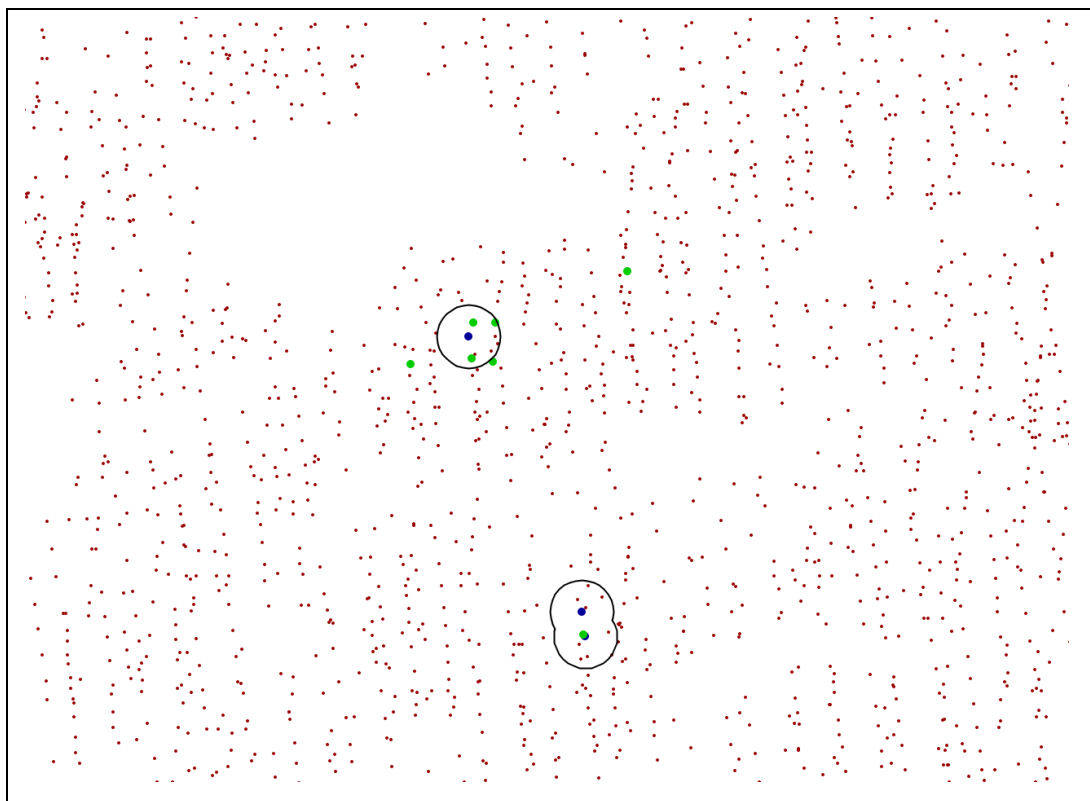


Figura 46. Detalle de puntos de la segunda capa.

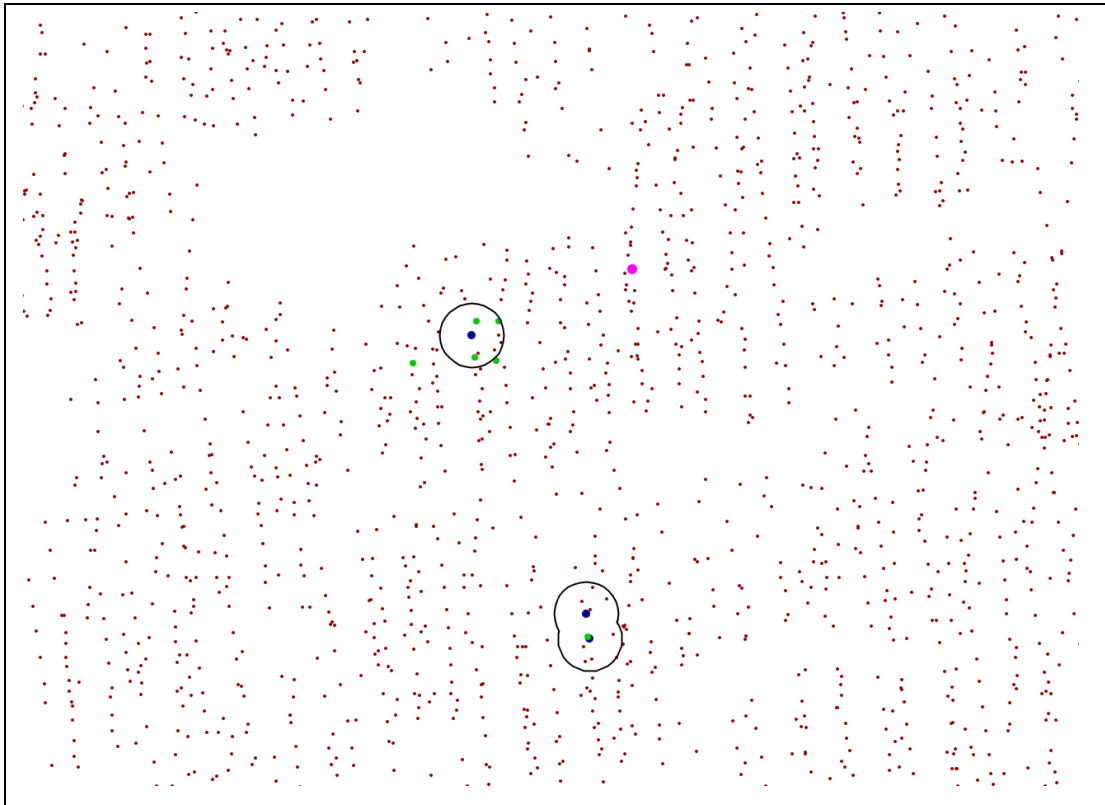


Figura 47. En morado, punto de la segunda capa seleccionado como ápice. Distancia al polígono de copa más próximo 3,32 metros.

4.7.3.4 Buffers iniciales.

Para cada punto seleccionado como nuevo ápice se establece su zona de reserva como un buffer de 0,75 metros de radio desde él.

Igual que ocurría en la primera capa, muchos de los buffers delineados se superponen entre si. En este caso se consideran todos los buffers superpuestos como pertenecientes a la misma copa y por tanto los polígonos coincidentes se disuelven para formar una única copa. Al contrario de lo que ocurría con la primera capa, en capas inferiores el número de buffers superpuestos en un único grupo puede ser de hasta diez. Esto origina un polígono muy grande que da lugar a copas inusualmente extensas y que no se corresponden con la realidad. Para evitar este problema se redibujó el polígono original de copa de la siguiente manera:

- Disolución de polígonos de buffers coincidentes en uno solo.



- Cálculo del centroide del polígono disuelto.
- Delineación del polígono de copa como buffer circular de radio 0,75 metros desde el centroide calculado.

Los polígonos de las nuevas copas delineadas se añaden a las ya existentes formando una única capa de polígonos de copas.

4.7.3.5 Asignación de puntos a copas.

Los puntos de la capa de trabajo no seleccionados como ápices pertenecen a alguna de las copas ya delineadas. Usando de nuevo un algoritmo de vecino más cercano, para cada uno de estos puntos se localiza el polígono de copa más cercano a él. Cada polígono está marcado con un identificador único que es copiado por el punto.

4.7.3.6 Crecimiento de copas existentes.

Una vez marcados los puntos con el identificador del polígono que tienen más cerca, se dibuja la mínima envolvente convexa (*ConvexHull*) que encierra todos los elementos con el mismo identificador. De esta manera cada copa se expande en cada capa de trabajo adaptándose a la geometría de la nube de puntos.

El proceso se repite hasta llegar a la capa 8 que corresponde a puntos de altura entre 3,75 y 4,25 metros. Todos los puntos quedan dentro de alguno de los polígonos de copa delineados.



Figura 48. Copas delineadas hasta la capa 40 en la parcela 895

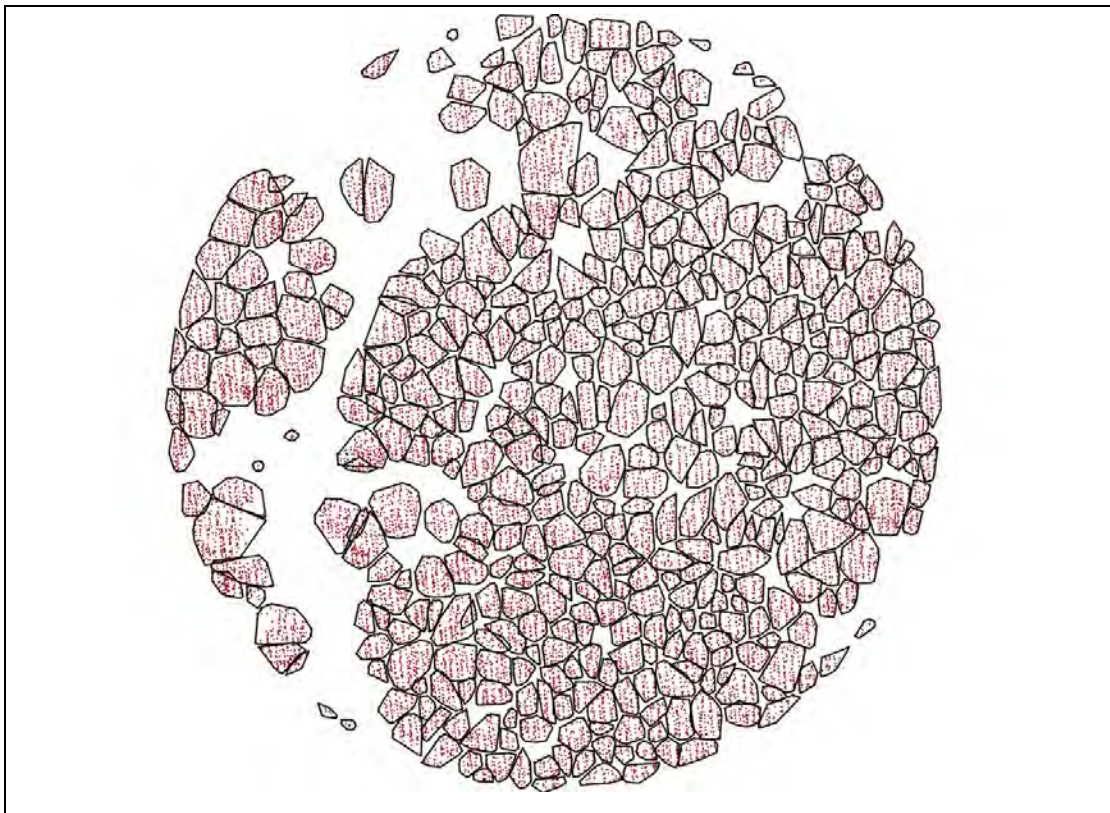


Figura 49. Resultado final de la delineación de copas en la parcela 895.



A los polígonos de copas delineadas se les incorpora la información sobre sus alturas máxima y mínima y el número de puntos que contienen.

4.7.3.7 Depuración y eliminación de copas falsas.

En el proceso de delineación de copas descrito aparecen polígonos que en realidad no representan árboles. Esto ocurre cuando alguna rama de un árbol sobresale de su copa y origina la consideración de un nuevo ápice de forma errónea. Cuando esto ocurre, el número de puntos que contiene el polígono erróneamente considerado es sensiblemente inferior al de los árboles que lo rodean.

Para solucionar este problema se incorporó a la función una rutina de corrección que funciona según el siguiente proceso:

- Para cada polígono se calcula la media de puntos de los árboles que se encuentran a menos de 20 metros de él.
- Se calcula el porcentaje del número de puntos de cada copa respecto de la media calculada en el paso anterior.
- Los polígonos que contienen menos del 40% de puntos que la media de los que le rodean se consideran inicialmente como falsos. Según este criterio pueden ser considerados árboles falsos aquellos más pequeños que queden relativamente alejados de los que les rodean. Para evitar esto, de los árboles considerados inicialmente como falsos se excluyen aquellos que disten del árbol más cercano más de dos veces el radio de buffer (1,5 metros).
- Los puntos incluidos en los polígonos de copas falsas se reasignan al polígono de copa verdadera más cercano a cada uno de ellos.
- Se redelinean los polígonos de copas incorporando los puntos anteriores.



4.7.3.8 Cálculo de la densidad puntual mediante sexto árbol.

Para conocer de forma aproximada la densidad de pies/ha en cualquier superficie, se incorporó a la función una rutina para el cálculo de la distancia al sexto árbol más próximo a cada uno de los delineados. (Prodan. 1968.)

Según este autor, dado un punto de referencia como el centro de una parcela de inventario, la distancia al n-ésimo árbol d_n se relaciona con un estimador adecuado de la densidad de árboles por hectárea en ese punto según la fórmula:

$$\text{Nº de pies/ha.} = (n-0,5) * 10.000 / \pi * d_n^2$$

Siendo n el orden del árbol según un criterio de proximidad al punto de medición. Según este mismo autor la precisión en la estimación no aumenta significativamente a partir de $n=6$. Puesto que la distancia se considera al centro del 6º árbol, éste sólo debe contar como medio árbol, por eso se utiliza $n-0,5$ en lugar de n. En este caso la densidad de pies por hectárea se estima según la fórmula:

$$\text{Nº de pies/ha.} = 17.507 / d_n^2$$

4.7.3.9 Exportación de resultados a shp y visualización en SIG.

El resultado final del proceso es una base de datos con los siguientes campos:

- **ID.** De tipo *integer*. Es el identificador único de cada polígono de copa.
- **Altura Máxima.** De tipo *Double Precision*. Contiene la altura sobre el MDT en metros del punto más alto contenido en cada polígono de copa.
- **Altura mínima.** De tipo *Double Precision*. Contiene la altura sobre el MDT en metros del punto más bajo contenido en cada polígono de copa.



- **Altura copa.** De tipo *Double Precision*. Contiene la diferencia entre Altura Máxima y Altura Mínima.
- **N_Puntos.** De tipo *Integer*. Contiene el valor del número de puntos contenidos en cada polígono de copa.
- **Capa.** De tipo *Integer*. Contiene el redondeo al entero más cercano al valor de la altura del punto en metros. No se debe confundir con este valor con el de la capa utilizada para el procesado de puntos. Se trata de una discretización de las alturas de los puntos para que su utilización en cálculos, estadísticas y clasificaciones sea más sencilla.
- **Distancia.** De tipo *Double Precision*. Contiene la distancia en metros al sexto polígono de árbol más cercano a cada uno de los polígonos delineados.
- **Densidad.** De tipo *Integer*. Contiene el valor del número de pies/ha calculado por el método del 6º árbol con la distancia del campo anterior.
- **Geom.** Contiene la geometría del polígono de copa. Este campo permite localizar sobre el terreno cada polígono de copa.

Aprovechando la capacidad de conexión de gvSIG con las bases de datos PostgreSQL mediante *PostGIS JDBC Driver*, las capas de polígonos de copas creadas se exportaron y convirtieron al formato *Shapefile*. El producto así obtenido se denominará en adelante “copas lidar” o “árboles lidar”.



4.8 Utilización de datos de campo y copas lidar

Para cada parcela del IFN4 seleccionada se calcularon los valores de las siguientes variables:

- Densidad de pies/ha.
- Altura media en metros.
- Altura dominante en metros. Para su cálculo se utilizaron los 100 árboles más altos por hectárea.
- Diámetro medio en centímetros.
- Diámetro medio cuadrático en centímetros.
- Área basimétrica en m^2/ha .
- Volumen de madera con corteza en m^3/ha .
- Incremento anual de volumen de madera con corteza en $m^3/ha./año$.

Los datos de las parcelas de campo y los valores calculados pueden encontrarse en el anejo 5.

Se superpusieron en gvSIG las capas de árboles de campo y copas lidar y se dibujó sobre ellas las parcelas circulares de radio igual al menor múltiplo de 5 mayor que la distancia al centro del árbol de campo más alejado de éste.

Con los árboles lidar seleccionados en cada parcela como ya se explicó, se calcularon las siguientes variables.

- Densidad de pies/ha
- Densidad de pies/ha como media de los valores calculados para cada copa con el método del sexto árbol
- Altura media en metros.
- Altura dominante en metros. Para su cálculo se utilizaron los 100 árboles delineados más altos por hectárea.
- Media del número de puntos contenida en cada copa dividido por la densidad de puntos en la parcela. La densidad de puntos lidar en



cada parcela es distinta y va de 1,47 a 5,27 puntos/m² por tanto, el número medio de puntos contenidos en las copas debe ser corregido dividiéndolo por la densidad de puntos lidar en la parcela para que los valores obtenidos puedan ser comparados entre si

- Proporción de puntos que están contenidos en copas respecto al total de puntos de la parcela.
- Valor de OA en metros.

Con los datos anteriores se creó una tabla en la que cada registro correspondía a la suma de los datos de campo y los datos LIDAR de una parcela. Esta tabla aúna pues los datos de las dos listas anteriores.

Las variables LIDAR de las parcelas sirvieron como variables independientes para el ajuste de las regresiones de las siguientes variables de campo:

- Altura media en metros.
- Altura dominante en metros.
- Diámetro medio en centímetros.
- Área Basimétrica en metros cuadrados por hectárea.
- Volumen con corteza en m³/ha.
- Incremento medio anual del volumen con corteza en m³/ha/año.
- Densidad en pies/ha.
- Biomasa total al 0% de humedad en toneladas por hectárea.

En cuanto a los árboles individuales, tras el encaje por traslación descrito más arriba se seleccionaron los polígonos de copa que coincidían exactamente con árboles de campo. Aquellos árboles con una posición intermedia entre varios polígonos o aquellos polígonos que contenían más de un árbol no fueron seleccionados. Se eligieron así 958 árboles de los 1477 contenidos en las parcelas del IFN4 (65%). De los árboles de esta tabla se seleccionaron los que correspondían a pino silvestre, quedando así 916 árboles.



Se superpusieron las tablas de los árboles lidar y de los árboles de campo que contenían creándose una nueva tabla que contenía los siguientes datos para cada árbol.

- Parcela
- N° del árbol dentro de la parcela
- Código de especie
- Diámetro normal de campo.
- Altura total de campo.
- Volumen con corteza del árbol de campo.
- Incremento anual de volumen con corteza del árbol de campo.
- Superficie del polígono de copa LIDAR
- Diámetro de copa LIDAR calculada como $RAIZ(\text{superficie de copa} \cdot \pi/4)$.
- Altura máxima del polígono de copa LIDAR.
- Altura mínima del polígono de copa LIDAR
- Número de puntos contenido en el polígono de copa LIDAR.
- Distancia al sexto árbol más cercano.
- Densidad puntual calculada por el método del sexto árbol.

Las variables de las copas LIDAR fueron utilizadas como variables independientes para el ajuste de las regresiones de las siguientes variables de árbol individual.

- Diámetro normal en centímetros
- Altura total en metros.

Todas las demás variables de árbol individual se calcularon con los diámetros y alturas obtenidos en las relaciones anteriores.



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.





5.1 Ajuste del parámetro Otro Ápice (OA)

Este parámetro determina la distancia mínima de un punto a su polígono de copa más cercano en la capa en la que se encuentra para que sea considerado como un nuevo ápice a partir del que se componga una nueva copa. Este parámetro es el más importante de este estudio y todo el desarrollo del método expuesto depende de él ya que determina cuando debe aparecer un nuevo ápice y por tanto toda la delineación de copas queda supeditada a su adecuación a las condiciones del conjunto de datos.

Inicialmente se supuso que este parámetro dependía de:

- Densidad de pies por hectárea.
- Altura media de la masa.
- Densidad de puntos de los datos LIDAR.

Se probó la relación individual entre OA y las variables anteriores y funciones de éstas y esa misma relación con combinaciones de hasta 3 variables. Posteriormente se eliminaron todas las combinaciones con R^2 menor que 98. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:



R -Cuadrada	R-Cuadrada Ajustada	Variables incluidas	
18.11	16.41	A	altura media
16.13	14.38	B	altura media^2
18.69	17.0	C	RAIZ (altura media)
18.93	17.24	D	Ln(altura media)
79.62	79.2	E	densidad pies/ha
96.31	96.23	F	Ln(densidad pies/ha)
89.38	89.16	G	RAIZ(densidad pies/ha)
2.041	0.0	H	densidad puntos
2.041	0.0	I	RAIZ(densidad puntos)
2.041	0.0	J	Ln(densidad puntos)
98.18	98.11	EF	
98.33	98.26	FG	
98.27	98.16	AEF	
98.42	98.32	AFG	
98.27	98.16	BEF	
98.43	98.32	BFG	
98.27	98.16	CEF	
98.42	98.32	CFG	
98.27	98.16	DEF	
98.42	98.32	DFG	
98.49	98.39	EFG	
98.21	98.1	EFH	
98.22	98.11	EFI	
98.23	98.12	EFJ	
98.36	98.25	FGH	
98.37	98.26	FGI	
98.37	98.27	FGJ	

Tabla 8. Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de OA

De esta tabla se deduce que la variable OA apenas tiene relación con la altura y que esta relación es nula con la densidad de puntos lidar.



La variación de OA se explica casi íntegramente con la variación de la densidad de pies por hectárea y más concretamente con la de su logaritmo neperiano.

Se ensayaron dos regresiones posibles con coeficiente de determinación mayores que 98.

El primer modelo es:

$$OA = RAIZ(0.4785 + 683.4/dph)$$

Siendo dph la densidad de campo de pies por hectárea.

Los resultados para el análisis de esta regresión son:

Coefficientes

Parámetro	M. C. Estimado	Error Estándar	Estadístico T	Valor-P
Intercepto	0.4785	0.03943	12.14	0.0000
Pendiente	683.4	12.71	53.77	0.0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	55.57	1	55.57	2891.32	0.0000
Residuo	0.9226	48	0.01922		
Total	56.5	49			

Coefficiente de Correlación = 0.9918

R-cuadrada = 98.37%

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98.33%

RMSE. = 0.1386 metros

Error absoluto medio = 0.103 metros

La gráfica del modelo ajustado y los residuos son:

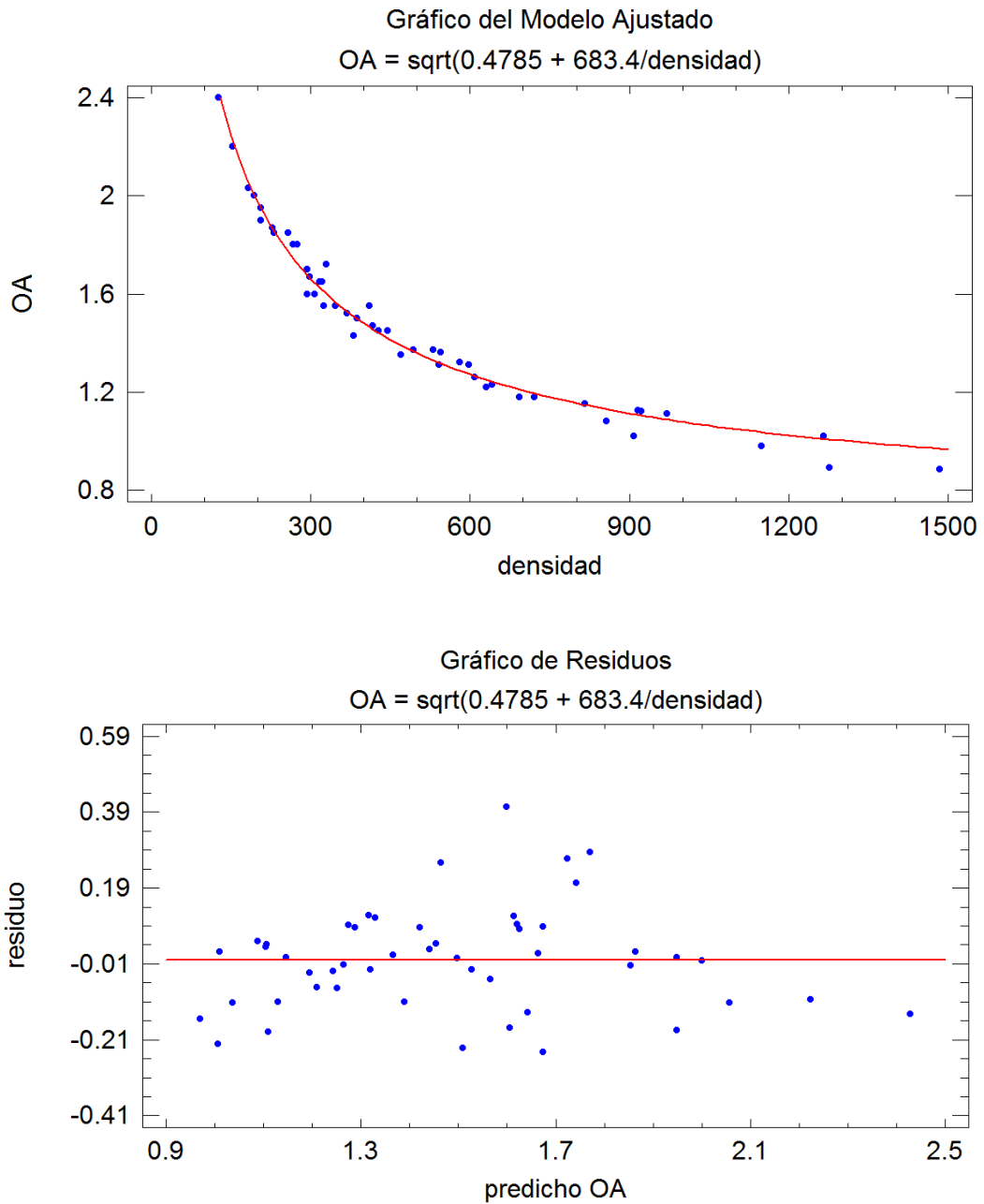


Figura 50. Modelo ajustado y residuos del modelo 1 de la variable OA



El segundo modelo es:

$$OA = 16.08 * dph^{-0.3963}$$

Los resultados del análisis del modelo son:

Resultados de la Estimación

Parámetro	Estimado	Error Estándar asintótico	Inferior	Superior
a	16.08	0.6979	14.68	17.49
b	-0.3963	0.007501	-0.4114	-0.3812

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio
Modelo	115.8	2	57.9
Residuo	0.08909	48	0.001856
Total	115.9	50	
Total (corr)	5.778	49	

R-Cuadrada = 98.46 por ciento

R-Cuadrada (ajustada por g.l.) = 98.43 por ciento

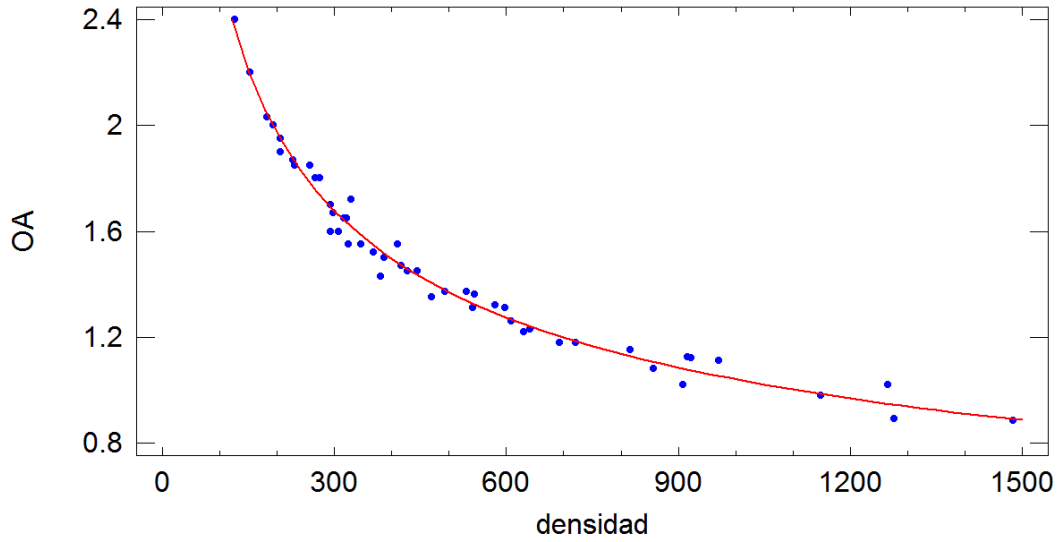
RMSE. = 0.04308

Error medio absoluto = 0.03262



Las gráficas del modelo ajustado y de los residuos son:

Gráfica del Modelo Ajustado



Gráfica de Residuos

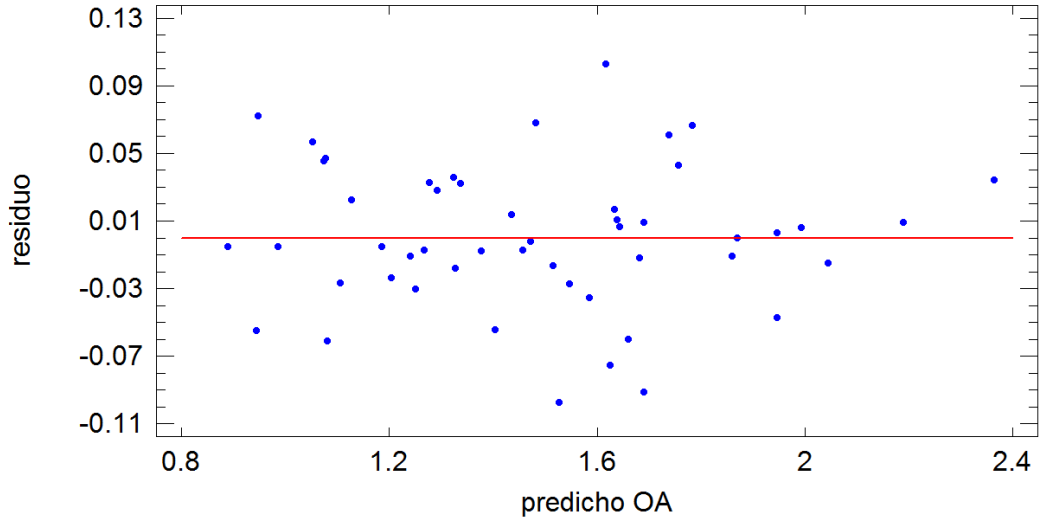


Figura 51. Modelo ajustado y residuos del modelo 2 de OA



El primer modelo presenta un patrón identificable en la distribución de los errores por lo que se sospecha la presencia de heterocedasticidad, la varianza de los errores no es constante y depende del valor de la variable predicha.

Además el valor del coeficiente de determinación y el valor del RMSE (*root-mean-square error* o *error cuadrático medio* o *Error Estándar del Estimador*) son mejores en el segundo modelo.

Por todo ello se considera como mejor modelo para estimar el valor del parámetro OA:

$$OA = 16.08 * dph^{-0.3963}$$

Para el modelo elegido se comprobó el cumplimiento de las siguientes condiciones.

- Los signos y valores de los valores de los parámetros del modelo especificado coinciden con los que lógicamente cabría esperar para la relación que describen. En este caso, el exponente negativo de la variable densidad de pies por hectárea provoca que OA disminuya cuando la densidad aumenta y por tanto la función encontrará más ápices al ser menor la distancia umbral.
- los valores asintóticos del intervalo de confianza del 95.0% para cada uno de los parámetros desconocidos no contienen el valor cero. El intervalo del parámetro “a” va de 14,68 a 17,49. Para el parámetro “b” el intervalo va de -0,4114 a -0,3812. Por tanto ninguno de los intervalos contiene el valor cero.
- El valor medio de los residuos del modelo es próximo a cero. Se obtuvo un valor de 0.0002 y por tanto el modelo cumple esta condición.
- Los residuos siguen una distribución normal. Para comprobar la normalidad se utilizaron los test de Kolmogorov – Smirnov y Saphiro –



Wilk. Los P-valores de ambos fueron 0.95 y 0.89 respectivamente. Al ser mayores de 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que el residuo proviene de una distribución normal al 95% de confianza.

- La varianza del error es constante (homocedasticidad). Para comprobar esta condición se observa el gráfico de residuos frente a valores predichos (fig.49). En él no se observan variaciones sistemáticas. Para verificar la ausencia de heterocedasticidad se utilizó el test de White. Los P-valores obtenidos fueron 0,95 y 0,89 respectivamente y por tanto se asume la hipótesis de homocedasticidad.
- No existe autocorrelación para los datos. Para verificar esta condición se utilizó el test de Breusch – Godfrey. Se obtuvo un P- valor mínimo de 0,8.
- Valores atípicos. Analizados los residuos estudentizados se encontraron 3 con valor absoluto mayor que 2 (6%) y ninguno con valor mayor de 3.



5.2 Ajuste de regresiones de variables de masa

Para relacionar los valores medios de los resultados de la delineación de copas lidar con los valores medios de los datos de campo en las parcelas seleccionadas se ajustaron las regresiones que aparecen en los apartados siguientes.

5.2.1 Altura media

Para la selección de modelo se utilizó la opción “selección de modelos de regresión” de STATGRAPHIC. Se introdujo como variable dependiente la altura media de parcela de los arboles de campo y como variables independientes las resultantes de la delineación de copas lidar.

El gráfico obtenido que relaciona R^2 con el número de coeficientes es el siguiente.

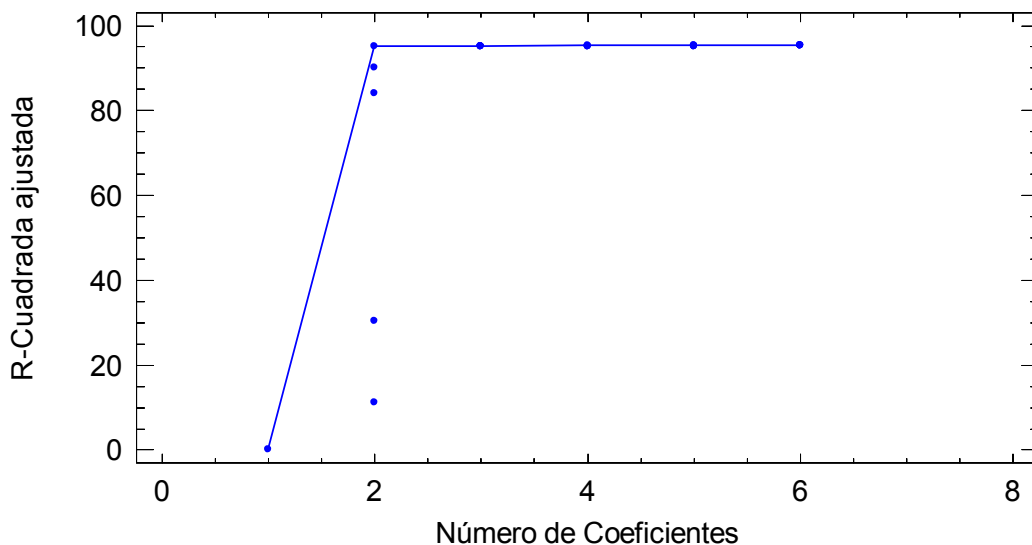


Figura 52. R^2 y número de coeficientes para el modelo de altura media.

Se deduce que el modelo no mejora al añadir más de una variable independiente.

Para aproximar la dependencia de la variable altura de campo con cada una de las variables lidar se calculó el coeficiente de determinación R^2 de las regresiones simples con cada una de ellas



R ²	Variables
12.96	A Densidad lidar pies por hectárea
95.28	B Altura media lidar
84.43	C Altura de copa lidar
18.11	D OA
2.041	E Densidad de puntos lidar
31.71	F Media de puntos en copas / densidad puntos lidar
10.61	G Media de puntos en copas / puntos totales en parcela
95.28	AB
87.06	AC
18.29	AD
14.24	AE
32.74	AF
37.7	AG
95.36	BC
95.33	BD
95.38	BE
95.37	BF
95.29	BG
87.53	CD
85.74	CE
88.04	CF
85.27	CG
18.63	DE
35.68	DF
43.07	DG
31.71	EF
10.67	EG
42.72	FG

Tabla 9. Coeficientes de determinación R² para regresiones de altura media

La relación más alta se da entre la altura media de los árboles de campo y la altura media de las copas lidar. En la tabla se muestran también los R² de las regresiones múltiples para combinaciones de dos variables lidar. No se aprecia ningún aumento del coeficiente de determinación al aumentar el número de variables. Puesto que la altura media lidar explica más del 95% de la variación de la altura de campo, se adoptó el modelo de mayor parsimonia (explica más con menos complejidad): un modelo lineal simple cuya única variable independiente es la altura media lidar.

$$HC = 0.78375 + 0.98429 \cdot Hlid$$



Siendo HC la altura media de los árboles de la parcela IFN4 en metros y Hlid la media en metros de las alturas máximas de los polígonos de copa de esa parcela.

Coefficientes

Parámetro	Mínimos Cuadrados	Estándar Error	Estadístico T	Valor-P
Intercepto	0.7837	0.4173	1.878	0.0665
Pendiente	0.9843	0.03161	31.14	0.0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	705.9	1	705.9	969.49	0.0000
Residuo	34.95	48	0.7281		
Total	740.8	49			

Coefficiente de Correlación = 0.9761

R-cuadrada = 95.28 %

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 95.18 %

RMSE. = 0.8533

Error absoluto medio = 0.6686

Estadístico Durbin-Watson = 2.37 (P=0.9012)



Las gráficas del modelo ajustado y distribución de residuos son las siguientes:

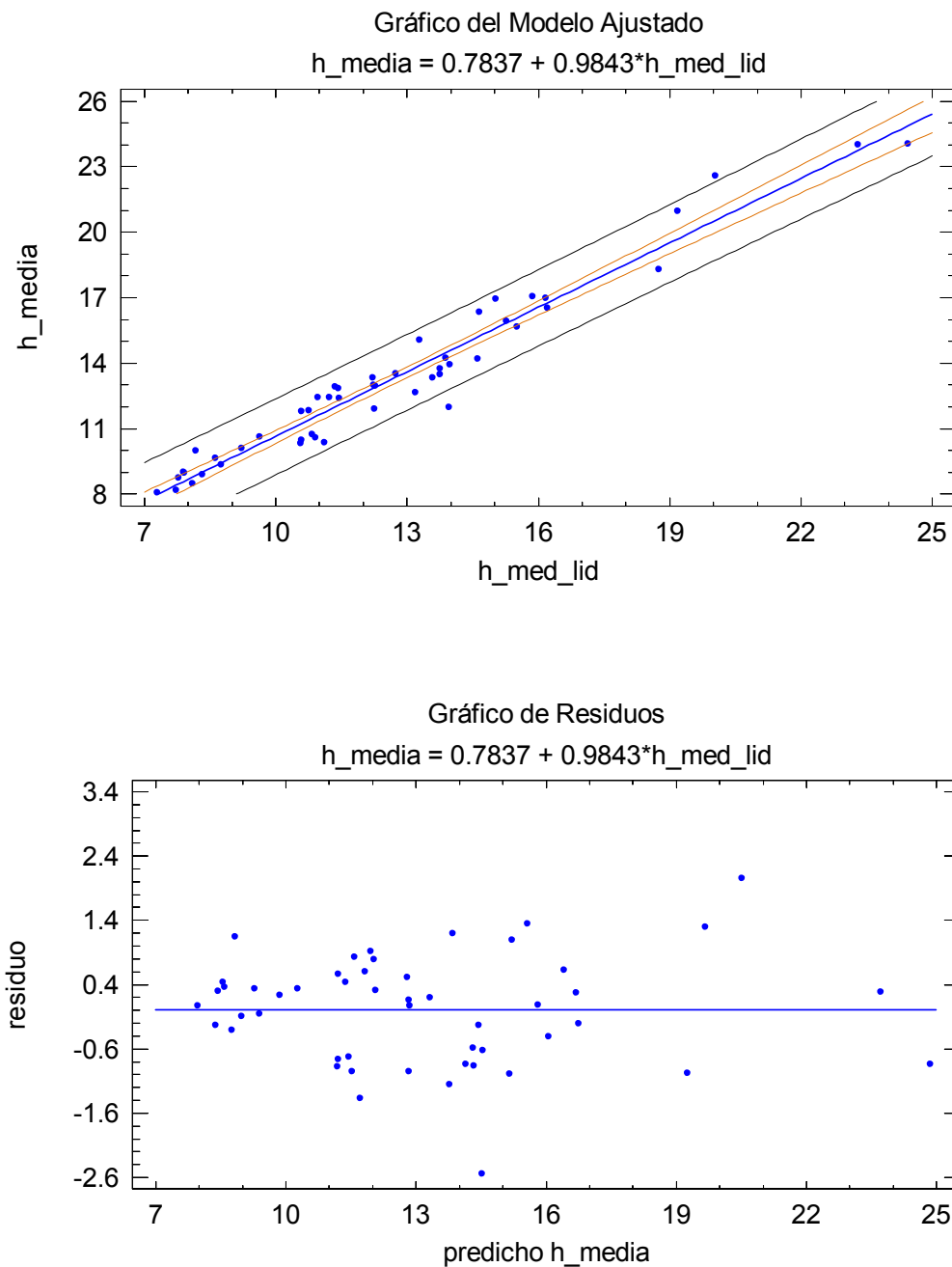


Figura 53. Modelo ajustado y residuos para altura media

Para el análisis del modelo se aplicaron las siguientes pruebas:

- **Valor medio de los residuos.** Es prácticamente cero.
- **Homocedasticidad.** Test de Breuch – Pagan. El P valor es de 0.049. Aunque no llega a 0.05 por una diezmilésima se considera homocedástico.



- **Normalidad de los residuos:** Test de Saphiro – Wilk y test de Kolmogorov – Smirnov. Los P valores obtenidos fueron 0,47 y 0,78 y por tanto se cumple esta condición.
- **Autocorrelación.** Test de Durbin – Watson. El P valor fue 0.9. No hay autocorrelación.
- **No linealidad.** Test RESET. El P valor obtenido fue 0,48. Y por tanto no es necesario un orden de potencia mayor para el modelo.
- **Observaciones atípicas.** Test de Bonferroni. El P valor menor fue de 0.088 y por tanto no se consideran valores atípicos.

Para validar el modelo se uso el método de validación cruzada. Se ajustaron diez modelos extrayendo en cada uno de ellos cinco observaciones. Para el ajuste del primer modelo se extrajeron las observaciones 1, 11, 21, 31 y 41. En el segundo modelo se extrajeron las observaciones 2, 12, 22, 32 y 42 y así sucesivamente hasta el modelo décimo en el que se extrajeron las observaciones 10, 20, 30, 40 y 50. Con el resultado de cada modelo se calcularon los valores y los residuos de las observaciones no incluidas para ajustarlo. El conjunto de los valores y residuos así obtenidos se comparó con el de los valores y residuos del modelo completo con los siguientes resultados:

	MODELO	VALIDACIÓN	Diferencia	%
Media	13,223	13,225	-0,002	-0,015
Desviación estándar	3,796	3,812	-0,016	-0,421
Rango	16,881	17,137	-0,256	-1,516
Mínimo	7,979	7,977	0,002	0,025
Máximo	24,859	25,114	-0,255	-1,026
Suma	661.160,000	661.236,000	-0,076	-0,011
Nº de casos	50,000	50,000	0,000	0,000
Media residuos	0,000	-0,001	0,001	
Desv. Tip. residuos	0,844	0,897	-0,053	-6,280
Media valor absoluto residuos	0,668	0,688	-0,02	-2,994
RMSE residuos	0,853	0,870	-0,017	-1,993

Tabla 10. Validación del modelo de altura media de parcela



5.2.2 Altura dominante.

Para la selección de modelo se utilizó la opción “selección de modelos de regresión” de STATGRAPHIC. Se introdujo como variable dependiente la altura dominante de parcela de los arboles de campo y como variables independientes las resultantes de la delineación de copas lidar.

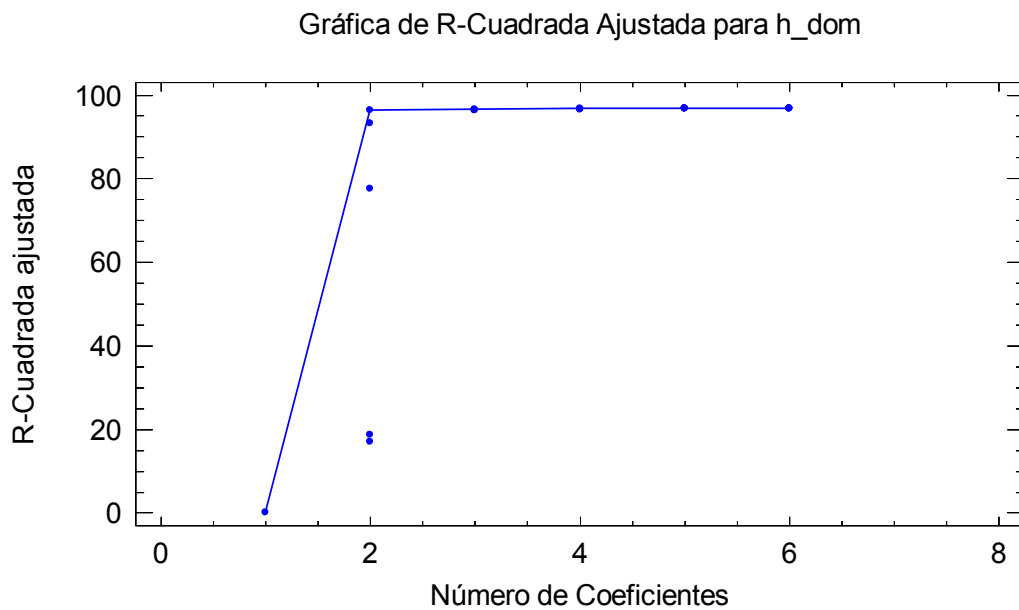


Figura 54. R^2 y número de coeficientes para el modelo de altura dominante.

Los coeficientes de determinación de las regresiones de altura dominante con las variables lidar son los siguientes:



R ²	Variables
93.14	A Altura media lidar
3.67	B Densidad pies por hectárea lidar
96.44	C Altura dominante lidar
77.63	D Altura media de copa lidar
0	E Densidad de puntos en parcela
18.63	F Media de puntos en copas / densidad puntos parcela
16.98	G Media de puntos en copas/ puntos en parcela
94.83	AB
96.54	AC
93.17	AD
93.08	AE
94.03	AF
94.24	AG
96.39	BC
85.61	BD
2.86	BE
19.51	BF
34.62	BG
96.42	CD
96.43	CE
96.37	CF
96.45	CG
78.33	DE
87.84	DF
81.80	DG
16.94	EF
15.21	EG
36.81	FG

Tabla 11. Coeficientes de determinación R² para regresiones de altura dominante

El R² no aumenta significativamente al aumentar el número de variables explicativas. Se elige el modelo más parsimonioso con una sola variable independiente. La relación más elevada se da entre altura dominante de campo y altura dominante lidar.



El modelo calculado es:

$$HC_{100} = 0.9663 + 0.9835 \cdot HL_{100}$$

Siendo HC_{100} la altura dominante en metros de los árboles de las parcelas de campo y HL_{100} la altura dominante en metros de los árboles lidar.

Coefficientes

Parámetro	Mínimos Cuadrados	Error Estándar	Estadístico T	Valor - P
Intercepto	0.9663	0.4207	2.297	0.0260
Pendiente	0.9835	0.02698	36.45	0.0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	763.3	1	763.3	1328.59	0.0000
Residuo	27.58	48	0.5745		
Total	790.9	49			

Coefficiente de Correlación = 0.9824

R-cuadrada = 96.51 %

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96.44 %

RMSE. = 0.758

Error absoluto medio = 0.6105

Estadístico Durbin-Watson = 2.054 (P=0.5591)



Las gráficas del modelo ajustado y distribución de residuos son las siguientes:

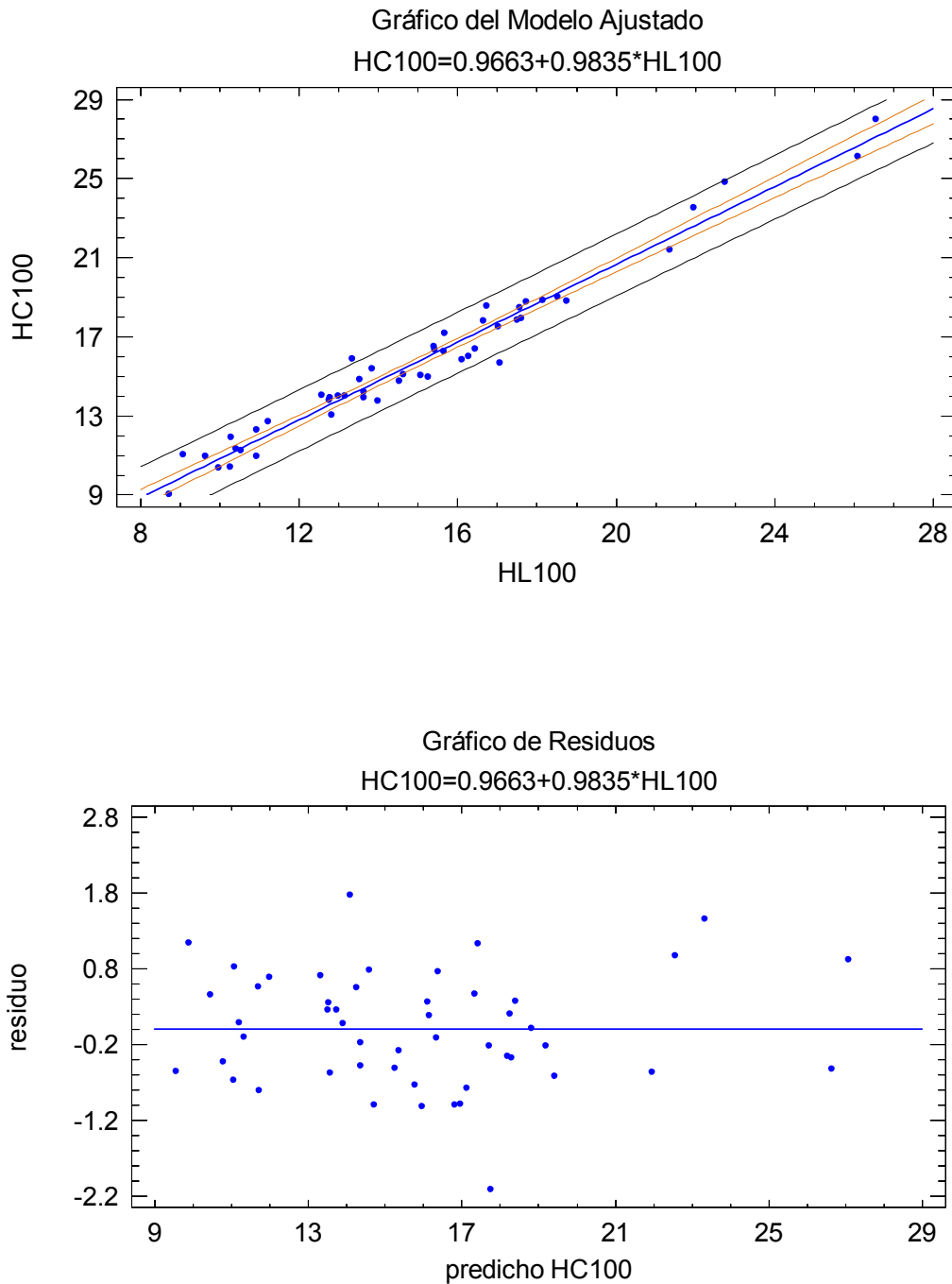


Figura 55. Modelo ajustado y residuos para altura dominante



Para el análisis del modelo se aplicaron las siguientes pruebas:

- **Valor medio de los residuos.** Es prácticamente cero.
- **Homocedasticidad.** Test de Breuch – Pagan. El P valor es de 0.33 y por tanto no se detectan problemas de heterocedasticidad.
- **Normalidad de los residuos:** Test de Saphiro – Wilk y test de Kolmogorov – Smirnov. Los P valores obtenidos fueron 0,75 y 0,98 y por tanto se cumple esta condición.
- **Autocorrelación.** Test de Durbin – Watson. El P valor fue 0.56. No hay autocorrelación.
- **No linealidad.** Test RESET. El P valor obtenido fue 0,132 y por tanto no es necesario un orden de potencia mayor para el modelo.
- **Observaciones atípicas.** Test de Bonferroni. El P valor menor fue de 0.18 y por tanto no se consideran valores atípicos.

Para validar el modelo se uso el mismo método de validación cruzada que para la altura media.

	MODELO	VALIDACIÓN	Diferencia	%
Media	15.80	15.80	0	0
Desviación estándar	3.95	3.94	0.01	0.25
Rango	17.53	17.25	0.28	1.59
Mínimo	9.56	9.64	-0.08	-0.83
Máximo	27.09	26.90	0.19	0.70
Suma	789.78	790.07	-0.29	-0.03
Nº de casos	50.00	50.00	0	0
Media residuos	0	-0.005	0.005	
Desv. Estándar residuos	0.75	0.78	-0.03	-4
Media valor absoluto residuos	0.61	0.63	-0.02	-3.28
RMSE residuos	0.74	0.77	-0.03	-4.05

Tabla 12. Validación del modelo de altura dominante de parcela



5.2.3 Diámetro medio

Para la selección de modelo se utilizó la opción “selección de modelos de regresión” de STATGRAPHIC. Se introdujo como variable dependiente el diámetro medio de parcela de los arboles de campo y como variables independientes las resultantes de la delineación de copas lidar.

El gráfico obtenido que relaciona R^2 con el número de coeficientes es el siguiente.

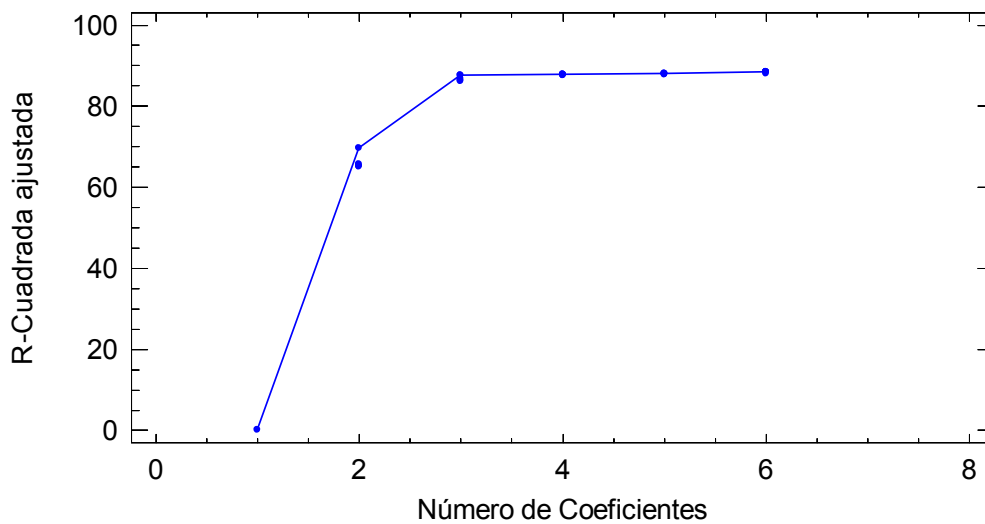


Figura 56. R^2 y número de coeficientes para el modelo de diámetro medio

Se deduce que el modelo no mejora al añadir más de dos variables independientes.

Para cada par de variables se calculó la R^2 ajustada del modelo que las relaciona con el diámetro medio.



R2 ajustado	VARIABLES	
66.74	AB	A=Media de puntos en copas / densidad puntos en parcela
65.35	AC	B= Densidad lidar de pies por hectárea
64.97	AD	C=Logaritmo Neperiano de densidad lidar de pies por hectárea
83.16	AE	D=1 / densidad lidar de pies por hectárea
83.95	AF	E=Logaritmo Neperiano de altura media lidar
83.07	AG	F=Raíz cuadrada de altura media lidar
84.18	AH	G= Cuadrado de altura media lidar
69.45	AI	H= Altura media lidar
55.2	BC	I= Logaritmo Neperiano de A
55	BD	
83.35	BE	
84.26	BF	
81.92	BG	
84.3	BH	
69.23	BI	
55.22	CD	
86.67	CE	
87.55	CF	
85.72	CG	
87.67	CH	
69.14	CI	
85.11	DE	
86.07	DF	
84.37	DG	
86.25	DH	
69.05	DI	
65.04	EF	
64.82	EG	
64.96	EH	
84.22	EI	
65.09	FG	
65.05	FH	
85.37	FI	
65.34	GH	
85.65	GI	
85.99	HI	

Tabla 13. Coeficientes de determinación R² para regresiones de diámetro medio



Se ensayaron los modelos con R^2 mayor que 86 con el fin de comparar los RMSE.

MODELO	R^2 ajustado	RMSE	EMA
CH	87,7%	2.662	2.065
CF	87,5%	2.674	2.082
CE	86,7%	2.768	2.177
DH	86,2%	2.811	2.291
DF	86,1%	2.830	2.327

Tabla 14. Comparación de modelos de diámetro medio

Se comprueba que el modelo que incluye las variables altura media de copas lidar (H) y logaritmo neperiano de densidad lidar de pies por hectárea, además de tener el R^2 mas alto es el que tiene valores menores de RMSE y EMA (media de los valores absolutos de los residuos). Por tanto se selecciona el siguiente modelo:

$$\text{Diámetro medio} = 53,7181 + 1,1949 * H_{lid} - 6,6853 * LN(denslid)$$

Siendo:

- H_{lid} = Media de las alturas máximas en metros de los copas lidar de cada parcela.
- $LN(denslid)$ = Logaritmo neperiano de la densidad lidar de pies por hectárea en cada parcela.

Coefficientes

Parámetro	Estimación	Error Estándar	Estadístico T	Valor - P
Constante	53.72	5.007	10.73	0.0000
H_{lid}	1.195	0.1072	11.14	0.0000
$LN(denslid)$	-6.685	0.7071	-9.454	0.0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	2483.	2	1242.	175.21	0.0000
Residuo	333.0	47	7.086		
Total	2816.	49			



R-cuadrada = 88.17%

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 87.67%

RMSE. = 2.662 cm.

Error absoluto medio = 2.065 cm.

Estadístico Durbin-Watson = 2.054 (P=0.5485)

Para el análisis del modelo se aplicaron las siguientes pruebas:

- **Valor medio de los residuos.** Es prácticamente cero.
- **Homocedasticidad.** Test de Breuch – Pagan. El P valor es de 0.39. No hay heterocedasticidad.
- **Normalidad de los residuos:** Test de Saphiro – Wilk y test de Kolmogorov – Smirnov. Los P valores obtenidos fueron 0,63 y 0,93 y por tanto se cumple esta condición.
- **Autocorrelación.** Test de Durbin – Watson. El P valor fue 0.55. No hay autocorrelación.
- **No linealidad.** Test RESET. El P valor obtenido fue 0,65. Y por tanto no es necesario un orden de potencia mayor para el modelo.
- **Observaciones atípicas.** Test de Bonferroni. El P valor menor fue de 0.41 y por tanto no se consideran valores atípicos.
- **Colinealidad.** Los valores de inflación de la varianza de las dos variables independientes es 1,18. Al ser mucho menor de 10 se considera que no hay colinealidad.



Para la descripción gráfica del modelo se presentan las gráficas de valores observados frente a valores predichos y de residuos frente a valores predichos.

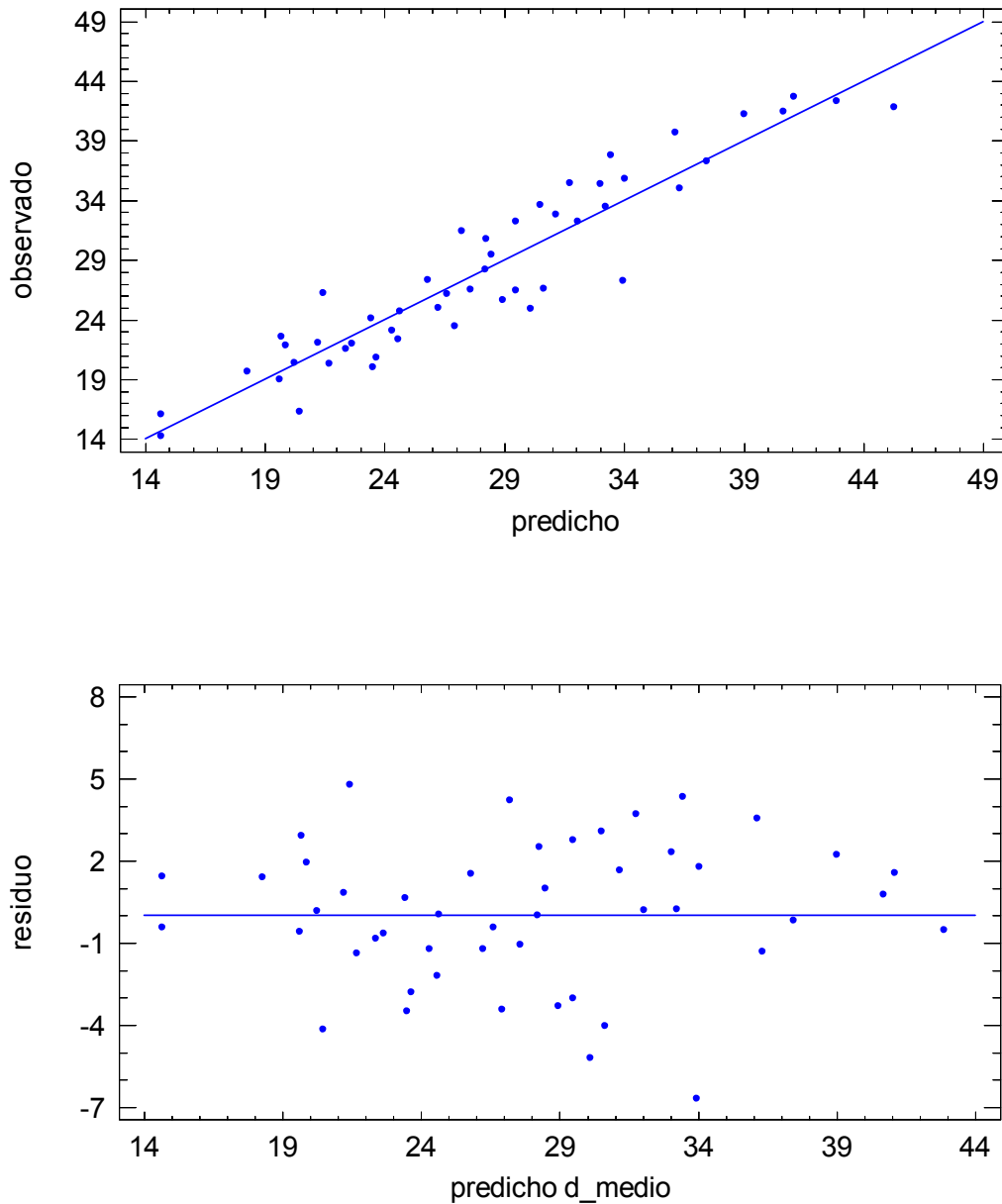


Figura 57. Modelo ajustado y residuos para diámetro medio.



Para la validación del modelo se siguió el mismo procedimiento descrito en el apartado de altura media

	MODELO	VALIDACIÓN	Diferencia	%
Media	28.14	28.12	0.02	0.07
Desviación estándar	7.58	7.15	0.43	5.67
Rango	28.41	31.56	-3.15	-11.09
Mínimo	14.24	14.5	-0.26	-1.83
Máximo	42.65	46.05	-3.40	-7.97
Suma	1407.02	1406.09	0.93	0.07
Nº de casos	50	50	0.00	0.00
Media residuos	0	0.019	-0.02	
Desv. Tip. residuos	2.61	2.68	-0.07	-2.68
Media valor absoluto residuos	2.06	2.12	-0.06	-2.91
RMSE residuos	2.58	2.65	-0.07	-2.71

Tabla 15. Validación del modelo de diámetro medio de parcela



5.2.4 Área basimétrica

Igual que en los casos anteriores, para la selección de modelo se utilizó la opción “selección de modelos de regresión” de STATGRAPHIC. Se introdujo como variable dependiente el área basimétrica de parcela de los arboles de campo y como variables independientes las resultantes de la delineación de copas lidar.

El gráfico obtenido que relaciona R^2 con el número de coeficientes es el siguiente.

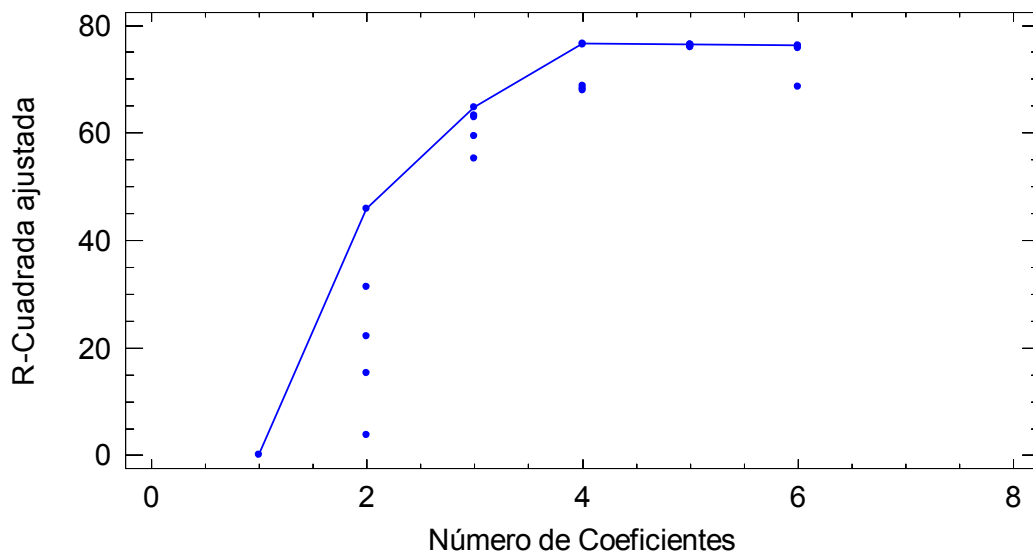


Figura 58. R^2 y número de coeficientes para el modelo de Área Basimétrica.

El gráfico indica que son necesarias tres variables independientes para explicar la mayor parte de la variabilidad del parámetro dependiente. A partir de tres variables explicativas el modelo no mejora e incluso empeora ligeramente.

La tabla de los R^2 ajustados de los modelos compuestos con tres variables es la siguiente:



R2	Variabes	
64.07	ABC	A. Densidad lidar de pies por hectárea.
62.99	ABD	B. Altura media lidar.
67.68	ABE	C. Altura dominante lidar.
67.84	ABF	D. Densidad de puntos en la parcela.
64.39	ACD	E. Media de puntos contenidos en copas lidar / densidad de puntos.
68.2	ACE	F. Puntos contenidos en copas lidar/puntos contenidos en parcela.
68.77	ACF	G. Altura media lidar/OA
12.87	ADE	
47.59	ADF	
49.47	AEF	
38.45	BCD	
62.13	BCE	
57.33	BCF	
59.08	BDE	
53.02	BDF	
76.54	BEF	
62.51	CDE	
55.87	CDF	
76.4	CEF	
49.81	DEF	

Tabla 16. Coeficientes de determinación R² para regresiones de Área Basimétrica.

Se seleccionan los modelos con R² mayor que 75. Además de estos modelos se ensayará otro con dos variables. La primera corresponde con la F de la tabla anterior y la segunda es una variable compuesta que resulta de dividir la altura media lidar de la parcela por el valor del parámetro OA utilizado en esa misma parcela y que se identificará con la letra G.

Los resultados obtenidos del análisis de los tres modelos son los siguientes:



	MODELO		
	BEF	CEF	FG
R ² ajustado	76.54	76.40	76.20
RMSE	5.47	5.49	5.51
EMA	4.09	4.30	4.28
Breuch-Pagan	0.03	0.02	0.05
Saphiro-Wilk	0.98	0.66	0.60
Durbin-Watson	0.75	0.93	0.95
Colinealidad	NO	NO	NO
Valores atípicos	NO	NO	NO

Tabla 17. Comparación de modelos de Área Basimétrica.

Todos los valores son muy parecidos en los tres modelos pero el único que no presenta heterocedasticidad según el P-valor del test de Breuch-Pagan es el que tiene por variables independientes F y G.

Se seleccionó el siguiente modelo:

$$AB = -11,3469 + 3.3122 * (H_{lid}/OA) + 19,7399 * (PC/PP)$$

Siendo:

- H_{lid}= Altura media en metros de las copas lidar de cada parcela.
- OA= Valor del parámetro adimensional de Otro Ápice utilizado para la delineación de copas de la parcela.
- PC / PP= Cociente entre número de puntos de la parcela que están contenidos en copas y PP el número total de puntos en la parcela.

Parámetros

	Estimación	Error estándar	Estadístico T	Valor-P
CONSTANTE	-11.35	3.759	-3.018	0.0041
H _{lid} /OA	3.312	0.4203	7.88	0.0000
PC/PP	19.74	8.061	2.449	0.0181

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	4826.	2	2413.	79.43	0.0000
Residuo	1428.	47	30.38		
Total	6254.	49			



R-cuadrada = 77.17 %

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 76.2 %

RMSE. = 5.512 m²/ha.

Error absoluto medio = 4.285 m²/ha.

Las graficas para el modelo son:

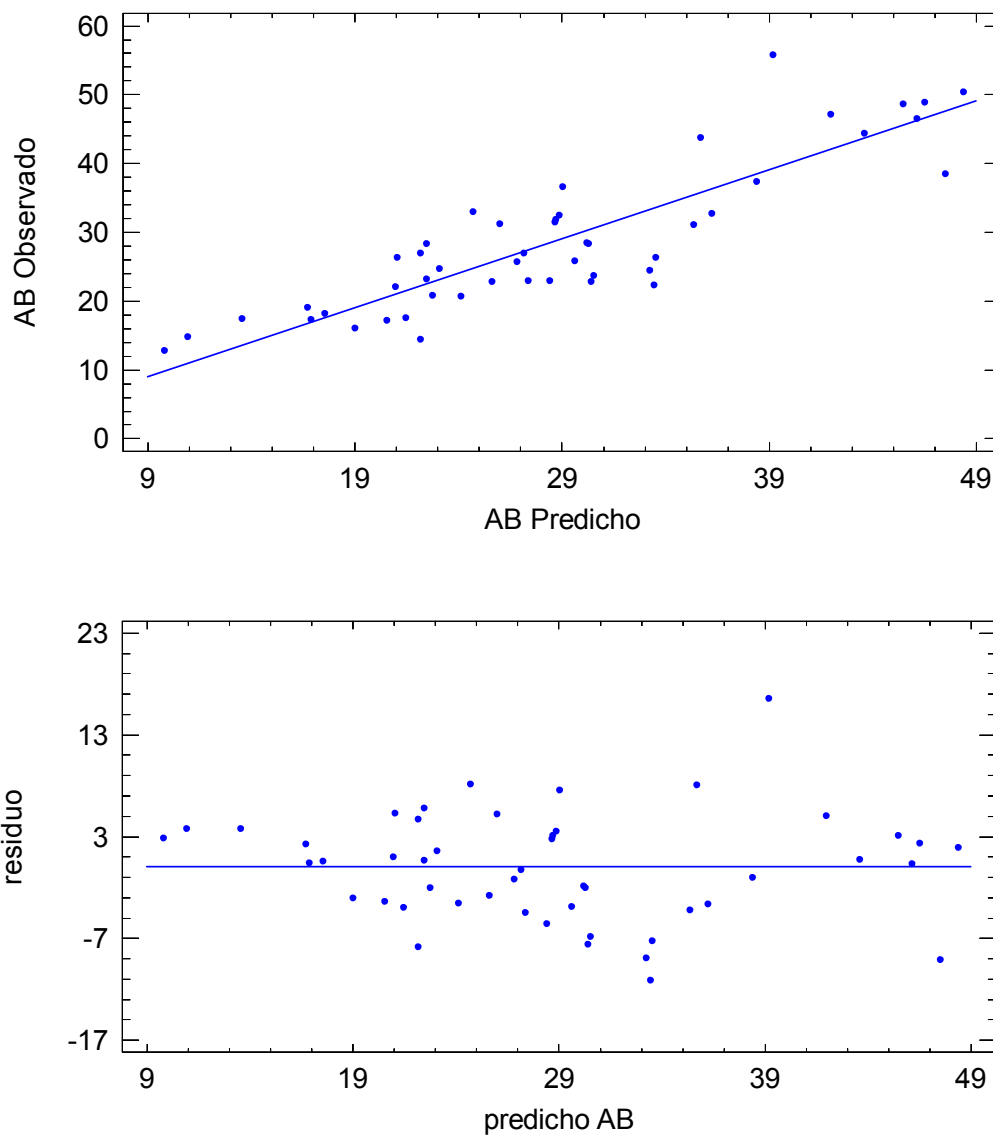


Figura 59. Modelo ajustado y residuos para Área Basimétrica.



Además de los análisis ya realizados se comprobó que el valor medio de los residuos era prácticamente cero.

Para la validación del modelo se siguió el mismo procedimiento descrito en los apartados anteriores

	MODELO	VALIDACIÓN	Diferencia	%
Media	29,117	29,104	0,013	0,000
Desviación estándar	9,924	9,948	-0,024	-0,002
Rango	39,622	39,574	0,048	0,001
Mínimo	9,860	9,056	0,804	0,080
Máximo	49,482	48,630	0,852	0,010
Suma	1455,872	1455,215	0,657	0,000
Nº de casos	50,000	50,000	0,000	0,000
Media residuos	0,000	0,013	-0,013	
Desv. Tip. residuos	5,398	5,771	-0,373	-0,069
Media valor absoluto residuos	4,284	4,570	-0,286	-0,066
RMSE residuos	5,344	5,714	-0,37	-0,069

Tabla 18. Validación del modelo de área basimétrica de parcela

5.2.5 Volumen de madera con corteza

Como en los modelos anteriores, para la selección de modelo se utilizó la opción “selección de modelos de regresión” de STATGRAPHIC. Se introdujo como variable dependiente el volumen con corteza por hectárea de los arboles de campo y como variables independientes las resultantes de la delineación de copas lidar.

El gráfico obtenido que relaciona R^2 con el número de coeficientes es el siguiente.



Gráfica de R-Cuadrada Ajustada para VCC

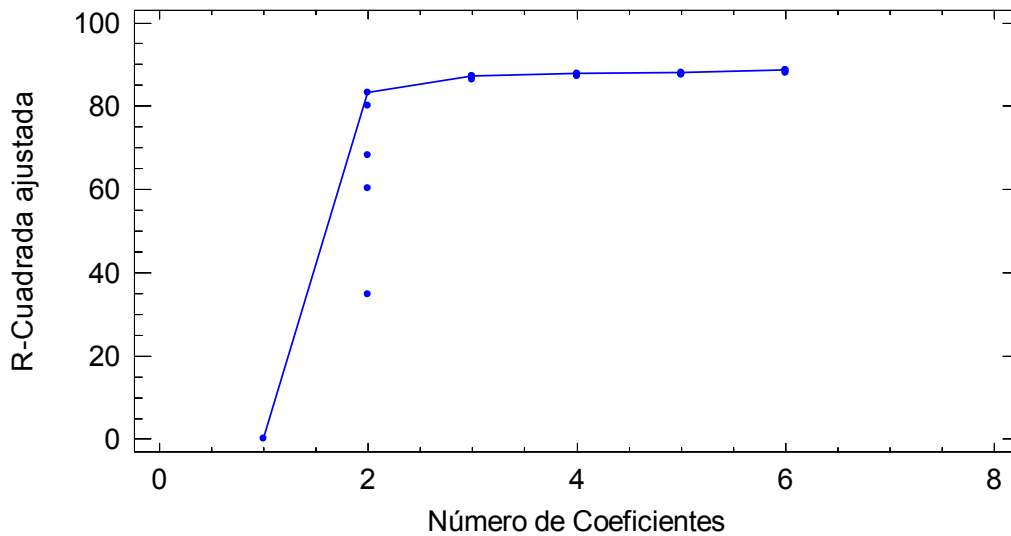


Figura 60. R^2 y número de coeficientes para el modelo de Volumen con corteza.

A partir de dos variables independientes no se aprecia aumento notable del coeficiente de determinación. En la tabla de modelos con dos variables y sus coeficientes de determinación se aprecia que los de mayor R^2 incluyen todos la variable $(H_{lidar}/OA)^2$. Para evaluar también modelos que no incluyan esta variable se consideraron dos modelos más en los que la variable anterior no está al cuadrado y otro en el que no aparece la variable ni su cuadrado.

R^2 ajustado	Variables	
87.12	EJ	A= Densidad lidar de pies por hectárea. C= Altura media lidar D= Altura media lidar/OA E= $(\text{Altura media lidar}/OA)^2$ F= Altura dominante lidar J= Log neperiano (media puntos en copa/densidad puntos)
87.09	EF	
87.05	AE	
87.04	CE	
85.12	CD	
84.91	AD	
84.53	BC	

Tabla 19. Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de Volumen con corteza.

Con el análisis de los modelos anteriores se obtuvieron los siguientes resultados:



MODELO	R ² ajustado	RMSE	Test Breuch-Pagan Homocedasticidad	Test Durbin-Watson Autocorrelación	Test Saphiro-Wilk Normalidad residuos	Inflación varianza Colinealidad	Test RESET No linealidad	Test Bonferroni Valores atípicos
EJ	87,12	33,77	0,008	0,33	0,80	NO	0,65	NO
EF	87,09	37,81	0,010	0,53	0,77	NO	0,29	NO
EA	87,05	37,86	0,010	0,19	0,29	NO	0,85	NO
EC	87,04	37,89	0,006	0,35	0,90	NO	0,67	NO
EB	86,44	38,75	0,009	0,20	0,50	NO	0,37	NO
CD	85,12	40,60	0,009	0,66	0,99	NO	0,03	NO
AD	84,91	40,87	0,004	0,47	0,31	NO	0,03	NO
BC	84,53	41,39	0,003	0,82	0,95	NO	0,36	NO

Tabla 20. Comparación de modelos de Volumen con corteza de parcela



Ninguno de los modelos analizados cumple con la condición de Homocedasticidad. Para tratar de solucionar este problema se transformó la variable dependiente en su logaritmo neperiano y se analizaron los modelos con la transformada.

Gráfica de R-Cuadrada Ajustada para LN_VCC

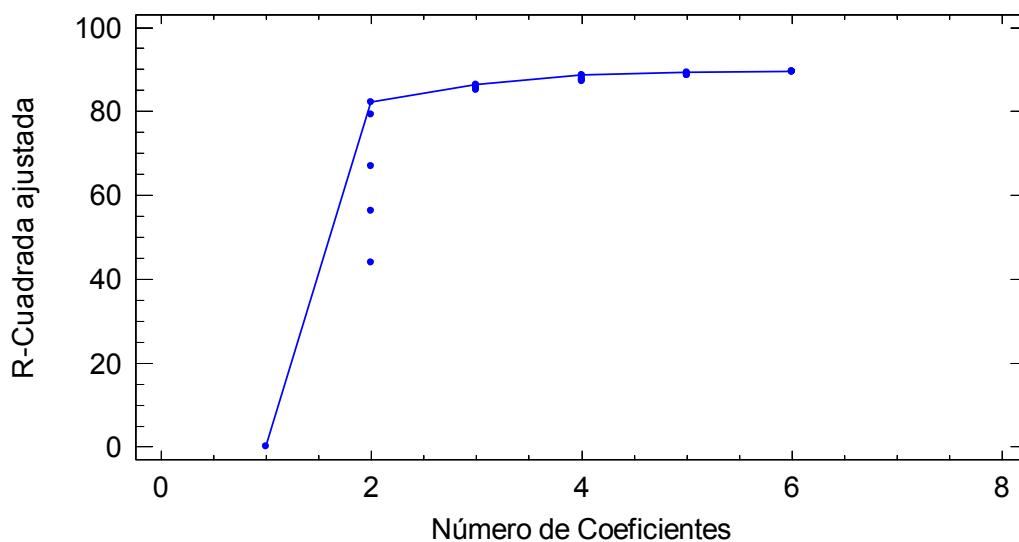


Figura 61. R² y número de coeficientes para el modelo de LN de Volumen con corteza de parcela.

A partir de tres variables independientes el modelo no aumenta significativamente su R². La tabla de los modelos con mayores R² ajustada es la siguiente:

R ² ajustada	Variable	
87.92	BDL	A= Densidad lidar de pies por hectárea
87.9	EGL	B= LN(Densidad lidar de pies por hectárea)
87.88	DKL	C= Altura media de los árboles lidar de la parcela
87.79	BDK	D= Raíz cuadrada(Altura media de los árboles lidar de la parcela)
87.58	GJL	E= Altura media de árboles lidar/OA
87.5	DEL	F= (Altura media de árboles lidar/OA) ²
87.38	DJL	G= Altura dominante de los árboles lidar de la parcela
87.28	CEL	J= Media de puntos en copas/densidad de puntos en parcela
87.16	AEL	K= LN(Media de puntos en copas/densidad de puntos en parcela)
87.06	GKL	L= Puntos en copas/puntos totales en parcela
87.02	BGL	
86.96	BCD	
86.43	EK	

Tabla 21. Coeficientes de determinación R² para regresiones de Logaritmo neperiano de Volumen con corteza.



Se evalúan los 5 modelos con R^2 más alta y el de dos variables con R^2 más alta.



MODELO	R ² ajustado	RMSE	Test Breuch-Pagan Homocedasticidad	Test Durbin-Watson Autocorrelación	Test Saphiro-Wilk Normalidad residuos	Inflación varianza Colinealidad	Test RESET No linealidad	Test Bonferroni Valores atípicos
BDL	87,92	0,1815	0,48	0,63	0,45	NO	0,44	NO
EGL	87,90	0,1816	0,93	0,71	0,57	NO	0,72	NO
DKL	87,88	0,1818	0,57	0,54	0,48	NO	0,66	NO
BDK	87,79	0,1825	0,42	0,69	0,46	Variable K Test=9,62	0,60	NO
GJL	87,58	0,1840	0,72	0,94	0,48	NO	0,45	NO
EK	86,43	0,1880	0,96	0,60	0,52	Variable E Test=7,98	0,17	NO

Tabla 22. Comparación de modelos de Logaritmo neperiano de Volumen con corteza de parcela



En este caso los RMSE sólo tienen valor comparativo y no se corresponden con los residuos del volumen sino de su transformada.

Se elige el modelo con mayor R^2 y menor RMSE.

El modelo elegido es:

$$\text{LN(VCC)} = -1,119 + 0,4354 \cdot \text{LN}(\text{denslid}) + 0,9007 \cdot \text{Raíz(Hlidar)} + 0,6761 \cdot \text{PC} / \text{PP}$$

Siendo:

- LN(VCC)= Logaritmo neperiano del volumen de madera con corteza en metros cúbicos por hectárea.
- LN(denslid)= Logaritmo neperiano de la densidad de pies lidar por hectárea.
- Raíz(Hlidar)= Raíz cuadrada de la altura media en metros de los árboles lidar en la parcela.
- PC / PP= Cociente entre el número de puntos contenidos en copas lidar y el número total de puntos en la parcela.

Parámetros

	Estimación	Error Estándar	Estadístico T	Valor-P
CONSTANTE	-1.119	0.4637	-2.413	0.0199
LN(denslid)	0.4354	0.06147	7.084	0.0000
Raíz(Hlidar)	0.9007	0.06819	13.21	0.0000
PC/PP	0.6761	0.2755	2.454	0.0180

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	11.85	3	3.949	119.86	0.0000
Residuo	1.515	46	0.03294		
Total	13.36	49			



R-cuadrada = 88.66 %

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 87.92 %

RMSE. = 0.1815

Error absoluto medio = 0.1377

Además de los análisis ya realizados se comprobó que el valor medio de los residuos fuera prácticamente cero.

Las gráficas del modelo son las siguientes:

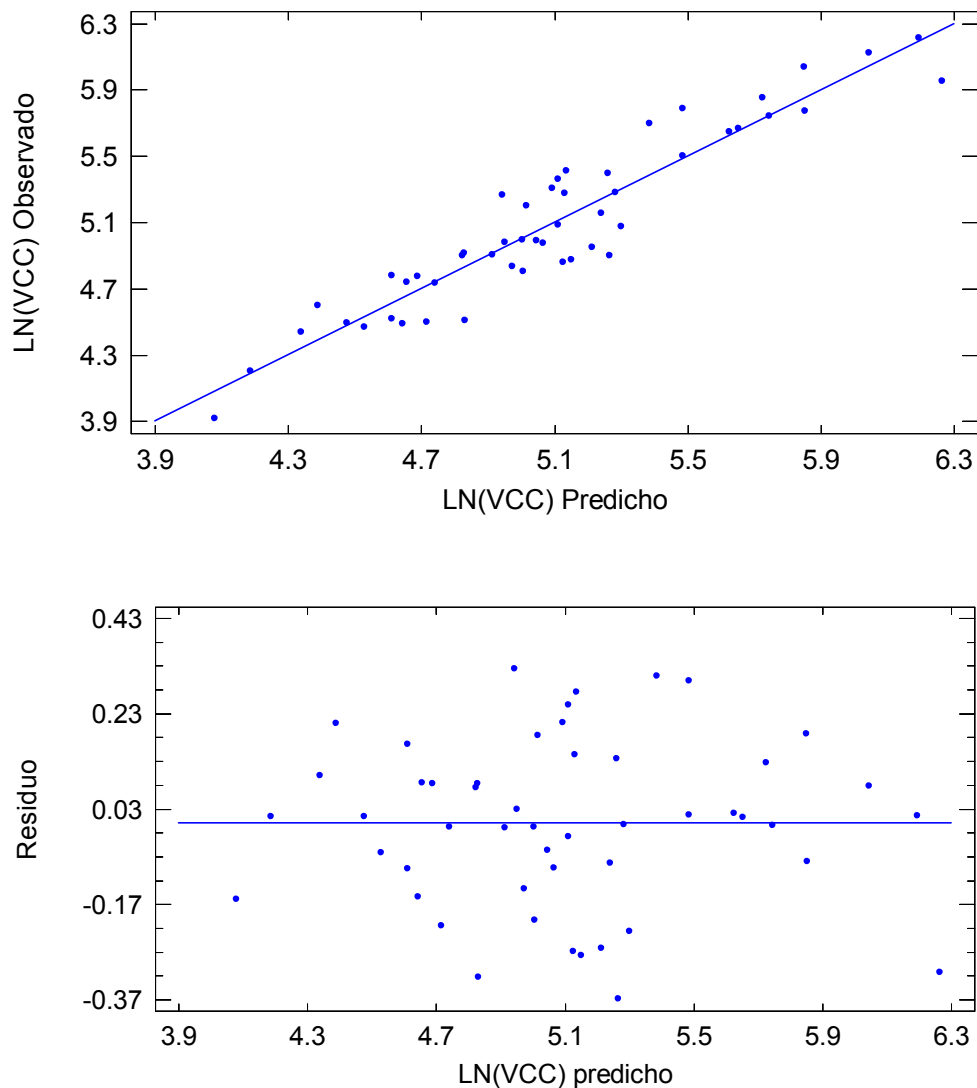


Figura 62. Modelo ajustado y residuos para Logaritmo neperiano de Volumen con corteza de parcela



La transformación logarítmica de la variable VCC consigue eliminar los problemas de heterocedasticidad del modelo pero como contrapartida introduce un sesgo en la transformación de los valores logarítmicos estimados a valores aritméticos. Para corregir este sesgo se empleó la corrección propuesta por Baskerville (1972) para los modelos que emplean logaritmos en la variable respuesta. Esta corrección consiste en la introducción de un factor corrector que debe multiplicarse por el resultado final de los valores estimados. El factor se calcula con el error estándar de estimación de la regresión (SEE) según la siguiente fórmula

$$SEE = \sqrt{\frac{(\overline{LN Yi} - LN Yi)^2}{N-n}}$$

$$CF = e^{SEE^2/2}$$

Siendo:

- SEE = Error estándar de la estimación de la regresión
- $LN Yi$ = Logaritmo natural de los valores i de la variable dependiente
- $\overline{LN Yi}$ = Logaritmo natural de los valores i de las estimaciones del modelo
- N = Número de casos de la muestra
- n = Número de parámetros ajustados en el modelo con transformación logarítmica.
- CF = Factor corrector del sesgo
- e = Base de los logaritmos neperianos o naturales.

El factor de corrección toma el valor $CF=1,0166075$ y la expresión para deshacer la transformación:

$$VCC=1,0166075 * e^{(-1,119+0,4354*LN(denslid)+0,9007*Raiz(Hlidar)+0,6761*(PC / PP))}$$

Para la validación se emplea el mismo método que en los apartados anteriores.



	MODELO	VALIDACIÓN	Diferencia	%
Media	5,096	5,095	0,001	0,022
Desviación estándar	0,492	0,495	-0,004	-0,747
Rango	2,185	2,305	-0,120	-5,505
Mínimo	4,079	4,009	0,070	1,728
Máximo	6,264	6,314	-0,050	-0,794
Suma	254,823	254,766	0,057	0,022
Nº de casos	50	50	0	0
Media residuos	0	0	0	0
Desv. Tip. residuos	0,176	0,185	-0,009	-5,114
Media valor absoluto residuos	0,138	0,145	-0,007	-5,072
RMSE residuos	0,174	0,183	-0,009	-5,172

Tabla 23. Validación del modelo de volumen de madera con corteza de parcela



5.2.6 Incremento medio anual de volumen de madera con corteza

Para seleccionar el modelo mejor ajustado se aplicó de nuevo el proceso “seleccionar modelo” de STATGRAPHIC introduciendo la variable incremento anual de volumen con corteza (IVCC) como dependiente y las obtenidas en las parcelas lidar como independientes.

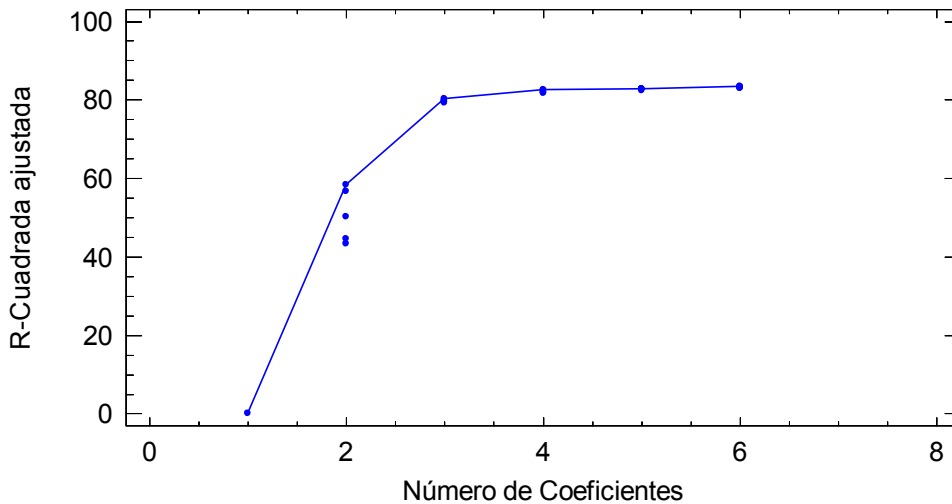


Figura 63. R^2 y número de coeficientes para el modelo de Incremento de Volumen con corteza de parcela.

A partir de tres variables independientes el modelo no aumenta su R^2 significativamente. La tabla de los modelos con mayores R^2 es la siguiente:

R^2 ajustada	VARIABLES	
82.54	CFK	B= Logaritmo neperiano de densidad de árboles lidar C= Altura media de los árboles lidar D= Raíz cuadrada de altura media de árboles lidar E= Altura media de árboles lidar / OA F= (Altura media de árboles lidar / OA) ² G= Altura dominante de los árboles lidar I= Media de puntos contenidos en copas / densidad de puntos en parcela J= LN(Media de puntos contenidos en copas / densidad de puntos en parcela) K= Total de puntos contenidos en copas / total de puntos en parcela
82.43	FJK	
81.96	CEK	
81.79	BFK	
81.72	EJK	
81.57	DEK	
81.45	FIK	
81.34	DFK	
81.14	EGK	
81.08	EIK	
81.05	BFJ	
80.26	CE	

Tabla 24. Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de incremento de Volumen con corteza en parcela



Se analizaron los cinco modelos con mayor R^2 , el modelo con mayor R^2 que no contenía la variable K y el modelo de dos variables con mayor R^2 .



MODELO	R ² ajustado	RMSE	Test Breuch-Pagan Homocedasticidad	Test Durbin-Watson Autocorrelación	Test Saphiro-Wilk Normalidad residuos	Inflación varianza Colinealidad	Test RESET No linealidad	Test Bonferroni Valores atípicos
CFK	82,54	0,89	0,033	0,85	0,06	NO	0,15	Observación 48
FJK	82,43	0,89	0,001	0,90	0,21	NO	0,16	Observación 48
CEK	81,96	0,90	0,004	0,93	0,14	NO	0,06	Observación 48
BFK	81,79	0,91	0	0,90	0,16	NO	0,10	Observación 48
EJK	81,72	0,91	0	0,93	0,33	NO	0,67	Observación 48
BFJ	81,05	0,93	0	0,90	0,10	Ln(denslid) 9,67	0,76	Observación 48
CE	80,26	0,95	0,002	0,83	0,016	NO	0,23	Observación 48

Tabla 25. Comparación de modelos de Incremento anual de Volumen con corteza de parcela.



Ninguno de los modelos cumple la condición de Homocedasticidad. Igual que se hizo para el modelo de volumen con corteza se realizó la transformación de la variable IVCC en su logaritmo y se analizaron las relaciones con las variables lidar de parcela.

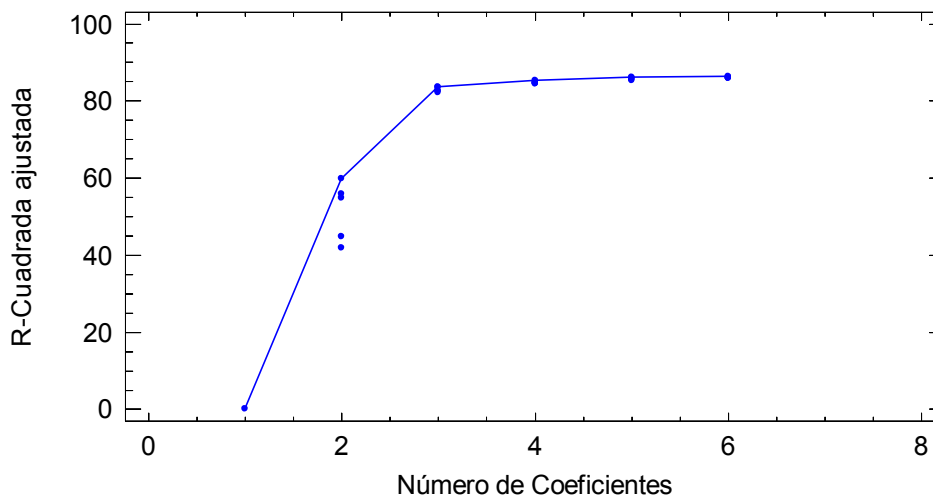


Figura 64. R^2 y número de coeficientes para el modelo de logaritmo neperiano de IVCC.

El resultado de la tabla de coeficientes de determinación es el siguiente:

R^2 ajustado	Variabes	
85.19	EIK	A= Densidad de pies lidar por hectárea
84.58	BEK	B= Logaritmo neperiano de densidad de árboles lidar
84.56	DJK	C= Altura media de los árboles lidar
84.54	ABE	D= Raíz cuadrada de altura media de árboles lidar
84.46	ABD	E= Altura media de árboles lidar / OA
84.37	BEJ	F= (Altura media de árboles lidar / OA) ²
84.16	BDK	G= Altura dominante de los árboles lidar
84.05	FIK	I= Media de puntos contenidos en copas / densidad de puntos en parcela
84.04	BFK	J= LN(Media de puntos contenidos en copas / densidad de puntos en parcela)
83.68	BE	K= Total de puntos contenidos en copas / total de puntos en parcela
83.47	BD	

Tabla 26. Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de logaritmo neperiano de IVCC por parcela.

Se analizaron los cinco modelos con mayor R^2 y los dos de dos variables con mayor R^2 .



MODELO	R ² ajustado	RMSE	Test Breuch-Pagan Homocedasticidad	Test Durbin-Watson Autocorrelación	Test Saphiro-Wilk Normalidad residuos	Inflación varianza Colinealidad	Test RESET No linealidad	Test Bonferroni Valores atípicos
EIK	85,19	0,144	0.84	0.85	0.61	NO	0.52	NO
BEK	84,58	0.147	0.31	0.88	0.56	NO	0.17	NO
DJK	84,56	0.147	0.28	0.88	0.39	NO	0.26	NO
ABE	84,54	0.147	0.51	0.74	.89	SÍ	0.74	NO
ABD	84,46	0.147	0.27	0.81	0.90	SÍ	0.48	NO
BE	83,68	0.151	0.33	0.83	0.92	NO	0.26	NO
BD	83,47	0.152	0.14	0.90	0.82	NO	0.08	NO

Tabla 27. Comparación de modelos de logaritmo neperiano de IVCC por parcela.



En todos los modelos se corrigen los problemas de heterocedasticidad. Los modelos ABE y ABD presentan problemas de colinealidad por lo que son eliminados. En el modelo BEK la variable K no es significativa al 95% de probabilidad por lo que también se elimina este modelo.

De los cuatro modelos restantes se elige el de mayor R^2 y menor RMSE. El modelo elegido (EIK) es el siguiente:

$$\text{LN}(\text{IVCC}) = 0.7315 + 0.07678 \cdot \text{Hlid/OA} + 0.9601 \cdot \text{PC/PP} - 0.02165 \cdot \text{mPC/dPP}$$

Siendo:

- LN(IVCC)= logaritmo neperiano del incremento anual de volumen con corteza en metros cúbicos por hectárea y año
- Hlid/OA= Altura media de los árboles lidar de la parcela en metros dividida por el parámetro OA de esa parcela.
- PC/PP= Número total de puntos contenidos en copas lidar de una parcela dividido por el número total de puntos de la parcela.
- mPC/dPP= Media del número de puntos contenidos en copas lidar de una parcela dividido por la densidad de puntos en la parcela

Parámetro	Estimación	Error Estándar	Estadístico T	Valor P
CONSTANTE	0.7315	0.1071	6.829	0.0000
Hlid/OA	0.07678	0.01117	6.877	0.0000
PC/PP	0.9601	0.212	4.528	0.0000
PC/dPP	-0.02165	0.002568	-8.428	0.0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	5.924	3	1.975	94.96	0.0000
Residuo	0.9565	46	0.02079		
Total	6.88	49			



R-cuadrada = 86.1 %

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 85.19 %

RMSE. = 0.1442

Error absoluto medio = 0.1094

Estadístico Durbin-Watson = 2.312 (P=0.8476)

Se verifico también que la media de los residuos era prácticamente cero.

Igual que en el modelo de volumen, no se puede deshacer directamente la transformación del logaritmo de IVCC en IVCC. Para corregir el sesgo sistemático que se produce en esta operación se introduce el factor de corrección CF calculado como se explicó en el apartado anterior. En este caso el valor de CF=1,01045 y la reversión de la transformación es:

$$\text{IVCC} = 1,01045 * e^{(0.7315 + 0.07678 * \text{Hlid}/\text{OA} + 0.9601 * \text{PC}/\text{PP} - 0.02165 * \text{mPC}/\text{dPP})}$$



Las gráficas del modelo son las siguientes:

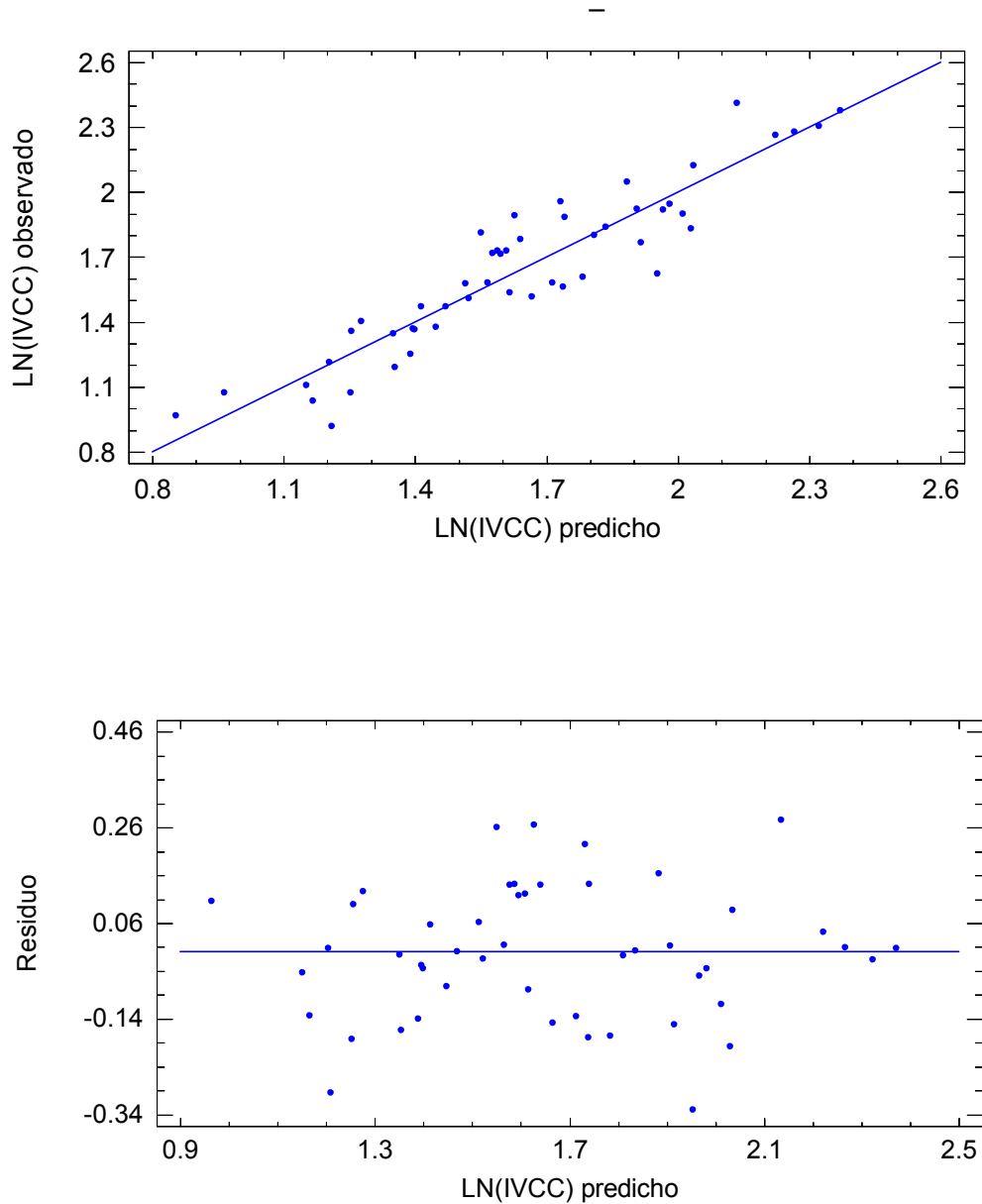


Figura 65. Modelo ajustado y residuos para Logaritmo neperiano de IVCC de parcela.



5.2.7 Densidad de pies por hectárea

Para el cálculo de la densidad real de pies por hectárea se intentó la relación lineal directa con la media de las densidades calculadas para cada árbol de la parcela por el método del sexto árbol ya que la gráfica de R^2 indicaba que una sola variable explicaba toda la variación.

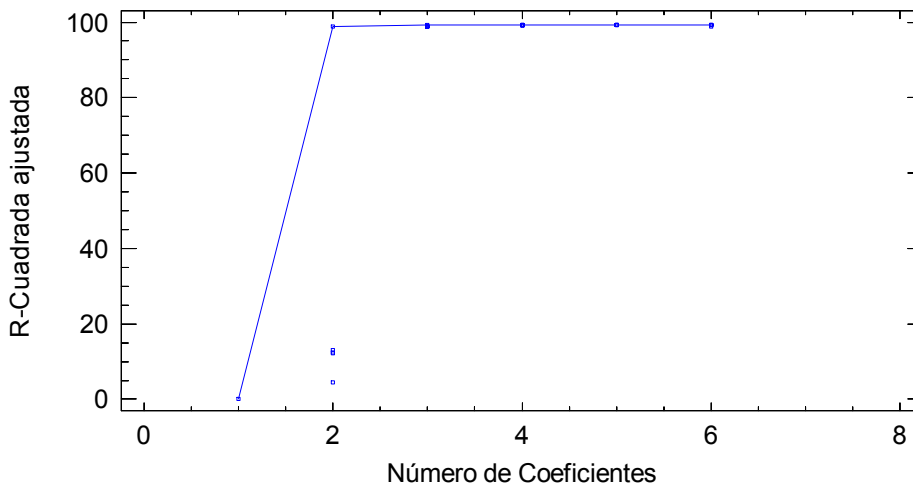


Figura 66. R^2 y número de coeficientes para el modelo de densidad de pies por hectárea.

Se probó el modelo:

$$\text{PiesCampo} = -14,076 + 1,05 \cdot \text{Pies6}^6$$

El modelo no superó la prueba de Breuch–Pagan ($P=0.003$) y tampoco el test RESET de linealidad ($P=0,03$). Para corregir estos problemas se ensayó el modelo con los logaritmos de las variables dependiente e independiente.

El resultado fue el siguiente modelo:

$$\text{LN(PiesCampo)} = -0,014 + 1,0055 \cdot \text{LN(Pies6)}$$

Siendo:

- LN(PiesCampo) . Densidad de pies por hectárea de la parcela IFN.
- LN(Pies6) . Valor medio en cada parcela de la densidad de pies por hectárea calculada para cada copa lidar por el método del 6º árbol.



Coeficientes

Parámetro	Mínimos Cuadrados	Estándar Error	Estadístico T	Valor- P
Intercepto	-0.01403	0.105	-0.1335	0.8943
Pendiente	1.0055	0.01725	58.27	0.0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	16.74	1	16.74	3395.91	0.0000
Residuo	0.2366	48	0.00493		
Total	16.98	49			

Coeficiente de Correlación = 0.993

R-cuadrada = 98.61%

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98.58 %

RMSE. = 0.07021

Error absoluto medio = 0.05157

La transformación corrige los problemas que presentaba el primer modelo.

- El modelo presenta una distribución normal de los residuos. El P valor del test de normalidad de Saphiro-Wilks es 0,71
- No hay autocorrelación. El P valor del test de Durbin-Watson es 0,3.
- No hay problemas de heterocedasticidad. El P valor del test de Breuch-Pagan es 0,15.
- El modelo es lineal. El P valor del test RESET es 0,28.
- No hay valores atípicos según el test de Bonferroni.

Para corregir el sesgo sistemático que se produce en la reversión de la transformación se introduce el factor de corrección CF calculado como se explicó en el apartado anterior. En este caso el valor de CF=1,00247 y la reversión de la transformación es:

$$\text{PiesCampo} = 0,9885 * \text{Pies6}^{1.0055}$$



Las gráficas del modelo son.

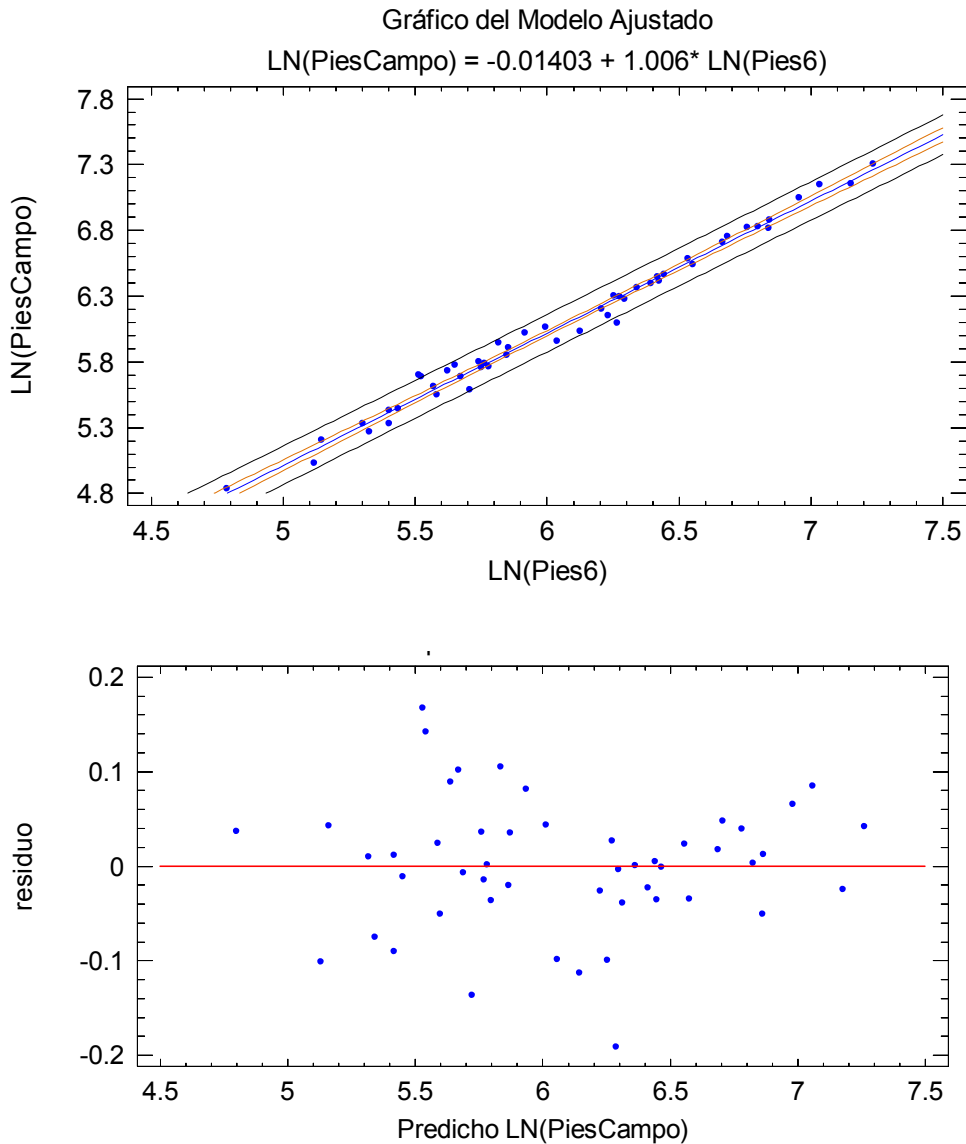


Figura 67. Modelo ajustado y residuos para Logaritmo neperiano de densidad de pies por hectárea.

5.2.8 Biomasa total a 0% de humedad

Con los datos de campo se calcula en cada parcela la biomasa total al 0% de humedad (BT_0) en toneladas por hectárea utilizando las ecuaciones propuestas por Montero (Montero et al 2005). Este valor se considera como la biomasa total en campo y se establece la relación con las variables lidar.



El gráfico de R^2 respecto al número de variables independientes es el siguiente:

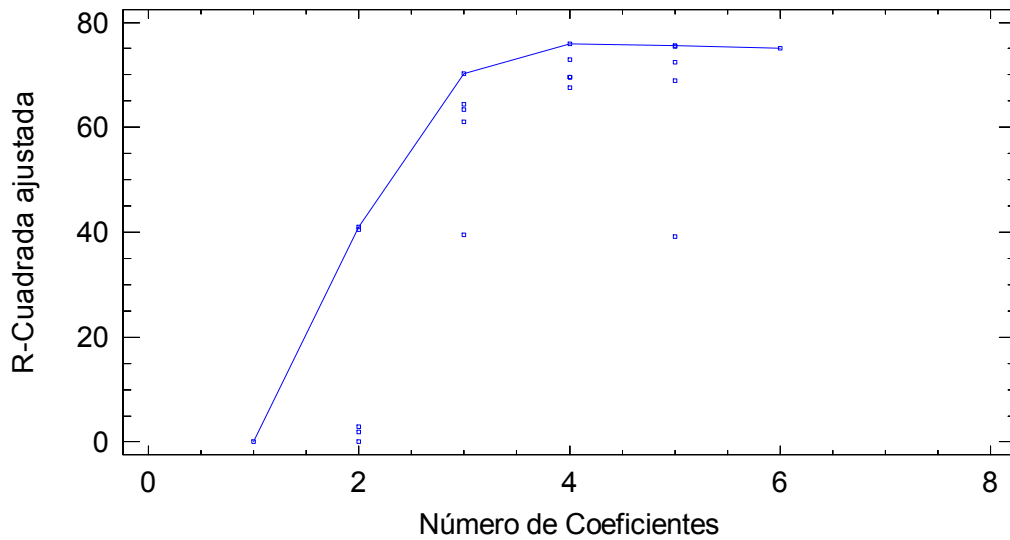


Figura 68. R^2 y número de coeficientes para el modelo de biomasa total al 0% de humedad.

Con más de tres variables independientes no aumenta el coeficiente de determinación.

La tabla asociada es la siguiente:

R^2 Ajustada	Variable incluidas
1.972	A Densidad de árboles lidar por hectárea
40.94	B Altura media lidar
2.931	C Parámetro OA
0.0	D Media de puntos en copas / densidad puntos parcela
40.55	E Total puntos en copas / Total puntos parcela
63.32	AB
0.8673	AC
2.491	AD
39.51	AE
70.19	BC
64.44	BD
60.99	BE
14.47	CD
39.28	CE
39.45	DE



69.55	ABC
67.27	ABD
67.55	ABE
13.53	ACD
39.07	ACE
40.13	ADE
69.55	BCD
72.94	BCE
75.93	BDE
39.87	CDE
68.89	ABCD
72.43	ABCE
75.43	ABDE
39.18	ACDE
75.56	BCDE
75.01	ABCDE

Tabla 28. Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de Biomasa total al 0% de humedad.

El modelo con mayor R^2 es el que incluye las variables altura media lidar, media de puntos en copas dividido por densidad de puntos en parcela (MPC/DPP) y total de puntos en copas dividido por total de puntos en parcela (PC/PP).

La ecuación es:

$$BT_0 = -57,0311 + 11,1277 * H_{lid} + 159,5579 * PC/PP - 3,2016 * MPC/DPP$$

Al analizar el modelo se comprueba que no cumple la condición de invarianza de los residuos. El P valor del test de Breusch-Pagan es 0,009 y por tanto aparecen problemas de heterocedasticidad.

Para corregir el problema se procedió a la transformación de la variable dependiente en su logaritmo natural. De las variables independientes sólo se transformó la altura porque tanto el coeficiente de determinación como el error eran menores sin transformar las otras dos variables.

El modelo es el siguiente:



$$\text{LN}(\text{BT}_0) = 1,7616 + 1,0592 * \text{LN}(\text{Hlidar}) + 1,2346 * \text{PC/PP} - 0,0232 * \text{MPC/DPP}$$

Siendo:

- $\text{LN}(\text{BT}_0)$ = Logaritmo natural de la biomasa total al 0% de humedad en toneladas por hectárea.
- Hlidar = Altura media de los árboles lidar de cada parcela en metros.
- PC/PP = Cociente entre el total de puntos contenidos en las copas lidar de una parcela y el número total de puntos de esa parcela.
- MPC/DPP = Cociente entre el número medio de puntos en las copas lidar de una parcela y la densidad de puntos en esa parcela.

Coefficientes

Parámetro	Estimación	Error Estándar	Estadístico T	Valor P
CONSTANTE	1.762	0.2689	6.55	0.0000
LNHlidar	1.059	0.1347	7.865	0.0000
MPC/DPP	-0.023	0.0044	-5.207	0.0000
PC/PP	1.235	0.2505	4.928	0.0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	6.111	3	2.037	51.41	0.0000
Residuo	1.823	46	0.03962		
Total	7.933	49			

R-cuadrada = 77.03 %

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 75.53 %

RMSE. = 0.199

Error absoluto medio = 0.1535

En el análisis del modelo los P valores de los test son:

- Normalidad. Saphiro-Wilk = 0,79
- Homocedasticidad. Breusch-Pagan = 0,77
- Autocorrelación. Durbin-Watson = 0,78



- Colinealidad. Inflación de la varianza = 1,88 – 1,27 – 1,67
- No linealidad. RESET = 0,66

Por tanto la transformación corrige el problema de heterocedasticidad y el modelo cumple con todos los requisitos exigidos.

El factor de corrección para deshacer la transformación es CF=1,02

La expresión, una vez deshecha la transformación es:

$$BT_0 = 1,02 * e^{(1,7616 + 1,0592 * LN(Hlidar) + 1,2346 * PC/PP - 0,0232 * MPC/DPP)}$$



5.2.9 Resumen de modelos para variables de masa.

- **Altura media**

$$HC = 0.78375 + 0.98429 * H_{lid}$$

- **Altura dominante**

$$HC_{100} = 0.9663 + 0.9835 * HL_{100}$$

- **Diámetro medio**

$$\text{Diámetro medio} = 53,7181 + 1,1949 * H_{lid} - 6,6853 * LN(\text{denslid})$$

- **Área Basimétrica**

$$AB = -11,3469 + 3.3122 * (H_{lid}/OA) + 19,7399 * (PC/PP)$$

- **Volumen con corteza**

$$LN(VCC) = -1,119 + 0,4354 * LN(\text{denslid}) + 0,9007 * \text{Raíz}(H_{lidar}) + 0,6761 * PC / PP$$

$$VCC = 1,0166075 * e^{(-1,119 + 0,4354 * LN(\text{denslid}) + 0,9007 * \text{Raíz}(H_{lidar}) + 0,6761 * (PC / PP))}$$

- **Incremento anual de volumen con corteza**

$$LN(IVCC) = 0.7315 + 0.07678 * H_{lid}/OA + 0.9601 * PC/PP - 0.02165 * mPC/dPP$$

$$IVCC = 1,01045 * e^{(0.7315 + 0.07678 * H_{lid}/OA + 0.9601 * PC/PP - 0.02165 * mPC/dPP)}$$

- **Densidad de pies por hectárea**

$$LN(\text{PiesCampo}) = -0,014 + 1,0055 * LN(\text{Pies6})$$

$$\text{PiesCampo} = 0,9885 * \text{Pies6}^{1.0055}$$

- **Biomasa total al 0% de humedad**

$$LN(BT_0) = 1,7616 + 1,0592 * LN(H_{lidar}) + 1,2346 * PC/PP - 0,0232 * MPC/DPP$$

$$BT_0 = 1,02 * e^{(1,7616 + 1,0592 * LN(H_{lidar}) + 1,2346 * PC/PP - 0,0232 * MPC/DPP)}$$



5.3 Comparación con el método clásico.

Con las mismas parcelas del IFN se calculó la métrica de la nube de puntos. Para cada parcela se obtuvieron los siguientes estadísticos.

- Número total de retornos
- Número total de 1º, 2º, 3º y 4º retornos
- Altura mínima
- Altura máxima
- Media de Alturas
- Mediana de alturas
- Moda de alturas
- Desviación Standard
- Varianza
- Coeficiente de variación
- Distancia intercuartílica
- Skewness
- Kurtosis
- Desviación media absoluta
- L-momentos (L1, L2, L3, L4)
- Valor de los percentiles (1st, 5th, 10th, 20th, 25th, 30th, 40th, 50th, 60th, 70th, 75th, 80th, 90th, 95th, 99th percentiles)
- Canopy relief ratio ((mean - min) / (max - min))

Se ajustaron las relaciones de estos valores con la altura media, altura dominante, diámetro medio, volumen con corteza e incremento anual de volumen con corteza. Las ecuaciones de volumen e incremento de volumen resultaron ser heterocedásticas por lo que se utilizaron las transformadas logaritmo neperiano de ambas.

Los resultados obtenidos fueron:

$$HC = 0,3323 + 0,9837 * P_{90}$$

$$HC_{100} = 1,6534 + 0,9540 * P_{95}$$

$$D_{medio} = 4,320 - 21,055 * L_4 + 1,974 * P_{95}$$

$$LN(VCC) = 3,5917 + 0,1280 * Elev_{max} - 2,9090 * L_4 + 0,3014 * P_{30} - 0,2238 * P_{75}$$

$$LN(IVCC) = 1,6028 + 0,1346 * Elev_{max} - 4,3996 * L_4 - 5,3802 * L_3 + 0,4106 * P_{10} - 1,5108 * P_{75} + 1,0078 * P_{90}$$



Siendo:

- HC. Altura media de la parcela en metros.
- HC₁₀₀. Altura dominante de la parcela en metros.
- D_{medio}. Diámetro medio de la parcela en centímetros.
- LN(VCC). Logaritmo neperiano del volumen de madera con corteza de la parcela en metros cúbicos por hectárea.
- LN(IVCC). Logaritmo neperiano del incremento anual de madera con corteza de la parcela en metros cúbicos por hectárea y año.
- P_n. Valor del Percentil n de las alturas de la nube de puntos de la parcela.
- L_n. Momento n de los valores de las alturas de la nube de puntos de la parcela.
- Elev_{max}. Valor máximo de altura de la nube de puntos de la parcela.

Todos los modelos cumplen los requisitos de normalidad de los residuos, Homocedasticidad, linealidad y ausencia de autocorrelación. Los modelos de volumen e incremento de volumen presentan alta colinealidad entre las variables independientes.

En la siguiente tabla se hace la comparación entre los modelos así calculados y los obtenidos con la aplicación del procedimiento descrito en esta Tesis.

Modelo	Delineación de copas			Métrica nube de puntos		
	R ² ajustado	RMSE	RMSE%	R ² ajustado	RMSE	RMSE%
Altura media	95.18	0.853	6,45%	91.07	1.162	8,79%
Altura dominante	96.44	0.758	4,80%	94.55	0.895	5,66%
Diámetro medio	87.67	2.662	9,46%	62.95	4.614	16,40%
LN Volumen total	88.86	0.181	3,55%	73.17	0.270	5,30%
LN Incremento de volum	86.10	0.144	8,78%	27.91	0.318	19,39%

Tabla 29. Comparación con el método de métrica de la nube de puntos.



5.4 Aplicación de regresiones de variables de masa a un caso real.

Para comprobar el método se eligió el cantón 27 del monte de Utilidad Pública (UP) nº 734 de los de Álava; monte Berretín. Es propiedad del Ayuntamiento de Zuia.

El cantón 27 tiene una superficie de 8,75 hectáreas pobladas al 100% por pino silvestre procedente de repoblación que forma una masa regular de 59 años de edad.



Figura 69. Monte Berretín. En rojo cantón 27.

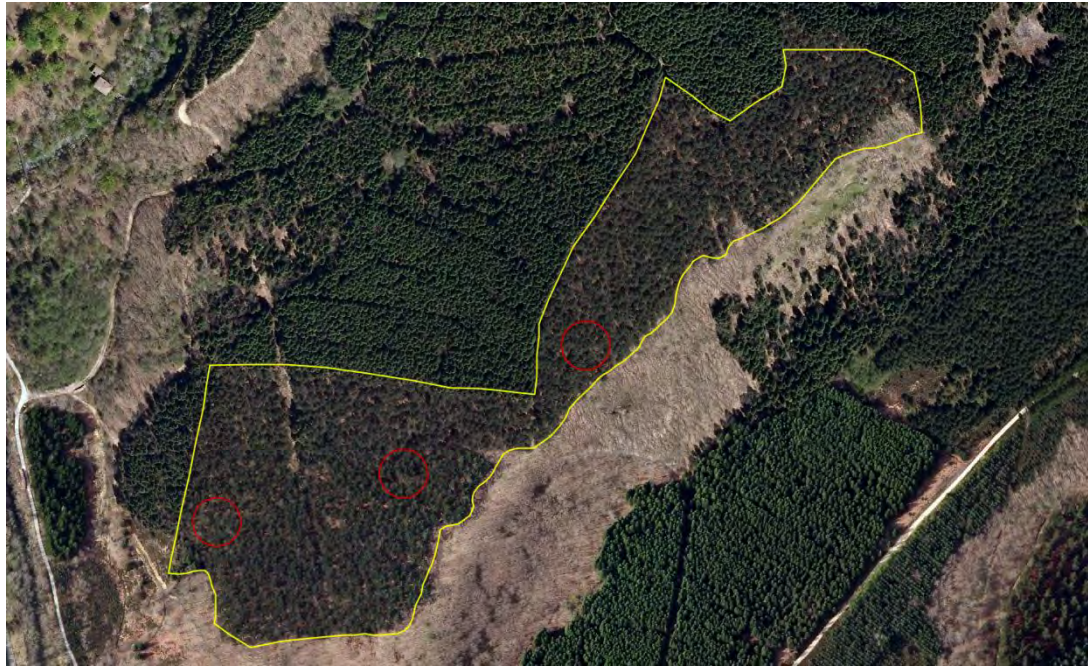


Figura 70. Detalle del cantón 27 y parcelas replanteadas.

Para evitar los errores originados por la falta de precisión en la digitalización del rodal se redibujaron sus límites adaptándose a la fotografía aérea del año 2009 y se recalculó la superficie que resultó ser de 7,70 hectáreas.

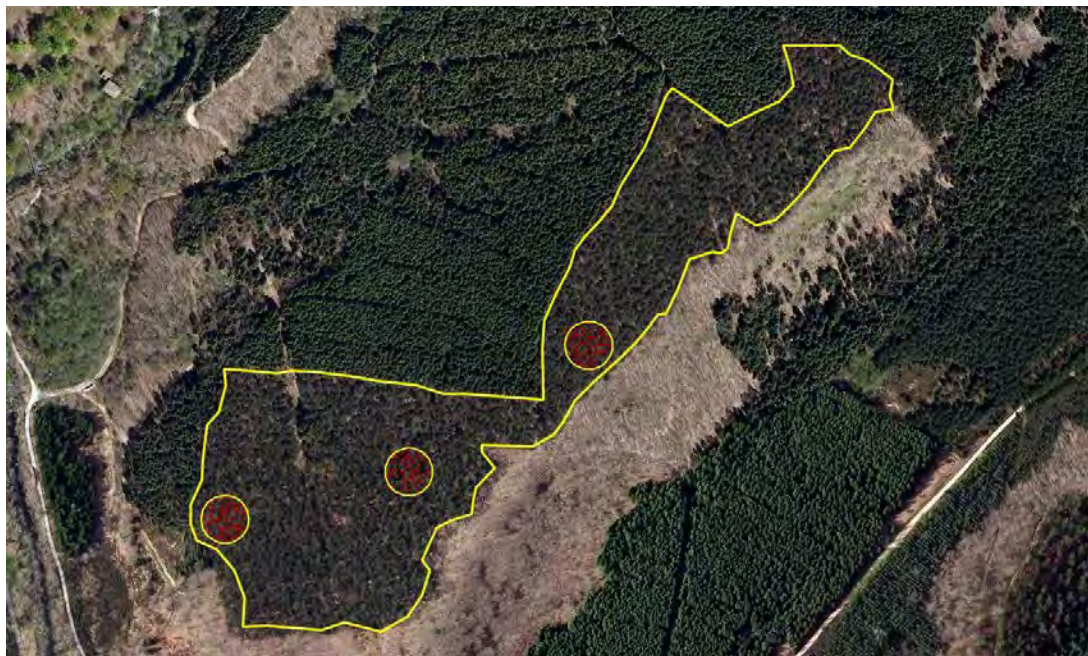


Figura 71. Límites definitivos del cantón 27.



Los datos se tomaron el día 18 de marzo de 2011. Para obtener los datos se replantearon tres parcelas circulares de radio 20 metros. Las coordenadas de los centros de las parcelas se tomaron con un GPS Mobile Mapper 6 de Magellan con antena externa y software *Magellan Mobile Mapping*. Los datos obtenidos se postprocesaron con el software MobileMapper 6 Office. Según el fabricante, la precisión tras el postproceso está entre 1 y 2 metros.

A cada árbol de las tres parcelas se le midió:

- Distancia al centro de la parcela con Vertex IV y precisión 10cm.
- Rumbo en grados centesimales con precisión 1 grado.
- Diámetro normal con precisión 0,5 cm.
- Altura total con Vertex IV y precisión 0,1 m.

Se calcularon las coordenadas de cada árbol y se creó una capa con ellos.

Según los datos de las parcelas anteriores la densidad media era 483 pies por hectárea. Aplicando la fórmula calculada para el parámetro OA, éste toma el valor 1,39 para esta densidad.

A los puntos lidar del cantón se les aplicó el procedimiento de delineación de copas y se obtuvo la capa de copas lidar del cantón.



Figura 72. Árboles de campo y copas lidar cantón 27.

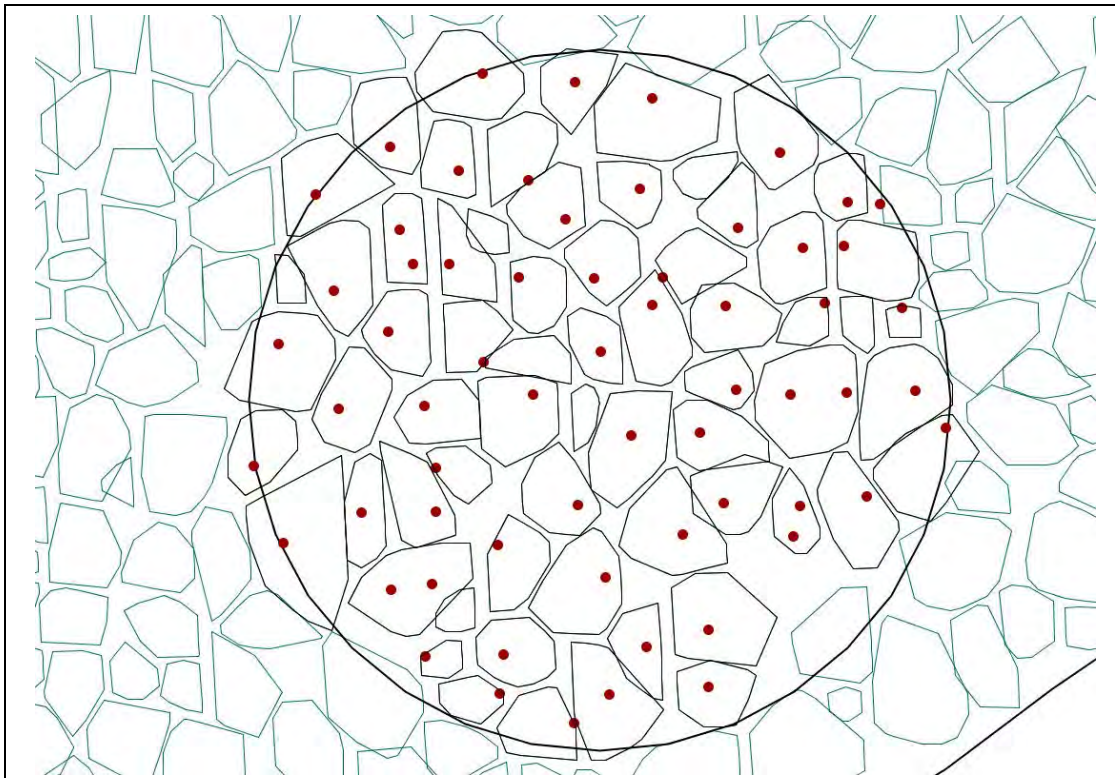


Figura 73. Detalle parcela 1 con árboles de campo y copas lidar.

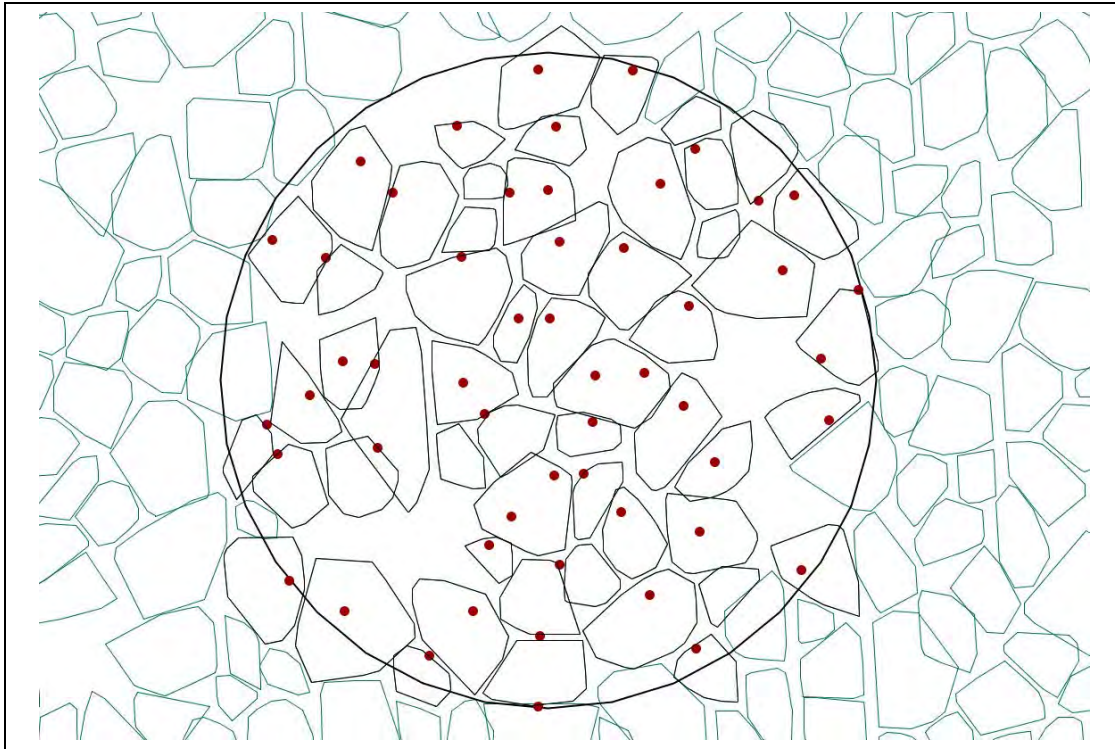


Figura 74. Detalle parcela 2 con árboles de campo y copas lidar.

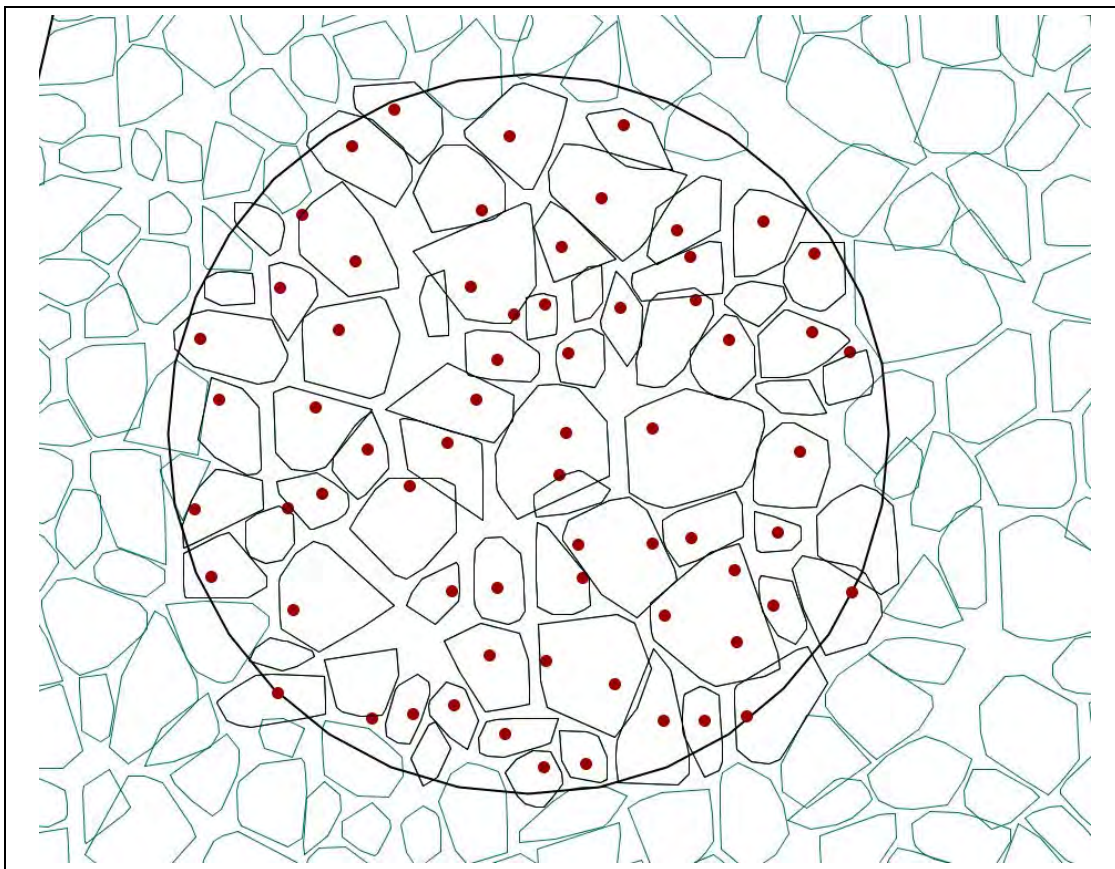


Figura 75. Detalle parcela 3 con árboles de campo y copas lidar.



El archivo lidar procesado contenía 503.060 puntos. El tiempo de carga del archivo fue de 3 minutos y 36 segundos. El preprocesado se realizó en 57 segundos. El procesado y corrección ocupó 16 minutos y 23 segundos. Por tanto, el tiempo total utilizado para la delineación e copas del cantón fue 20 minutos y 56 segundos.

Se aplicaron las regresiones calculadas para los parámetros de masa y los resultados fueron los que aparecen en la siguiente tabla.

Sólo los errores de la altura dominante e incremento anual de volumen superaron notablemente el 5% y los de diámetro, altura y volumen están en el entorno del 1%.

Aunque las tres parcelas no son suficientes para ser utilizadas como grupo de validación, los resultados obtenidos en ellas son especialmente interesantes al no estar incluidas en la muestra utilizada para el ajuste de las regresiones.

Para esta prueba se habían medido otras ocho parcelas en el cantón 34 del mismo monte. Sin embargo la densidad de pies no ajustaba correctamente y aparecían más copas lidar que árboles de campo. Consultados los expedientes forestales del año 2008 se comprobó que durante el mes de septiembre del año 2008, un mes y medio después del vuelo lidar, se había ejecutado una clara en este cantón extrayéndose 1.757 pies, es decir 146 pies maderables por hectárea. La densidad de pies antes de la clara era pues 559 pies/ha.

Los datos de campo de este cantón indicaban una densidad media de 413 pies por hectárea y se aplicó el procedimiento con un valor de OA de 1,48. En este caso el procedimiento detectó 72 pies por hectárea más de lo que indicaban los datos de campo. Encontró la mitad de los árboles extraídos por la clara ya que el valor de OA estaba por encima de lo que correspondía a las condiciones de densidad en las que se efectuó el vuelo lidar. Al introducir en el procedimiento el valor de OA=1,35 que corresponde con la supuesta



densidad antes de la clara se obtuvo una densidad de 560 copas lidar por hectárea.

Esta coincidencia abre una nueva posible línea de investigación para la utilización del procedimiento en el control y cuantificación de claras en el monte.

Los resultados para el cantón 34 pueden verse en la tabla 29. Al haberse ejecutado una clara por lo bajo, tanto el diámetro medio como la altura media calculados con las regresiones ajustadas para variables de masa, son alrededor de un 6% menores que su valor calculado con los datos de campo. Esto es coherente con el hecho de que en las claras por lo bajo se extraigan pies con diámetro y alturas menores que la media. Puesto que los cálculos basados en copas lidar tienen en cuenta estos árboles más pequeños, tienen que ser necesariamente menores que los datos calculados con los árboles de campo después de la clara.

El valor de la densidad de pies calculados con las copas lidar delineadas fue el marcador que hizo sospechar algún error durante el proceso puesto que era más de un 17% mayor de lo que indicaban los datos de campo. Tras ajustar la densidad incluyendo los pies extraídos en la clara y recalcular los valores lidar con el OA correspondiente, los valores de campo y lidar coincidían casi exactamente.

Aunque los valores de área basimétrica y volumen también son mayores con los cálculos lidar, lo son menos que los valores de número de pies. De nuevo este suceso es coherente con el carácter de la clara ejecutada ya que en ella se extrajeron pies con un volumen medio y un diámetro medio menores que la media de la masa.



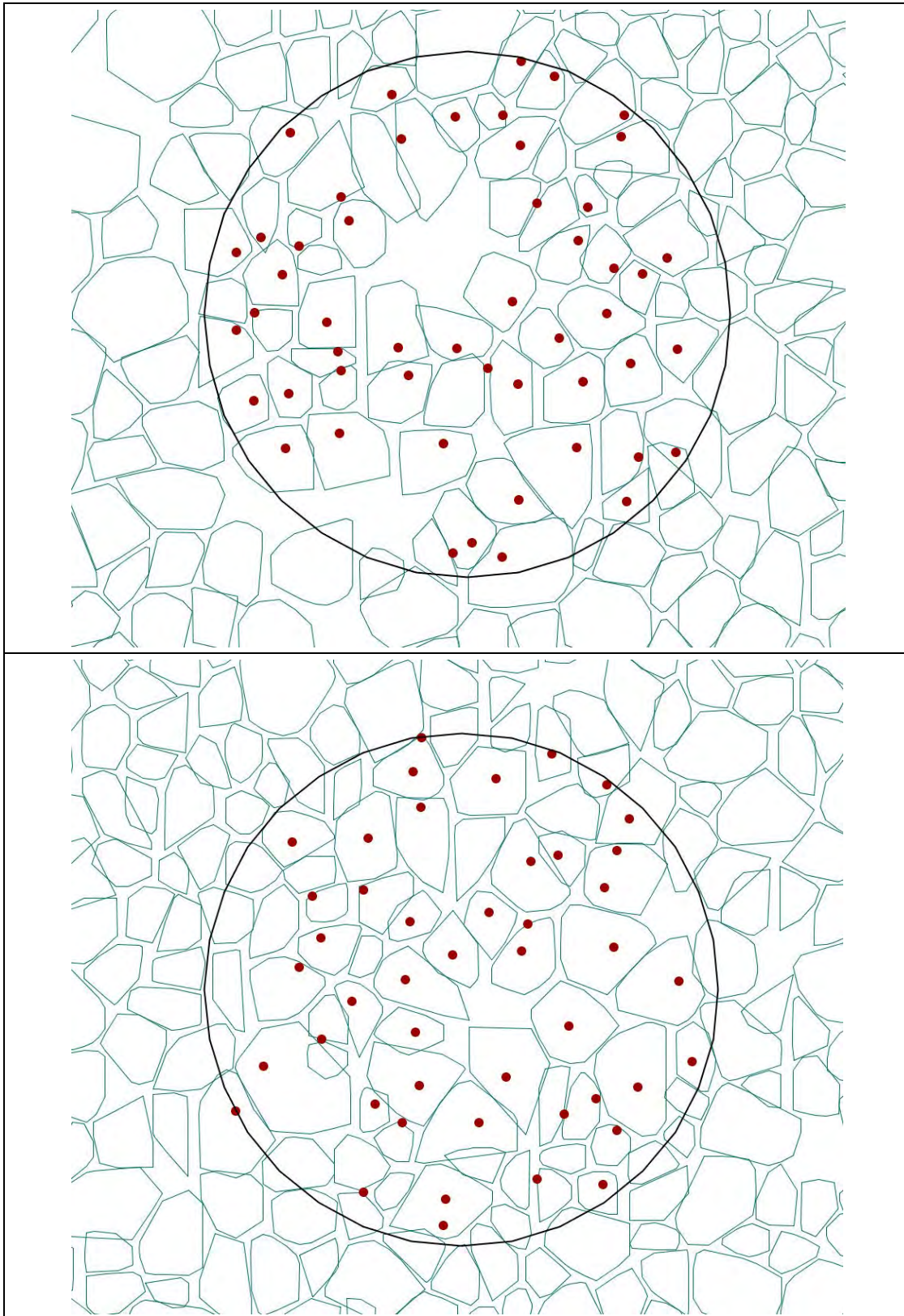
	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)	Altura dominante (m)	Densidad (pies/ha)	Área Basimétrica (m ² /ha)	Volumen con corteza (m ³ /ha)	Incremento de volumen con corteza (m ³ /ha/año)	Biomasa total al 0% (t/ha)
CAMPO	34,53	19,65	22,76	483	46,86	403,37	8,14	222,32
LIDAR	34,7	19,29	21,3	478	47,61	405,34	8,65	233,15
DIFERENCIA	0,17	-0,36	-1,46	-5	0,75	1,97	0,51	10,83
DIFERENCIA%	0,49%	-1,83%	-6,41%	-1,04%	1,60%	0,49%	6,27%	4,87%

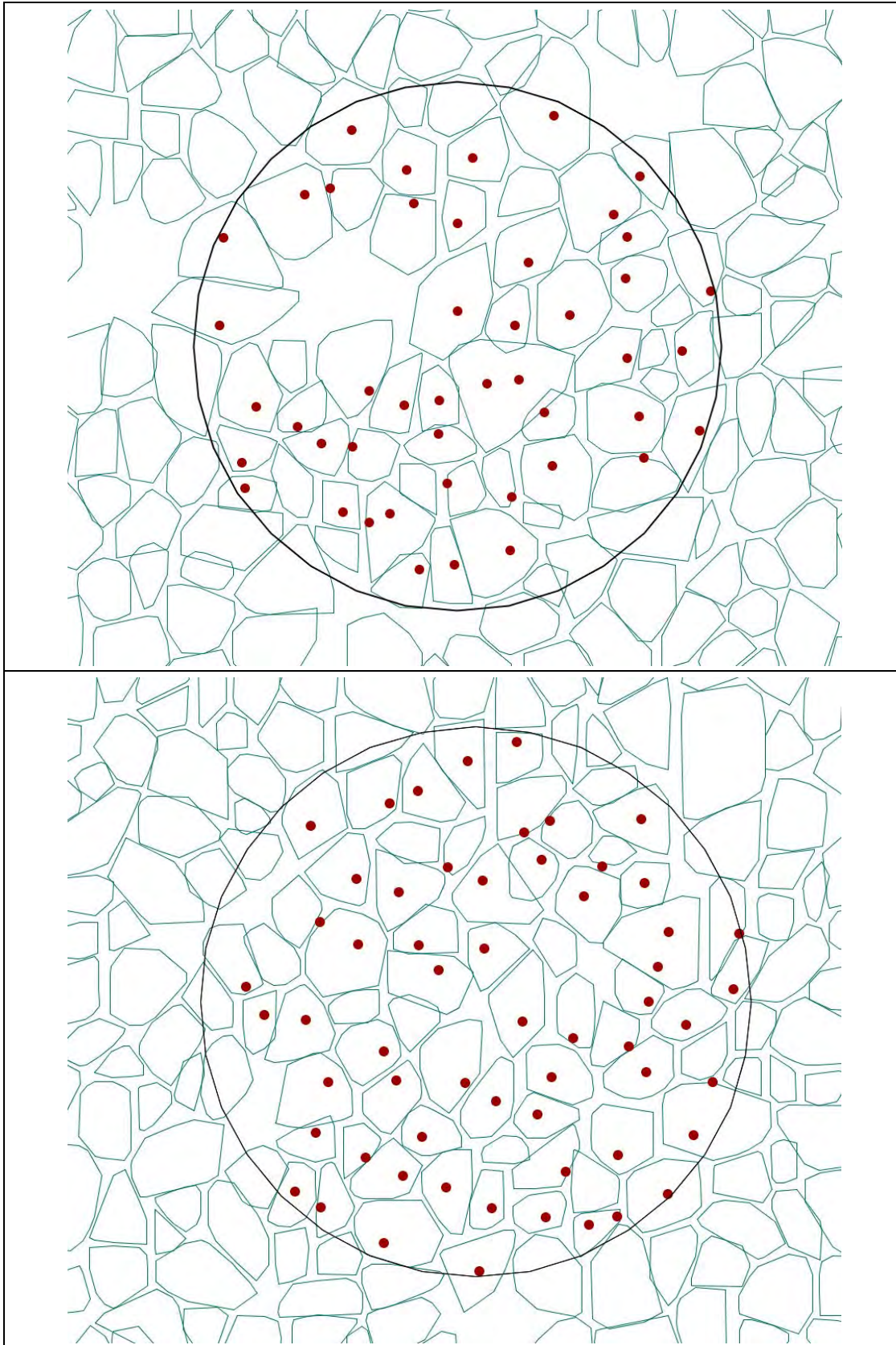
Tabla 30. Comparación de resultados campo – lidar cantón 27 para ecuaciones de variables de masa.

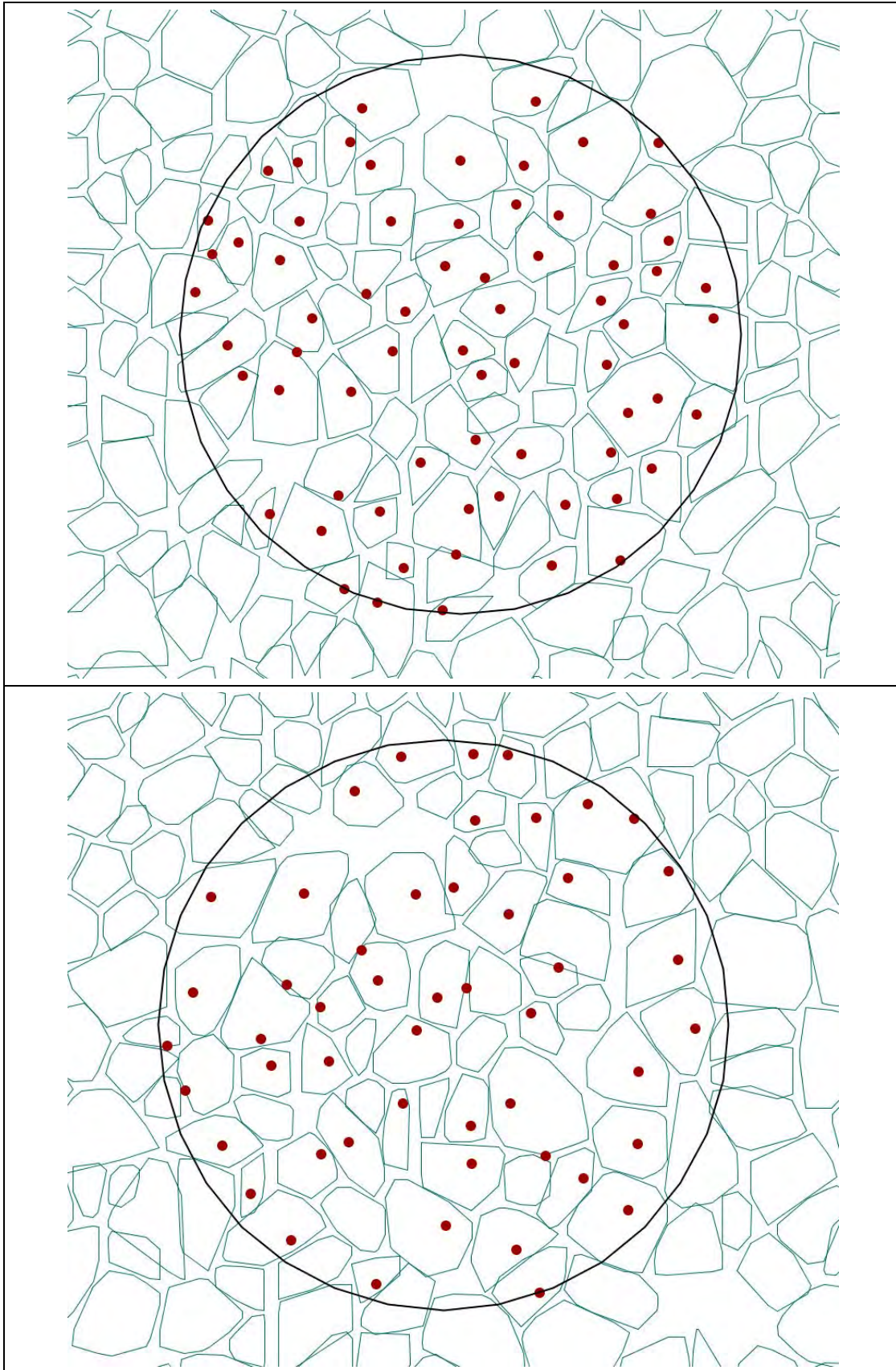


	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)	Altura dominante (m)	Densidad (pies/ha)	Área Basimétrica (m ² /ha)	Volumen con corteza (m ³ /ha)	Incremento de volumen con corteza (m ³ /ha/año)	Biomasa total al 0% (t/ha)
CAMPO	34,70	18,87	20,99	413	39,55	322,33	6,98	185,99
LIDAR	32,66	17,61	19,69	485	44,52	345,07	8,06	215,78
DIFERENCIA	-2,04	-1,26	-1,30	72	4,97	22,74	1,08	29,79
DIFERENCIA%	-5,9%	-6,7%	-6,2%	17,5%	12,6%	7,1%	15,5%	16%

Tabla 31. Comparación de resultados campo – lidar cantón 34 para ecuaciones de variables de masa.







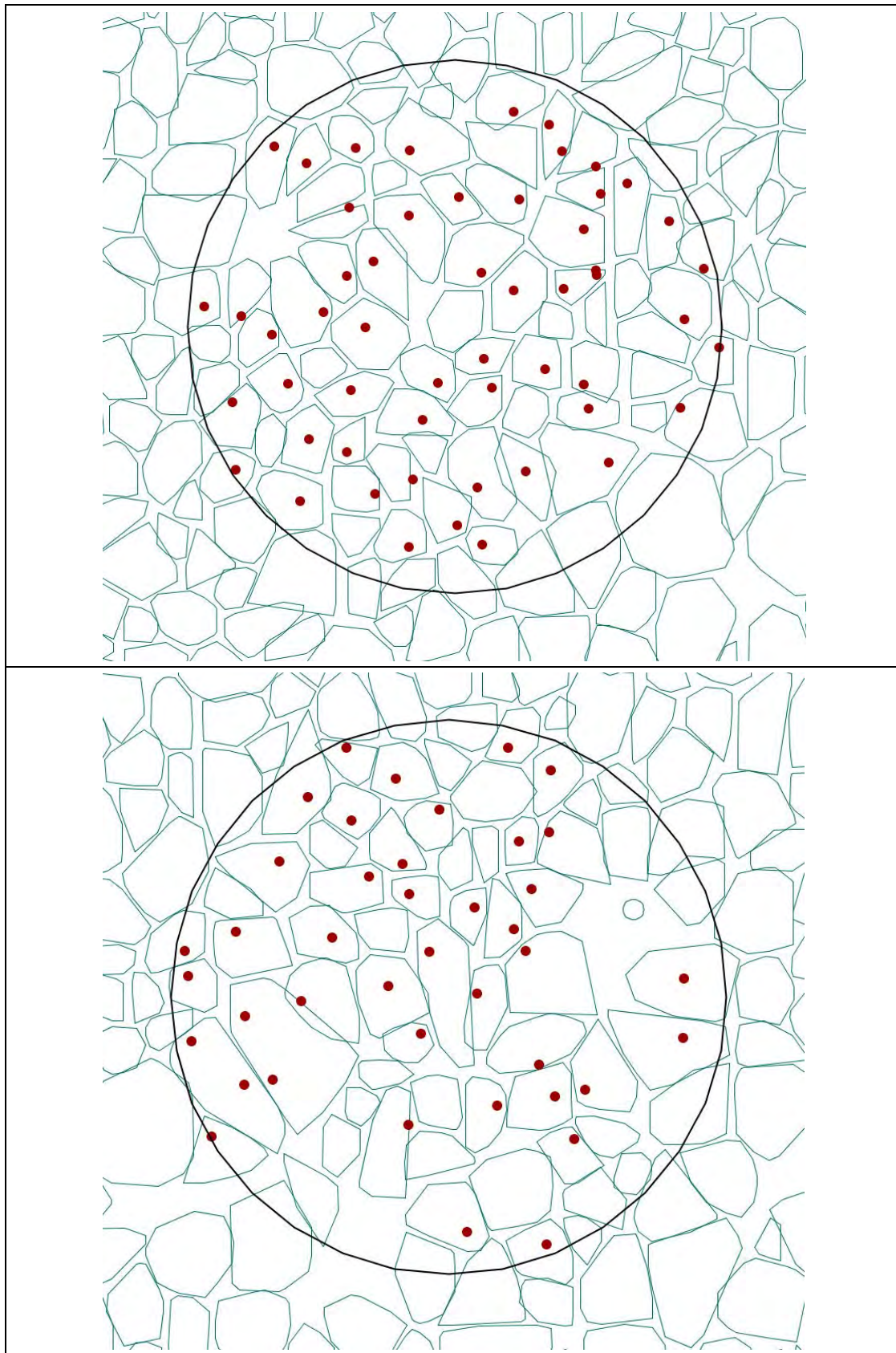


Figura 76. Detalle de las 8 parcelas del cantón 34.



5.5 Comparación con otras experiencias similares.

En España y sobre pino silvestre se realizó un estudio (Cuasante y García, 2009) en los términos municipales de Palacios de la Sierra, Quintanar de la Sierra y Hontoria de Valderarados de la provincia de Burgos.

Usando datos LIDAR con una densidad media de 1,24 puntos/m² y datos de campo tomados en parcelas de radio fijo de 10 metros, establecieron las regresiones entre las variables de campo y la métrica de la nube de puntos con los siguientes resultados:

Estrato	Descripción	Modelo	R ² ajustado	Media	RMSE	RMSE%
I	P.sylvestris	N (Pies/ha)	0,5137	444,00	126,93	28,6%
	Fustal buena calidad 42 parcelas	AB (m ² /ha)	0,6526	42,46	8,77	20,8%
		V (m ³ /ha)	0,6570	378,74	79,61	21,0%
		D _g (cm)	0,2259	35,55	4,66	21,8%
		H ₁₀₀ (m)	0,8017	22,16	1,22	5,5%
III	P.sylvestris	N (Pies/ha)	0,5752	1259,20	513,91	38,3%
	Latizal buena calidad 34 parcelas	AB (m ² /ha)	0,8342	33,12	8,84	26,7%
		V (m ³ /ha)	0,8420	217,35	61,28	28,2%
		D _g (cm)	0,7732	18,01	2,32	12,9%
		H ₁₀₀ (m)	0,9446	14,03	0,96	6,8%

Tabla 32. Resultados inventario LIDAR Cuasante y García.



5.6 Ajuste de regresiones de variables individuales

Según se explico en el apartado 4.8 se confeccionó una tabla con 916 filas que corresponden a los valores de las variables de campo y lidar de los pinos silvestres identificables como coincidentes.

Para el cálculo de las variables de árbol individual sólo se consideraron dos como principales: el diámetro normal y la altura total. Todas las demás variables de árbol individual pueden ser calculadas a partir de estas dos.

Al haberse tomado los datos del IFN en parcelas de radio variable, en la confección de los modelos de árbol individual hay que tener en cuenta que cada árbol de la tabla tiene un peso diferente según su diámetro que corresponde al factor aplicado para el paso de datos por parcela a la hectárea. Para el ajuste de las regresiones se utilizó el método de mínimos cuadrados ponderados usando como factor de ponderación el correspondiente factor de expansión para cada árbol según su diámetro de campo. Este ajuste provoca que la tabla resultante tenga más de 16.000 registros. El programa de estadística R (<http://www.r-project.org>) sólo puede manejar tablas de hasta 5.000 registros. Para hacer la tabla manejable por este programa se dividió el factor de expansión de cada árbol por el más pequeño de ellos: 5,093. De esta forma se obtiene una tabla con 3.084 registros.

5.6.1 Altura Total.

Inicialmente se comprobó la relación entre la altura total de campo y las variables lidar de los árboles individuales.

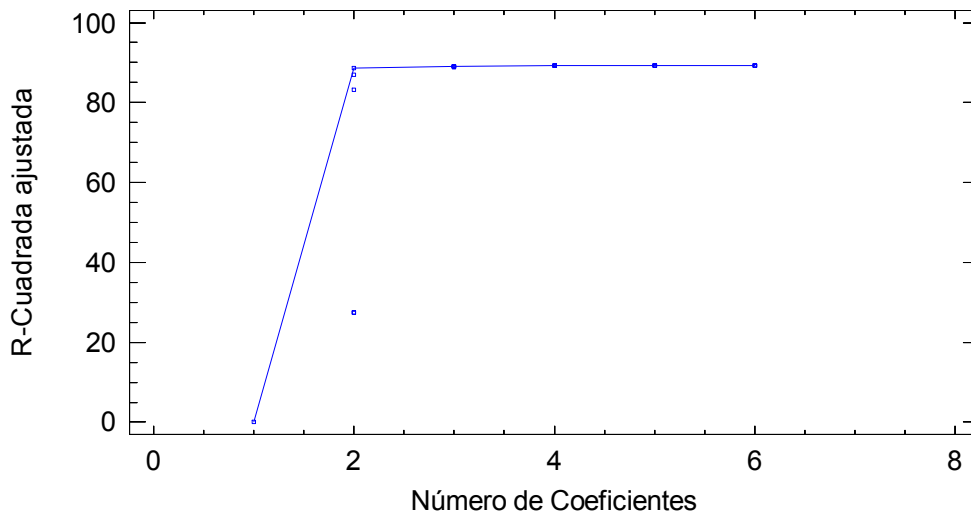


Figura 77. R^2 y número de coeficientes para el modelo de altura de árbol individual.

Según el gráfico los modelos con más de una variable independiente no mejoran el coeficiente de determinación.

R^2 Ajustada	Variables Incluidas	
88.63	A	Altura lidar
83.25	B	Logaritmo neperiano de altura lidar
86.86	C	Raíz cuadrada de altura lidar
26.64	D	Diámetro de copa lidar
27.35	E	Logaritmo neperiano de diámetro de copa lidar
27.39	F	Raíz cuadrada de diámetro de copa lidar
22.71	G	Superficie de copa lidar
27.35	H	Logaritmo neperiano superficie copa lidar
26.64	I	Raíz cuadrada superficie copa lidar
14.72	J	Densidad sexto árbol
15.36	K	Logaritmo neperiano densidad sexto árbol
15.35	L	Raíz cuadrada densidad sexto árbol

Tabla 33. Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de altura de árbol individual.

Se probó la relación lineal entre altura de campo y altura lidar. El modelo obtenido no cumplía las condiciones de Homocedasticidad, autocorrelación, normalidad de los residuos ni linealidad del modelo. A la vista de que el modelo no era lineal se probó con un polinomio de segundo grado. Esto corrigió el problema de no linealidad pero no los demás. Se ensayaron entonces los modelos lineales y polinomiales de segundo grado de los



logaritmos neperianos de las variables. Al no solucionarse los problemas anteriores se utilizaron las relaciones lineales y polinomiales de segundo grado de las raíces cuadradas de las variables.

Los modelos ensayados y los resultados se agrupan en la siguiente tabla:



MODELO	R ² ajustado	RMSE	Test Breuch-Pagan Homocedasticidad	Test Durbin-Watson Autocorrelación	Test Kolmogorov Normalidad residuos	Test RESET No linealidad
HC= f(HL)	88.63	1.365	0	0	0	0
HC=f(HL ² +HL)	88.81	1.354	0	0	0	0
HC=f(HL+raizHL)	88.80	1.354	0	0	0	0.90
LNHC=f(LNHL)	85.22	0.117	0	0	0	0
LNHC=f(LNHL ² +LNHL)	85.70	0.116	0	0	0	0.50
LNHC=f(LNHL+raizLNHL)	85.72	0.116	0	0	0	0.88
raizHC=f(raizHC)	87.09	0.20	0.03	0	0	0
raizHC=f(HL+raízHL)	87.38	0.19	0.13	0	0	0.63

Tabla 34. Comparación de modelos de altura total de árbol individual.



Los modelos que contemplan como variable dependiente la raíz cuadrada de la altura de campo corrigen los problemas de no linealidad y heterocedasticidad y por tanto se eligieron como más adecuados. Sin embargo, ninguno de los modelos ensayados corrige los problemas de autocorrelación y normalidad de los residuos. La autocorrelación se debe a la forma de presentar los resultados agrupados por parcelas. El residuo medio y su amplitud en cada parcela son diferentes.

Los residuos de las parcelas presentan la siguiente distribución:

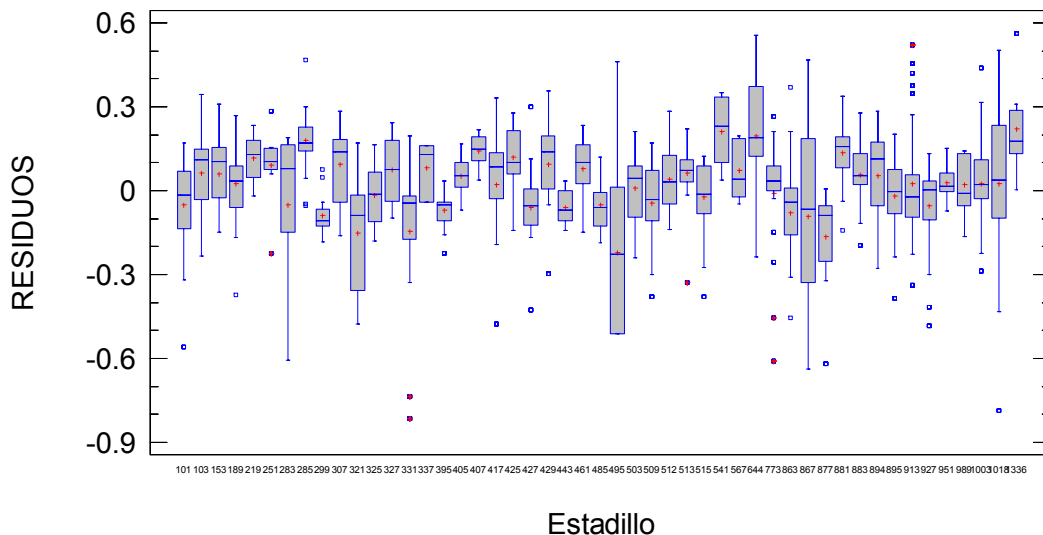


Figura 78. Distribución de los residuos del modelo de altura según parcelas.



Estadillo	Recuento	Promedio	Coefficiente de Variación	Error Estándar	Mínimo	Máximo	Rango
101	57	-0.04927	-346.4%	0.02261	-0.5597	0.1697	0.7294
103	27	0.06232	276.0%	0.0331	-0.235	0.3432	0.5782
153	55	0.05942	208.4%	0.0167	-0.1472	0.3086	0.4559
189	36	0.02645	460.1%	0.02028	-0.3717	0.2678	0.6395
219	51	0.1171	62.81%	0.0103	-0.01922	0.2326	0.2518
251	24	0.09101	152.0%	0.02823	-0.2248	0.2849	0.5098
283	31	-0.04971	-591.1%	0.05277	-0.6077	0.188	0.7957
285	29	0.1805	63.12%	0.02116	-0.05466	0.4673	0.522
299	24	-0.08778	-65.73%	0.01178	-0.1845	0.07614	0.2607
307	26	0.09506	131.5%	0.02452	-0.1625	0.2842	0.4467
321	49	-0.1517	-126.6%	0.02744	-0.4767	0.172	0.6487
325	32	-0.01566	-704.9%	0.01951	-0.1812	0.163	0.3442
327	56	0.07569	151.7%	0.01535	-0.09663	0.2443	0.3409
331	81	-0.1456	-198.4%	0.03209	-0.816	0.1945	1.01
337	3	0.08251	131.7%	0.06276	-0.04176	0.1599	0.2017
395	55	-0.07041	-83.26%	0.007905	-0.2239	0.03352	0.2574
405	43	0.05258	127.6%	0.01023	-0.0688	0.1687	0.2375
407	34	0.1411	42.0%	0.01016	0.03942	0.2183	0.1789
417	138	0.02276	801.0%	0.01552	-0.4771	0.3325	0.8096
425	52	0.1185	86.64%	0.01424	-0.142	0.2778	0.4198
427	105	-0.06033	-223.5%	0.01316	-0.4249	0.2987	0.7236
429	42	0.09614	159.6%	0.02368	-0.297	0.3553	0.6523
443	63	-0.06078	-81.96%	0.006277	-0.141	0.03512	0.1761
461	27	0.08014	134.0%	0.02066	-0.1491	0.2349	0.3841
485	14	-0.04975	-215.8%	0.02869	-0.186	0.12	0.306
495	94	-0.22	-120.4%	0.02731	-0.5121	0.4602	0.9723
503	36	0.008636	1455.%	0.02095	-0.24	0.2105	0.4506
509	202	-0.04443	-300.2%	0.009384	-0.3797	0.1692	0.5489
512	51	0.04205	268.6%	0.01582	-0.1386	0.2827	0.4214
513	66	0.0632	167.4%	0.01302	-0.3288	0.2202	0.549
515	58	-0.02333	-565.8%	0.01733	-0.3778	0.1242	0.502
541	33	0.2106	51.51%	0.01889	0.03826	0.351	0.3127
567	36	0.07325	136.0%	0.0166	-0.04743	0.1969	0.2443
644	33	0.1954	125.9%	0.04283	-0.2365	0.5549	0.7913
773	108	-0.009905	-1935.%	0.01844	-0.611	0.2668	0.8778
863	52	-0.07775	-176.8%	0.01907	-0.4559	0.3681	0.824
867	124	-0.09069	-388.5%	0.03164	-0.6393	0.4681	1.107
877	63	-0.1655	-108.1%	0.02254	-0.6201	0.007297	0.6274
881	53	0.1369	66.85%	0.01257	-0.1423	0.3368	0.4791
883	60	0.05653	200.3%	0.01461	-0.1946	0.2775	0.4721
894	28	0.05302	305.8%	0.03064	-0.277	0.2853	0.5622
895	86	-0.01763	-745.7%	0.01418	-0.3854	0.2027	0.588
913	221	0.02375	796.8%	0.01273	-0.3371	0.5219	0.8591
927	120	-0.05434	-279.9%	0.01388	-0.4819	0.1322	0.6141
951	60	0.02717	239.0%	0.008383	-0.07404	0.1524	0.2264
989	37	0.02346	426.5%	0.01645	-0.1654	0.1424	0.3077
1003	153	0.02521	582.8%	0.01188	-0.287	0.4386	0.7255
1018	117	0.02442	1168.%	0.02637	-0.7875	0.501	1.289
1336	39	0.2223	59.06%	0.02103	0.004488	0.5609	0.5565

Tabla 35. Residuos del modelo de alturas por parcelas.

Para comprobar si se estaba excluyendo alguna variable del modelo de altura que pudiera explicar la diferencia de los residuos en cada parcela, se comprobaron las correlaciones de los residuos de la regresión con el resto de variables de campo y lidar en cada parcela.



Variable	Coefficiente de correlación de Pearson	P- valor
Densidad de pies/ha	-0,274	0,056
Altura media	0,174	0,232
Diámetro medio	0,232	0,108
Área Basimétrica	-0,113	0,441
Puntos copas/Puntos parcela	0,023	0,846
Media puntos copa/densidad puntos parcela	0,243	0,092
Densidad puntos parcela	-0,074	0,613
Hcampo - Hlidar	0.953	0,000

Tabla 36. Correlaciones de los residuos de la regresión de alturas de árbol individual.

Ninguna de las correlaciones era significativamente distinta de 0 salvo con la diferencia entre altura de campo de campo y altura lidar. La correlación lineal entre el residuo de la regresión y la diferencia entre altura de campo y altura lidar es casi perfecta. Se procedió entonces a comprobar si esta diferencia estaba linealmente correlacionada con alguna variable de campo o lidar. Tampoco se encontró ninguna correlación significativamente distinta de cero.

Puesto que los residuos no dependen de ninguna de las variables de parcela, las diferencias entre ellos pueden tener como causa la distinta fiabilidad de los Modelos Digitales del Terreno según el número de puntos con el que estén confeccionados. Este problema no es corregible y dará lugar a residuos medios con sesgos sistemáticos y diferentes en cada parcela según la interpolación de la superficie del terreno se haya resuelto por encima o por debajo de la realidad. La investigación de este problema abre una nueva línea de estudio que puede ser abordada en trabajos posteriores.

Otra causa posible es la distinta estructura de la masa en cada parcela. Densidades altas y masas estratificadas darán lugar a pies dominados difícilmente detectables que originarán sobreestimaciones de la altura al considerar como altura real la de la copa dominante en lugar de la del árbol dominado.



Durante el estudio se observó que cuando aparece una copa relativamente baja junto a otra de gran altura, la altura de la copa delineada más baja es sistemáticamente más alta que el árbol de campo con el que se corresponde. La frecuencia de aparición de estos casos es diferente según la estructura de la masa y por tanto también los errores finales. La corrección de este problema también abre la vía a una nueva línea de investigación para trabajos posteriores.

En cuanto a la normalidad de los residuos, aún cuando los resultados de los test no sirven para verificarla, el histograma correspondiente se ajusta considerablemente a la distribución normal.

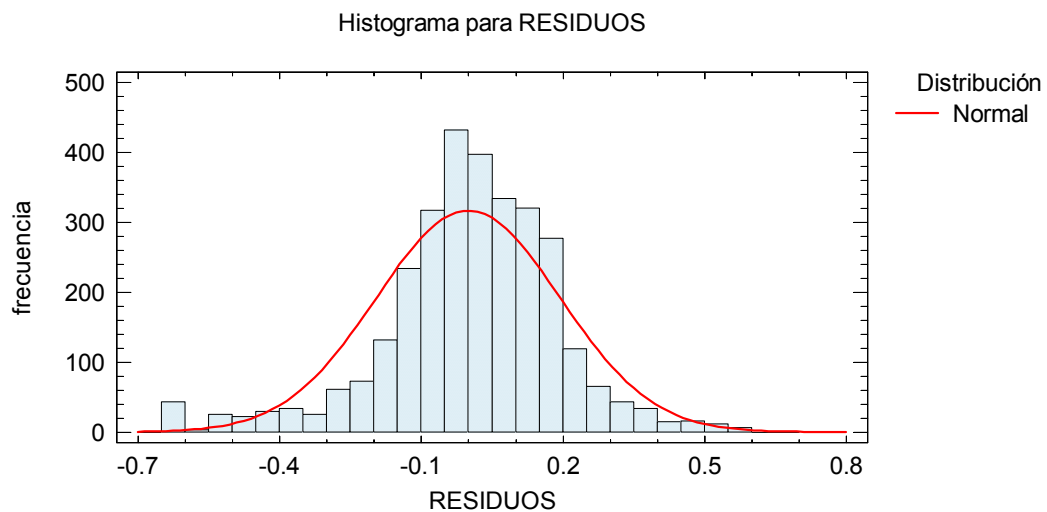


Figura 79. Distribución de los residuos de la regresión de altura de árbol individual.

Se asume como mejor modelo el siguiente:

$$\text{RaizHcampo} = 1,267 + 0,06984 \cdot \text{Hlidar} + 0,4087 \cdot \text{RaizHlidar}$$

Coefficientes

Parámetro	Estimación	Error Estándar	Estadístico T	Valor P
CONSTANTE	1.267	0.1058	11.97	0.0000
Hlidar	0.06984	0.008304	8.41	0.0000
RaizHlidar	0.4087	0.05978	6.838	0.0000



Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	807.9	2	403.9	10671.63	0.0000
Residuo	116.6	3081	0.03785		
Total	924.5	3083			

R-cuadrada = 87,39 %

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 87,38 %

RMSE. = 0,19 (1,35 m. tras deshacer la transformación) 10,67%

Error absoluto medio = 0,14 (0,98 m. tras deshacer la transformación) 7,93%

Los resultados de los test aparecen en la tabla 28.

Para la corrección del sesgo sistemático que se produce al recalcularse los valores de altura deshaciendo la transformación de raíz cuadrada se utilizó el método de estimación “smearing”. Se trata de un método no paramétrico de corrección del sesgo de predicción cuando se aplica una transformación inversa a la variable de respuesta de un modelo lineal (Picard et al 2012).

Para deshacer la transformación de raíz cuadrada se sumó el factor de corrección propuesto por Duan (Duan, 1983).

$$CF = 1/n * \sum \varepsilon_i^2$$

Siendo n el número de datos y ε_i el residuo de la observación i.

Para la ecuación de la raíz cuadrada de la altura el valor de CF= 0,0378

La ecuación tras deshacer la transformación queda:

$H_{campo} = 0,0378 + (1,267 + 0,06984 * H_{lidar} + 0,4087 * RaizH_{lidar})^2$

Los gráficos del modelo son los siguientes:



Gráfico del Modelo Ajustado

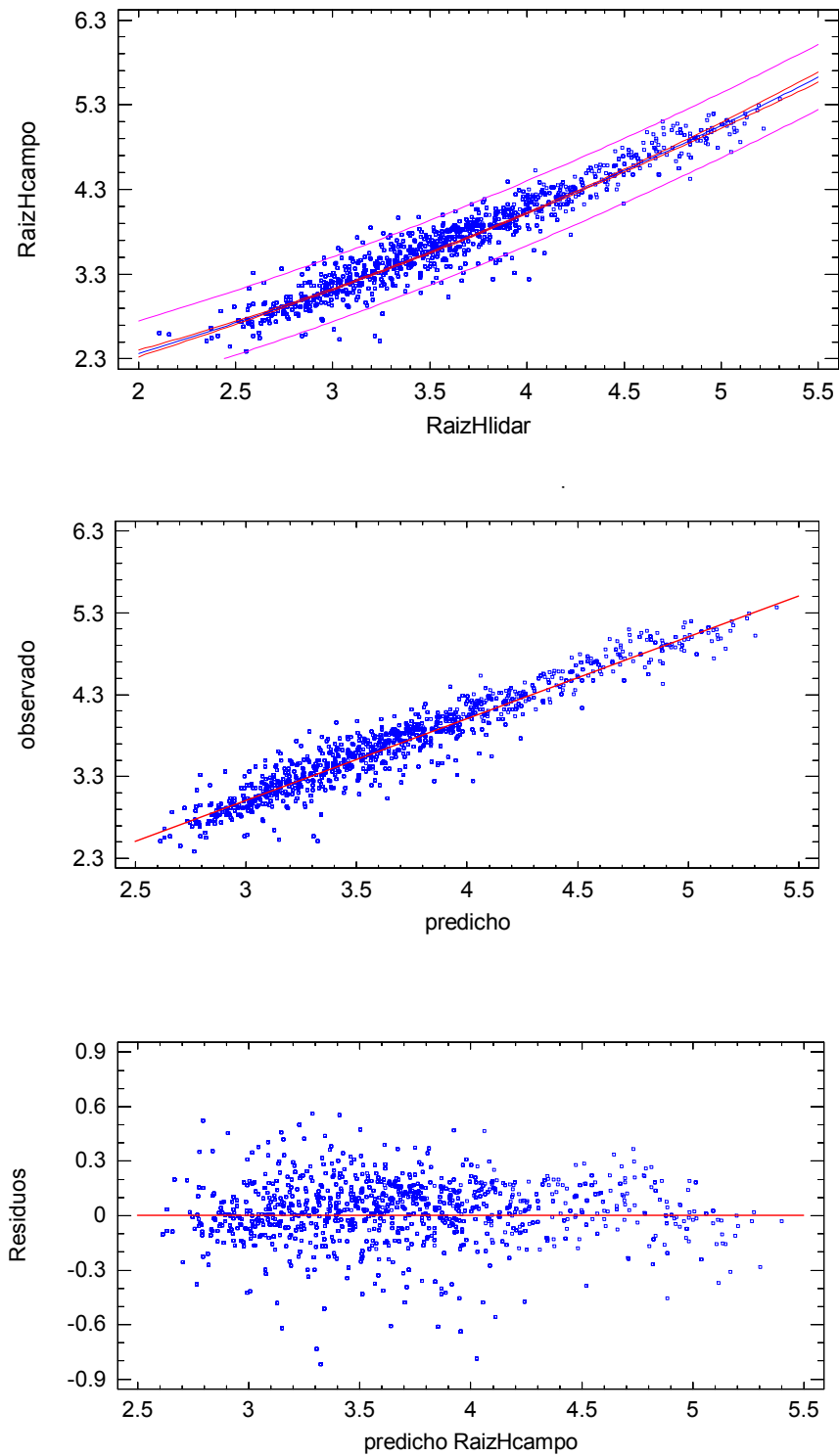


Figura 80. Modelo ajustado y residuos para altura de árboles individuales.



5.6.2 Diámetro normal

El diagrama de R^2 respecto al número de variables a incluir en el modelo de diámetro normal de árbol individual es el siguiente:

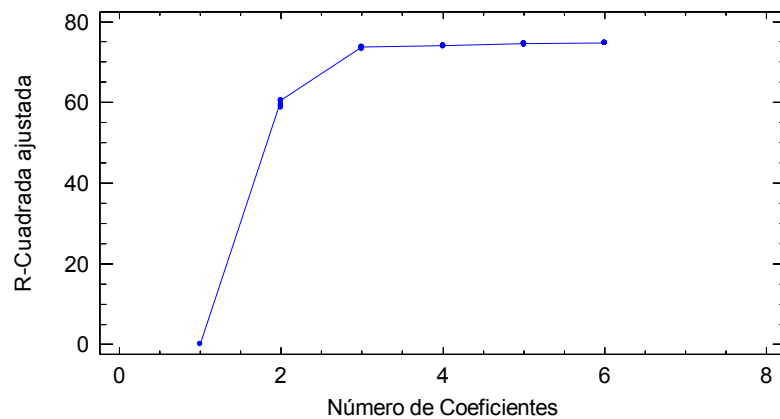


Figura 81. R^2 y nº de coeficientes para el modelo de diámetro normal de árbol individual.

A partir de dos variables independientes el coeficiente de determinación no aumenta. Se probaron los 5 modelos con mayor R^2

R2 Ajustada	Variabes		
49.52	A	A= Hlidar B= LNHLidar C= RaizHlidar D= Hlidar ² E= Diámetro copa lidar F= LN (Diámetro copa lidar) G= Raíz(Diámetro copa lidar) H= Densidad 6° árbol I= LN(Densidad 6° árbol) J= Raíz(Densidad 6° árbol) K= PC/DPP L= LN(PC/DPP) M= Raíz(PC/DPP)	
48.34	B		
49.53	C		
46.19	D		
58.75	E		
60.46	F		
60.46	G		
35.37	H		
37.53	I		
37.27	J		
50.43	K		
59.59	L		
59.11	M		
73.82	AF		
73.75	AG		
73.5	CG		
73.45	CF		
73.19	DF		

Tabla 37. Coeficientes de determinación R^2 para regresiones de diámetro normal de árbol individual.



MODELO	R ² ajustado	RMSE	Test Breuch-Pagan Homocedasticidad	Test Durbin- Watson Autocorrelación	Test Kolmogorov Normalidad Residuos	Test RESET linealidad	Inflación de la varianza Colinealidad	Test Bonferroni Valores atípicos
AF	73.82	4.95	0.23	0	0.02	0	NO	1 valor
AG	73.75	4.96	0.09	0	0.21	0.041	NO	1 valor
CG	73.50	4.98	0.35	0	0.16	0.052	NO	1valor
CF	73.45	4.98	0.70	0	0.01	0	NO	1 valor
DF	73.19	5.01	0.001	0	0.02	0	NO	1 valor

Tabla 38. Comparación de modelos de diámetro normal de árbol individual.



Al depender el diámetro normal en todos los casos de la altura o una función de ésta, aparecen los mismos problemas de autocorrelación estudiados para la altura. Ningún modelo ni transformación ensayada corrigió la autocorrelación.

Sólo el modelo CG cumple con los requisitos de normalidad de los residuos Homocedasticidad, no colinealidad y linealidad por lo que se eligió este modelo.

$$DN = -25,38 + 7,193 \cdot \text{Raíz}(H_{\text{lidar}}) + 14,55 \cdot \text{Raíz}(D_{\text{Clidar}})$$

Siendo:

- DN = Diámetro normal en centímetros
- Raíz(Hlidar) = Raíz cuadrada de la altura del árbol lidar en metros.
- Raíz(DClidar) = Raíz cuadrada del diámetro de copa lidar en metros

Coefficientes

Parámetro	Estimación	Error Estándar	Estadístico T	Valor -P
CONSTANTE	-25.38	0.5863	-43.29	0.0000
RaizHlidar	7.193	0.1846	38.97	0.0000
RaizDcoplid	14.55	0.2756	52.81	0.0000

Análisis de Varianza

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	2.12E5	2	1.06E5	4277.32	0.0000
Residuo	7.636E4	3081	24.78		
Total	2.884E5	3083			

R-cuadrada = 73,52 %

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 73,5 %

RMSE. = 4,98 cm. (18,97%)

Error absoluto medio = 3,96 cm. (15,09%)

Los gráficos de los valores predichos y los residuos son los siguientes:

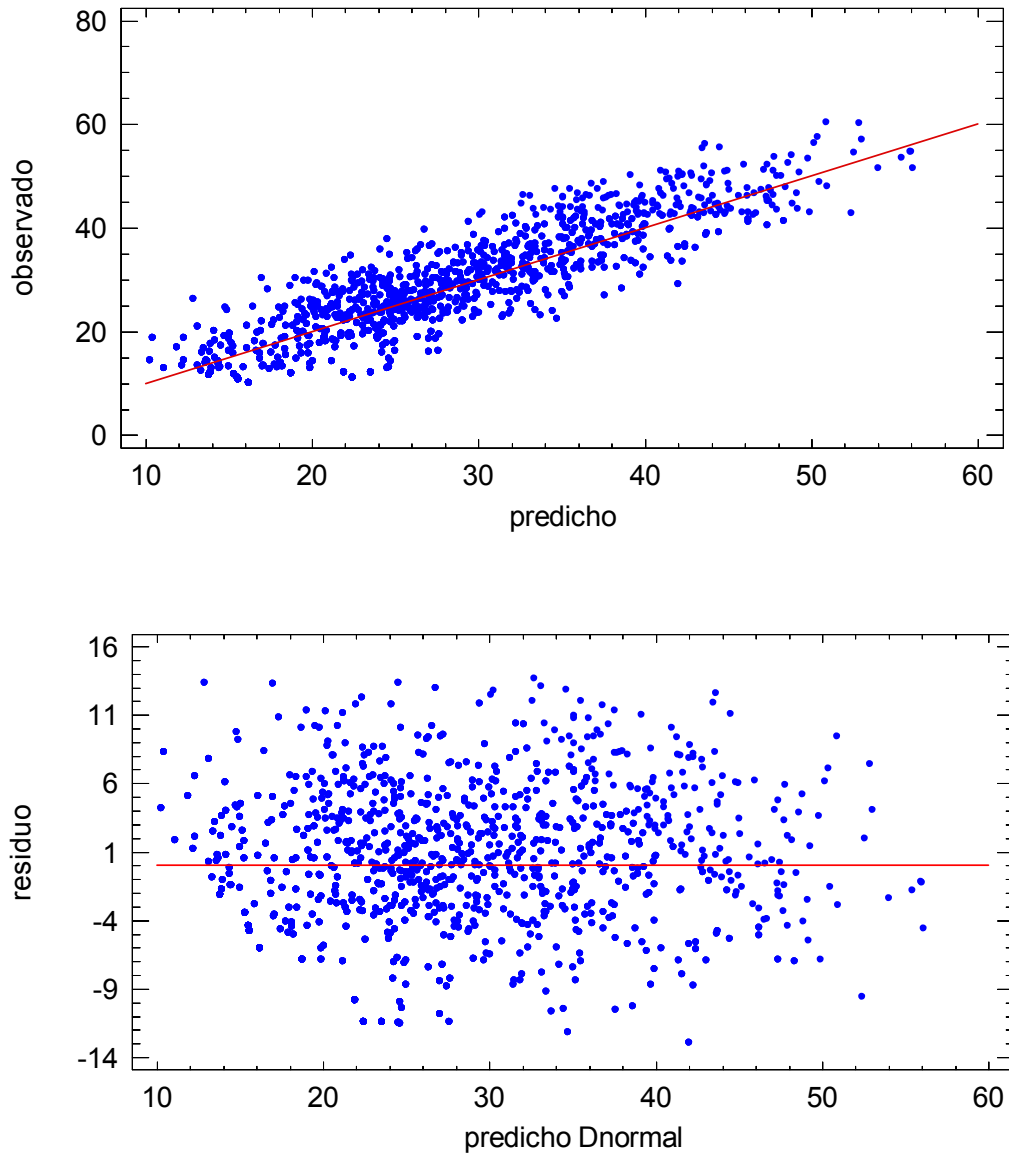


Figura 82. Modelo ajustado y residuos para diámetro normal de árboles individuales.



5.6.3 Comparación de distribuciones de resultados de campo y LIDAR

Una vez calculadas las regresiones para los valores de altura total en metros y diámetro normal en centímetros se aplicaron las ecuaciones a la tabla resultante de la delineación de copas lidar. El factor de ponderación de cada copa es el correspondiente al diámetro de la parcela a la que pertenece.

A los diámetros y alturas calculados por las regresiones se les aplicó la fórmula de cubicación empleada para los árboles de campo (Anejo1).

Los resultados medios obtenidos son;

	Árboles Campo	Árboles LIDAR	Error absoluto	Error relativo
Total árboles	25.931	26.030	99	0,38%
Diámetro medio (cm)	24,88	25,26	0,38	1,53%
Altura media (m)	12,37	12,35	-0,02	-0,16%
Volumen total (m ³)	9.374	9.220	-154	-1,64%
Inc. de Volumen (m ³ /año)	596,68	586,77	-9,91	-1,66%
Biomasa total 0% humedad	6.273,33	6.138,88	-134,45	-2,14%

Tabla 39. Resultados medios de las regresiones.

Se comprobó la distribución diamétrica utilizando clases de 5 cm. Para los árboles de campo y los árboles lidar.

Clase diamétrica	Diámetros	Pies en campo	Pies lidar	Diferencia
10	7,5 – 12,5	2292	882	-1410
15	12,5 – 17,5	4456	3903	-553
20	17,5 – 22,5	4902	6196	1294
25	22,5 – 27,5	4555	5936	1381
30	27,5 – 32,5	4173	4003	170
35	32,5 – 37,5	2561	2647	86
40	37,5 – 42,5	1768	1602	-166
45	42,5 – 47,5	753	588	-165
50	47,5 – 52,5	326	216	-110
55	52,5 – 57,5	92	56	-36
60	> 57,5	61	0	-61

Tabla 40. Distribución por clases diamétricas de pies de campo y pies lidar.

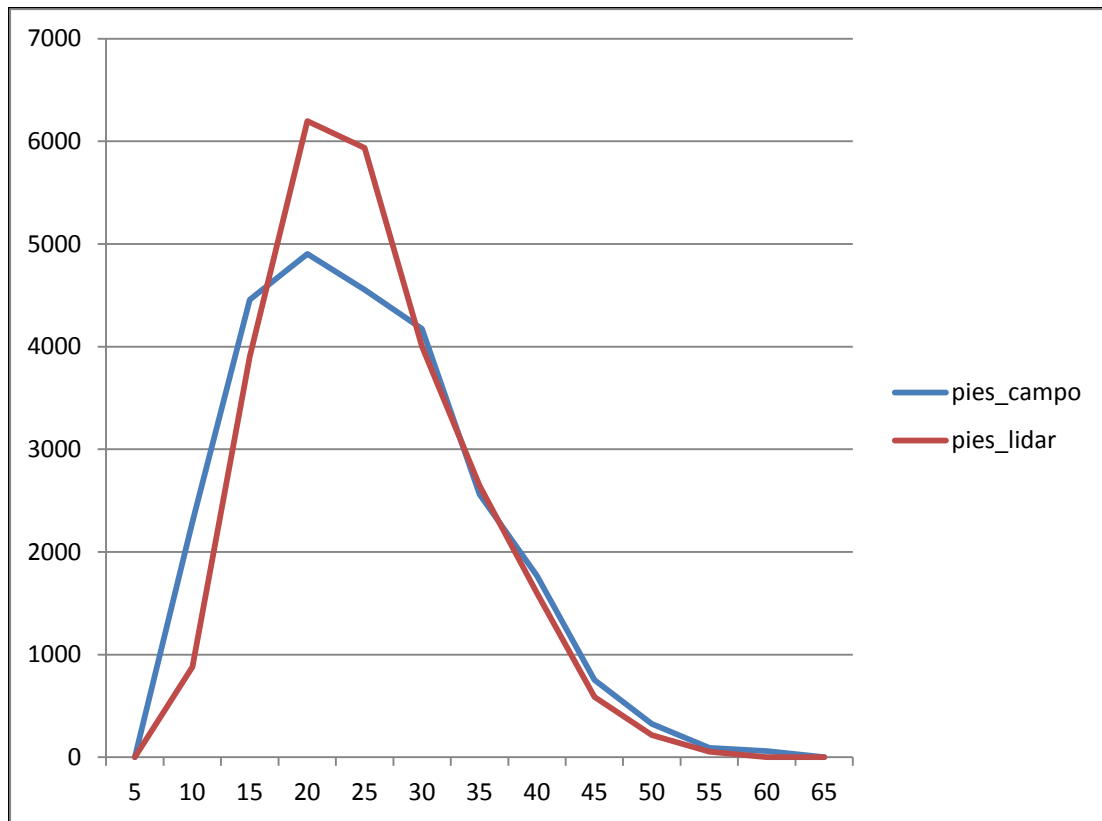


Figura 83. Distribuciones diamétricas de campo y lidar.

Se observa un ligero desplazamiento de pies de las clases diamétricas 10 y 15 hacia las clases 20 y 25. El resto de clases coincide notablemente.

En cuanto a la distribución de alturas se comprobó la coincidencia utilizando clases de 3 metros.

Clase de altura (3m)	Árboles Campo	Árboles Lidar	Diferencia
4,5	0	0	0
7,5	5090	4538	-552
10,5	8108	8973	865
13,5	6993	7296	303
16,5	3668	3319	-349
19,5	1086	1011	-75
22,5	522	525	3
25,5	384	275	-109
28,5	74	81	7
31,5	5	10	5
34,5	0	0	0

Tabla 41. Distribución por clases de altura de pies de campo y pies lidar.

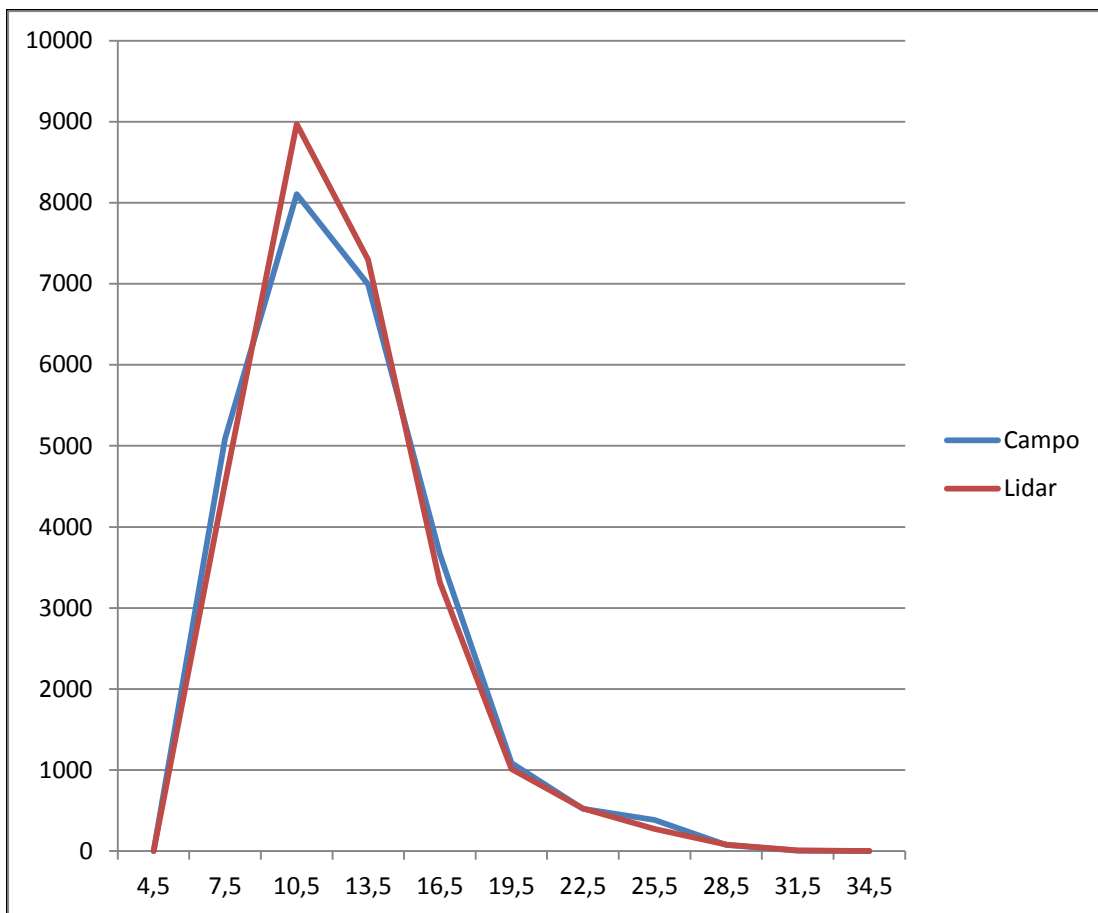


Figura 84. Distribuciones de alturas de campo y lidar.

Se observa una ligera sobreestimación del número de pies con alturas entre 9 y 15 metros a costa de las dos clases inmediatamente inferior y superior. El resto de alturas coinciden notablemente.



5.6.4 Volumen con corteza

Una vez calculados los diámetros y alturas de los árboles lidar por las regresiones anteriores se calculó su volumen con la misma tarifa empleada para los árboles de campo.

Se compararon los volúmenes de campo y lidar según su distribución por clases diamétricas.

Clase diamétrica cm.	VCCcampo m ³	VCCLidar m ³	Diferencia m ³
5	0	0	0
10	97	29	-68
15	344	249	-95
20	753	993	240
25	1257	1630	373
30	1778	1722	-56
35	1653	1706	53
40	1614	1519	-95
45	941	802	-139
50	549	388	-161
55	200	127	-73
60	188	0	-188

Tabla 42. Distribución por clases de volumen con corteza de pies de campo y pies lidar.

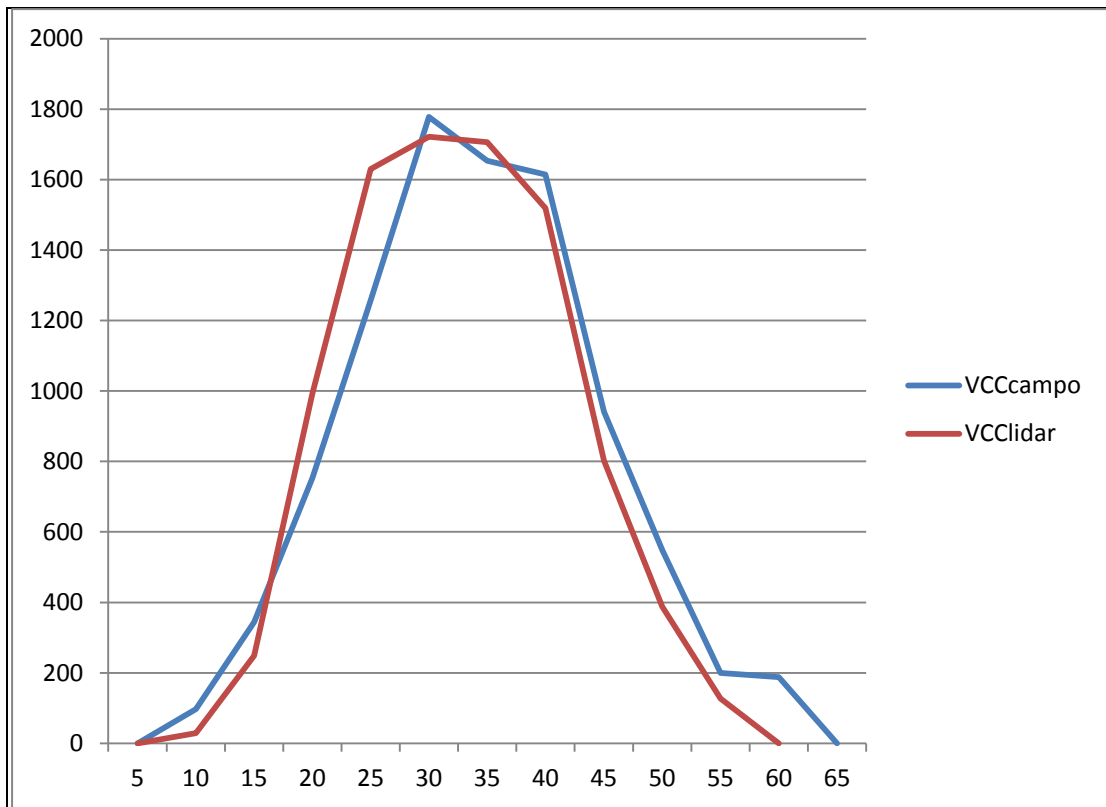


Figura 85. Distribución de volumen con corteza por clases diamétricas.

Se observa una ligera sobreestimación en las clases menores de 30 cm. que se compensa con una ligera subestimación en las clases superiores a 35 cm



5.7 Aplicación al cantón 27 del monte Berretín

Se aplicaron las ecuaciones de diámetro y altura para árbol individual a las copas lidar de las parcelas descritas en el apartado 5.4 y se obtuvieron los siguientes resultados:

	Altura media (m)	Diámetro medio (cm)	Densidad (pies/ha)	Volumen (m ³ /ha)
CAMPO	19,66	34,44	483	403,33
LIDAR	19,01	35,49	501	414,82
DIFERENCIA	-0,65	1,05	18	11,49
DIFERENCIA%	-3,3%	3%	3,7%	2,8%

Tabla 43. Comparación de resultados campo – lidar cantón 27 para ecuaciones de árbol individual.

Se aplicaron también las ecuaciones de diámetro y altura a todas las copas del cantón y se obtuvieron los siguientes resultados:

	Altura media (m)	Diámetro medio (cm)	Nº de pies	Volumen (m ³ /ha)
CAMPO	19,66	34,44	3719	3105,6
LIDAR	18,30	34,83	3815	2957,6
DIFERENCIA	-1,36	0,39	96	-148
DIFERENCIA%	-6,9%	1,1%	2,6%	-4,9%

Tabla 44. Comparación de result. campo – lidar cantón 27 para ecuaciones de árbol individual en todo el cantón.

Al utilizar los polígonos de copa que están dentro de las parcelas, los resultados de campo y los obtenidos con el procedimiento descrito en esta Tesis son prácticamente iguales, estando el error en torno al 3% para las variables estudiadas.

Al aplicar el método a todo el cantón aparecen diferencias notables en la altura media y el volumen calculados con los datos de campo y con los polígonos de copas lidar.

La coincidencia de resultados cuando sólo se utilizan los datos de las parcelas indica que las tres parcelas de campo no reflejan las variaciones de altura de toda la masa estudiada. Este problema es común cuando se usan inventarios de campo por muestreo, debiendo asumirse que las condiciones



de toda la superficie son similares a las de las parcelas muestreadas. La precisión de los inventarios por muestreo depende del número de parcelas usadas para la obtención de resultados. En toda la superficie inventariada se cumple que la precisión exigida se logra si el número de parcelas es el calculado para las demandas concretas de cada caso. Sin embargo, el pequeño número de parcelas que caen en cada división del monte hace que los resultados no sean extrapolables a superficies menores que el total.

La delineación de copas consigue individualizar cada árbol y por tanto se pueden calcular las variables de interés con la misma precisión sea cual sea la superficie de trabajo. En la práctica es como si se hubiera efectuado un inventario pie a pie de toda la superficie.

Para verificar este aserto se distinguieron las alturas de los árboles lidar según clases de 3 metros. La representación de esta clasificación es la que aparece en la siguiente figura.

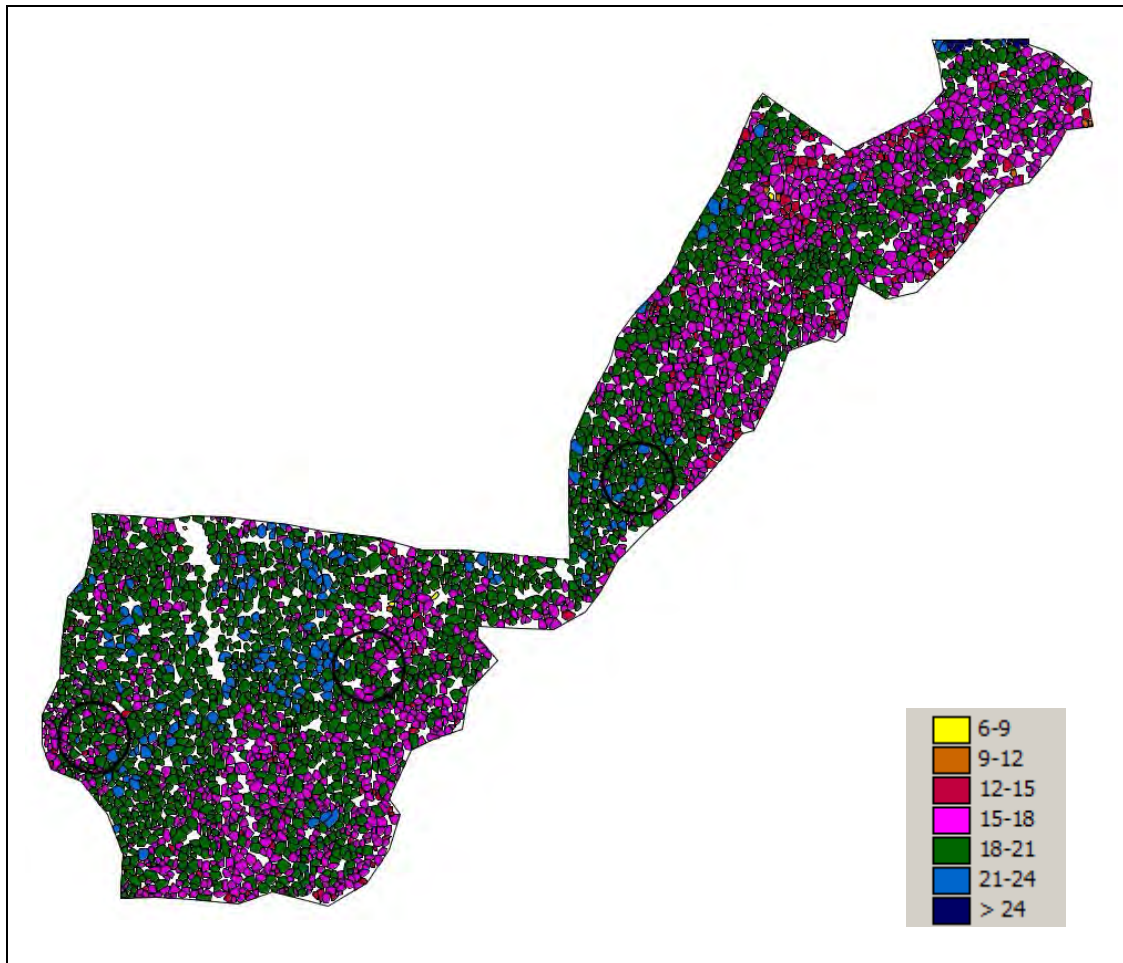


Figura 86. Clasificación de árboles lidar por altura.

Puede apreciarse como las parcelas medidas en campo se encuentran en el intervalo de alturas 18-21 pero se ven grandes zonas con alturas entre 12 y 18 metros que son las que reducen la altura media del cantón. Las características de estas zonas de menor altura no están reflejadas en los datos tomados en campo.

Esta subestimación de la altura es la que ocasiona que el volumen también se vea infravalorado en una proporción similar.

Al haberse medido todos los árboles en las parcelas de 20 metros de radio, en estas tres parcelas se puede medir además el número de copas bien delineadas respecto a los árboles de campo. Se consideró una copa bien delineada cuando dentro de su perímetro se encontraba un solo árbol de campo y su altura era coherente con la del polígono de copa lidar. Cuando



aparece más de un árbol de campo dentro de un polígono de copa se considera un error de exclusión por cada punto después del primero. Estos puntos equivalen a los árboles que no han sido localizados por el procedimiento de delineación de copas. Cuando aparecen polígonos de copa que no contienen ningún árbol de campo se consideran como errores de inclusión y corresponden a árboles inexistentes erróneamente delineados.

Parcela	Pies campo	Pies lidar	Bien delineados	Errores exclusión	Errores inclusión
1	63	65	55	6	4
2	53	55	47	5	3
3	66	69	55	9	6
Total	182	189	157	20	13
%	100%	103,8%	86,3%	11%	7.1%

Tabla 45. Errores de exclusión e inclusión en la delineación de copas. Cantón 27 del monte Berretín.

En la siguiente figura aparecen las copas bien delineadas (verde), los errores de exclusión (morado) y los errores de inclusión (rojo) de las copas delineadas en las tres parcelas medidas.

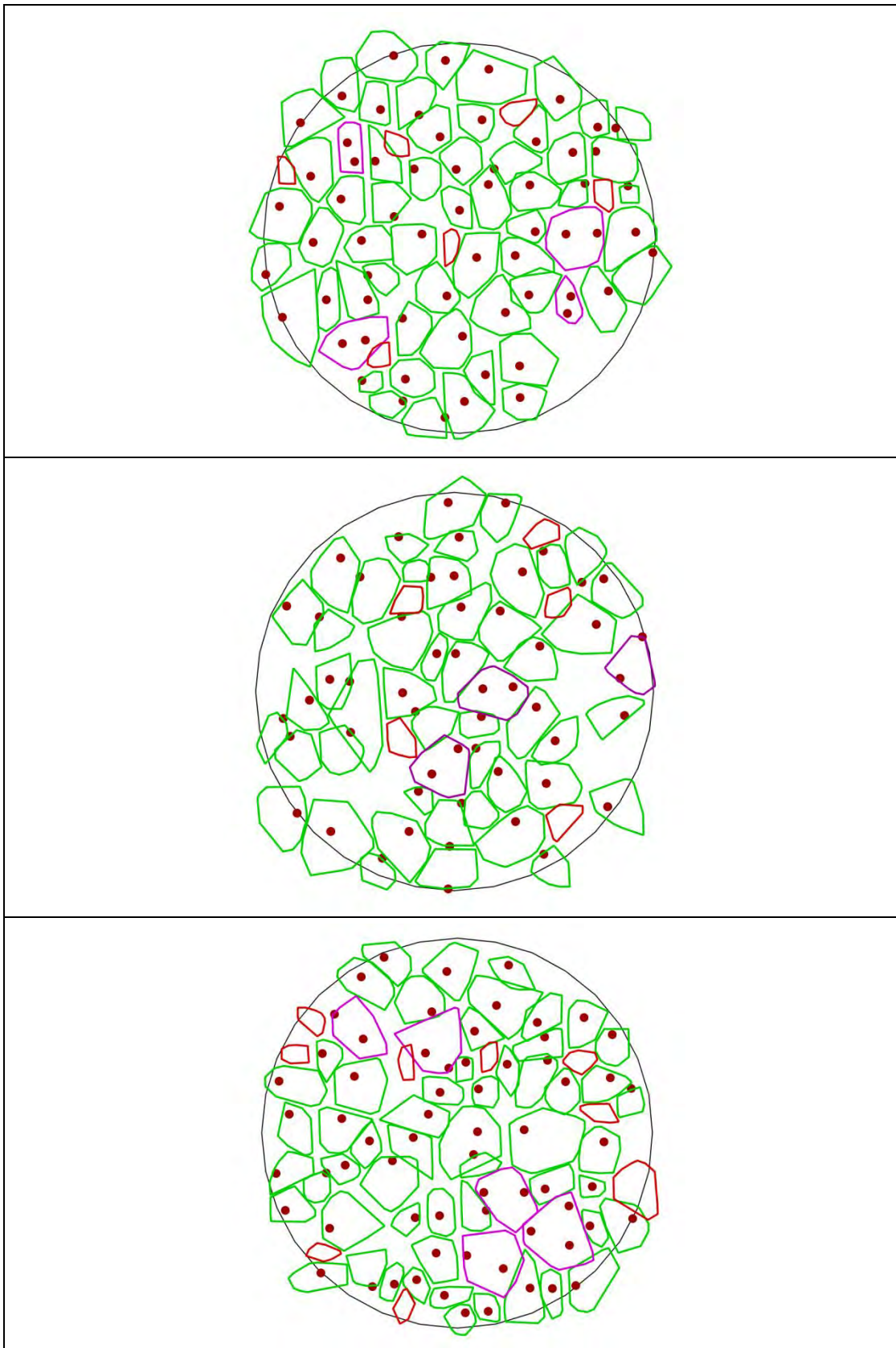


Figura 87. Errores delineación de copas.



5.8 Comparación con experiencias similares

No se han encontrado para España resultados basados en aplicación de métodos de individualización de copas pero si hay publicaciones sobre masas de otras especies en otros lugares del mundo.

En Escocia (Suarez et al. 2009) se realizaron medidas de campo y toma de datos lidar sobre 12 parcelas de *Picea sitchensis* (Bongard) en los años 2002 y 2006. Las densidades de puntos fueron entre 3 y 4 puntos/m² en el 2002 y entre 10 y 17 puntos/m² en el 2006.

La delineación de copas se realizó sobre los modelos digitales de copas utilizando programas de segmentación de imágenes. Una vez delineadas las copas cada árbol tenía asociado su altura y la superficie de la copa delineada. Con estas variables se establecieron las regresiones respecto a los valores de campo de diámetro normal y altura total. Sólo aparecen las R² de estas relaciones que son: para el año 2002 , modelo de altura 96% y modelo de diámetro 88%; para el año 2006, modelo de altura 93% y modelo de diámetro 67%. No aparecen los errores.





6 . CONCLUSIONES





De los resultados obtenidos tras la aplicación del procedimiento de individualización de copas a los datos lidar de las parcelas del IFN4 seleccionadas, se extraen las siguientes conclusiones:

1. Las relaciones geométricas entre los puntos que corresponden a los ecos de señales laser obtenidos con sensores LIDAR aerotransportados pueden ser utilizadas directamente para delinear aproximaciones de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles sobre los que se produjeron esos ecos sin necesidad de recurrir a simplificaciones como la rasterización de la información contenida en los archivos de las nubes de puntos para conseguir modelos digitales que reproduzcan la forma de la superficie del dosel de copas. La delineación de copas en masas de pino silvestre es posible con densidades superiores a dos puntos por metro cuadrado.
2. Las dimensiones de los polígonos de copas, su número y la información del conjunto de puntos que cada uno contiene, permiten calcular modelos para estimar las siguientes variables de masa:
 - Altura media.
 - Altura dominante.
 - Diámetro medio.
 - Área basimétrica.
 - Volumen de madera con corteza.
 - Incremento medio anual de volumen de madera con corteza.
 - Densidad de pies por hectárea.
 - Biomasa total al 0% de humedad.
3. Los modelos de las variables de masa calculados según el procedimiento descrito en esta Tesis mejoran en todos los casos el coeficiente de determinación y reducen el RMSE respecto a los obtenidos con el método de métrica de la nube de puntos utilizado actualmente de forma generalizada. Esta reducción es especialmente notable en la estimación del diámetro medio ya que el RMSE pasa de 16,40% con el método de métrica de nube de puntos a 9,46% con la



estimación a partir del método de individualización de copas propuesto.

4. El modelo para la estimación de la densidad de pies por hectárea calculado aplicando el método del sexto árbol a los polígonos de copas delineados por el procedimiento desarrollado en esta Tesis tiene un coeficiente de determinación de 98,58% y RMSE, una vez deshecha la transformación logarítmica, de 7,58%. Siendo esta variable la más difícil de estimar con el método de métrica de nube de puntos, el avance en este sentido es considerable.
5. La altura y el diámetro de copa de los polígonos de copa delineados son las variables necesarias para construir los modelos de diámetro normal y altura total de los árboles individuales. A partir de estas dos variables se calculan todas las derivadas: volumen de madera con corteza, incremento anual de madera con corteza y biomasa. Los coeficientes de determinación de los modelos de diámetro normal y altura total de árbol individual, 73,52% y 87,38% respectivamente, son menores que los correspondientes de altura y diámetro medio. Además, los RMSE, 18,97% y 10,67% respectivamente, son mayores que los correspondientes a las variables de masa. Sin embargo, el enfoque de árbol individual permite realizar estimaciones sobre cualquier masa independientemente de su superficie siempre que se conozca aproximadamente la densidad local de pies por hectárea. Los métodos de árbol individual incorporan las variaciones locales ventajosamente respecto a los métodos tradicionales de muestreo de parcelas. Los resultados obtenidos mediante muestreo de parcelas sólo cumplen las especificaciones de error para el total de la superficie muestreada sin que puedan ser extrapolados a partes de ésta. Por otra parte, las parcelas de muestreo puede no incorporar toda la variedad de situaciones de la subdivisión del monte en la que se replantearon. Los resultados obtenidos mediante la aplicación del procedimiento objeto de esta Tesis, se basan en la individualización de cada árbol y la delineación de su copa. De esta forma se obtiene el



equivalente a un inventario pie a pie, por lo que los resultados pueden ser calculados con precisión similar en cualquier subdivisión del monte.

6. En los modelos de diámetro normal y altura total de árbol individual aparecen problemas de autocorrelación. Los residuos son distintos en valor y rango para cada parcela, es decir, la localización influye en la distribución del error. Ni las transformaciones de variables ni la inclusión de nuevas de éstas o sus combinaciones solucionaron el problema. Las diferencias de alturas entre los árboles de campo y los correspondientes árboles lidar es también distinta en cada parcela y esta diferencia guarda una relación lineal casi perfecta con los residuos del modelo de altura. Se concluye que las distintas diferencias de alturas de campo y lidar están ligada a la precisión de las superficies interpoladas para construir los MDT. Los errores de interpolación del MDT serán transmitidos a los puntos de la nube durante el proceso de normalización de las alturas y esto originará errores por defecto o por exceso en la determinación de las alturas de los árboles lidar según la interpolación del MDT se haya resuelto por encima o por debajo del terreno verdadero.
7. Para las masas de pino silvestre en Álava, una vez dividida la nube de puntos lidar en capas de medio metro de espesor, hay un solo parámetro que determina el proceso de delineación de copas e individualización de árboles: la distancia mínima de un punto al polígono de copa más cercano para que sea considerado como el ápice de un árbol nuevo y comience a formar su propio polígono de copa (OA). El parámetro OA es función únicamente de la densidad local de pies por hectárea y es independiente de la densidad de puntos por metro cuadrado y de la altura de los árboles de la masa. Como consecuencia, la aplicación del procedimiento estudiado permite obtener resultados de los árboles individuales de una masa minimizando el trabajo de campo previo que se reduce a la estimación zonal de las densidades de pies por hectárea. Este dato es sencillo de



tomar en campo y requiere muy poco tiempo por lo que se pueden tomar un gran número de datos de puntos de muestreo y zonificar por densidad antes de aplicar el procedimiento a la nube de puntos. La independencia de la densidad de puntos por metro cuadrado permite aplicar el procedimiento con una estructura de datos heterogénea siempre que la densidad no sea menor que 2 puntos por metro cuadrado.

8. Una vez calculado el diámetro para cada copa lidar delineada según el modelo de diámetro de árbol individual, la distribución diamétrica de los árboles lidar muestra una subestimación del número de pies de las clase diamétrica 10 (-61%) que se compensa con la sobreestimación del número de pies de las clases 20 y 25 (26% y 30% respectivamente).
9. La distribución de las alturas de los árboles lidar calculadas según el modelo de altura total de árbol individual y agrupadas en clases de altura de 3 metros, coincide sensiblemente con la distribución de alturas de los árboles de campo con errores inferiores al 10% en todas las clases salvo la 25,5 donde el error es del 28%.
10. La distribución de volúmenes de los árboles lidar muestra subestimaciones del 70% y 23% para las clases diamétricas 10 y 15 y sobreestimaciones del 32% y 30% para las clases diamétricas 20 y 25.
11. La aplicación del procedimiento de delineación de copas a zonas en las que la densidad de pies, por ejecución de claras o derribos, es menor que la inicialmente considerada, detecta el déficit de árboles delineando más de los que corresponde al parámetro OA introducido. Al reajustar el parámetro OA según el valor de la densidad antes de la clara o derribo, el número de pies delineados por hectárea coincide con el correspondiente al valor de campo previo a la clara o derribo. Esto permite usar el procedimiento descrito en esta Tesis para detectar cortas o derribos que hayan tenido lugar entre la toma de datos lidar y la toma de datos de campo.



7 . LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN





Para completar los resultados obtenidos en esta Tesis es necesario planificar nuevas investigaciones sobre la base del método desarrollado, de forma que se pueda aplicar a otras especies y adaptarse a cualquier situación forestal. En concreto, las líneas de investigación abiertas son las siguientes:

7.1 Aplicación a otras especies de coníferas.

La verificación de que el método desarrollado depende principalmente del parámetro de distancia umbral para la consideración de nuevos ápices, permite adelantar que será de fácil aplicación a otras especies. Es necesario ensayar la relación del parámetro OA para las especies de coníferas con importancia forestal y comprobar si los distintos regímenes selvícolas regionales o las variaciones estacionales aconsejan la separación en varios grupos de estudio para cada especie.

La aplicación del método a frondosas también puede ser ensayado, pero la forma menos cónica de los portes de éstas presentará mayores dificultades para la individualización de copas y su correcta delineación. Dentro del grupo de frondosas, aquellas con portes más columnares y cónicos como chopos y eucaliptos, también son buenas candidatas para la aplicación del procedimiento de delineación de copas. En cualquier caso, habrá que tener en cuenta la condición de caducifolias de la mayoría de las especies de frondosas.

7.2 Gestión de masas de selvicultura intensiva con vuelos periódicos.

Las especies de coníferas y frondosas apropiadas para la aplicación del procedimiento de delineación de copas son, en general, aquellas sobre las que se aplica una selvicultura más intensiva por su aprovechamiento económico.

La información individualizada de los pies permitiría la selección previa de aquellos que deben ser cortados según el criterio selvícola utilizado y su localización física.

La realización periódica de vuelos lidar permitiría también evaluar el grado de cumplimiento de la selvicultura prescrita en cada rodal del monte por comparación de los resultados de la aplicación del método de delineación de copas en vuelos sucesivos.



La comparación de situaciones sucesivas también es automatizable y se pueden desarrollar procedimientos estandarizados para ayudar a los técnicos responsables en la toma de decisiones sobre las cortas a ejecutar.

7.3 Detección de reducciones de densidades por claras y derribos.

Como se ha comprobado en el cantón 34 del monte Berretín, el procedimiento de delineación de copas es capaz de detectar la reducción de la densidad de pies por hectárea aun cuando, no teniendo información sobre ella, no hubiera sido considerada para la elección del parámetro OA. Por tanto, es posible la aplicación del procedimiento de delineación de copas para la detección de cortas fraudulentas y reducciones de densidad por derribos ocasionados por nieve o viento. Si se cuenta con vuelos periódicos, estos procesos también pueden ser automatizados de forma que ayuden a la vigilancia y control de las masas.

Además, es necesario investigar si la aplicación del procedimiento de delineación de copas de forma iterativa puede conseguir ajustar los resultados finales a la situación real de la masa estudiada. Se trataría de iniciar el procedimiento con un OA inicial estándar, por ejemplo 1.25, y con el resultado de esta primera iteración localizar aquellas zonas en las que la densidad de copas delineadas sea mayor o menor que la que corresponde al OA usado. Con las nuevas densidades se reajusta localmente el parámetro y se ejecuta de nuevo el algoritmo. El proceso se repetiría hasta que las densidades no sufran variaciones significativas. Esta adaptación permitiría aplicar el método sobre cualquier masa de conífera sin ningún conocimiento previo de la misma.

7.4 Estudio de densidades de puntos óptimas.

Si bien el procedimiento de delineación de copas es independiente de la densidad de puntos, es necesario estudiar cuál es el umbral mínimo por debajo del cual la delineación se hace imposible. En esta tesis se ha encontrado que incluso con densidades de 1,5 puntos por metro cuadrado el procedimiento funciona bien, aunque es aconsejable que no sea menor de 2 puntos por metro cuadrado.

Sería necesario partir de nubes de puntos con altas densidades (más de 10 puntos por metro cuadrado) y ejecutar el algoritmo en las mismas parcelas, reduciendo en pruebas sucesivas la densidad de puntos. La comparación de los resultados obtenidos en las mismas parcelas confirmaría cuál es la



densidad máxima a partir de la cual la delineación de copas no mejora y cuál es la densidad mínima para que la delineación no tenga errores inasumibles.

7.5 Estudio de combinaciones de grosor de capa, buffer y OA.

En esta tesis se ha establecido el valor del parámetro OA para un grosor de capa y una dimensión de buffer fijos. Es necesario investigar si distintas combinaciones de estos tres parámetros pueden mejorar la eficacia del procedimiento de delineación de copas.

Por otra parte, en este estudio se han mantenido constantes localmente los tres parámetros anteriores. Es conveniente desarrollar una línea de investigación que estudie cuál puede ser el efecto de la variación adaptativa según la altura de la capa de trabajo de los tres parámetros.

7.6 Implementación de servicio de datos remoto.

La automatización del procedimiento de delineación de copas en un gestor de bases de datos como PostgreSQL permite desarrollar un sistema de servicio remoto de datos desde un servidor central. Cualquier usuario podría enviar las coordenadas geográficas de la zona de interés y, tras el procesamiento de los datos de la zona, recibir un archivo con la capa *shp* que contenga la información de la masa forestal y los árboles que la componen.





ANEJOS





ANEJO 1

MODELOS DE ECUACIONES DE CUBICACIÓN DEL IFN4. COEFICIENTES DE LOS MODELOS DE CUBICACIÓN PARA ÁLAVA



**MODELOS DE ECUACIONES DE CUBICACIÓN DEL IFN4.**

Modelo	Ecuación	Nomenclatura
1	$VCC = a + b (D.n.)^2 H.t.$	VCC = volumen maderable con corteza en dm ³ .
7	$VSC = a + b VCC + c VCC^2$	VSC = volumen maderable sin corteza en dm ³ .
8	$IAVC = a + b VCC + c VCC^2$	IAVC = incremento anual de volumen con corteza en dm ³ .
10	$VLE = a + b VCC + c VCC^2$	VLE = volumen de leñas gruesas en dm ³ .
11	$VCC = p (D.n.)^q (H.t.)^r$	D.n. = diámetro normal en milímetros (mm).
12	$VLE = p (D.n.)^q$	D.n.m = media aritmética del D.n. (mm).
13	$IAVC = a + b (D.n. - D.n.m.)$	C.D. = clase diamétrica (cm).
14	$IAVC = p (D.n.)$	C.D.m = media aritmética de la C.D. (cm).
16	$IAVC = a + b D.n.^2$	H.t. = altura total en metros (m).
17	$IAVC = a + b D.n. + c D.n.^2$	F.c. = Forma de cubicación.
19	$IAVC = a + b D.n. + c D.n.^2 + d D.n.^3$	
20	$IAVC = a + b D.n. + d D.n.^3$	
21	$IAVC = c D.n.^2 + d D.n.^3$	
25	$IAVC = p (D.n.)^q (H.t.)^r$	



COEFICIENTES DE LOS MODELOS DE CUBICACIÓN PARA ÁLAVA

ÁLAVA				COEFICIENTES						
ESPECIE	VARIABLE	F.c.	MODELO	a	b	c	d	p	q	r
P. sylvestris	VCC	1	11	-	-	-		0.000545	1.98263	0.86986
P. sylvestris	VCC	2	11	-	-	-		0.000545	1.98263	0.86986
P. sylvestris	VCC	3	11	-	-	-		0.0000665	2.51538	0.41165
P. sylvestris	VCC	5	11	-	-	-		0.000692	2.09689	0.30199
P. sylvestris	VSC	1	7	-6.04	0.7973543	0.0000398		-	-	-
P. sylvestris	VSC	2	7	-6.04	0.7973543	0.0000398		-	-	-
P. sylvestris	VSC	3	7	-0.3	0.7387945	-0.000256		-	-	-
P. sylvestris	VSC	5	7	0.42	0.7075723	0.0002879		-	-	-
P. sylvestris	IAVC	1	21	-	-	0.0002354	-2.67E-07	-	-	-
P. sylvestris	IAVC	2	21	-	-	0.0002354	-2.67E-07	-	-	-
P. sylvestris	IAVC	3	21	-	-	0.0002354	-2.67E-07	-	-	-
P. sylvestris	IAVC	5	21	-	-	0.0002354	-2.67E-07	-	-	-
P. sylvestris	VLE	1	12	-	-	-		0.0001194	2.14645	-
P. sylvestris	VLE	2	12	-	-	-		0.0001194	2.14645	-
P. sylvestris	VLE	3	12	-	-	-		0.0001194	2.14645	-
P. sylvestris	VLE	5	12	-	-	-		0.0001194	2.14645	-



ANEJO 2

PARCELAS SELECCIONADAS





Parcela	% P.silvestre	% Otras coníferas	% Frondosas	Clase	Natural	Vuelo Lidar	Observaciones
101	93	0	0	1	1	2	
103	100	0	0	1	0	2	
153	100	0	0	1	1	2	
189	60	31	9	2	0	2	14% P. laricio. 13% Alerce. 4% Pseudotsuga
219	81	9.5	9.5	1	0	2	
251	100	0	0	1	0	2	
283	64	33	3	2	0	2	33% P. laricio
285	77	23	0	2	0	1	23% P.laricio
299	88	0	12	1	1	1	
307	100	0	0	1	1	1	
321	96	0	4	1	1	1	
325	100	0	0	1	1	1	
327	100	0	0	1	1	1	
331	98	0	2	1	1	1	
337	100	0	0	1	1	1	
395	100	0	0	1	1	1	
405	100	0	0	1	1	1	
407	100	0	0	1	1	1	
417	96	0	4	1	1	1	
425	100	0	0	1	1	1	
427	100	0	0	1	1	1	
429	100	0	0	1	1	1	
435	85	0	15	1	1	1	
443	100	0	0	1	1	1	
461	100	0	0	1	1	1	
485	96	0	4	1	1	1	



Parcela	% P.silvestre	% Otras coníferas	% Frondosas	Clase	Natural	Vuelo Lidar	Observaciones
495	97	0	3	1	1	1	
503	90	0	10	1	1	1	
509	100	0	0	1	1	1	
512	100	0	0	1	1	1	
513	97	0	3	1	1	1	
515	100	0	0	1	1	1	
541	57	0	43	3	1	1	Arce muy pequeño con influencia 127,3
567	85	0	15	1	1	1	
644	76	0	24	3	1	1	Arce muy pequeño con influencia 127,3
773	97	3	0	1	0	1	
863	100	0	0	1	1	1	
867	100	0	0	1	1	1	
877	100	0	0	1	1	1	
881	100	0	0	1	1	1	
883	100	0	0	1	1	1	
894	93	0	7	1	1	1	
895	100	0	0	1	1	1	
913	98	0	2	1	1	1	
927	100	0	0	1	1	1	
951	100	0	0	1	1	1	
989	63	0	37	3	1	1	1 Acebo y 1 Tejo pequeños con influencias 127,3 y 33,8
1003	100	0	0	1	0	1	
1018	91	1	8	1	0	1	
1336	79	21	0	2	0	1	21% Pseudotsuga



ANEJO 3

TRASLACIÓN DE LAS PARCELAS DE INVENTARIO





PARCELA	Traslación en X	Traslación en Y	Distancia
101	2.5	-1.5	2.92
103	5	2	5.39
153	4	-1	4.12
189	-6	5	7.81
219	5	-3	5.83
251	4	6.5	7.63
283	4	-3	5.00
285	8	-5	9.43
299	10	5.5	11.41
303	2	0	2.00
307	3.5	-2	4.03
321	1.5	-1.5	2.12
325	3	10	10.44
327	7	0	7.00
331	8	-1	8.06
337	2	-4	4.47
395	1	-1	1.41
405	2.5	0	2.50
407	3.5	0.5	3.54
417	6.5	-1.5	6.67
425	-1	1	1.41
427	3	-1	3.16
429	7	-2	7.28
435	6.5	-8	10.31
443	4.5	-2	4.92
461	8	-2.5	8.38
485	5	-2	5.39
495	6	-2	6.32
509	6	2	6.32
512	8	-9	12.04
513	7	1	7.07
515	8	-13.5	15.69
541	3	-2	3.61
567	3	-1	3.16
644	0	4.5	4.50
773	7	3	7.62
863	-2	0	2.00
867	6	-1	6.08
877	4	2	4.47
881	3	3	4.24
883	3	2	3.61
894	1	-6	6.08
895	5	8	9.43
913	10.5	-8.5	13.51
927	2	1	2.24
951	4.5	1.5	4.74
989	2	1	2.24
1003	1.5	3.5	3.81
1018	0	-3.5	3.50
1336	9	-8	12.04

DISTANCIA	
Media	5.880
Error típico	0.465
Mediana	5.000
Moda	2.915
Desviación estándar	3.323
Varianza de la muestra	11.041
Rango	14.278
Mínimo	1.414
Máximo	15.692
Suma	299.894
Cuenta	51.000





ANEJO 4

DATOS DE CAMPO PARCELAS DEL IFN4





Especie. Código del IFN

Rumbo. Rumbo de la línea que une el centro de la parcela con cada árbol en grados centesimales.

Distancia. Distancia del árbol al centro de la parcela en metros.

XED50-YED50. Coordenadas UTM del árbol en ED50.

Diamnorm. Diámetro normal del árbol en centímetros.

Factor. Factor de expansión según diámetro normal.

Ht. Altura total del árbol en metros.

h*f. Altura del árbol multiplicada por el factor de expansión.

d*f. Diámetro normal del árbol multiplicado por el factor de expansión.

VCC. Volumen con corteza del árbol en metros cúbicos.

IVCC. Incremento anual del volumen con corteza del árbol en metros cúbicos por hectárea y año.

BT_0%_f. Biomasa total del árbol al 0% de humedad en toneladas multiplicada por el factor de expansión.





Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Dist	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT	0% f
101	45	2	35	6.5	489003.40	4771006.54	14.65	31.831	10.3	327.86	466.32	2	2	0.0816	0.0042	2.5961	0.1341	1.7422	
	21	20	222	7.9	488997.32	4770993.57	17.2	31.831	12.6	401.07	547.49	3	2	0.1336	0.0056	4.2525	0.1784	2.5655	
	21	15	197	8.5	489000.40	4770992.51	18.55	31.831	13.3	423.35	590.47	4	2	0.1627	0.0064	5.1776	0.2036	3.0784	
	21	4	59	9.5	489007.60	4771006.70	19.05	31.831	13.7	436.08	606.38	2	2	0.1759	0.0067	5.6004	0.2132	3.2824	
	21	6	89	7.9	489007.78	4771002.36	19.2	31.831	12	381.97	611.16	4	2	0.1592	0.0068	5.0690	0.2161	3.3450	
	21	12	176	13.3	489004.90	4770988.63	22.9	14.147	14.5	205.13	323.97	2	2	0.2663	0.0091	3.7668	0.1293	2.2741	
	21	7	92	14.1	489013.99	4771002.77	23.05	14.147	12.6	178.25	326.09	3	2	0.2387	0.0092	3.3770	0.1307	2.3102	
	21	10	167	7.7	489003.82	4770994.31	23.85	14.147	15.6	220.69	337.41	3	2	0.3076	0.0098	4.3510	0.1382	2.5084	
	21	27	335	13.8	488988.23	4771008.21	24.25	14.147	11.4	161.28	343.06	3	2	0.2420	0.0100	3.4231	0.1420	2.6110	
	21	8	105	2.4	489002.39	4771000.81	25.3	14.147	15	212.21	357.92	3	2	0.3341	0.0107	4.7271	0.1520	2.8921	
	21	22	238	11	488993.82	4770991.90	25.3	14.147	15.4	217.86	357.92	2	2	0.3419	0.0107	4.8366	0.1520	2.8921	
	21	11	168	8.7	489004.19	4770993.38	25.35	14.147	14.8	209.38	358.63	3	2	0.3316	0.0108	4.6905	0.1525	2.9059	
	21	19	219	10	488997.06	4770991.44	26.5	14.147	15.3	216.45	374.90	2	2	0.3727	0.0116	5.2720	0.1636	3.2341	
	21	25	260	13.5	488989.08	4770993.06	26.5	14.147	15.8	223.52	374.90	2	2	0.3832	0.0116	5.4216	0.1636	3.2341	
	21	1	28	14.5	489006.17	4771014.12	26.95	14.147	14.5	205.13	381.26	2	2	0.3677	0.0119	5.2022	0.1680	3.3682	
	21	14	184	11	489002.74	4770990.35	27.05	14.147	15	212.21	382.68	3	2	0.3815	0.0119	5.3974	0.1689	3.3984	
	21	18	214	3.9	488999.15	4770997.19	27.65	14.147	15	212.21	391.16	2	2	0.3985	0.0124	5.6373	0.1748	3.5831	
	21	13	182	7.9	489002.20	4770993.41	27.75	14.147	15	212.21	392.58	3	2	0.4013	0.0124	5.6778	0.1758	3.6144	
	21	16	208	10.9	488998.63	4770990.19	27.85	14.147	15	212.21	393.99	3	2	0.4042	0.0125	5.7185	0.1767	3.6459	
	21	17	211	6.2	488998.93	4770994.89	31	14.147	16	226.35	438.56	3	2	0.5288	0.0147	7.4804	0.2076	4.7211	
21	23	242	5.1	488996.87	4770996.97	31.2	14.147	14.5	205.13	441.39	2	2	0.4916	0.0148	6.9546	0.2095	4.7949		
21	9	128	12	489010.86	4770995.89	31.9	14.147	15.7	222.11	451.29	3	2	0.5505	0.0153	7.7878	0.2163	5.0585		
21	5	80	11.9	489011.32	4771004.68	33.15	14.147	14.8	209.38	468.97	3	2	0.5643	0.0161	7.9838	0.2284	5.5499		
21	21	235	13.6	488992.89	4770989.40	33.15	14.147	20.1	284.35	468.97	2	2	0.7365	0.0161	10.4195	0.2284	5.5499		
21	3	48	13	489008.90	4771010.48	35	14.147	15.8	223.52	495.15	2	2	0.6653	0.0174	9.4117	0.2461	6.3266		
21	24	250	7.9	488994.41	4770995.41	35.05	14.147	14.8	209.38	495.85	2	2	0.6303	0.0174	8.9166	0.2465	6.3484		
21	26	304	10.9	488989.12	4771001.68	37.5	14.147	15.6	220.69	530.51	4	2	0.7544	0.0190	10.6724	0.2692	7.4720		



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	bt_0% F
103	21	16	375	3.5	493000.66	4771013.23	14.65	31.831	9.8	311.94	466.32	3	5	0.0781	0.0042	2.4862	0.1341	1.7422
	21	18	386	8.5	493000.15	4771018.30	19.7	31.831	11.6	369.24	627.07	3	5	0.1627	0.0071	5.1791	0.2258	3.5590
	21	10	188	7.7	493003.44	4771002.44	20.9	31.831	10.8	343.77	665.27	4	2	0.1719	0.0078	5.4723	0.2497	4.1046
	21	17	384	2	493001.50	4771011.94	23.75	14.147	8.3	117.42	335.99	2	2	0.1762	0.0097	2.4923	0.1373	2.4831
	21	7	160	8.1	493006.76	4771003.45	26.4	14.147	14	198.06	373.48	4	2	0.3424	0.0115	4.8437	0.1626	3.2047
	21	15	365	6.9	492998.39	4771015.88	28.8	14.147	13.3	188.16	407.43	2	2	0.3891	0.0131	5.5045	0.1860	3.9531
	21	5	135	9.8	493010.36	4771004.88	29.5	14.147	13	183.91	417.34	2	2	0.4001	0.0136	5.6595	0.1929	4.1888
	21	14	345	7.1	492996.60	4771014.61	30.75	14.147	13.6	192.40	435.02	3	2	0.4517	0.0145	6.3908	0.2051	4.6298
	21	9	172	11.2	493006.77	4770999.87	33.15	14.147	10	141.47	468.97	3	5	0.4013	0.0161	5.6768	0.2284	5.5499
	21	3	84	4.6	493006.46	4771011.14	33.3	14.147	11.3	159.86	471.10	2	2	0.4503	0.0162	6.3704	0.2299	5.6107
	21	12	236	12.7	492995.19	4770999.28	33.35	14.147	11.1	157.03	471.80	3	2	0.4447	0.0163	6.2909	0.2303	5.6310
	21	8	171	14.8	493008.51	4770996.71	33.4	14.147	17.2	243.33	472.51	2	2	0.6528	0.0163	9.2353	0.2308	5.6514
	21	6	137	14.5	493014.12	4771002.04	34.15	14.147	13.4	189.57	483.12	2	2	0.5490	0.0168	7.7671	0.2380	5.9623
	21	1	6	13.5	493003.27	4771023.44	35	14.147	11	155.62	495.15	2	2	0.4855	0.0174	6.8687	0.2461	6.3266
	21	4	126	9.2	493010.44	4771006.35	35.25	14.147	12.6	178.25	498.68	2	2	0.5542	0.0176	7.8398	0.2484	6.4361
	21	13	325	10.3	492992.48	4771013.94	36.1	14.147	10.3	145.71	510.71	2	2	0.4875	0.0181	6.8973	0.2564	6.8169
21	11	203	5.8	493001.73	4771004.21	36.3	14.147	13.8	195.23	513.54	2	2	0.6357	0.0183	8.9938	0.2582	6.9083	
21	2	42	11.7	493009.17	4771019.24	40.75	14.147	11.7	165.52	576.49	2	2	0.6926	0.0210	9.7983	0.2975	9.1307	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
153	21	22	381	11.1	491987.74	4766000.61	28.85	14.147	12.7	179.667	408.141	2	2	0.3751	0.0132	5.3061	0.1865	3.9697
	21	10	194	13.4	491992.26	4765976.66	29.45	14.147	13	183.911	416.629	6	0	0.3987	0.0136	5.6405	0.1924	4.1717
	21	20	318	13.9	491977.65	4765993.88	29.95	14.147	14	198.058	423.703	3	2	0.4397	0.0139	6.2203	0.1973	4.3446
	21	1	15	14.1	491994.29	4766003.71	31.50	14.147	13.3	188.155	445.631	2	2	0.4647	0.0150	6.5748	0.2124	4.9069
	21	18	305	14.6	491976.45	4765991.15	31.85	14.147	17	240.499	450.582	2	2	0.5881	0.0153	8.3199	0.2158	5.0394
	21	14	231	15.1	491983.93	4765976.66	32.40	14.147	16.5	233.426	458.363	6	0	0.5928	0.0156	8.3865	0.2212	5.2519
	21	11	210	14.4	491988.75	4765975.78	32.65	14.147	18.4	260.305	461.9	2	2	0.6618	0.0158	9.3621	0.2236	5.3502
	21	13	216	6.2	491989.46	4765983.99	32.80	14.147	17.2	243.328	464.022	3	2	0.6298	0.0159	8.9093	0.2250	5.4096
	21	23	381	10.6	491987.88	4766000.13	33.65	14.147	14.6	206.546	476.047	2	2	0.5745	0.0165	8.1276	0.2332	5.7540
	21	16	268	4.1	491987.41	4765988.02	33.95	14.147	16.5	233.426	480.291	2	2	0.6504	0.0167	9.2007	0.2361	5.8785
	21	17	275	14.7	491977.42	4765984.37	34.55	14.147	15.6	220.693	488.779	2	2	0.6413	0.0171	9.0723	0.2418	6.1322
	21	3	48	12.4	491999.49	4765999.04	35.50	14.147	15.4	217.864	502.219	2	2	0.6692	0.0177	9.4667	0.2508	6.5468
	21	5	105	14.8	492005.75	4765988.84	36.70	14.147	14.2	200.887	519.195	2	2	0.6661	0.0185	9.4227	0.2619	7.0934
	21	2	20	10.8	491994.34	4766000.27	36.85	14.147	14.7	207.961	521.317	2	2	0.6920	0.0186	9.7895	0.2633	7.1635
	21	9	176	10.2	491994.75	4765980.52	37.70	14.147	16.2	229.181	533.342	2	2	0.7878	0.0192	11.1455	0.2710	7.5685
	21	12	213	9.5	491989.07	4765980.70	37.90	14.147	18.3	258.89	536.171	2	2	0.8852	0.0193	12.5229	0.2728	7.6657
	21	19	316	10.8	491980.54	4765992.69	38.25	14.147	18.6	263.134	541.123	2	2	0.9143	0.0195	12.9349	0.2759	7.8376
	21	21	361	5.4	491987.89	4765994.42	39.15	14.147	17.5	247.573	553.855	3	2	0.9080	0.0201	12.8457	0.2839	8.2898
	21	6	120	3	491993.85	4765989.07	40.05	14.147	16	226.352	566.587	2	2	0.8786	0.0206	12.4301	0.2916	8.7569
	21	15	256	8.3	491984.60	4765984.71	40.30	14.147	17.6	248.987	570.124	2	2	0.9664	0.0208	13.6722	0.2937	8.8894
21	4	63	7.3	491997.10	4765994.01	40.55	14.147	16.5	233.426	573.661	3	2	0.9249	0.0209	13.0853	0.2958	9.0229	
21	8	140	7.8	491997.31	4765985.42	40.60	14.147	15.6	220.693	574.368	2	2	0.8831	0.0209	12.4926	0.2963	9.0498	
21	7	138	14.6	492003.08	4765981.79	42.55	5.093	17	86.581	216.707	2	2	1.0444	0.0221	5.3189	0.1123	3.6483	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT	0% f
189	34	40	303	10.8	510031.21	4762948.51	29.9	14.147	20.30	287.18	423.00	2	2	0.6054	0.0139	8.5652	0.1968	4.3271	
	21	19	172	11.7	510046.98	4762937.41	31.05	14.147	20.00	282.94	439.26	3	2	0.6441	0.0147	9.1119	0.2080	4.7395	
	43	2	10	5.6	510042.88	4762953.53	31.25	14.147	22.70	321.14	442.09	2	2	0.7283	0.0148	10.3033	0.2100	4.8135	
	21	13	132	6.7	510047.87	4762944.77	32.55	14.147	21.00	297.09	460.48	2	2	0.7379	0.0157	10.4392	0.2226	5.3107	
	21	22	185	13.5	510045.15	4762934.87	35.85	14.147	20.00	282.94	507.17	2	2	0.8565	0.0180	12.1166	0.2540	6.7036	
	35	21	178	8.1	510044.74	4762940.38	35.9	14.147	25.20	356.50	507.88	2	2	1.0501	0.0180	14.8556	0.2545	6.7261	
	43	17	154	12.5	510050.27	4762938.62	36.5	14.147	24.70	349.43	516.37	2	2	1.0664	0.0184	15.0866	0.2601	7.0005	
	21	12	132	13.7	510054.01	4762941.40	36.6	14.147	21.20	299.92	517.78	2	2	0.9388	0.0184	13.2807	0.2610	7.0468	
	35	7	37	6.4	510045.51	4762953.35	37.6	14.147	24.00	339.53	531.93	2	2	1.1031	0.0191	15.6062	0.2701	7.5202	
	35	39	295	3.8	510038.21	4762947.70	38.25	14.147	28.00	396.12	541.12	2	2	1.3050	0.0195	18.4624	0.2759	7.8376	
	21	1	10	10.7	510043.67	4762958.57	39.65	14.147	27.00	381.97	560.93	2	2	1.3578	0.0204	19.2089	0.2882	8.5475	
	21	36	276	10.7	510032.05	4762944.06	39.75	14.147	24.80	350.85	562.34	2	2	1.2674	0.0204	17.9293	0.2891	8.5996	
	21	32	255	13.9	510031.43	4762938.97	40.1	14.147	24.00	339.53	567.29	2	2	1.2533	0.0206	17.7306	0.2920	8.7833	
	21	5	18	13.5	510045.77	4762960.96	40.3	14.147	22.00	311.23	570.12	2	2	1.1735	0.0208	16.6011	0.2937	8.8894	
	21	15	144	10.2	510049.86	4762941.50	41.1	14.147	24.40	345.19	581.44	2	2	1.3351	0.0212	18.8876	0.3004	9.3210	
	21	31	250	18.8	510028.71	4762934.71	44.15	5.093	20.80	105.93	224.86	2	2	1.3392	0.0229	6.8206	0.1167	3.9880	
	25	38	282	18.5	510024.23	4762942.84	44.55	5.093	30.80	156.86	226.89	2	2	1.9183	0.0231	9.7698	0.1178	4.0757	
	21	6	29	20.6	510051.06	4762966.50	44.9	5.093	21.50	109.50	228.68	2	2	1.4251	0.0233	7.2582	0.1187	4.1534	
	21	24	191	10.1	510043.42	4762938.00	45.3	5.093	21.00	106.95	230.71	2	2	1.4210	0.0235	7.2373	0.1197	4.2432	
	21	28	219	20.8	510035.88	4762928.12	46.25	5.093	23.80	121.21	235.55	2	2	1.6510	0.0240	8.4087	0.1220	4.4610	
	21	37	277	8.2	510034.33	4762945.10	47.1	5.093	22.50	114.59	239.88	3	2	1.6301	0.0243	8.3022	0.1239	4.6613	
	21	43	368	21.7	510031.55	4762967.02	47.9	5.093	23.50	119.69	243.95	2	2	1.7504	0.0247	8.9150	0.1257	4.8545	
	21	29	231	18.6	510033.30	4762931.56	48.15	5.093	23.00	117.14	245.23	2	2	1.7358	0.0248	8.8405	0.1262	4.9159	
	25	30	232	13.5	510035.50	4762936.17	48.65	5.093	29.30	149.22	247.77	2	2	2.1870	0.0250	11.1386	0.1272	5.0399	
	21	11	130	18.7	510058.66	4762939.51	48.9	5.093	22.60	115.10	249.05	2	2	1.7627	0.0251	8.9776	0.1277	5.1026	
	21	25	198	3.9	510042.12	4762944.10	50.05	5.093	25.00	127.33	254.90	2	2	2.0152	0.0255	10.2636	0.1299	5.3969	
	21	3	10	2.1	510042.33	4762950.07	50.55	5.093	24.00	122.23	257.45	2	2	1.9837	0.0257	10.1027	0.1308	5.5278	
	21	4	17	19.2	510047.07	4762966.52	50.9	5.093	24.30	123.76	259.23	2	2	2.0328	0.0258	10.3532	0.1314	5.6206	
	21	9	69	13.6	510054.02	4762954.36	52.15	5.093	21.40	108.99	265.60	2	2	1.9098	0.0262	9.7264	0.1333	5.9593	
	21	23	187	18.3	510045.71	4762930.08	52.15	5.093	25.00	127.33	265.60	2	2	2.1863	0.0262	11.1351	0.1333	5.9593	
	25	8	53	16.2	510053.98	4762958.90	53.45	5.093	24.70	125.80	272.22	2	2	2.2717	0.0265	11.5700	0.1350	6.3239	
	21	18	158	23.9	510056.65	4762929.12	54.05	5.093	25.80	131.40	275.28	2	2	2.4123	0.0266	12.2858	0.1356	6.4965	
	25	34	274	22.7	510021.17	4762938.98	54.15	5.093	30.00	152.79	275.79	2	2	2.7606	0.0266	14.0596	0.1357	6.5255	
	25	35	276	16	510027.12	4762942.11	63	5.093	32.40	165.01	320.86	2	2	3.9849	0.0267	20.2950	0.1360	9.4012	
	25	44	373	11.8	510037.14	4762958.75	64.05	5.093	27.70	141.08	326.21	2	2	3.5929	0.0264	18.2985	0.1347	9.7835	
	25	10	80	23.3	510064.16	4762955.20	67.5	5.093	25.70	130.89	343.78	2	2	3.7351	0.0252	19.0229	0.1282	11.1033	
	25	26	201	20	510041.69	4762928.00	68.4	5.093	26.50	134.96	348.36	2	2	3.9381	0.0247	20.0568	0.1259	11.4637	
	25	41	335	10.5	510033.05	4762953.49	74.2	5.093	30.70	156.36	377.90	2	1	5.2595	0.0206	26.7868	0.1048	13.9503	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Cal	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT_0% f
219	21	14	131	13.2	530022.67	4768027.82	23.65	14.147	13.30	188.16	334.58	2	2	0.2633	0.0096	3.7246	0.1363	2.4579
	21	13	121	14.5	530024.72	4768029.30	26.95	14.147	14.60	206.55	381.26	2	2	0.3699	0.0119	5.2334	0.1680	3.3682
	21	6	45	8.8	530016.72	4768040.69	27.6	14.147	15.00	212.21	390.46	2	2	0.3971	0.0123	5.6171	0.1743	3.5674
	21	30	349	13.8	530001.09	4768043.60	27.7	14.147	14.70	207.96	391.87	2	2	0.3929	0.0124	5.5590	0.1753	3.5987
	21	7	59	13.8	530022.04	4768042.29	27.8	14.147	15.40	217.86	393.29	2	2	0.4121	0.0125	5.8301	0.1763	3.6301
	21	4	21	2.5	530011.81	4768036.37	29.05	14.147	15.10	213.62	410.97	2	2	0.4420	0.0133	6.2534	0.1885	4.0364
	21	18	184	12.6	530014.13	4768021.80	32.25	14.147	16.00	226.35	456.24	2	2	0.5719	0.0155	8.0903	0.2197	5.1934
	21	20	220	12.5	530007.14	4768022.11	32.25	14.147	19.20	271.62	456.24	3	2	0.6702	0.0155	9.4807	0.2197	5.1934
	21	28	322	11.8	529999.90	4768038.00	32.35	14.147	14.60	206.55	457.66	2	2	0.5313	0.0156	7.5169	0.2207	5.2324
	21	27	321	4.9	530006.36	4768035.59	32.6	14.147	16.60	234.84	461.19	2	2	0.6033	0.0158	8.5342	0.2231	5.3304
	43	16	147	8.3	530017.14	4768028.41	33.1	14.147	17.60	248.99	468.27	2	2	0.6542	0.0161	9.2548	0.2279	5.5297
	21	8	67	9.9	530019.60	4768038.91	34.3	14.147	15.20	215.03	485.24	2	2	0.6180	0.0169	8.7428	0.2394	6.0257
	25	33	377	13.5	530006.23	4768046.63	34.6	14.147	19.20	271.62	489.49	2	2	0.7704	0.0171	10.8994	0.2423	6.1536
	43	17	151	9.2	530017.40	4768027.39	34.85	14.147	17.40	246.16	493.02	2	2	0.7174	0.0173	10.1487	0.2447	6.2614
	25	32	367	14	530004.06	4768046.16	36	14.147	15.60	220.69	509.29	2	2	0.6957	0.0181	9.8427	0.2554	6.7714
	21	3	9	11.4	530012.61	4768045.29	36.15	14.147	15.10	213.62	511.41	2	2	0.6819	0.0182	9.6469	0.2568	6.8397
	21	10	95	12.2	530023.16	4768034.96	36.3	14.147	15.50	219.28	513.54	2	2	0.7033	0.0183	9.9502	0.2582	6.9083
	21	26	300	12.1	529998.90	4768034.00	36.7	14.147	16.70	236.25	519.19	2	2	0.7670	0.0185	10.8502	0.2619	7.0934
	21	23	256	9.5	530003.68	4768027.94	38.15	14.147	16.50	233.43	539.71	3	2	0.8196	0.0194	11.5944	0.2751	7.7883
	21	2	2	7.5	530011.24	4768041.50	42.05	14.147	18.70	264.55	594.88	2	2	1.1084	0.0218	15.6799	0.3081	9.8491
21	22	239	5.7	530007.72	4768029.34	45.95	5.093	20.10	102.37	234.02	2	2	1.4071	0.0238	7.1663	0.1213	4.3915	
21	19	208	14.3	530009.21	4768019.81	46.2	5.093	20.40	103.90	235.30	2	2	1.4408	0.0239	7.3378	0.1219	4.4494	
21	34	378	22.4	530003.41	4768055.08	49.05	5.093	20.40	103.90	249.81	3	2	1.6223	0.0251	8.2624	0.1280	5.1404	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnom	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
251	21	23	227	9.2	522978.21	4763984.62	13.35	31.831	14.00	445.63	424.94	6	0	0.0886	0.0036	2.8201	0.1133	1.3924
	21	14	158	6.6	522986.05	4763987.78	16.5	31.831	9.50	302.39	525.21	2	2	0.0962	0.0052	3.0632	0.1658	2.3209
	21	10	76	5.9	522987.49	4763995.17	19.5	31.831	6.50	206.90	620.70	6	0	0.0963	0.0070	3.0666	0.2219	3.4725
	21	3	34	6.9	522985.51	4763998.94	19.6	31.831	7.20	229.18	623.89	3	5	0.1064	0.0070	3.3861	0.2239	3.5156
	21	20	217	9.8	522979.41	4763983.55	20.15	31.831	14.70	467.92	641.39	2	2	0.2091	0.0074	6.6554	0.2347	3.7583
	21	19	210	12	522980.12	4763981.15	22.6	14.147	13.10	185.33	319.72	2	2	0.2375	0.0089	3.3594	0.1265	2.2029
	21	31	292	12.6	522969.50	4763991.42	23.55	14.147	14.00	198.06	333.16	6	0	0.2730	0.0096	3.8620	0.1354	2.4329
	21	26	259	10.3	522973.76	4763986.82	23.65	14.147	13.50	190.98	334.58	6	0	0.2667	0.0096	3.7733	0.1363	2.4579
	21	24	228	11.1	522977.27	4763982.96	25.45	14.147	12.90	182.50	360.04	2	2	0.2965	0.0108	4.1948	0.1535	2.9336
	21	2	31	9.5	522986.45	4764001.40	26.95	14.147	13.30	188.16	381.26	2	2	0.3411	0.0119	4.8256	0.1680	3.3682
	21	17	179	13.6	522986.41	4763980.13	27.05	14.147	13.60	192.40	382.68	2	2	0.3504	0.0119	4.9564	0.1689	3.3984
	21	16	164	12.6	522988.75	4763982.36	27.05	14.147	16.60	234.84	382.68	2	2	0.4167	0.0119	5.8948	0.1689	3.3984
	21	6	57	14.5	522993.32	4764002.07	27.2	14.147	12.30	174.01	384.80	2	2	0.3246	0.0120	4.5917	0.1704	3.4440
	21	30	270	10.6	522972.56	4763988.19	28.5	14.147	15.10	213.62	403.19	2	2	0.4256	0.0129	6.0208	0.1831	3.8545
	21	5	53	12.7	522991.39	4764001.55	28.7	14.147	14.40	203.72	406.02	2	2	0.4141	0.0131	5.8579	0.1851	3.9201
	21	13	154	13.6	522990.99	4763982.80	28.8	14.147	14.80	209.38	407.43	2	2	0.4270	0.0131	6.0407	0.1860	3.9531
	21	18	190	10.7	522983.67	4763982.43	28.9	14.147	14.30	202.30	408.85	2	2	0.4173	0.0132	5.9033	0.1870	3.9863
	21	22	218	12.6	522978.48	4763980.90	29.3	14.147	13.10	185.33	414.51	2	2	0.3973	0.0135	5.6210	0.1909	4.1207
	21	41	387	14	522979.16	4764006.71	29.5	14.147	13.40	189.57	417.34	2	2	0.4107	0.0136	5.8107	0.1929	4.1888
	21	28	262	13.5	522970.83	4763985.41	29.6	14.147	16.20	229.18	418.75	2	2	0.4877	0.0137	6.8996	0.1939	4.2232
	21	33	296	2.8	522979.21	4763992.82	29.65	14.147	11.20	158.45	419.46	2	2	0.3550	0.0137	5.0216	0.1944	4.2404
	21	25	229	8.2	522978.39	4763985.64	29.7	14.147	14.60	206.55	420.17	2	2	0.4485	0.0138	6.3452	0.1948	4.2577
	21	21	217	3.2	522981.16	4763989.91	30.35	14.147	12.70	179.67	429.36	2	2	0.4147	0.0142	5.8670	0.2012	4.4859
	21	39	338	12.3	522971.83	4763999.91	31.3	14.147	12.90	182.50	442.80	2	2	0.4469	0.0149	6.3221	0.2105	4.8321
	21	32	293	5.8	522976.24	4763992.36	31.5	14.147	10.00	141.47	445.63	2	2	0.3626	0.0150	5.1303	0.2124	4.9069
	21	40	367	5.2	522979.42	4763997.52	31.55	14.147	12.40	175.42	446.34	2	2	0.4386	0.0151	6.2055	0.2129	4.9257
	21	15	160	9.8	522987.76	4763985.07	34.1	14.147	15.10	213.62	482.41	2	2	0.6074	0.0168	8.5925	0.2375	5.9413
	21	7	60	11.4	522991.22	4763999.70	34.7	14.147	14.90	210.79	490.90	2	2	0.6215	0.0172	8.7923	0.2432	6.1966
	21	27	260	11.2	522972.94	4763986.42	35.1	14.147	15.00	212.21	496.56	2	2	0.6395	0.0175	9.0469	0.2470	6.3703
	21	8	69	8.7	522989.69	4763997.07	35.4	14.147	14.70	207.96	500.80	2	2	0.6390	0.0177	9.0405	0.2498	6.5024
21	11	115	13.8	522995.42	4763989.78	36.15	14.147	13.90	196.64	511.41	2	2	0.6345	0.0182	8.9765	0.2568	6.8397	
21	4	47	8.3	522987.59	4763999.14	39.1	14.147	15.20	215.03	553.15	2	2	0.8012	0.0200	11.3351	0.2834	8.2643	
21	1	0	12.2	522982.00	4764005.20	39.7	14.147	14.70	207.96	561.64	2	2	0.8021	0.0204	11.3476	0.2886	8.5735	
21	12	145	4	522985.04	4763990.40	40.6	14.147	15.80	223.52	574.37	2	2	0.8929	0.0209	12.6318	0.2963	9.0498	
21	9	73	20.3	523000.50	4764001.35	43.8	5.093	13.00	66.21	223.07	2	2	0.8759	0.0227	4.4608	0.1158	3.9122	
21	29	269	16.8	522967.15	4763985.14	49.45	5.093	20.00	101.86	251.85	2	2	1.6205	0.0253	8.2531	0.1288	5.2421	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnom	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
283	25	36	320	5.9	513981.39	4762012.82	19.15	31.831	7.50	238.73	609.54	4	2	0.1053	0.0068	3.3505	0.2151	3.3240
	21	8	72	7.2	513993.51	4762014.07	19.65	31.831	9.20	292.84	625.46	6	2	0.1323	0.0071	4.2119	0.2249	3.5372
	25	37	321	4.2	513983.03	4762012.36	20.3	31.831	15.80	502.91	646.15	2	2	0.2259	0.0075	7.1913	0.2377	3.8260
	21	40	386	8.2	513985.21	4762019.00	21.25	31.831	11.00	350.13	676.39	3	2	0.1805	0.0081	5.7463	0.2568	4.2722
	25	10	104	9.8	513996.78	4762010.38	21.65	31.831	10.50	334.22	689.12	3	2	0.1799	0.0083	5.7263	0.2650	4.4688
	21	33	297	4.2	513982.80	4762010.80	22.75	14.147	14.20	200.89	321.84	2	2	0.2581	0.0090	3.6510	0.1279	2.2384
	25	28	270	5	513982.54	4762008.73	25.4	14.147	14.50	205.13	359.33	2	2	0.3270	0.0108	4.6258	0.1530	2.9197
	21	17	143	3.7	513989.89	4762008.69	25.8	14.147	15.00	212.21	364.99	2	2	0.3474	0.0111	4.9141	0.1568	3.0319
	21	9	80	10.8	513997.27	4762014.34	25.9	14.147	14.20	200.89	366.41	6	2	0.3337	0.0112	4.7214	0.1578	3.0603
	25	41	398	13.1	513986.59	4762024.09	27.1	14.147	13.90	196.64	383.38	2	2	0.3584	0.0120	5.0699	0.1694	3.4136
	21	21	177	13.3	513991.70	4761998.56	29.35	14.147	13.40	189.57	415.21	2	2	0.4066	0.0135	5.7523	0.1914	4.1376
	25	13	114	11.7	513998.42	4762008.45	29.8	14.147	15.80	223.52	421.58	2	2	0.4836	0.0138	6.8420	0.1958	4.2923
	43	24	238	13.3	513979.52	4762000.00	29.85	14.147	13.30	188.16	422.29	2	2	0.4177	0.0139	5.9095	0.1963	4.3097
	25	34	298	7.3	513979.70	4762010.77	30.55	14.147	13.50	190.98	432.19	2	2	0.4431	0.0144	6.2683	0.2032	4.5575
	21	12	107	2	513988.99	4762010.78	30.7	14.147	15.20	215.03	434.31	2	2	0.4960	0.0145	7.0174	0.2046	4.6117
	21	3	25	13.1	513992.01	4762023.10	32.75	14.147	14.80	209.38	463.31	2	2	0.5509	0.0159	7.7940	0.2246	5.3898
	21	19	160	14.2	513995.35	4761999.51	33.05	14.147	14.20	200.89	467.56	2	2	0.5411	0.0161	7.6555	0.2275	5.5096
	21	16	143	9.1	513994.10	4762005.31	33.4	14.147	15.00	212.21	472.51	2	2	0.5795	0.0163	8.1988	0.2308	5.6514
	25	38	380	11.3	513983.51	4762021.75	34.15	14.147	14.00	198.06	483.12	2	2	0.5704	0.0168	8.0688	0.2380	5.9623
	21	6	55	3.8	513989.89	4762013.47	34.7	14.147	17.80	251.82	490.90	2	2	0.7255	0.0172	10.2632	0.2432	6.1966
	25	29	272	6.8	513980.85	4762008.10	36.7	14.147	16.30	230.60	519.19	2	2	0.7510	0.0185	10.6238	0.2619	7.0934
	21	5	55	14.1	513997.72	4762020.16	37.3	14.147	15.20	215.03	527.68	2	2	0.7298	0.0189	10.3240	0.2674	7.3763
	21	1	0	8	513987.00	4762019.00	37.45	14.147	15.60	220.69	529.81	2	2	0.7524	0.0190	10.6442	0.2688	7.4480
	21	20	163	9.1	513992.00	4762003.39	39.4	14.147	15.50	219.28	557.39	2	2	0.8274	0.0202	11.7055	0.2860	8.4181
	21	7	63	8.1	513993.77	4762015.45	39.9	14.147	17.40	246.16	564.47	2	2	0.9381	0.0205	13.2719	0.2903	8.6780
	21	15	140	13.8	513998.16	4762002.89	40.7	14.147	18.40	260.30	575.78	2	2	1.0244	0.0210	14.4922	0.2971	9.1037
	21	32	297	14.2	513972.82	4762010.33	40.8	14.147	20.60	291.43	577.20	2	2	1.1357	0.0211	16.0663	0.2979	9.1577
	21	22	178	5.7	513988.93	4762005.64	41	14.147	11.20	158.45	580.03	3	2	0.6749	0.0212	9.5481	0.2996	9.2663
	21	31	285	19.8	513967.75	4762006.38	42.9	5.093	21.00	106.95	218.49	2	2	1.2756	0.0223	6.4969	0.1133	3.7211
	21	2	23	15.7	513992.55	4762025.69	42.95	5.093	18.00	91.67	218.74	2	2	1.1181	0.0223	5.6947	0.1135	3.7316
21	4	33	19.5	513996.66	4762027.94	44.45	5.093	16.30	83.02	226.38	2	2	1.0979	0.0231	5.5918	0.1175	4.0537	
21	27	253	20	513972.21	4761997.54	46.25	5.093	21.00	106.95	235.55	2	2	1.4807	0.0240	7.5413	0.1220	4.4610	
21	26	243	2.8	513985.25	4762008.81	46.4	5.093	16.50	84.03	236.32	2	2	1.2082	0.0240	6.1536	0.1223	4.4960	
21	11	107	18.6	514005.49	4762008.96	47.1	5.093	15.70	79.96	239.88	2	2	1.1920	0.0243	6.0708	0.1239	4.6613	
21	25	243	21.2	513973.74	4761994.45	47.45	5.093	17.50	89.13	241.66	2	2	1.3294	0.0245	6.7706	0.1247	4.7453	
21	30	280	16.1	513971.69	4762006.02	47.5	5.093	21.00	106.95	241.92	2	2	1.5611	0.0245	7.9508	0.1248	4.7573	
21	35	317	14.7	513972.82	4762014.88	49.5	5.093	18.60	94.73	252.10	2	2	1.5244	0.0253	7.7638	0.1289	5.2549	
21	18	149	5.3	513990.81	4762007.31	51.4	5.093	19.60	99.82	261.78	2	2	1.7192	0.0260	8.7557	0.1322	5.7547	
21	23	184	22	513992.47	4761989.69	54.85	5.093	17.50	89.13	279.35	2	2	1.7719	0.0268	9.0243	0.1364	6.7308	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
285	21	4	93	7.3	515943.26	4762013.80	31.1	14.147	14.10	199.47	439.97	2	2	0.4767	0.0147	6.7444	0.2085	4.7579
	21	6	162	12	515942.75	4762003.08	31.3	14.147	14.00	198.06	442.80	2	2	0.4799	0.0149	6.7885	0.2105	4.8321
	25	16	315	12.6	515923.75	4762015.94	32.85	14.147	15.10	213.62	464.73	2	2	0.5640	0.0159	7.9793	0.2255	5.4295
	21	20	353	11.8	515928.06	4762021.73	33.55	14.147	18.90	267.38	474.63	2	2	0.7149	0.0164	10.1139	0.2323	5.7128
	21	2	34	7.9	515940.02	4762019.80	36.25	14.147	18.70	264.55	512.83	2	2	0.8258	0.0182	11.6828	0.2578	6.8854
	21	3	73	3.2	515938.92	4762014.32	36.6	14.147	19.20	271.62	517.78	2	2	0.8612	0.0184	12.1839	0.2610	7.0468
	25	10	183	5.9	515937.56	4762007.31	38.7	14.147	15.80	223.52	547.49	2	2	0.8120	0.0198	11.4868	0.2799	8.0618
	21	1	22	13.1	515940.44	4762025.33	40.6	14.147	16.50	233.43	574.37	2	2	0.9272	0.0209	13.1173	0.2963	9.0498
	21	17	323	8.1	515928.42	4762015.86	41.75	14.147	18.10	256.06	590.64	2	2	1.0622	0.0216	15.0265	0.3057	9.6805
	21	23	390	18.2	515933.15	4762030.98	42.6	5.093	17.80	90.66	216.96	2	2	1.0895	0.0221	5.5489	0.1125	3.6586
	21	18	336	14.7	515923.59	4762020.88	43.4	5.093	18.80	95.75	221.04	2	2	1.1855	0.0225	6.0378	0.1147	3.8265
	21	21	361	18.2	515925.53	4762027.89	44.05	5.093	17.90	91.16	224.35	2	2	1.1700	0.0229	5.9586	0.1165	3.9662
	25	11	200	13.5	515936.00	4761999.50	44.75	5.093	17.70	90.15	227.91	2	2	1.1954	0.0232	6.0880	0.1183	4.1200
	21	12	254	16.3	515923.77	4762002.22	45.1	5.093	18.70	95.24	229.69	2	2	1.2734	0.0234	6.4855	0.1192	4.1981
	25	8	178	12.8	515940.34	4762000.96	46.1	5.093	18.20	92.69	234.79	2	2	1.2990	0.0239	6.6159	0.1216	4.4262
	21	9	182	19	515941.30	4761994.75	46.9	5.093	11.50	58.57	238.86	3	2	0.9016	0.0242	4.5917	0.1235	4.6137
	21	15	302	16.8	515919.21	4762013.53	47.8	5.093	15.60	79.45	243.45	2	2	1.2206	0.0246	6.2164	0.1255	4.8301
	21	14	267	17.5	515920.80	4762004.33	48.45	5.093	18.90	96.26	246.76	2	2	1.4814	0.0249	7.5450	0.1268	4.9901
	21	7	165	1.5	515936.78	4762011.72	49.45	5.093	17.40	88.62	251.85	2	2	1.4356	0.0253	7.3115	0.1288	5.2421
	21	22	372	6.7	515933.15	4762019.06	50.15	5.093	17.90	91.16	255.41	2	2	1.5130	0.0255	7.7058	0.1301	5.4229
21	13	263	8.4	515928.98	4762008.39	50.95	5.093	16.30	83.02	259.49	2	2	1.4391	0.0258	7.3294	0.1314	5.6339	
25	19	348	22.4	515919.67	4762028.33	52.2	5.093	18.90	96.26	265.85	2	2	1.7174	0.0262	8.7468	0.1333	5.9731	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
299	44	22	337	7.8	483007.48	4753992.28	15.5	31.831	6.30	200.54	493.38	3	5	0.0595	0.0047	1.8931	0.1484	1.9960
	21	23	351	9.4	483007.46	4753994.75	17.7	31.831	8.60	273.75	563.41	2	2	0.1014	0.0059	3.2287	0.1876	2.7491
	21	17	209	6.1	483013.14	4753981.96	18.75	31.831	8.10	257.83	596.83	4	5	0.1079	0.0065	3.4358	0.2074	3.1591
	21	15	182	6.4	483015.79	4753981.85	24.2	14.147	10.50	148.54	342.36	2	2	0.2243	0.0100	3.1738	0.1415	2.5981
	21	9	137	10.6	483022.86	4753982.18	24.25	14.147	9.50	134.40	343.06	3	5	0.2065	0.0100	2.9211	0.1420	2.6110
	21	14	168	10.5	483019.06	4753978.80	24.6	14.147	10.20	144.30	348.02	2	2	0.2260	0.0103	3.1970	0.1453	2.7029
	21	8	132	13.6	483025.92	4753981.45	25.4	14.147	12.80	181.08	359.33	2	2	0.2934	0.0108	4.1502	0.1530	2.9197
	21	16	190	11.6	483015.81	4753976.54	26.95	14.147	10.50	148.54	381.26	3	2	0.2777	0.0119	3.9287	0.1680	3.3682
	21	4	75	9.8	483023.05	4753991.75	30.55	14.147	14.40	203.72	432.19	2	2	0.4687	0.0144	6.6303	0.2032	4.5575
	21	1	26	10.7	483018.25	4753997.82	31.3	14.147	14.20	200.89	442.80	2	2	0.4858	0.0149	6.8728	0.2105	4.8321
	21	2	28	10.5	483018.47	4753997.50	32.3	14.147	14.10	199.47	456.95	2	2	0.5139	0.0156	7.2701	0.2202	5.2129
	21	3	50	4.7	483017.32	4753991.32	34.15	14.147	13.80	195.23	483.12	2	2	0.5633	0.0168	7.9684	0.2380	5.9623
	21	11	151	13.1	483023.12	4753978.59	41.3	14.147	13.10	185.33	584.27	2	2	0.7847	0.0214	11.1018	0.3021	9.4307
	21	10	140	23.1	483032.69	4753974.42	45.75	5.093	11.50	58.57	233.00	3	2	0.8583	0.0237	4.3712	0.1208	4.3455
	21	18	221	24.4	483006.10	4753964.92	47.5	5.093	14.20	72.32	241.92	3	2	1.1108	0.0245	5.6571	0.1248	4.7573
21	20	259	19.9	482998.09	4753976.05	48.5	5.093	14.00	71.30	247.01	3	2	1.1434	0.0249	5.8234	0.1269	5.0025	
21	25	398	9	483013.72	4753997.00	51.4	5.093	16.30	83.02	261.78	2	2	1.4644	0.0260	7.4583	0.1322	5.7547	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	Xed50	Yed50	Diamnorm	factor	Ht	Dn*f	Ht*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
307	21	20	331	11.4	482013.93	4752017.33	23.25	14.147	13.80	328.92	195.23	3	2	0.2628	0.0094	3.7182	0.1326	2.3589
	21	23	347	11	482015.86	4752019.40	23.45	14.147	14.50	331.75	205.13	2	2	0.2791	0.0095	3.9483	0.1344	2.4081
	21	16	228	13.4	482018.29	4751999.88	23.95	14.147	14.50	338.82	205.13	2	2	0.2910	0.0098	4.1169	0.1392	2.5338
	21	14	215	10.5	482021.55	4752001.79	25.2	14.147	14.50	356.50	205.13	2	2	0.3219	0.0107	4.5538	0.1511	2.8646
	21	26	381	8.3	482021.56	4752019.93	27	14.147	14.50	381.97	205.13	2	2	0.3691	0.0119	5.2214	0.1685	3.3833
	21	24	353	15	482013.90	4752023.09	28.05	14.147	13.00	396.82	183.91	6	0	0.3620	0.0126	5.1213	0.1787	3.7094
	21	2	39	7.1	482028.08	4752017.81	28.85	14.147	13.50	408.14	190.98	2	2	0.3955	0.0132	5.5957	0.1865	3.9697
	21	22	342	11.5	482014.91	4752019.05	30.8	14.147	14.70	435.73	207.96	2	2	0.4849	0.0145	6.8602	0.2056	4.6480
	21	1	8	8.8	482025.10	4752020.73	31.4	14.147	15.30	444.22	216.45	2	2	0.5217	0.0149	7.3801	0.2115	4.8694
	21	3	39	4.2	482026.42	4752015.44	31.4	14.147	14.00	444.22	198.06	2	2	0.4829	0.0149	6.8316	0.2115	4.8694
	21	15	221	12.4	482019.98	4752000.27	31.8	14.147	15.50	449.87	219.28	2	2	0.5410	0.0152	7.6537	0.2154	5.0204
	21	19	325	10.5	482014.30	4752016.02	33	14.147	16.30	466.85	230.60	2	2	0.6083	0.0160	8.6055	0.2270	5.4895
	21	17	229	11.8	482018.81	4752001.40	33.45	14.147	16.00	473.22	226.35	2	2	0.6148	0.0164	8.6980	0.2313	5.6718
	21	10	136	5.7	482028.81	4752008.95	33.85	14.147	16.00	478.88	226.35	2	2	0.6295	0.0166	8.9054	0.2351	5.8368
	21	9	102	2.1	482026.10	4752011.93	35.3	14.147	16.50	499.39	233.43	2	2	0.7026	0.0176	9.9402	0.2489	6.4582
	21	21	331	2.5	482021.79	4752013.17	35.4	14.147	14.00	500.80	198.06	2	2	0.6125	0.0177	8.6649	0.2498	6.5024
	21	5	66	7.8	482030.71	4752015.97	37.45	14.147	16.50	529.81	233.43	2	2	0.7900	0.0190	11.1765	0.2688	7.4480
	21	27	381	6.3	482022.15	4752018.02	38.3	14.147	16.50	541.83	233.43	2	2	0.8260	0.0195	11.6850	0.2764	7.8623
	21	12	158	7.7	482028.72	4752005.92	39.15	14.147	15.00	553.86	212.21	2	2	0.7941	0.0201	11.2337	0.2839	8.2898
	21	13	186	6.9	482025.51	4752005.27	40.3	14.147	16.00	570.12	226.35	2	2	0.8895	0.0208	12.5844	0.2937	8.8894
21	18	239	7.1	482019.92	4752006.19	40.65	14.147	15.00	575.08	212.21	2	2	0.8555	0.0210	12.1031	0.2967	9.0767	
21	8	89	8.4	482032.27	4752013.44	41.3	14.147	14.00	584.27	198.06	2	2	0.8314	0.0214	11.7623	0.3021	9.4307	
21	4	58	5.5	482028.35	4752015.37	42.05	14.147	16.50	594.88	233.43	2	2	0.9940	0.0218	14.0624	0.3081	9.8491	
21	7	70	10.2	482033.09	4752016.63	42.55	5.093	13.50	216.71	68.76	2	2	0.8546	0.0221	4.3525	0.1123	3.6483	
21	6	69	24.1	482045.30	4752023.28	43.5	5.093	14.30	221.55	72.83	2	2	0.9387	0.0226	4.7808	0.1150	3.8478	
21	11	153	6.9	482028.64	4752006.90	47.15	5.093	16.00	240.13	81.49	2	2	1.2143	0.0244	6.1846	0.1241	4.6732	
21	25	367	12.9	482017.61	4752023.21	49.8	5.093	16.20	253.63	82.51	2	2	1.3681	0.0254	6.9677	0.1295	5.3321	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
321	21	39	347	5.2	483003.15	4749001.50	13.15	31.831	7.60	241.92	418.58	3	3	0.0505	0.0035	1.6087	0.1103	1.3426
	21	22	169	9.1	483011.26	4748989.96	14.9	31.831	16.60	528.39	474.28	3	2	0.1277	0.0043	4.0663	0.1383	1.8147
	21	35	276	8	482999.56	4748995.06	16.6	31.831	6.00	190.99	528.39	4	5	0.0653	0.0053	2.0787	0.1676	2.3550
	21	29	214	8.1	483005.23	4748990.10	19.4	31.831	12.10	385.16	617.52	3	2	0.1637	0.0069	5.2117	0.2200	3.4297
	21	19	159	3.6	483009.16	4748995.12	19.5	31.831	14.50	461.55	620.70	3	2	0.1936	0.0070	6.1626	0.2219	3.4725
	21	37	335	6.5	483001.46	4749001.40	22.05	31.831	11.70	372.42	701.87	2	2	0.2050	0.0086	6.5243	0.2732	4.6707
	21	8	63	9.8	483015.19	4749003.38	23.15	14.147	8.10	114.59	327.50	4	2	0.1639	0.0093	2.3192	0.1316	2.3345
	21	38	337	1.7	483005.58	4748998.93	23.4	14.147	10.60	149.96	331.04	4	2	0.2116	0.0095	2.9937	0.1340	2.3957
	21	9	71	14.1	483019.66	4749004.20	23.5	14.147	11.70	165.52	332.45	2	2	0.2326	0.0095	3.2899	0.1349	2.4205
	21	2	3	8	483007.38	4749005.99	23.6	14.147	14.30	202.30	333.87	2	2	0.2792	0.0096	3.9505	0.1359	2.4454
	21	31	232	14.8	482999.87	4748985.03	24	14.147	12.80	181.08	339.53	4	2	0.2622	0.0099	3.7090	0.1396	2.5466
	21	23	178	10	483010.39	4748988.59	24.25	14.147	18.90	267.38	343.06	2	2	0.3756	0.0100	5.3138	0.1420	2.6110
	21	18	158	8.7	483012.33	4748991.13	24.8	14.147	17.20	243.33	350.85	3	2	0.3618	0.0104	5.1181	0.1472	2.7562
	21	5	8	3.7	483007.46	4749001.67	26.1	14.147	13.60	192.40	369.24	3	2	0.3264	0.0113	4.6173	0.1597	3.1176
	21	4	6	9.4	483007.88	4749007.36	26.25	14.147	14.70	207.96	371.36	3	2	0.3532	0.0114	4.9969	0.1612	3.1610
	21	21	168	7.2	483010.47	4748991.69	26.4	14.147	16.90	239.08	373.48	2	2	0.4033	0.0115	5.7055	0.1626	3.2047
	21	1	1	1.1	483007.02	4748999.10	26.6	14.147	15.50	219.28	376.31	2	2	0.3797	0.0116	5.3719	0.1646	3.2636
	21	20	159	2.7	483008.62	4748995.84	27.8	14.147	15.60	220.69	393.29	2	2	0.4168	0.0125	5.8959	0.1763	3.6301
	21	26	198	10.2	483007.32	4748987.81	28.7	14.147	14.20	200.89	406.02	2	2	0.4091	0.0131	5.7871	0.1851	3.9201
	21	32	256	1.6	483005.77	4748996.98	28.9	14.147	14.70	207.96	408.85	2	2	0.4274	0.0132	6.0466	0.1870	3.9863
	21	17	156	6.1	483010.89	4748993.30	29.05	14.147	17.60	248.99	410.97	3	2	0.5050	0.0133	7.1448	0.1885	4.0364
	21	25	196	14.8	483007.93	4748983.23	29.25	14.147	17.20	243.33	413.80	2	2	0.5018	0.0135	7.0993	0.1904	4.1037
	21	27	200	12.3	483007.00	4748985.70	29.65	14.147	15.00	212.21	419.46	3	2	0.4577	0.0137	6.4745	0.1944	4.2404
	21	36	285	5.4	483001.75	4748996.74	29.75	14.147	4.00	56.59	420.87	6	0	0.1459	0.0138	2.0643	0.1953	4.2750
	21	30	229	8.7	483003.17	4748990.19	29.95	14.147	14.20	200.89	423.70	2	2	0.4451	0.0139	6.2975	0.1973	4.3446
	21	11	91	11.1	483017.99	4748999.56	30	14.147	14.10	199.47	424.41	3	2	0.4439	0.0140	6.2797	0.1978	4.3621
	21	15	153	11.2	483014.54	4748989.72	31.15	14.147	17.80	251.82	440.68	3	2	0.5857	0.0148	8.2862	0.2090	4.7764
	21	3	5	2.2	483007.17	4749000.19	32.6	14.147	17.00	240.50	461.19	2	2	0.6159	0.0158	8.7128	0.2231	5.3304
	21	13	128	5.2	483011.71	4748995.79	33.45	14.147	20.20	285.77	473.22	3	2	0.7530	0.0164	10.6531	0.2313	5.6718
	21	24	183	9.8	483009.59	4748988.55	33.55	14.147	20.90	295.67	474.63	2	2	0.7803	0.0164	11.0387	0.2323	5.7128
	21	6	16	12.3	483010.06	4749009.91	34.4	14.147	15.30	216.45	486.66	2	2	0.6251	0.0170	8.8437	0.2404	6.0682
	21	16	154	13.5	483015.93	4748987.87	36.3	14.147	19.10	270.21	513.54	2	2	0.8435	0.0183	11.9324	0.2582	6.9083
21	7	43	14.3	483015.94	4749009.16	41.6	14.147	17.30	244.74	588.52	2	2	1.0139	0.0215	14.3443	0.3045	9.5968	
44	12	103	9	483015.99	4748997.58	43.95	5.093	13.90	70.79	223.84	3	2	0.9347	0.0228	4.7604	0.1162	3.9446	
21	10	89	4.7	483011.63	4748998.81	44.5	5.093	16.50	84.03	226.64	2	2	1.1121	0.0231	5.6641	0.1176	4.0647	
45	41	397	24	483005.87	4749021.97	45.8	5.093	11.80	60.10	233.26	3	5	0.8796	0.0237	4.4799	0.1209	4.3570	
44	34	267	19.1	482990.41	4748988.54	45.85	5.093	10.10	51.44	233.51	3	5	0.7700	0.0238	3.9214	0.1210	4.3685	
21	33	265	6.7	483001.29	4748994.50	46.35	5.093	17.10	87.09	236.06	3	2	1.2437	0.0240	6.3342	0.1222	4.4843	
44	28	212	22.3	483002.82	4748976.09	49.2	5.093	13.90	70.79	250.58	2	2	1.1690	0.0252	5.9539	0.1283	5.1784	
44	40	391	11.8	483005.34	4749009.68	71.6	5.093	16.10	82.00	364.66	2	2	2.7951	0.0227	14.2356	0.1157	12.8003	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
325	21	2	49	5.2	483012.62	4748010.73	26.3	14.147	11.60	164.11	372.07	2	2	0.2885	0.0114	4.0819	0.1617	3.1755
	21	10	216	9.9	483006.54	4747997.41	31	14.147	12.50	176.84	438.56	3	2	0.4266	0.0147	6.0349	0.2076	4.7211
	21	1	20	11.4	483012.52	4748017.84	32.15	14.147	14.50	205.13	454.83	2	2	0.5217	0.0155	7.3808	0.2188	5.1547
	21	11	235	8.7	483004.45	4747999.58	32.3	14.147	14.00	198.06	456.95	2	2	0.5107	0.0156	7.2252	0.2202	5.2129
	21	8	193	9.1	483010.00	4747997.95	33	14.147	13.30	188.16	466.85	3	2	0.5096	0.0160	7.2100	0.2270	5.4895
	21	7	177	10.9	483012.85	4747996.80	34.25	14.147	14.80	209.38	484.53	2	2	0.6021	0.0169	8.5176	0.2390	6.0045
	21	5	129	6.1	483014.48	4748004.32	35.1	14.147	17.20	243.33	496.56	2	2	0.7203	0.0175	10.1906	0.2470	6.3703
	21	3	69	13.1	483020.58	4748013.13	38.3	14.147	17.20	243.33	541.83	3	2	0.8564	0.0195	12.1150	0.2764	7.8623
	21	14	324	11.4	482998.40	4748011.20	40.75	14.147	17.80	251.82	576.49	2	2	0.9977	0.0210	14.1146	0.2975	9.1307
	21	20	395	13.2	483007.96	4748020.16	41.3	14.147	17.00	240.50	584.27	2	2	0.9844	0.0214	13.9264	0.3021	9.4307
	21	6	137	17.9	483023.96	4747997.17	42.55	5.093	15.70	79.96	216.71	2	2	0.9745	0.0221	4.9633	0.1123	3.6483
	21	12	266	20.7	482991.18	4747996.46	42.85	5.093	15.70	79.96	218.24	2	2	0.9882	0.0222	5.0329	0.1132	3.7106
	21	18	353	23.1	482993.45	4748024.09	42.9	5.093	20.00	101.86	218.49	2	2	1.2226	0.0223	6.2269	0.1133	3.7211
	21	13	301	19.4	482989.60	4748007.30	43.1	5.093	16.70	85.05	219.51	2	2	1.0548	0.0224	5.3722	0.1139	3.7631
	21	19	373	16.4	483002.25	4748021.95	44.05	5.093	17.00	86.58	224.35	2	2	1.1186	0.0229	5.6971	0.1165	3.9662
	21	17	349	10.7	483001.32	4748014.45	50.15	5.093	19.90	101.35	255.41	2	2	1.6590	0.0255	8.4495	0.1301	5.4229
21	4	115	9.3	483018.04	4748004.83	50.65	5.093	18.00	91.67	257.96	2	2	1.5506	0.0257	7.8970	0.1310	5.5542	
21	16	341	17.2	482995.25	4748017.33	60.25	5.093	20.50	104.41	306.85	2	2	2.4494	0.0271	12.4749	0.1379	8.4417	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT_0%_f
327	21	24	297	9.6	478987.41	4746960.55	18.6	31.831	11.60	369.24	592.06	2	2	0.1452	0.0064	4.6215	0.2046	3.0985
	21	17	207	8.8	478996.03	4746952.25	20.05	31.831	12.30	391.52	638.21	2	2	0.1773	0.0073	5.6436	0.2327	3.7135
	21	7	32	13.6	479003.55	4746972.92	22.6	14.147	14.90	210.79	319.72	2	2	0.2656	0.0089	3.7575	0.1265	2.2029
	21	10	123	14.3	479010.38	4746955.95	23.15	14.147	8.70	123.08	327.50	2	2	0.1745	0.0093	2.4680	0.1316	2.3345
	21	8	76	14.1	479010.11	4746966.19	25.6	14.147	10.90	154.20	362.16	2	2	0.2591	0.0109	3.6654	0.1549	2.9755
	21	20	240	11.3	478990.36	4746951.86	26.65	14.147	15.60	220.69	377.02	2	2	0.3833	0.0117	5.4222	0.1651	3.2784
	21	28	385	14.1	478993.71	4746974.71	29.1	14.147	13.20	186.74	411.68	2	2	0.3946	0.0134	5.5820	0.1890	4.0532
	21	22	252	13.3	478987.30	4746951.90	30.15	14.147	18.30	258.89	426.53	2	2	0.5624	0.0141	7.9566	0.1992	4.4149
	21	19	230	8.5	478993.14	4746953.43	31.55	14.147	13.90	196.64	446.34	2	2	0.4845	0.0151	6.8535	0.2129	4.9257
	21	13	159	11.5	479003.90	4746951.80	33	14.147	14.50	205.13	466.85	2	2	0.5494	0.0160	7.7727	0.2270	5.4895
	21	12	134	5.4	479001.65	4746958.25	33.1	14.147	12.30	174.01	468.27	3	2	0.4790	0.0161	6.7766	0.2279	5.5297
	21	25	328	13.2	478985.06	4746966.62	33.2	14.147	13.40	189.57	469.68	2	2	0.5192	0.0162	7.3446	0.2289	5.5701
	21	11	133	10.5	479006.12	4746955.80	33.7	14.147	13.00	183.91	476.75	2	2	0.5209	0.0165	7.3687	0.2337	5.7746
	21	5	31	9.3	479001.35	4746969.22	35.6	14.147	7.00	99.03	503.63	6	0	0.3389	0.0178	4.7947	0.2517	6.5914
	21	2	14	10.8	478999.36	4746971.54	36.25	14.147	14.80	209.38	512.83	2	2	0.6738	0.0182	9.5320	0.2578	6.8854
	21	18	208	4.7	478996.41	4746956.34	36.65	14.147	14.70	207.96	518.49	2	2	0.6846	0.0185	9.6844	0.2615	7.0701
	21	27	379	7.4	478994.60	4746968.00	39.1	14.147	14.80	209.38	553.15	2	2	0.7829	0.0200	11.0752	0.2834	8.2643
	21	14	172	12.4	479002.28	4746949.78	40.3	14.147	12.70	179.67	570.12	3	2	0.7276	0.0208	10.2937	0.2937	8.8894
	21	21	242	13.5	478988.73	4746950.33	40.45	14.147	18.40	260.30	572.25	2	2	1.0120	0.0209	14.3163	0.2950	8.9694
	21	4	21	7	478999.27	4746967.62	40.75	14.147	15.10	213.62	576.49	2	2	0.8647	0.0210	12.2327	0.2975	9.1307
21	3	16	4.3	478998.07	4746965.16	40.8	14.147	12.80	181.08	577.20	5	2	0.7507	0.0211	10.6207	0.2979	9.1577	
21	6	32	21.6	479007.41	4746979.93	43.05	5.093	20.60	104.92	219.25	2	2	1.2632	0.0223	6.4335	0.1137	3.7525	
21	15	174	8.5	479000.38	4746953.20	43.65	5.093	13.50	68.76	222.31	2	2	0.8990	0.0227	4.5784	0.1154	3.8799	
21	1	1	20.3	478997.32	4746981.30	44.1	5.093	15.40	78.43	224.60	2	2	1.0288	0.0229	5.2395	0.1166	3.9771	
21	23	272	11.3	478986.78	4746956.19	45.8	5.093	16.40	83.53	233.26	2	2	1.1713	0.0237	5.9652	0.1209	4.3570	
21	16	184	16	479000.98	4746945.50	47.3	5.093	11.00	56.02	240.90	2	5	0.8821	0.0244	4.4926	0.1244	4.7092	
21	26	340	5	478992.95	4746963.94	52.8	5.093	16.70	85.05	268.91	2	2	1.5775	0.0263	8.0341	0.1342	6.1400	
21	9	89	8	479004.88	4746962.38	58.65	5.093	14.70	74.87	298.70	3	2	1.7388	0.0271	8.8557	0.1382	7.9111	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT	0% f
331	21	3	14	8.7	482958.90	4747046.49	13.05	31.831	6.30	200.54	415.39	3	5	0.0423	0.0034	1.3460	0.1087	1.3181	
	21	23	137	7.3	482963.10	4747033.99	13.65	31.831	7.40	235.55	434.49	3	5	0.0532	0.0037	1.6925	0.1180	1.4690	
	21	9	75	4.8	482961.43	4747039.84	15.8	31.831	7.50	238.73	502.93	6	0	0.0719	0.0048	2.2885	0.1535	2.0905	
	21	32	258	4.9	482953.13	4747035.00	15.8	31.831	8.70	276.93	502.93	2	2	0.0818	0.0048	2.6039	0.1535	2.0905	
	21	31	230	6.1	482954.23	4747032.56	15.8	31.831	10.40	331.04	502.93	2	2	0.0955	0.0048	3.0412	0.1535	2.0905	
	21	12	92	4.3	482961.27	4747038.54	16.35	31.831	6.60	210.08	520.44	3	5	0.0688	0.0051	2.1914	0.1632	2.2703	
	21	26	143	7.5	482962.85	4747033.31	16.95	31.831	9.00	286.48	539.54	2	2	0.0968	0.0055	3.0826	0.1739	2.4765	
	21	11	86	9.7	482966.47	4747040.12	18.55	31.831	13.30	423.35	590.47	2	2	0.1627	0.0064	5.1776	0.2036	3.0784	
	21	16	105	5.2	482962.18	4747037.59	19.9	31.831	11.70	372.42	633.44	2	2	0.1672	0.0072	5.3235	0.2298	3.6468	
	21	1	4	6.4	482957.40	4747044.39	20.2	31.831	9.10	289.66	642.99	2	2	0.1384	0.0074	4.4069	0.2357	3.7808	
	21	36	338	1.1	482956.09	4747038.62	20.9	31.831	8.50	270.56	665.27	6	0	0.1396	0.0078	4.4433	0.2497	4.1046	
	21	8	74	9.1	482965.35	4747041.61	21.05	31.831	12.70	404.25	670.04	2	2	0.2008	0.0079	6.3907	0.2528	4.1760	
	21	38	385	10	482954.67	4747047.72	22.5	14.147	9.80	138.64	318.31	2	2	0.1829	0.0089	2.5870	0.1256	2.1795	
	21	34	288	7.5	482949.63	4747036.59	22.95	14.147	9.30	131.57	324.67	2	2	0.1817	0.0092	2.5708	0.1298	2.2861	
	21	4	28	8.2	482960.49	4747045.42	23.65	14.147	10.50	148.54	334.58	2	2	0.2143	0.0096	3.0324	0.1363	2.4579	
	21	28	162	9.6	482962.40	4747030.06	24	14.147	10.60	149.96	339.53	2	2	0.2225	0.0099	3.1478	0.1396	2.5466	
	21	35	289	10.6	482946.56	4747036.18	24.5	14.147	9.90	140.06	346.60	2	2	0.2184	0.0102	3.0900	0.1444	2.6764	
	21	18	121	14.9	482971.10	4747033.17	24.7	14.147	14.40	203.72	349.43	2	2	0.3075	0.0103	4.3502	0.1463	2.7294	
	21	17	114	13.6	482970.27	4747035.03	25.25	14.147	13.30	188.16	357.21	2	2	0.2998	0.0107	4.2408	0.1515	2.8783	
	21	7	71	7.8	482964.00	4747041.43	25.7	14.147	9.00	127.32	363.58	3	2	0.2210	0.0110	3.1270	0.1559	3.0036	
	21	24	138	11	482966.10	4747031.82	25.8	14.147	12.40	175.42	364.99	2	2	0.2944	0.0111	4.1642	0.1568	3.0319	
	21	25	142	13.6	482967.75	4747029.66	26.5	14.147	12.20	172.59	374.90	2	2	0.3060	0.0116	4.3295	0.1636	3.2341	
	21	22	136	7.6	482963.42	4747033.93	26.55	14.147	10.40	147.13	375.60	2	2	0.2674	0.0116	3.7823	0.1641	3.2488	
	21	30	221	7.6	482954.54	4747030.81	27.05	14.147	11.40	161.28	382.68	2	2	0.3005	0.0119	4.2512	0.1689	3.3984	
	21	15	100	10.3	482967.30	4747038.00	27.2	14.147	11.20	158.45	384.80	2	2	0.2992	0.0120	4.2324	0.1704	3.4440	
	21	14	96	9.1	482966.08	4747038.57	28.7	14.147	12.10	171.18	406.02	2	2	0.3559	0.0131	5.0350	0.1851	3.9201	
	21	13	94	11.4	482968.35	4747039.07	28.8	14.147	13.50	190.98	407.43	2	2	0.3942	0.0131	5.5765	0.1860	3.9531	
	21	21	130	14.5	482969.92	4747031.42	28.9	14.147	12.70	179.67	408.85	2	2	0.3764	0.0132	5.3243	0.1870	3.9863	
	21	27	156	13.7	482965.73	4747027.44	29.85	14.147	11.30	159.86	422.29	2	2	0.3625	0.0139	5.1285	0.1963	4.3097	
	21	19	124	9.2	482965.55	4747034.61	30	14.147	13.10	185.33	424.41	3	2	0.4164	0.0140	5.8904	0.1978	4.3621	
	21	37	342	5.3	482952.81	4747041.25	30.5	14.147	11.60	164.11	431.48	2	2	0.3871	0.0143	5.4757	0.2027	4.5396	
	21	6	68	14.7	482969.88	4747045.08	33.7	14.147	15.10	213.62	476.75	3	2	0.5933	0.0165	8.3938	0.2337	5.7746	
	21	5	58	5.2	482961.11	4747041.19	35.6	14.147	11.20	158.45	503.63	2	2	0.5101	0.0178	7.2163	0.2517	6.5914	
44	29	173	8	482960.29	4747030.71	37.3	14.147	10.70	151.37	527.68	3	4	0.5377	0.0189	7.6073	0.2674	7.3763		



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
337	21	15	279	4.4	482989.84	4746020.57	14	31.831	7.00	222.82	445.63	6	0	0.0533	0.0039	1.6957	0.1236	1.5615
	21	8	171	9.6	482998.22	4746013.38	15.85	31.831	10.50	334.23	504.52	2	2	0.0969	0.0049	3.0859	0.1544	2.1065
	21	10	200	8.4	482994.00	4746013.60	18.15	31.831	13.60	432.90	577.73	2	2	0.1588	0.0062	5.0557	0.1960	2.9207
	21	9	175	2.8	482995.07	4746019.41	27.65	14.147	14.00	198.06	391.16	2	2	0.3753	0.0124	5.3090	0.1748	3.5831
	21	13	261	6.8	482988.44	4746018.09	28.8	14.147	13.70	193.81	407.43	2	5	0.3993	0.0131	5.6483	0.1860	3.9531
	21	3	17	5.1	482995.35	4746026.92	32.35	14.147	14.20	200.89	457.66	2	2	0.5187	0.0156	7.3374	0.2207	5.2324
	21	2	16	4.5	482995.12	4746026.36	36.85	14.147	14.00	198.06	521.32	2	2	0.6632	0.0186	9.3827	0.2633	7.1635
	21	6	148	2.7	482995.97	4746020.15	38.1	14.147	13.20	186.74	539.00	2	2	0.6732	0.0194	9.5241	0.2746	7.7637
	21	11	224	4.1	482992.49	4746018.19	39.1	14.147	15.90	224.94	553.15	3	2	0.8332	0.0200	11.7879	0.2834	8.2643
	21	4	124	24.2	483016.50	4746013.09	43.85	5.093	16.20	82.51	223.33	2	2	1.0630	0.0228	5.4141	0.1159	3.9229
	21	12	235	14.7	482986.32	4746009.47	43.9	5.093	16.20	82.51	223.58	3	2	1.0655	0.0228	5.4264	0.1161	3.9337
	21	7	160	14.4	483002.46	4746010.35	45.15	5.093	16.60	84.54	229.95	2	2	1.1506	0.0234	5.8600	0.1193	4.2094
	21	1	9	20	482996.82	4746041.80	52.1	5.093	14.80	75.38	265.35	2	2	1.3831	0.0262	7.0440	0.1332	5.9455
21	16	348	20.5	482979.06	4746036.03	53.65	5.093	16.30	83.02	273.24	2	2	1.5943	0.0265	8.1195	0.1352	6.3811	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT_0% f
395	21	5	51	9.5	484994.82	4754024.61	20.45	31.831	9.50	302.39	650.94	2	2	0.1473	0.0076	4.6879	0.2407	3.8947
	21	41	379	6.4	484985.93	4754024.05	22.2	31.831	10.00	318.31	706.65	2	2	0.1812	0.0087	5.7684	0.2763	4.7477
	21	2	15	12.4	484990.89	4754030.06	24.15	14.147	8.50	120.25	341.65	4	2	0.1859	0.0100	2.6301	0.1410	2.5851
	21	33	335	9.1	484980.24	4754022.75	24.7	14.147	9.60	135.81	349.43	2	2	0.2161	0.0103	3.0573	0.1463	2.7294
	21	26	227	12.9	484982.69	4754006.24	24.8	14.147	7.50	106.10	350.85	2	2	0.1757	0.0104	2.4863	0.1472	2.7562
	21	4	43	10.9	484994.82	4754026.51	25.2	14.147	9.80	138.64	356.50	2	2	0.2289	0.0107	3.2388	0.1511	2.8646
	21	39	350	6.3	484983.55	4754022.45	25.55	14.147	9.00	127.32	361.46	2	2	0.2185	0.0109	3.0909	0.1544	2.9615
	21	8	62	11.2	484997.26	4754024.30	26.1	14.147	10.20	144.30	369.24	2	2	0.2541	0.0113	3.5951	0.1597	3.1176
	21	30	272	10.4	484978.59	4754013.57	26.85	14.147	9.27	131.14	379.85	2	2	0.2474	0.0118	3.4993	0.1670	3.3381
	21	17	128	8.1	484995.33	4754014.55	27.3	14.147	10.00	141.47	386.21	2	2	0.2731	0.0121	3.8630	0.1714	3.4746
	21	25	197	4.4	484988.21	4754013.60	28	14.147	9.60	135.81	396.12	2	2	0.2771	0.0126	3.9202	0.1782	3.6934
	21	11	104	14.7	485002.67	4754017.08	28.5	14.147	11.00	155.62	403.19	2	2	0.3231	0.0129	4.5706	0.1831	3.8545
	21	31	309	10.6	484977.51	4754019.49	28.75	14.147	9.20	130.15	406.73	2	2	0.2814	0.0131	3.9810	0.1855	3.9366
	21	27	255	1.6	484986.78	4754016.96	29.2	14.147	11.00	155.62	413.09	2	2	0.3390	0.0134	4.7959	0.1899	4.0868
	21	23	194	13.5	484989.27	4754004.56	31.35	14.147	8.70	123.08	443.51	2	2	0.3182	0.0149	4.5022	0.2110	4.8507
21	22	163	13	484995.14	4754007.13	31.75	14.147	10.00	141.47	449.17	2	2	0.3684	0.0152	5.2114	0.2149	5.0013	
21	15	106	22	485009.90	4754015.93	43.05	5.093	11.50	58.57	219.25	2	2	0.7608	0.0223	3.8746	0.1137	3.7525	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
405	21	18	385	14.3	484989.66	4753015.90	28.1	14.147	11.50	162.69	397.53	2	2	0.3265	0.0127	4.6195	0.1792	3.7253
	21	16	360	8.3	484988.12	4753008.71	28.4	14.147	11.50	162.69	401.77	2	2	0.3335	0.0129	4.7178	0.1821	3.8220
	21	17	373	8.7	484989.42	4753009.93	31.5	14.147	13.20	186.74	445.63	2	2	0.4617	0.0150	6.5317	0.2124	4.9069
	21	2	42	7	484997.29	4753007.53	32.1	14.147	13.20	186.74	454.12	2	2	0.4793	0.0154	6.7807	0.2183	5.1354
	21	12	269	11.2	484983.10	4752996.76	32.6	14.147	11.70	165.52	461.19	2	2	0.4450	0.0158	6.2953	0.2231	5.3304
	21	3	55	14.2	485003.80	4753011.22	33.75	14.147	12.80	181.08	477.46	2	2	0.5154	0.0166	7.2914	0.2342	5.7953
	21	13	311	6.4	484986.70	4753003.10	34.6	14.147	11.50	162.69	489.49	2	2	0.4933	0.0171	6.9786	0.2423	6.1536
	21	10	224	13.7	484987.96	4752989.26	35.1	14.147	13.00	183.91	496.56	2	2	0.5646	0.0175	7.9880	0.2470	6.3703
	21	7	146	12.3	485002.23	4752993.87	35.65	14.147	12.50	176.84	504.34	2	2	0.5628	0.0178	7.9618	0.2522	6.6137
	21	1	14	9.6	484995.09	4753011.37	36.75	14.147	12.50	176.84	519.90	2	2	0.5977	0.0185	8.4562	0.2624	7.1167
	21	14	330	12.4	484981.95	4753007.63	36.85	14.147	12.00	169.76	521.32	2	2	0.5800	0.0186	8.2053	0.2633	7.1635
	21	11	227	11.7	484988.19	4752991.34	37	14.147	15.00	212.21	523.44	2	2	0.7099	0.0187	10.0436	0.2647	7.2340
	21	8	196	14.1	484993.89	4752987.93	38.7	14.147	15.00	212.21	547.49	2	2	0.7761	0.0198	10.9792	0.2799	8.0618
	21	15	355	14.2	484983.78	4753012.80	39.5	14.147	13.00	183.91	558.81	2	2	0.7136	0.0203	10.0955	0.2869	8.4697
	21	5	98	4.6	484997.60	4753002.14	40.7	14.147	14.60	206.55	575.78	2	2	0.8377	0.0210	11.8507	0.2971	9.1037
21	9	204	7.7	484992.52	4752994.32	41.6	14.147	13.50	190.98	588.52	2	2	0.8172	0.0215	11.5607	0.3045	9.5968	
21	6	115	9.1	485001.85	4752999.88	47.45	5.093	14.30	72.83	241.66	2	2	1.1152	0.0245	5.6799	0.1247	4.7453	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT_0% f
407	21	1	6	2.5	486987.24	4753028.49	20.95	31.831	12.50	397.89	666.86	3	2	0.1962	0.0079	6.2439	0.2508	4.1283
	21	8	108	11.1	486998.01	4753024.61	29.6	14.147	18.30	258.89	418.75	2	2	0.5423	0.0137	7.6714	0.1939	4.2232
	21	16	225	10.2	486983.10	4753016.58	31.95	14.147	17.90	253.23	452.00	2	2	0.6189	0.0153	8.7560	0.2168	5.0777
	21	11	140	10.4	486995.41	4753019.89	33.5	14.147	16.30	230.60	473.92	2	2	0.6267	0.0164	8.8659	0.2318	5.6923
	21	4	42	9.1	486992.58	4753033.19	33.6	14.147	16.20	229.18	475.34	2	2	0.6270	0.0165	8.8709	0.2327	5.7334
	21	18	265	12.6	486976.26	4753019.42	34.1	14.147	17.80	251.82	482.41	3	2	0.7008	0.0168	9.9144	0.2375	5.9413
	21	9	111	11.5	486998.33	4753024.02	35.4	14.147	19.20	271.62	500.80	2	2	0.8062	0.0177	11.4047	0.2498	6.5024
	21	14	177	13.9	486991.91	4753013.00	36.8	14.147	18.50	261.72	520.61	3	2	0.8429	0.0186	11.9248	0.2628	7.1401
	21	2	10	12.2	486988.91	4753038.05	37.85	14.147	16.00	226.35	535.46	2	2	0.7855	0.0193	11.1129	0.2724	7.6414
	21	13	150	12.4	486995.77	4753017.23	37.9	14.147	16.20	229.18	536.17	2	2	0.7961	0.0193	11.2631	0.2728	7.6657
	21	6	100	4.9	486991.90	4753026.00	38.9	14.147	18.40	260.30	550.32	2	2	0.9365	0.0199	13.2491	0.2817	8.1627
	21	17	258	12.5	486977.12	4753018.34	39.05	14.147	17.70	250.40	552.44	2	2	0.9124	0.0200	12.9077	0.2830	8.2388
	21	10	118	15.7	487002.08	4753021.62	42.7	5.093	16.50	84.03	217.47	2	2	1.0247	0.0221	5.2189	0.1128	3.6794
	21	12	141	19.5	487002.59	4753014.29	42.8	5.093	21.00	106.95	217.98	2	2	1.2698	0.0222	6.4669	0.1131	3.7002
	21	15	193	15.5	486988.70	4753010.59	43.05	5.093	17.50	89.13	219.25	2	2	1.0961	0.0223	5.5826	0.1137	3.7525
	21	3	30	14.7	486993.67	4753039.10	43.05	5.093	18.80	95.75	219.25	2	2	1.1666	0.0223	5.9416	0.1137	3.7525
	21	7	104	5.3	486992.29	4753025.67	43.9	5.093	18.10	92.18	223.58	2	2	1.1734	0.0228	5.9759	0.1161	3.9337
	21	19	306	19.2	486967.89	4753027.81	45.6	5.093	18.50	94.22	232.24	3	2	1.2894	0.0236	6.5671	0.1204	4.3113
21	20	307	10.5	486976.56	4753027.15	45.9	5.093	18.60	94.73	233.77	3	2	1.3125	0.0238	6.6843	0.1211	4.3800	
21	22	337	6.8	486981.32	4753029.73	49.85	5.093	21.80	111.03	253.89	2	2	1.7748	0.0254	9.0388	0.1295	5.3450	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT	0% f
417	21	23	189	2.5	486975.43	4751966.54	12.1	127.32	11.00	1400.56	1540.62	3	3	0.0591	0.0030	7.5260	0.3786	4.3937	
	21	17	143	4.2	486978.28	4751966.37	12.5	31.831	12.50	397.89	397.89	2	2	0.0705	0.0032	2.2429	0.1005	1.1881	
	21	16	143	6.5	486980.07	4751964.94	13	31.831	12.00	381.97	413.80	2	2	0.0735	0.0034	2.3396	0.1080	1.3059	
	21	34	342	6	486970.26	4751972.68	13.55	31.831	10.60	337.41	431.31	3	2	0.0716	0.0037	2.2802	0.1164	1.4432	
	21	36	345	6	486970.44	4751972.90	14.05	31.831	10.60	337.41	447.23	3	2	0.0770	0.0039	2.4500	0.1244	1.5750	
	21	19	156	7.2	486979.59	4751963.45	14.05	31.831	13.30	423.35	447.23	2	2	0.0938	0.0039	2.9846	0.1244	1.5750	
	21	13	117	7.1	486981.85	4751967.13	14.2	31.831	12.00	381.97	452.00	2	2	0.0876	0.0040	2.7872	0.1268	1.6159	
	21	29	307	2.3	486972.71	4751969.25	14.6	31.831	12.30	391.52	464.73	2	2	0.0945	0.0042	3.0090	0.1333	1.7278	
	21	28	297	7.5	486967.51	4751968.65	14.9	31.831	12.20	388.34	474.28	2	2	0.0977	0.0043	3.1107	0.1383	1.8147	
	21	7	87	8.5	486983.32	4751970.72	18.1	31.831	12.70	404.25	576.14	2	2	0.1488	0.0061	4.7374	0.1951	2.9014	
	44	39	372	8.5	486971.38	4751976.69	18.35	31.831	9.10	289.66	584.10	2	2	0.1144	0.0063	3.6428	0.1998	2.9990	
	21	24	203	8.8	486974.59	4751960.21	18.55	31.831	10.40	331.04	590.47	3	2	0.1313	0.0064	4.1803	0.2036	3.0784	
	21	9	99	7.4	486982.40	4751969.12	19.1	31.831	14.20	452.00	607.97	2	2	0.1825	0.0067	5.8079	0.2142	3.3032	
	21	3	37	5.3	486977.91	4751973.43	19.3	31.831	11.90	378.79	614.34	2	2	0.1597	0.0068	5.0844	0.2180	3.3872	
	21	6	76	2.9	486977.70	4751970.07	20.05	31.831	12.60	401.07	638.21	2	2	0.1811	0.0073	5.7631	0.2327	3.7135	
	21	38	368	10.4	486969.99	4751978.11	22.65	14.147	11.30	159.86	320.43	2	2	0.2097	0.0090	2.9670	0.1270	2.2147	
	21	15	129	10.2	486984.16	4751964.51	22.65	14.147	11.70	165.52	320.43	2	2	0.2162	0.0090	3.0582	0.1270	2.2147	
	21	11	104	3.2	486978.19	4751968.80	25.1	14.147	12.80	181.08	355.09	2	2	0.2865	0.0106	4.0536	0.1501	2.8373	
	21	8	98	12.7	486987.69	4751969.40	26	14.147	13.40	189.57	367.82	2	2	0.3198	0.0112	4.5236	0.1588	3.0889	
	21	40	385	7.8	486973.18	4751976.58	26.15	14.147	14.00	198.06	369.94	2	2	0.3360	0.0113	4.7532	0.1602	3.1320	
	21	33	338	10	486966.73	4751974.62	26.2	14.147	11.90	168.35	370.65	2	2	0.2928	0.0114	4.1422	0.1607	3.1465	
	21	30	319	3.4	486971.75	4751970.00	26.35	14.147	14.40	203.72	372.77	2	2	0.3496	0.0115	4.9452	0.1621	3.1901	
	21	10	102	13.1	486988.09	4751968.59	28.3	14.147	12.70	179.67	400.36	2	2	0.3610	0.0128	5.1074	0.1811	3.7896	
	21	27	277	4	486971.26	4751967.59	28.4	14.147	12.90	182.50	401.77	2	2	0.3685	0.0129	5.2136	0.1821	3.8220	
	21	37	364	12.7	486968.19	4751979.72	28.9	14.147	12.80	181.08	408.85	2	2	0.3789	0.0132	5.3608	0.1870	3.9863	
	21	20	175	9.4	486978.60	4751960.32	30.05	14.147	17.10	241.91	425.12	2	2	0.5267	0.0140	7.4515	0.1983	4.3797	
	21	4	41	10.7	486981.42	4751977.56	30.25	14.147	14.20	200.89	427.95	2	2	0.4540	0.0142	6.4232	0.2002	4.4503	
	21	22	188	14	486977.62	4751955.25	31.1	14.147	14.80	209.38	439.97	2	2	0.4973	0.0147	7.0347	0.2085	4.7579	
	21	41	395	13.2	486973.96	4751982.16	31.6	14.147	12.70	179.67	447.05	2	2	0.4493	0.0151	6.3558	0.2134	4.9445	
	21	21	186	8.8	486976.92	4751960.41	32.45	14.147	16.30	230.60	459.07	2	2	0.5884	0.0157	8.3235	0.2217	5.2714	
	21	12	114	9.6	486984.37	4751966.91	34.1	14.147	13.30	188.16	482.41	2	2	0.5439	0.0168	7.6943	0.2375	5.9413	
	21	26	267	8.7	486967.44	4751964.69	35.2	14.147	15.50	219.28	497.97	2	2	0.6617	0.0175	9.3613	0.2480	6.4141	
21	5	49	11.1	486982.72	4751976.97	39.9	14.147	14.60	206.55	564.47	2	2	0.8054	0.0205	11.3934	0.2903	8.6780		
21	25	203	5.1	486974.76	4751963.91	40.05	14.147	15.00	212.21	566.59	3	2	0.8307	0.0206	11.7515	0.2916	8.7569		
21	35	345	19.8	486959.94	4751981.86	46	5.093	14.70	74.87	234.28	2	2	1.0741	0.0238	5.4706	0.1214	4.4030		
21	32	336	23.7	486954.99	4751981.70	46.4	5.093	16.40	83.53	236.32	2	2	1.2019	0.0240	6.1211	0.1223	4.4960		
21	1	8	12.2	486976.53	4751981.10	50.85	5.093	15.50	78.94	258.98	3	2	1.3721	0.0258	6.9882	0.1313	5.6073		



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT	0% f
425	21	26	356	3.3	510999.90	4751979.54	11.75	127.324	7.00	891.27	1496.06	6	0	0.0376	0.0028	4.7923	0.3587		4.0934
	21	17	215	7.5	511000.25	4751969.71	15.35	31.831	12.50	397.89	488.61	2	2	0.1059	0.0046	3.3701	0.1458		1.9498
	21	23	321	2.9	510999.26	4751977.94	15.95	31.831	8.30	264.20	507.70	3	2	0.0800	0.0049	2.5467	0.1562		2.1387
	21	12	167	8.8	511006.36	4751969.36	16.2	31.831	6.10	194.17	515.66	4	5	0.0631	0.0050	2.0092	0.1605		2.2204
	21	6	119	8.4	511010.03	4751974.53	17.05	31.831	7.10	226.00	542.72	3	5	0.0797	0.0055	2.5375	0.1757		2.5119
	21	18	219	6.7	511000.03	4751970.60	17.85	31.831	12.70	404.25	568.18	2	2	0.1448	0.0060	4.6086	0.1904		2.8056
	21	19	226	8.2	510998.74	4751969.47	22	31.831	12.70	404.25	700.28	2	2	0.2191	0.0086	6.9752	0.2722		4.6451
	21	5	117	12.1	511013.67	4751973.81	23.4	14.147	13.20	186.74	331.04	3	2	0.2561	0.0095	3.6231	0.1340		2.3957
	21	29	384	4	511001.01	4751980.87	23.55	14.147	11.00	155.62	333.16	6	0	0.2213	0.0096	3.1312	0.1354		2.4329
	21	3	64	12.9	511012.89	4751983.91	23.55	14.147	12.40	175.42	333.16	2	2	0.2456	0.0096	3.4751	0.1354		2.4329
	21	20	235	2.4	511000.75	4751974.95	23.65	14.147	10.60	149.96	334.58	2	2	0.2161	0.0096	3.0575	0.1363		2.4579
	21	11	140	1.2	511002.97	4751976.29	24.05	14.147	11.90	168.35	340.24	2	2	0.2471	0.0099	3.4955	0.1401		2.5594
	21	24	338	6.6	510996.54	4751980.71	24.25	14.147	11.50	162.69	343.06	2	2	0.2438	0.0100	3.4492	0.1420		2.6110
	21	25	352	11.6	510994.06	4751985.46	24.6	14.147	12.90	182.50	348.02	3	2	0.2772	0.0103	3.9216	0.1453		2.7029
	21	14	187	11.7	511004.37	4751965.54	25.25	14.147	14.60	206.55	357.21	3	2	0.3251	0.0107	4.5992	0.1515		2.8783
	21	4	102	10.9	511012.89	4751976.66	26	14.147	12.20	172.59	367.82	3	2	0.2947	0.0112	4.1691	0.1588		3.0889
	21	22	319	9.2	510993.21	4751979.71	26.25	14.147	12.90	182.50	371.36	3	2	0.3153	0.0114	4.4602	0.1612		3.1610
	21	28	369	12.5	510996.15	4751988.05	26.55	14.147	13.10	185.33	375.60	2	2	0.3268	0.0116	4.6233	0.1641		3.2488
	21	21	306	3.5	510998.52	4751977.33	26.6	14.147	10.60	149.96	376.31	2	2	0.2728	0.0116	3.8599	0.1646		3.2636
	21	13	169	12.6	511007.90	4751965.86	26.75	14.147	14.00	198.06	378.43	3	2	0.3514	0.0117	4.9718	0.1660		3.3082
21	15	190	11.9	511003.86	4751965.25	27.3	14.147	13.70	193.81	386.21	2	2	0.3591	0.0121	5.0799	0.1714		3.4746	
21	2	51	7.9	511007.67	4751982.50	29.5	14.147	11.70	165.52	417.34	2	2	0.3650	0.0136	5.1639	0.1929		4.1888	
21	27	368	14.3	510995.11	4751989.53	29.7	14.147	11.90	168.35	420.17	3	2	0.3754	0.0138	5.3113	0.1948		4.2577	
21	8	135	12.2	511012.40	4751970.63	30.8	14.147	11.40	161.28	435.73	3	2	0.3887	0.0145	5.4991	0.2056		4.6480	
21	16	196	10	511002.63	4751967.02	31.45	14.147	14.80	209.38	444.92	2	2	0.5084	0.0150	7.1925	0.2119		4.8881	
21	1	23	7.6	511004.69	4751984.11	35.25	14.147	10.90	154.20	498.68	6	0	0.4885	0.0176	6.9112	0.2484		6.4361	
21	7	130	20.3	511020.09	4751967.78	44	5.093	13.30	67.74	224.09	3	2	0.9015	0.0228	4.5915	0.1163		3.9554	
21	9	136	18.3	511017.45	4751967.19	44.45	5.093	12.10	61.63	226.38	2	2	0.8473	0.0231	4.3151	0.1175		4.0537	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT	0% f
427	21	6	58	9.9	486983.82	4751002.07	12.95	31.831	6.50	206.90	412.21	2	3	0.0428	0.0034	1.3621	0.1072		1.2939
	21	28	260	9.1	486968.64	4750990.65	13.45	31.831	6.60	210.08	428.13	3	3	0.0467	0.0036	1.4880	0.1149		1.4176
	21	1	25	2.2	486976.84	4750998.03	13.5	31.831	6.60	210.08	429.72	4	3	0.0471	0.0036	1.4990	0.1157		1.4304
	21	4	33	9.5	486980.71	4751004.25	14.2	31.831	8.20	261.01	452.00	2	3	0.0629	0.0040	2.0014	0.1268		1.6159
	21	15	174	6	486978.38	4750990.49	14.45	31.831	6.50	206.90	459.96	4	5	0.0532	0.0041	1.6927	0.1308		1.6853
	21	19	209	4.8	486975.32	4750991.25	14.55	31.831	9.70	308.76	463.14	2	2	0.0764	0.0042	2.4308	0.1325		1.7136
	21	2	26	6.3	486978.50	4751001.78	14.7	31.831	7.50	238.73	467.92	2	2	0.0623	0.0042	1.9834	0.1349		1.7565
	21	13	161	8.3	486980.77	4750989.21	14.85	31.831	8.00	254.65	472.69	3	2	0.0672	0.0043	2.1406	0.1374		1.8001
	21	10	159	8.3	486980.98	4750989.36	16	31.831	8.00	254.65	509.30	2	2	0.0780	0.0049	2.4818	0.1570		2.1549
	21	33	334	7.4	486969.63	4750999.77	16.65	31.831	7.90	251.46	529.99	3	2	0.0835	0.0053	2.6564	0.1685		2.3721
	21	7	75	9.5	486984.78	4750999.64	18.75	31.831	6.70	213.27	596.83	2	3	0.0915	0.0065	2.9130	0.2074		3.1591
	21	27	257	5	486972.10	4750992.87	19.15	31.831	8.00	254.65	609.56	2	2	0.1113	0.0068	3.5441	0.2151		3.3241
	21	12	159	4.4	486978.64	4750992.48	19.85	31.831	9.70	308.76	631.85	3	2	0.1414	0.0072	4.5000	0.2288		3.6247
	21	29	299	4.5	486971.50	4750995.93	19.95	31.831	9.40	299.21	635.03	2	2	0.1389	0.0072	4.4225	0.2308		3.6689
	21	14	164	0.4	486976.21	4750995.66	20.15	31.831	9.60	305.58	641.39	2	2	0.1443	0.0074	4.5942	0.2347		3.7583
	21	11	159	5	486979.00	4750992.00	20.15	31.831	9.90	315.13	641.39	2	2	0.1482	0.0074	4.7188	0.2347		3.7583
	21	16	180	5.3	486977.64	4750990.96	20.2	31.831	9.70	308.76	642.99	2	2	0.1464	0.0074	4.6586	0.2357		3.7808
	21	23	220	4.4	486974.64	4750991.82	20.5	31.831	10.50	334.23	652.54	2	2	0.1615	0.0076	5.1391	0.2417		3.9177
	21	24	222	4.6	486974.44	4750991.67	20.95	31.831	9.40	299.21	666.86	3	2	0.1531	0.0079	4.8728	0.2508		4.1283
	21	17	183	12.1	486979.19	4750984.33	23.05	14.147	9.10	128.74	326.09	3	2	0.1799	0.0092	2.5445	0.1307		2.3102
	21	21	219	9.5	486973.21	4750986.92	23.1	14.147	10.00	141.47	326.80	2	2	0.1961	0.0093	2.7739	0.1312		2.3223
	21	9	158	14.8	486985.07	4750984.31	23.3	14.147	10.70	151.37	329.63	2	2	0.2115	0.0094	2.9928	0.1330		2.3711
	21	18	185	14.2	486979.31	4750982.19	24.1	14.147	8.50	120.25	340.94	3	2	0.1851	0.0099	2.6193	0.1406		2.5722
	21	3	29	13.8	486982.07	4751008.39	24.35	14.147	8.80	124.49	344.48	2	2	0.1948	0.0101	2.7553	0.1429		2.6371
	21	20	215	0.4	486975.91	4750995.61	24.4	14.147	9.20	130.15	345.19	2	2	0.2033	0.0101	2.8756	0.1434		2.6502
	21	5	46	12.6	486984.33	4751005.45	24.85	14.147	10.50	148.54	351.55	2	2	0.2364	0.0104	3.3450	0.1477		2.7696
	21	34	340	9.6	486968.23	4751001.64	25.45	14.147	8.80	124.49	360.04	3	2	0.2126	0.0108	3.0076	0.1535		2.9336
	21	8	135	3	486978.56	4750994.43	26.2	14.147	9.10	128.74	370.65	2	2	0.2319	0.0114	3.2801	0.1607		3.1465
	21	25	225	12	486971.41	4750984.91	27.3	14.147	9.60	135.81	386.21	2	2	0.2635	0.0121	3.7283	0.1714		3.4746
	21	32	328	6.2	486970.39	4750998.64	28.45	14.147	10.50	148.54	402.48	2	2	0.3092	0.0129	4.3741	0.1826		3.8382
21	36	350	14.8	486965.53	4751006.47	28.65	14.147	11.80	166.93	405.31	2	2	0.3470	0.0130	4.9093	0.1846		3.9036	
21	22	220	5	486974.45	4750991.24	28.9	14.147	10.50	148.54	408.85	2	2	0.3190	0.0132	4.5123	0.1870		3.9863	
21	31	319	12.6	486963.96	4750999.70	31	14.147	9.40	132.98	438.56	2	2	0.3329	0.0147	4.7097	0.2076		4.7211	
21	30	305	12.3	486963.74	4750996.97	42.05	14.147	12.00	169.76	594.88	3	2	0.7535	0.0218	10.6599	0.3081		9.8491	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	Xed50	Yed50	diamnorm	factor	Ht	Dn*f	Ht*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
429	21	14	250	8.7	499954.85	4750989.85	12.8	31.831	7.00	407.44	222.82	3	3	0.0446	0.0033	1.4197	0.1050	1.2580
	21	4	120	4.8	499965.57	4750994.52	17.05	31.831	8.70	542.72	276.93	2	2	0.0951	0.0055	3.0282	0.1757	2.5119
	21	13	249	7	499956.13	4750990.97	18.4	31.831	8.10	585.69	257.83	2	2	0.1040	0.0063	3.3098	0.2008	3.0187
	21	15	262	7.4	499954.88	4750991.84	19.2	31.831	8.80	611.16	280.11	2	2	0.1216	0.0068	3.8704	0.2161	3.3450
	21	11	217	6.4	499959.31	4750989.83	19.6	31.831	8.20	623.89	261.01	2	2	0.1191	0.0070	3.7917	0.2239	3.5156
	21	7	149	8.4	499967.03	4750990.15	19.7	31.831	6.10	627.07	194.17	4	5	0.0930	0.0071	2.9611	0.2258	3.5590
	21	9	182	8.8	499963.46	4750987.55	23.75	14.147	10.20	335.99	144.30	2	2	0.2108	0.0097	2.9817	0.1373	2.4831
	21	2	102	14.8	499975.79	4750995.54	24.7	14.147	10.00	349.43	141.47	2	2	0.2239	0.0103	3.1678	0.1463	2.7294
	21	3	120	14.4	499974.70	4750991.55	26.55	14.147	11.60	375.60	164.11	2	2	0.2940	0.0116	4.1592	0.1641	3.2488
	21	10	198	2.2	499961.07	4750993.80	27.65	14.147	9.20	391.16	130.15	2	2	0.2605	0.0124	3.6847	0.1748	3.5831
	21	20	374	9.7	499957.15	4751004.90	28.5	14.147	9.00	403.19	127.32	2	2	0.2713	0.0129	3.8386	0.1831	3.8545
	21	12	248	2.7	499959.15	4750994.03	28.8	14.147	9.30	407.43	131.57	2	2	0.2850	0.0131	4.0325	0.1860	3.9531
	21	1	11	12.4	499963.13	4751008.22	29.05	14.147	8.50	410.97	120.25	3	2	0.2681	0.0133	3.7934	0.1885	4.0364
	21	21	391	11.1	499959.44	4751006.99	29.1	14.147	9.90	411.68	140.06	3	2	0.3072	0.0134	4.3462	0.1890	4.0532
	21	8	150	9	499967.36	4750989.64	31.75	14.147	8.70	449.17	123.08	3	2	0.3263	0.0152	4.6168	0.2149	5.0013
	21	22	392	10.8	499959.65	4751006.71	34.05	14.147	13.20	481.71	186.74	2	2	0.5388	0.0168	7.6217	0.2371	5.9203
	21	17	347	4.4	499957.75	4750998.96	34.7	14.147	11.80	490.90	166.93	2	2	0.5074	0.0172	7.1776	0.2432	6.1966
	21	16	298	11	499950.01	4750995.65	35.25	14.147	10.20	498.68	144.30	2	2	0.4611	0.0176	6.5234	0.2484	6.4361
21	5	129	9	499969.08	4750992.04	37	14.147	10.30	523.44	145.71	2	2	0.5119	0.0187	7.2424	0.2647	7.2340	
21	19	358	12	499953.65	4751005.48	44.95	5.093	8.20	228.93	41.76	3	5	0.6175	0.0233	3.1452	0.1188	4.1645	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnom	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT	0% f
435	21	2	48	3.4	507009.33	4751070.48	14.1	31.831	9.10	289.66	448.82	3	5	0.0679	0.0039	2.1607	0.1252		1.5886
	21	22	372	7.4	507003.85	4751074.70	17.4	31.831	10.10	321.49	553.86	3	2	0.1128	0.0057	3.5896	0.1821		2.6381
	21	10	177	7.8	507009.76	4751060.70	18.55	31.831	9.70	308.76	590.47	4	2	0.1236	0.0064	3.9345	0.2036		3.0784
	44	5	60	9.9	507015.01	4751073.82	19.1	31.831	6.50	206.90	607.97	3	5	0.0925	0.0067	2.9432	0.2142		3.3032
	21	18	350	13.5	506997.45	4751077.55	22.55	14.147	12.50	176.84	319.01	3	2	0.2270	0.0089	3.2110	0.1260		2.1912
	21	23	380	12.8	507003.04	4751080.17	22.75	14.147	14.50	205.13	321.84	2	2	0.2628	0.0090	3.7180	0.1279		2.2384
	21	4	51	14.1	507017.13	4751077.81	24.45	14.147	8.50	120.25	345.89	3	5	0.1905	0.0102	2.6952	0.1439		2.6633
	21	8	173	14.5	507012.97	4751054.78	24.85	14.147	14.00	198.06	351.55	3	2	0.3037	0.0104	4.2961	0.1477		2.7696
	21	7	144	2.7	507009.08	4751066.28	25.15	14.147	9.30	131.57	355.80	3	5	0.2179	0.0106	3.0824	0.1506		2.8509
	44	13	199	10	507007.16	4751058.00	26.1	14.147	12.60	178.25	369.24	3	2	0.3054	0.0113	4.3205	0.1597		3.1176
	44	1	45	14.4	507016.35	4751078.95	27.15	14.147	10.50	148.54	384.09	3	5	0.2818	0.0120	3.9867	0.1699		3.4288
	21	24	387	14.1	507004.14	4751081.81	27.85	14.147	11.30	159.86	393.99	4	2	0.3159	0.0125	4.4697	0.1767		3.6459
	21	11	186	7.5	507008.64	4751060.68	30.45	14.147	15.00	212.21	430.78	2	2	0.4825	0.0143	6.8254	0.2022		4.5216
	21	3	50	6.6	507011.67	4751072.67	32.15	14.147	11.50	162.69	454.83	3	2	0.4264	0.0155	6.0330	0.2188		5.1547
	21	9	176	12.8	507011.71	4751056.10	32.65	14.147	15.00	212.21	461.90	2	2	0.5540	0.0158	7.8378	0.2236		5.3502
	21	19	351	14.4	506996.98	4751078.34	35.05	14.147	17.00	240.50	495.85	3	2	0.7110	0.0174	10.0590	0.2465		6.3484
	21	25	392	12.4	507005.45	4751080.30	35.55	14.147	13.70	193.81	502.93	2	2	0.6061	0.0178	8.5747	0.2512		6.5691
	21	15	210	4.4	507006.31	4751063.65	36.55	14.147	14.80	209.38	517.07	3	2	0.6849	0.0184	9.6891	0.2605		7.0236
	21	17	308	4.5	507002.54	4751068.56	37.85	14.147	15.60	220.69	535.46	2	2	0.7684	0.0193	10.8708	0.2724		7.6414
	21	21	371	8.1	507003.44	4751075.27	37.95	14.147	16.30	230.60	536.88	3	2	0.8025	0.0193	11.3532	0.2733		7.6902
21	12	194	13.8	507008.30	4751054.26	38.05	14.147	15.30	216.45	538.29	2	2	0.7635	0.0194	10.8010	0.2742		7.7391	
21	6	89	13	507019.81	4751070.24	40.1	14.147	15.30	216.45	567.29	2	2	0.8472	0.0206	11.9853	0.2920		8.7833	
21	20	366	4.4	507004.76	4751071.79	43.7	5.093	15.00	76.40	222.56	2	2	0.9875	0.0227	5.0292	0.1155		3.8907	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT_0% f
443	21	12	272	9.5	488974.40	4750040.96	19.1	31.83	7.40	235.55	607.97	2	2	0.1035	0.0067	3.2946	0.2142	3.3032
	21	6	94	2.8	488985.79	4750045.26	19.85	31.83	8.30	264.20	631.85	2	2	0.1234	0.0072	3.9294	0.2288	3.6247
	21	11	246	9.1	488976.98	4750038.17	20.65	31.83	8.40	267.38	657.31	2	2	0.1349	0.0077	4.2941	0.2447	3.9872
	21	5	65	8.6	488990.33	4750049.49	21.15	31.83	7.20	229.18	673.23	2	2	0.1237	0.0080	3.9376	0.2548	4.2240
	21	4	40	8.8	488988.17	4750052.12	21.4	31.83	8.60	273.75	681.18	2	2	0.1478	0.0082	4.7041	0.2599	4.3455
	21	13	323	4.3	488978.98	4750046.52	22.35	31.83	7.70	245.10	711.42	2	2	0.1463	0.0088	4.6571	0.2795	4.8254
	21	8	133	3.9	488986.39	4750043.07	22.85	14.15	7.60	107.52	323.26	2	2	0.1511	0.0091	2.1382	0.1288	2.2622
	21	1	14	6.3	488984.37	4750051.15	23.2	14.15	8.50	120.25	328.21	2	2	0.1717	0.0093	2.4289	0.1321	2.3466
	21	9	225	12.4	488978.25	4750033.54	23.4	14.15	8.00	113.18	331.04	2	2	0.1657	0.0095	2.3437	0.1340	2.3957
	21	14	335	6.8	488977.20	4750048.55	23.6	14.15	8.80	124.49	333.87	2	2	0.1831	0.0096	2.5896	0.1359	2.4454
	21	7	113	12.5	488995.24	4750042.47	24.05	14.15	7.40	104.69	340.24	2	2	0.1634	0.0099	2.3123	0.1401	2.5594
	21	3	34	12.4	488989.31	4750055.67	24.8	14.15	9.10	128.74	350.85	2	2	0.2079	0.0104	2.9417	0.1472	2.7562
	21	2	20	14.8	488987.57	4750059.08	25.8	14.15	9.50	134.40	364.99	2	2	0.2335	0.0111	3.3029	0.1568	3.0319
	21	15	380	14.8	488978.43	4750059.08	27	14.15	9.60	135.81	381.97	2	2	0.2578	0.0119	3.6475	0.1685	3.3833
	21	10	232	3.6	488981.27	4750041.85	28.85	14.15	8.80	124.49	408.14	2	2	0.2726	0.0132	3.8564	0.1865	3.9697



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
461	21	3	63	10.1	485001.44	4749050.55	33	14.147	14.80	209.38	466.85	2	2	0.5593	0.0160	7.9124	0.2270	5.4895
	21	4	64	14.8	485005.50	4749052.93	33.15	14.147	13.20	186.74	468.97	2	2	0.5109	0.0161	7.2275	0.2284	5.5499
	21	15	368	4.1	484991.02	4749048.59	35.45	14.147	11.60	164.11	501.51	2	2	0.5215	0.0177	7.3780	0.2503	6.5246
	21	19	399	6.3	484992.90	4749051.30	36.15	14.147	11.50	162.69	511.41	2	2	0.5381	0.0182	7.6121	0.2568	6.8397
	21	2	45	13.3	485001.64	4749055.11	36.35	14.147	13.70	193.81	514.24	2	2	0.6335	0.0183	8.9615	0.2587	6.9313
	21	6	94	13.3	485006.24	4749046.25	36.95	14.147	12.10	171.18	522.73	2	2	0.5874	0.0187	8.3093	0.2642	7.2105
	21	14	270	14.2	484980.35	4749038.55	38.2	14.147	11.10	157.03	540.42	2	2	0.5820	0.0195	8.2342	0.2755	7.8129
	21	1	9	12.5	484994.76	4749057.38	38.65	14.147	14.70	207.96	546.78	2	2	0.7606	0.0198	10.7603	0.2795	8.0367
	21	18	395	10.7	484992.16	4749055.67	41.35	14.147	14.50	205.13	584.98	3	2	0.8593	0.0214	12.1560	0.3025	9.4583
	21	16	375	11.7	484988.52	4749055.81	42.5	5.093	14.20	72.32	216.45	2	2	0.8909	0.0220	4.5376	0.1122	3.6379
	21	13	257	24.2	484974.11	4749029.87	43.2	5.093	12.10	61.63	220.02	2	2	0.8007	0.0224	4.0778	0.1142	3.7842
	21	10	222	17.3	484987.14	4749028.72	43.85	5.093	14.20	72.32	223.33	3	2	0.9479	0.0228	4.8278	0.1159	3.9229
	21	5	77	11.2	485003.48	4749048.96	44.85	5.093	16.20	82.51	228.42	3	2	1.1117	0.0233	5.6616	0.1185	4.1422
	21	12	236	23.7	484980.30	4749024.99	45.4	5.093	4.50	22.92	231.22	5	5	0.3737	0.0235	1.9034	0.1199	4.2658



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
485	21	5	109	3.6	491997.56	4748026.49	32.2	14.147	14.00	198.06	455.53	3	2	0.5076	0.0155	7.1810	0.2192	5.1740
	21	11	206	7.6	491993.28	4748019.43	33.35	14.147	20.00	282.94	471.80	3	2	0.7421	0.0163	10.4988	0.2303	5.6310
	21	2	63	3.9	491997.26	4748029.14	37.95	14.147	15.50	219.28	536.88	2	2	0.7681	0.0193	10.8669	0.2733	7.6902
	21	1	1	10.2	491994.16	4748037.20	41.7	14.147	16.50	233.43	589.93	3	2	0.9777	0.0216	13.8313	0.3053	9.6525
	21	15	276	5.4	491988.98	4748025.01	42	14.147	19.50	275.87	594.17	2	2	1.1468	0.0218	16.2234	0.3077	9.8209
	21	13	268	4.3	491990.23	4748024.93	42.35	14.147	17.80	251.82	599.13	2	2	1.0769	0.0219	15.2345	0.3105	10.0194
	21	4	108	17.1	492010.97	4748024.86	42.55	5.093	16.30	83.02	216.71	2	2	1.0069	0.0221	5.1279	0.1123	3.6483
	21	14	272	18.6	491977.17	4748019.08	42.8	5.093	16.50	84.03	217.98	3	2	1.0295	0.0222	5.2431	0.1131	3.7002
	21	3	81	16.6	492009.87	4748031.88	43.4	5.093	15.00	76.40	221.04	3	2	0.9741	0.0225	4.9610	0.1147	3.8265
	21	10	205	12.5	491993.02	4748014.54	44.85	5.093	19.50	99.31	228.42	2	2	1.3062	0.0233	6.6525	0.1185	4.1422
	21	12	224	13.2	491989.14	4748014.73	45.85	5.093	19.50	99.31	233.51	3	2	1.3646	0.0238	6.9498	0.1210	4.3685
	21	7	140	14.7	492005.89	4748018.36	51.6	5.093	19.00	96.77	262.80	3	2	1.6862	0.0260	8.5879	0.1325	5.8088
	21	17	339	18.8	491978.62	4748037.81	54.7	5.093	17.00	86.58	278.59	2	2	1.7184	0.0268	8.7519	0.1363	6.6865
	45	16	302	302	23.6	491970.41	4748027.74	58.9	5.093	9.00	45.84	299.98	4	5	1.1444	0.0271	5.8283	0.1382



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT	0% f
495	21	4	17	3.5	486998.92	4747030.38	11.9	127.3	8.00	1018.59	1515.16	6	0	0.0434	0.0029	5.5196	0.3672		4.2206
	21	35	377	4.3	486996.48	4747031.02	12.9	31.83	10.00	318.31	410.62	3	2	0.0618	0.0033	1.9662	0.1065		1.2818
	21	25	273	6.9	486991.71	4747024.16	13.2	31.83	10.10	321.49	420.17	3	2	0.0652	0.0035	2.0758	0.1110		1.3549
	21	6	25	7.2	487000.76	4747033.65	13.65	31.83	9.50	302.39	434.49	6	0	0.0661	0.0037	2.1033	0.1180		1.4690
	21	1	10	1.8	486998.28	4747028.78	13.7	31.83	10.90	346.96	436.08	2	2	0.0750	0.0037	2.3878	0.1188		1.4820
	21	27	294	2.5	486995.51	4747026.76	13.8	31.83	10.80	343.77	439.27	3	2	0.0755	0.0038	2.4031	0.1204		1.5083
	21	8	32	6.9	487001.32	4747033.05	17	31.83	11.30	359.69	541.13	3	2	0.1187	0.0055	3.7795	0.1748		2.4942
	21	17	223	6.7	486995.63	4747020.73	17.15	31.83	10.30	327.86	545.90	2	2	0.1115	0.0056	3.5481	0.1775		2.5476
	45	11	130	1	486998.89	4747026.55	17.75	31.83	5.80	184.62	565.00	3	5	0.0724	0.0059	2.3049	0.1886		2.7679
	21	32	347	2	486996.52	4747028.35	17.9	31.83	11.80	375.61	569.77	2	2	0.1366	0.0060	4.3472	0.1914		2.8246
	21	24	272	1.8	486996.37	4747026.23	18	31.83	12.20	388.34	572.96	2	2	0.1422	0.0061	4.5248	0.1932		2.8629
	21	13	203	6.6	486997.69	4747020.41	18.1	31.83	9.40	299.21	576.14	2	2	0.1146	0.0061	3.6465	0.1951		2.9014
	21	12	186	8.8	486999.92	4747018.41	18.6	31.83	9.00	286.48	592.06	2	2	0.1164	0.0064	3.7060	0.2046		3.0985
	21	20	237	4.8	486995.36	4747022.99	19.1	31.83	11.00	350.14	607.97	2	2	0.1461	0.0067	4.6511	0.2142		3.3032
	21	3	15	9.4	487000.19	4747036.14	19.1	31.83	11.70	372.42	607.97	3	2	0.1542	0.0067	4.9075	0.2142		3.3032
	21	22	259	7.2	486992.24	4747022.68	20.05	31.83	11.00	350.14	638.21	2	2	0.1609	0.0073	5.1210	0.2327		3.7135
	21	5	23	6	487000.12	4747032.61	20.3	31.83	12.00	381.97	646.17	2	2	0.1778	0.0075	5.6610	0.2377		3.8261
	21	7	29	8.6	487001.78	4747034.72	22.1	31.83	12.80	407.44	703.47	2	2	0.2226	0.0086	7.0864	0.2743		4.6962
	21	23	266	4.6	486994.04	4747024.66	23.25	14.15	13.40	189.57	328.92	3	2	0.2562	0.0094	3.6243	0.1326		2.3589
	21	14	207	11.6	486996.73	4747015.47	23.5	14.15	9.50	134.40	332.45	2	2	0.1940	0.0095	2.7447	0.1349		2.4205
	21	15	216	9.4	486995.66	4747017.90	23.7	14.15	10.00	141.47	335.28	2	2	0.2063	0.0097	2.9186	0.1368		2.4705
	21	2	11	9.6	486999.65	4747036.46	24	14.15	10.50	148.54	339.53	3	2	0.2207	0.0099	3.1220	0.1396		2.5466
	21	28	314	13.8	486984.53	4747030.01	24.15	14.15	13.30	188.16	341.65	2	2	0.2744	0.0100	3.8824	0.1410		2.5851
	21	9	50	11.6	487006.20	4747035.20	24.55	14.15	9.80	138.64	347.31	2	2	0.2174	0.0102	3.0752	0.1448		2.6896
	21	31	343	4.5	486994.49	4747029.81	24.65	14.15	13.20	186.74	348.72	2	2	0.2839	0.0103	4.0169	0.1458		2.7161
	21	16	220	8.6	486995.34	4747018.82	25.6	14.15	10.50	148.54	362.16	3	2	0.2508	0.0109	3.5481	0.1549		2.9755
	21	38	390	5.1	486997.20	4747032.04	26.1	14.15	11.70	165.52	369.24	2	2	0.2863	0.0113	4.0508	0.1597		3.1176
	21	18	226	14.4	486992.28	4747013.78	26.35	14.15	11.00	155.62	372.77	2	2	0.2766	0.0115	3.9124	0.1621		3.1901
	21	26	275	5.2	486993.20	4747025.01	27.7	14.15	10.20	144.30	391.87	3	2	0.2859	0.0124	4.0452	0.1753		3.5987
	21	39	391	11.6	486996.37	4747038.48	28.3	14.15	12.00	169.76	400.36	2	2	0.3437	0.0128	4.8616	0.1811		3.7896
21	36	378	4.7	486996.41	4747031.42	28.6	14.15	15.50	219.28	404.60	2	2	0.4384	0.0130	6.2022	0.1841		3.8872	
21	19	231	12.1	486992.34	4747016.31	28.8	14.15	13.00	183.91	407.43	2	2	0.3814	0.0131	5.3964	0.1860		3.9531	
21	30	342	14.5	486986.54	4747035.89	29.15	14.15	13.70	193.81	412.39	2	2	0.4089	0.0134	5.7852	0.1895		4.0700	
21	34	360	6	486994.47	4747031.85	31	14.15	13.70	193.81	438.56	2	2	0.4620	0.0147	6.5358	0.2076		4.7211	
21	21	238	14.3	486989.96	4747015.17	38.3	14.15	14.40	203.72	541.83	2	2	0.7337	0.0195	10.3801	0.2764		7.8623	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	Xed50	Yed50	Diamnorm	factor	Ht	Dn*f	Ht*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
503	21	7	233	3.9	504038.07	4747023.61	13.85	31.831	8.00	440.86	254.65	6	0	0.0586	0.0038	1.8643	0.1212	1.5215
	21	15	367	8.3	504035.89	4747034.21	13.85	31.831	7.50	440.86	238.73	3	2	0.0554	0.0038	1.7625	0.1212	1.5215
	21	16	394	7.1	504039.33	4747034.07	16.1	31.831	8.50	512.48	270.56	3	2	0.0832	0.0050	2.6487	0.1588	2.1875
	21	2	47	14.8	504049.96	4747037.95	22.65	14.147	11.80	320.43	166.93	3	2	0.2178	0.0090	3.0809	0.1270	2.2147
	44	14	357	5.7	504036.44	4747031.45	22.7	14.147	9.30	321.14	131.57	3	5	0.1778	0.0090	2.5156	0.1274	2.2265
	44	13	354	5.9	504036.10	4747031.43	23.2	14.147	8.00	328.21	113.18	3	5	0.1629	0.0093	2.3041	0.1321	2.3466
	21	3	84	14.1	504053.66	4747030.51	24.95	14.147	11.00	352.97	155.62	3	2	0.2482	0.0105	3.5110	0.1487	2.7965
	21	6	213	12.9	504037.38	4747014.37	27.05	14.147	12.20	382.68	172.59	2	2	0.3188	0.0119	4.5095	0.1689	3.3984
	21	1	15	12.8	504042.99	4747039.45	27.7	14.147	11.20	391.87	158.45	2	2	0.3102	0.0124	4.3880	0.1753	3.5987
	21	8	234	6.3	504036.79	4747021.58	31	14.147	11.10	438.56	157.03	2	2	0.3847	0.0147	5.4424	0.2076	4.7211
	21	9	250	12.3	504031.30	4747018.30	32	14.147	13.80	452.70	195.23	3	2	0.4951	0.0154	7.0046	0.2173	5.0969
	21	11	262	9.7	504031.98	4747021.55	32.8	14.147	8.00	464.02	113.18	4	2	0.3236	0.0159	4.5779	0.2250	5.4096
	21	12	297	13.3	504026.71	4747026.37	34.45	14.147	11.00	487.36	155.62	2	2	0.4705	0.0170	6.6563	0.2409	6.0895
	21	10	254	9.2	504033.10	4747020.92	37.55	14.147	14.50	531.22	205.13	2	2	0.7098	0.0191	10.0412	0.2697	7.4961
	21	5	206	5	504039.53	4747022.02	38.85	14.147	12.60	549.61	178.25	2	2	0.6720	0.0199	9.5068	0.2812	8.1374
21	17	398	2.8	504039.91	4747029.80	38.95	14.147	11.50	551.03	162.69	3	2	0.6238	0.0199	8.8255	0.2821	8.1880	
21	4	131	6.9	504046.10	4747023.77	39.8	14.147	14.70	563.05	207.96	2	2	0.8061	0.0205	11.4043	0.2895	8.6257	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT	0% f
509	21	29	223	3.6	485975.73	4746014.63	10.15	127.3	8.10	1031.32	1292.34	3	3	0.0320	0.0021	4.0704	0.2732		2.8758
	21	35	270	4.3	485973.17	4746016.05	11.65	127.3	7.40	942.20	1483.32	2	2	0.0388	0.0028	4.9451	0.3531		4.0099
	21	3	30	9.5	485981.31	4746026.46	12.5	31.83	8.70	276.93	397.89	2	2	0.0514	0.0032	1.6364	0.1005		1.1881
	21	37	305	8.4	485968.63	4746018.66	12.55	31.83	7.00	222.82	399.48	4	5	0.0429	0.0032	1.3652	0.1012		1.1996
	21	30	232	5.4	485974.40	4746013.27	12.85	31.83	8.50	270.56	409.03	2	2	0.0532	0.0033	1.6939	0.1057		1.2699
	21	11	132	4.7	485981.12	4746015.74	12.95	31.83	8.00	254.65	412.21	2	2	0.0513	0.0034	1.6318	0.1072		1.2939
	21	24	202	6.6	485976.79	4746011.40	13	31.83	7.30	232.37	413.80	3	3	0.0477	0.0034	1.5184	0.1080		1.3059
	21	27	220	3	485976.07	4746015.15	13.05	31.83	8.00	254.65	415.39	3	2	0.0521	0.0034	1.6568	0.1087		1.3181
	21	20	187	7.4	485978.50	4746010.75	13.05	31.83	9.40	299.21	415.39	2	2	0.0599	0.0034	1.9064	0.1087		1.3181
	21	10	112	9.3	485986.14	4746016.26	13.45	31.83	5.70	181.44	428.13	3	5	0.0412	0.0036	1.3098	0.1149		1.4176
	21	23	201	9.1	485976.86	4746008.90	13.8	31.83	7.90	251.46	439.27	2	2	0.0575	0.0038	1.8308	0.1204		1.5083
	21	16	149	4.1	485979.94	4746015.15	14.4	31.83	8.30	264.20	458.37	2	2	0.0653	0.0041	2.0795	0.1300		1.6713
	21	5	61	8.1	485983.63	4746022.66	14.45	31.83	7.10	226.00	459.96	2	2	0.0574	0.0041	1.8279	0.1308		1.6853
	21	4	50	9.8	485983.93	4746024.93	14.45	31.83	7.60	241.92	459.96	2	2	0.0609	0.0041	1.9393	0.1308		1.6853
	21	44	396	5.5	485976.65	4746023.49	14.55	31.83	6.80	216.45	463.14	2	2	0.0561	0.0042	1.7847	0.1325		1.7136
	21	22	200	6.7	485977.00	4746011.30	16.05	31.83	8.70	276.93	510.89	2	2	0.0844	0.0050	2.6862	0.1579		2.1712
	21	8	90	9.9	485986.78	4746019.55	16.25	31.83	6.50	206.90	517.25	2	5	0.0671	0.0051	2.1363	0.1614		2.2370
	21	2	28	9.8	485981.17	4746026.87	16.35	31.83	8.60	273.75	520.44	2	2	0.0867	0.0051	2.7588	0.1632		2.2703
	21	9	99	4.6	485981.60	4746018.07	16.7	31.83	6.80	216.45	531.58	2	2	0.0737	0.0053	2.3455	0.1694		2.3893
	21	15	147	1.3	485977.96	4746017.13	16.8	31.83	8.70	276.93	534.76	2	2	0.0924	0.0054	2.9408	0.1712		2.4240
	21	39	328	6.8	485970.85	4746020.90	16.95	31.83	6.00	190.99	539.54	4	5	0.0681	0.0055	2.1664	0.1739		2.4765
	21	18	177	5.5	485978.94	4746012.86	17.35	31.83	8.10	257.83	552.27	2	2	0.0925	0.0057	2.9458	0.1812		2.6198
	21	6	63	1.5	485978.25	4746018.82	17.55	31.83	7.20	229.18	558.63	2	2	0.0855	0.0058	2.7201	0.1849		2.6933
	21	7	80	2.1	485979.00	4746018.65	17.7	31.83	6.60	210.08	563.41	3	5	0.0806	0.0059	2.5647	0.1876		2.7491
	21	12	133	7.3	485983.34	4746014.38	18.2	31.83	8.20	261.01	579.32	2	5	0.1028	0.0062	3.2736	0.1970		2.9402
	21	34	259	6.2	485972.04	4746014.28	20.2	31.83	9.20	292.85	642.99	3	2	0.1398	0.0074	4.4490	0.2357		3.7808
	21	25	212	3.4	485976.36	4746014.66	21.05	31.83	10.30	327.86	670.04	2	2	0.1673	0.0079	5.3263	0.2528		4.1760
	21	38	327	4.8	485972.63	4746019.98	21.25	31.83	8.00	254.65	676.41	2	5	0.1369	0.0081	4.3561	0.2568		4.2723
	21	36	303	8.1	485968.91	4746018.38	21.4	31.83	8.50	270.56	681.18	2	2	0.1463	0.0082	4.6565	0.2599		4.3455
	21	17	156	8.7	485982.55	4746011.30	22	31.83	10.30	327.86	700.28	2	2	0.1826	0.0086	5.8134	0.2722		4.6451
21	41	346	3.1	485974.67	4746020.05	22.05	31.83	7.70	245.10	701.87	3	5	0.1424	0.0086	4.5340	0.2732		4.6707	
21	1	26	13.1	485982.20	4746030.02	23.4	14.15	8.30	117.42	331.04	2	2	0.1711	0.0095	2.4200	0.1340		2.3957	
21	33	250	14.8	485966.53	4746007.53	24.6	14.15	11.80	166.93	348.02	2	2	0.2565	0.0103	3.6290	0.1453		2.7029	
21	40	334	4.2	485973.38	4746020.14	26.25	14.15	7.60	107.52	371.36	3	5	0.1990	0.0114	2.8150	0.1612		3.1610	
21	26	217	11.5	485973.97	4746006.91	28.15	14.15	11.80	166.93	398.24	3	2	0.3351	0.0127	4.7409	0.1797		3.7413	
21	28	221	11.8	485973.18	4746006.84	28.2	14.15	11.70	165.52	398.95	2	2	0.3338	0.0127	4.7225	0.1802		3.7574	
21	13	135	14.1	485989.02	4746010.63	30.35	14.15	10.10	142.88	429.36	2	2	0.3398	0.0142	4.8071	0.2012		4.4859	
21	31	239	12.7	485969.70	4746007.61	31.4	14.15	8.80	124.49	444.22	3	5	0.3224	0.0149	4.5616	0.2115		4.8694	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT	0% f
512	21	8	100	9.1	491999.10	4745962.00	14.7	31.831	9.20	292.85	467.92	3	2	0.0744	0.0042	2.3692	0.1349	1.7565	
	21	18	237	7.5	491985.88	4745955.73	26	14.147	13.80	195.23	367.82	2	2	0.3280	0.0112	4.6408	0.1588	3.0889	
	21	11	149	10.9	491997.83	4745954.41	27.7	14.147	12.00	169.76	391.87	3	2	0.3294	0.0124	4.6594	0.1753	3.5987	
	21	20	261	12.8	491979.53	4745954.64	28.35	14.147	15.00	212.21	401.07	2	2	0.4187	0.0128	5.9238	0.1816	3.8058	
	21	22	282	10	491980.40	4745959.21	28.5	14.147	15.20	215.03	403.19	2	2	0.4280	0.0129	6.0555	0.1831	3.8545	
	21	14	191	11.2	491991.58	4745950.91	29.1	14.147	12.20	172.59	411.68	2	2	0.3684	0.0134	5.2123	0.1890	4.0532	
	21	16	206	8	491989.25	4745954.04	29.95	14.147	14.00	198.06	423.70	5	2	0.4397	0.0139	6.2203	0.1973	4.3446	
	21	3	36	13.2	491997.07	4745973.15	31	14.147	14.20	200.89	438.56	2	2	0.4766	0.0147	6.7428	0.2076	4.7211	
	21	7	93	10.7	492000.64	4745963.17	31.15	14.147	10.70	151.37	440.68	3	2	0.3762	0.0148	5.3221	0.2090	4.7764	
	21	6	62	4.2	491993.47	4745964.36	31.45	14.147	12.10	171.18	444.92	3	2	0.4267	0.0150	6.0366	0.2119	4.8881	
	21	17	225	11.5	491985.60	4745951.38	31.55	14.147	13.10	185.33	446.34	3	2	0.4601	0.0151	6.5091	0.2129	4.9257	
	21	27	375	7.3	491987.21	4745968.74	35.35	14.147	13.00	183.91	500.10	2	2	0.5726	0.0176	8.1012	0.2494	6.4803	
	21	4	47	7.4	491994.98	4745967.47	35.6	14.147	10.80	152.79	503.63	4	2	0.4942	0.0178	6.9916	0.2517	6.5914	
	21	13	188	4.7	491990.88	4745957.38	37	14.147	11.30	159.86	523.44	2	2	0.5549	0.0187	7.8503	0.2647	7.2340	
	21	1	16	8	491991.99	4745969.75	37.8	14.147	15.00	212.21	534.76	3	2	0.7407	0.0192	10.4787	0.2719	7.6170	
	21	28	385	12.7	491987.04	4745974.35	38.05	14.147	13.50	190.98	538.29	3	2	0.6847	0.0194	9.6868	0.2742	7.7391	
	21	19	245	12.3	491982.01	4745952.65	42.2	14.147	16.40	232.01	597.00	2	2	0.9958	0.0219	14.0873	0.3093	9.9341	
	21	25	316	19.7	491970.92	4745966.90	42.95	5.093	18.70	95.24	218.74	2	2	1.1559	0.0223	5.8869	0.1135	3.7316	
	21	26	367	12.7	491983.71	4745973.03	43.3	5.093	14.80	75.38	220.53	2	2	0.9584	0.0225	4.8811	0.1144	3.8053	
	21	24	289	12.9	491977.29	4745959.78	43.6	5.093	16.80	85.56	222.05	3	2	1.0848	0.0226	5.5251	0.1152	3.8692	
21	23	284	22	491968.69	4745956.53	44.1	5.093	19.00	96.77	224.60	3	2	1.2350	0.0229	6.2900	0.1166	3.9771		
21	2	23	11.6	491994.10	4745972.85	45.65	5.093	17.50	89.13	232.50	2	2	1.2313	0.0237	6.2708	0.1205	4.3227		
21	9	105	21.3	492011.23	4745960.33	45.9	5.093	17.00	86.58	233.77	3	2	1.2137	0.0238	6.1813	0.1211	4.3800		
21	21	272	23	491969.19	4745952.21	56.15	5.093	17.50	89.13	285.97	2	2	1.8561	0.0270	9.4533	0.1374	7.1221		



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
513	21	21	257	6.3	493012.08	4746007.06	21.35	31.831	11.20	356.51	679.59	5	2	0.1851	0.0081	5.8919	0.2589	4.3210
	21	18	230	11.4	493011.82	4746000.84	24.5	14.147	10.40	147.13	346.60	2	2	0.2280	0.0102	3.2253	0.1444	2.6764
	21	15	197	10.8	493017.51	4746000.21	25.65	14.147	11.10	157.03	362.87	3	2	0.2642	0.0110	3.7383	0.1554	2.9895
	21	17	212	5.2	493016.03	4746005.89	26.15	14.147	10.60	149.96	369.94	2	2	0.2638	0.0113	3.7315	0.1602	3.1320
	21	12	164	7.2	493020.86	4746004.92	27.85	14.147	12.00	169.76	393.99	2	2	0.3329	0.0125	4.7096	0.1767	3.6459
	21	11	155	4.7	493020.05	4746007.43	28.7	14.147	13.30	188.16	406.02	2	2	0.3864	0.0131	5.4667	0.1851	3.9201
	45	27	286	14.4	493002.95	4746007.86	28.8	14.147	8.20	116.01	407.43	2	4	0.2555	0.0131	3.6142	0.1860	3.9531
	21	10	139	10.6	493025.67	4746004.90	28.8	14.147	12.50	176.84	407.43	2	2	0.3687	0.0131	5.2154	0.1860	3.9531
	21	9	125	10.6	493026.79	4746006.94	29.15	14.147	12.60	178.25	412.39	2	2	0.3802	0.0134	5.3789	0.1895	4.0700
	21	35	392	12	493015.50	4746022.91	29.15	14.147	14.50	205.13	412.39	2	2	0.4296	0.0134	6.0779	0.1895	4.0700
	21	13	179	6.6	493019.14	4746004.76	29.35	14.147	10.90	154.20	415.21	2	2	0.3398	0.0135	4.8065	0.1914	4.1376
	21	31	361	12.6	493009.75	4746021.31	30.45	14.147	13.60	192.40	430.78	2	2	0.4430	0.0143	6.2678	0.2022	4.5216
	21	30	334	11.7	493006.93	4746016.96	30.7	14.147	12.60	178.25	434.31	2	2	0.4213	0.0145	5.9608	0.2046	4.6117
	21	5	59	11.4	493026.12	4746017.84	30.9	14.147	12.70	179.67	437.14	2	2	0.4298	0.0146	6.0797	0.2066	4.6845
	21	29	316	8.1	493009.15	4746013.01	30.9	14.147	13.70	193.81	437.14	2	2	0.4590	0.0146	6.4940	0.2066	4.6845
	21	25	272	5.1	493012.39	4746008.83	31.45	14.147	13.40	189.57	444.92	2	2	0.4663	0.0150	6.5969	0.2119	4.8881
	21	20	251	5.9	493012.76	4746006.89	31.85	14.147	13.80	195.23	450.58	2	2	0.4905	0.0153	6.9396	0.2158	5.0394
	21	4	56	5.8	493021.47	4746014.70	33.15	14.147	14.00	198.06	468.97	2	2	0.5377	0.0161	7.6071	0.2284	5.5499
	21	7	113	13.9	493030.61	4746008.18	33.35	14.147	14.50	205.13	471.80	2	2	0.5610	0.0163	7.9370	0.2303	5.6310
	21	6	75	3.3	493020.05	4746012.26	33.4	14.147	13.00	183.91	472.51	2	2	0.5117	0.0163	7.2392	0.2308	5.6514
	21	1	0	14.3	493017.00	4746025.30	34.85	14.147	15.00	212.21	493.02	2	2	0.6305	0.0173	8.9196	0.2447	6.2614
	21	3	16	12.4	493020.08	4746023.01	35.5	14.147	14.50	205.13	502.22	2	2	0.6350	0.0177	8.9835	0.2508	6.5468
	21	33	370	7.6	493013.55	4746017.77	36.65	14.147	14.70	207.96	518.49	2	2	0.6846	0.0185	9.6844	0.2615	7.0701
	21	16	202	8.4	493016.74	4746002.60	36.75	14.147	12.30	174.01	519.90	2	2	0.5894	0.0185	8.3384	0.2624	7.1167
	21	34	378	10.9	493013.31	4746021.26	37.55	14.147	14.60	206.55	531.22	2	2	0.7140	0.0191	10.1015	0.2697	7.4961
	21	32	361	4.6	493014.35	4746014.76	37.85	14.147	15.20	215.03	535.46	2	2	0.7513	0.0193	10.6280	0.2724	7.6414
	21	28	304	14.3	493002.73	4746011.90	43.45	5.093	15.20	77.41	221.29	2	2	0.9876	0.0225	5.0300	0.1148	3.8372
	21	23	258	12.8	493006.89	4746003.15	43.65	5.093	9.00	45.84	222.31	3	2	0.6318	0.0227	3.2177	0.1154	3.8799
21	24	260	23.2	492998.23	4745997.36	44.2	5.093	12.20	62.13	225.11	2	2	0.8439	0.0229	4.2978	0.1169	3.9989	
21	2	7	4.4	493017.48	4746015.37	44.25	5.093	16.00	81.49	225.37	2	2	1.0707	0.0230	5.4532	0.1170	4.0098	
21	8	114	16.5	493033.10	4746007.40	50.65	5.093	14.00	71.30	257.96	2	2	1.2461	0.0257	6.3463	0.1310	5.5542	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
515	21	12	217	7.4	495033.05	4745983.86	14.25	31.83	7.00	222.82	453.59	4	5	0.0552	0.0040	1.7562	0.1276	1.6296
	21	8	175	8.8	495038.37	4745982.87	16.15	31.83	9.80	311.94	514.07	3	2	0.0948	0.0050	3.0162	0.1597	2.2039
	21	27	354	8.8	495029.18	4745997.60	16.3	31.83	10.70	340.59	518.85	3	2	0.1042	0.0051	3.3160	0.1623	2.2536
	21	11	213	8.3	495033.32	4745982.87	17.35	31.83	8.50	270.56	552.27	3	2	0.0965	0.0057	3.0719	0.1812	2.6198
	21	6	153	6	495039.04	4745986.56	20.95	31.83	10.30	327.86	666.86	3	2	0.1658	0.0079	5.2762	0.2508	4.1283
	21	20	298	9.4	495025.60	4745990.70	21.2	31.83	13.80	439.27	674.82	2	2	0.2189	0.0080	6.9670	0.2558	4.2481
	21	4	144	14.8	495046.40	4745981.57	22.9	14.15	11.50	162.69	323.97	3	2	0.2176	0.0091	3.0789	0.1293	2.2741
	21	18	261	5.3	495030.66	4745987.95	23	14.15	13.00	183.91	325.38	2	2	0.2442	0.0092	3.4552	0.1302	2.2981
	21	29	388	9.7	495033.18	4746000.53	23.05	14.15	11.70	165.52	326.09	2	2	0.2238	0.0092	3.1662	0.1307	2.3102
	21	26	340	10.9	495026.18	4745997.41	23.2	14.15	13.00	183.91	328.21	3	2	0.2485	0.0093	3.5150	0.1321	2.3466
	21	10	210	10.9	495033.29	4745980.23	23.55	14.15	10.80	152.79	333.16	2	2	0.2178	0.0096	3.0816	0.1354	2.4329
	21	25	330	10.2	495025.91	4745995.63	23.6	14.15	15.00	212.21	333.87	2	2	0.2911	0.0096	4.1181	0.1359	2.4454
	21	2	33	13.9	495041.89	4746003.07	24.05	14.15	10.50	148.54	340.24	2	2	0.2216	0.0099	3.1349	0.1401	2.5594
	21	9	210	12.1	495033.11	4745979.05	24.15	14.15	13.20	186.74	341.65	2	2	0.2726	0.0100	3.8570	0.1410	2.5851
	21	21	300	11.7	495023.30	4745991.00	24.5	14.15	14.00	198.06	346.60	3	2	0.2953	0.0102	4.1770	0.1444	2.6764
	21	30	392	14.3	495033.21	4746005.19	24.85	14.15	8.50	120.25	351.55	4	2	0.1967	0.0104	2.7834	0.1477	2.7696
	21	22	301	4.7	495030.30	4745991.07	25.35	14.15	15.50	219.28	358.63	3	2	0.3452	0.0108	4.8829	0.1525	2.9059
	21	3	136	12.5	495045.55	4745984.30	26.35	14.15	12.00	169.76	372.77	3	2	0.2983	0.0115	4.2200	0.1621	3.1901
	21	1	17	4.4	495036.16	4745995.24	26.55	14.15	10.60	149.96	375.60	2	2	0.2718	0.0116	3.8455	0.1641	3.2488
	21	19	269	6.6	495029.17	4745987.91	27.05	14.15	14.00	198.06	382.68	3	2	0.3593	0.0119	5.0830	0.1689	3.3984
21	28	366	11.4	495029.20	4746000.81	27.75	14.15	14.70	207.96	392.58	2	2	0.3944	0.0124	5.5789	0.1758	3.6144	
21	13	223	13.7	495030.16	4745978.18	29.95	14.15	14.50	205.13	423.70	2	2	0.4533	0.0139	6.4131	0.1973	4.3446	
21	16	250	12.1	495026.44	4745982.44	30.15	14.15	15.00	212.21	426.53	2	2	0.4731	0.0141	6.6928	0.1992	4.4149	
21	23	314	6.3	495028.85	4745992.37	30.5	14.15	14.00	198.06	431.48	2	2	0.4558	0.0143	6.4488	0.2027	4.5396	
21	24	325	10.9	495024.93	4745995.17	32.65	14.15	16.10	227.77	461.90	2	2	0.5892	0.0158	8.3355	0.2236	5.3502	
21	5	149	13.7	495044.84	4745981.47	33.3	14.15	13.20	186.74	471.10	3	2	0.5155	0.0162	7.2925	0.2299	5.6107	
21	17	258	11.9	495025.60	4745983.71	37.7	14.15	12.50	176.84	533.34	2	2	0.6288	0.0192	8.8951	0.2710	7.5685	
21	15	242	23.3	495020.72	4745972.59	43.1	5.093	16.50	84.03	219.51	2	2	1.0438	0.0224	5.3162	0.1139	3.7631	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
541	76	18	317	4.8	508014.37	4745029.27	10	127.32	6.20	789.41	1273.24	2	3	0.0246	0.0021	3.1321	0.2657	2.7743
	76	9	147	5.2	508022.85	4745024.50	13.4	31.831	6.70	213.27	426.54	2	5	0.0470	0.0036	1.4965	0.1141	1.4050
	21	11	194	5.1	508019.48	4745022.92	13.75	31.831	7.20	229.18	437.68	4	3	0.0527	0.0038	1.6768	0.1196	1.4951
	44	2	49	5	508022.48	4745031.59	14.2	31.831	10.50	334.23	452.00	2	5	0.0780	0.0040	2.4816	0.1268	1.6159
	21	20	335	7.5	508012.61	4745031.92	17.6	31.831	9.80	311.94	560.23	2	2	0.1124	0.0058	3.5768	0.1858	2.7118
	21	16	249	12.9	508010.02	4745018.74	23.6	14.147	11.40	161.28	333.87	3	2	0.2293	0.0096	3.2436	0.1359	2.4454
	21	21	349	13.8	508009.09	4745037.60	24.3	14.147	12.10	171.18	343.77	2	2	0.2559	0.0101	3.6200	0.1425	2.6240
	21	1	9	6.9	508019.97	4745034.83	27.15	14.147	10.80	152.79	384.09	3	2	0.2888	0.0120	4.0856	0.1699	3.4288
	21	3	89	5	508023.93	4745028.86	27.25	14.147	12.10	171.18	385.51	3	2	0.3211	0.0121	4.5432	0.1709	3.4593
	21	10	180	1.4	508019.43	4745026.67	29.1	14.147	13.10	185.33	411.68	3	2	0.3920	0.0134	5.5452	0.1890	4.0532
	21	19	323	11.4	508008.34	4745032.03	29.25	14.147	13.10	185.33	413.80	2	2	0.3960	0.0135	5.6020	0.1904	4.1037
	21	12	205	1.9	508018.85	4745026.11	29.35	14.147	12.50	176.84	415.21	3	2	0.3827	0.0135	5.4147	0.1914	4.1376
	21	4	93	4.9	508023.87	4745028.54	29.7	14.147	12.80	181.08	420.17	2	2	0.4000	0.0138	5.6590	0.1948	4.2577
	21	7	119	13.3	508031.71	4745024.09	30.3	14.147	11.10	157.03	428.65	3	2	0.3677	0.0142	5.2015	0.2007	4.4681
	21	8	127	9.6	508027.75	4745024.05	31.55	14.147	11.70	165.52	446.34	2	2	0.4170	0.0151	5.8996	0.2129	4.9257
	21	6	110	12.1	508030.95	4745026.11	31.75	14.147	10.20	144.30	449.17	2	2	0.3748	0.0152	5.3019	0.2149	5.0013
	21	15	243	6.9	508014.69	4745022.62	35.15	14.147	12.00	169.76	497.27	3	2	0.5282	0.0175	7.4718	0.2475	6.3922
	21	17	290	11.8	508007.35	4745026.15	41.25	14.147	13.20	186.74	583.56	2	2	0.7881	0.0213	11.1486	0.3017	9.4032
21	13	213	11.2	508016.73	4745017.03	43.95	5.093	12.00	61.12	223.84	3	2	0.8225	0.0228	4.1891	0.1162	3.9446	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	Xed50	Yed50	Dn	Ht	factor	Ht*f	Dn*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
567	21	21	225	7.6	498992.09	4742996.98	12.95	7.40	31.831	235.55	412.21	3	2	0.0479	0.0034	1.5248	0.1072	1.2939
	21	32	323	5.7	498989.67	4743006.01	13.20	6.90	31.831	219.63	420.17	2	3	0.0468	0.0035	1.4902	0.1110	1.3549
	21	22	235	7.7	498990.98	4742997.43	13.50	6.10	31.831	194.17	429.72	4	2	0.0440	0.0036	1.3997	0.1157	1.4304
	21	18	215	6.3	498993.53	4742997.87	14.00	9.00	31.831	286.48	445.63	2	2	0.0663	0.0039	2.1100	0.1236	1.5615
	45	3	42	9.6	499000.88	4743011.59	14.95	6.40	31.831	203.72	475.87	2	4	0.0561	0.0044	1.7866	0.1391	1.8295
	45	8	119	5.1	498999.87	4743002.50	15.25	7.00	31.831	222.82	485.42	2	5	0.0631	0.0045	2.0090	0.1441	1.9193
	21	20	221	6.9	498992.76	4742997.47	17.10	9.10	31.831	289.66	544.31	2	2	0.0995	0.0055	3.1673	0.1766	2.5297
	21	39	384	6.7	498993.33	4743010.49	18.85	7.10	31.831	226.00	600.01	2	2	0.0973	0.0066	3.0962	0.2093	3.1999
	45	37	366	9.2	498990.32	4743011.92	21.35	6.50	31.831	206.90	679.59	3	4	0.1153	0.0081	3.6703	0.2589	4.3210
	21	23	245	5.9	498991.17	4742999.51	21.45	10.70	31.831	340.59	682.77	2	2	0.1795	0.0082	5.7151	0.2609	4.3700
	21	19	220	3.4	498993.95	4743000.77	21.80	11.00	31.831	350.14	693.92	2	2	0.1899	0.0084	6.0451	0.2681	4.5439
	21	17	197	8.7	498995.41	4742995.31	21.95	8.90	31.831	283.30	698.69	2	2	0.1601	0.0085	5.0966	0.2712	4.6197
	21	31	309	9.3	498985.79	4743005.31	24.00	9.00	14.147	127.32	339.53	2	2	0.1930	0.0099	2.7302	0.1396	2.5466
	21	1	22	5.9	498997.00	4743009.55	24.70	12.40	14.147	175.42	349.43	2	2	0.2700	0.0103	3.8196	0.1463	2.7294
	21	33	324	10.3	498985.42	4743007.79	25.10	12.10	14.147	171.18	355.09	2	2	0.2729	0.0106	3.8601	0.1501	2.8373
	21	16	196	8.9	498995.56	4742995.12	25.20	8.50	14.147	120.25	356.50	2	2	0.2023	0.0107	2.8616	0.1511	2.8646
	21	6	86	7.6	499002.42	4743005.66	26.05	8.50	14.147	120.25	368.53	2	5	0.2160	0.0113	3.0562	0.1592	3.1032
	21	5	83	4.8	498999.63	4743005.27	26.20	10.70	14.147	151.37	370.65	2	2	0.2669	0.0114	3.7764	0.1607	3.1465
	21	29	285	14.8	498980.61	4743000.55	26.35	11.50	14.147	162.69	372.77	3	2	0.2875	0.0115	4.0666	0.1621	3.1901
	21	34	330	10.4	498985.73	4743008.72	26.95	11.20	14.147	158.45	381.26	2	2	0.2937	0.0119	4.1556	0.1680	3.3682
	21	40	386	13.8	498991.99	4743017.47	27.20	11.00	14.147	155.62	384.80	2	2	0.2945	0.0120	4.1665	0.1704	3.4440
	21	38	383	14.4	498991.20	4743017.89	28.25	11.30	14.147	159.86	399.65	2	2	0.3250	0.0128	4.5978	0.1807	3.7735
	21	13	171	9.6	498999.22	4742995.38	28.30	8.50	14.147	120.25	400.36	2	2	0.2546	0.0128	3.6017	0.1811	3.7896
	21	24	250	7.7	498989.56	4742998.56	29.25	11.20	14.147	158.45	413.80	2	2	0.3455	0.0135	4.8882	0.1904	4.1037
	21	25	251	8.7	498988.75	4742997.95	29.45	9.50	14.147	134.40	416.63	2	2	0.3035	0.0136	4.2936	0.1924	4.1717
	21	41	393	11.5	498993.74	4743015.43	29.80	9.20	14.147	130.15	421.58	3	2	0.3021	0.0138	4.2744	0.1958	4.2923
	21	2	24	4.7	498996.73	4743008.37	30.90	13.70	14.147	193.81	437.14	2	2	0.4590	0.0146	6.4940	0.2066	4.6845
	21	11	148	8.9	499001.49	4742997.91	31.80	9.40	14.147	132.98	449.87	2	2	0.3502	0.0152	4.9537	0.2154	5.0204
21	26	259	5	498991.00	4743001.00	34.75	11.20	14.147	158.45	491.61	2	2	0.4862	0.0172	6.8787	0.2437	6.2182	
21	10	147	3.2	498997.37	4743001.85	35.75	10.40	14.147	147.13	505.76	3	2	0.4823	0.0179	6.8224	0.2531	6.6585	
21	4	80	23.4	499017.25	4743011.23	44.30	6.70	5.093	34.12	225.62	3	5	0.5033	0.0230	2.5632	0.1171	4.0208	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT_0% f
644	21	12	71	4.7	518987.22	4755999.07	10.1	127.324	11.80	1502.42	1285.97	3	3	0.0439	0.0021	5.5914	0.2707	2.8417
	76	34	322	4.3	518978.95	4755998.46	10.15	127.324	7.80	993.13	1292.34	3	2	0.0309	0.0021	3.9390	0.2732	2.8758
	21	5	33	1.1	518983.55	4755997.96	10.95	127.324	9.60	1222.31	1394.20	3	2	0.0431	0.0025	5.4846	0.3148	3.4532
	21	14	76	7.9	518990.35	4755999.91	12.95	31.831	12.30	391.52	412.21	3	2	0.0745	0.0034	2.3723	0.1072	1.2939
	21	19	127	10	518992.11	4755992.88	13	31.831	10.70	340.59	413.80	2	2	0.0665	0.0034	2.1176	0.1080	1.3059
	21	20	152	7.7	518988.27	4755991.39	13.55	31.831	10.60	337.41	431.31	3	2	0.0716	0.0037	2.2802	0.1164	1.4432
	76	32	301	5	518978.00	4755997.08	13.95	31.831	9.80	311.94	444.04	3	2	0.0709	0.0039	2.2562	0.1228	1.5481
	76	31	297	5.8	518977.21	4755996.73	15.5	31.831	12.50	397.89	493.38	2	2	0.1079	0.0047	3.4358	0.1484	1.9960
	21	16	98	8.9	518991.90	4755997.28	17.2	31.831	14.50	461.55	547.49	2	2	0.1510	0.0056	4.8051	0.1784	2.5655
	21	8	49	1.8	518984.25	4755998.29	17.4	31.831	10.00	318.31	553.86	3	2	0.1118	0.0057	3.5587	0.1821	2.6381
	21	24	205	2	518982.84	4755995.01	19.75	31.831	14.50	461.55	628.66	2	2	0.1986	0.0071	6.3203	0.2268	3.5809
	21	11	65	8.7	518990.42	4756001.55	22.2	31.831	14.40	458.37	706.65	2	2	0.2489	0.0087	7.9215	0.2763	4.7477
	21	22	185	2.9	518983.68	4755994.18	22.65	14.147	14.20	200.89	320.43	3	2	0.2558	0.0090	3.6193	0.1270	2.2147
	21	6	45	4.3	518985.79	4756000.27	22.75	14.147	14.20	200.89	321.84	3	2	0.2581	0.0090	3.6510	0.1279	2.2384
	21	7	48	7.1	518987.86	4756002.18	23	14.147	14.50	205.13	325.38	2	2	0.2686	0.0092	3.7995	0.1302	2.2981
	21	17	99	11	518994.00	4755997.17	23.15	14.147	13.60	192.40	327.50	3	2	0.2573	0.0093	3.6401	0.1316	2.3345
	44	10	58	12.3	518992.72	4756004.54	23.65	14.147	14.60	206.55	334.58	2	4	0.2855	0.0096	4.0394	0.1363	2.4579
	21	18	106	7	518989.97	4755996.34	24.05	14.147	17.00	240.50	340.24	3	2	0.3370	0.0099	4.7670	0.1401	2.5594
	21	21	170	8	518986.63	4755989.87	24.05	14.147	13.90	196.64	340.24	3	2	0.2828	0.0099	4.0012	0.1401	2.5594
	21	15	85	10.4	518993.11	4755999.43	24.65	14.147	13.50	190.98	348.72	3	2	0.2895	0.0103	4.0962	0.1458	2.7161
	21	23	203	6	518982.72	4755991.01	24.75	14.147	13.90	196.64	350.14	3	2	0.2994	0.0104	4.2354	0.1468	2.7428
	21	27	224	13	518978.21	4755984.91	24.75	14.147	12.80	181.08	350.14	2	2	0.2787	0.0104	3.9423	0.1468	2.7428
	44	4	23	10.7	518986.78	4756007.01	24.9	14.147	14.40	203.72	352.26	3	2	0.3125	0.0105	4.4203	0.1482	2.7830
	21	25	214	12.2	518980.34	4755985.09	25.25	14.147	9.90	140.06	357.21	3	2	0.2319	0.0107	3.2803	0.1515	2.8783
	21	9	56	3	518985.31	4755998.91	25.3	14.147	14.10	199.47	357.92	2	2	0.3166	0.0107	4.4794	0.1520	2.8921
	21	13	75	10.2	518992.42	4756000.90	26.4	14.147	16.30	230.60	373.48	3	2	0.3908	0.0115	5.5289	0.1626	3.2047
	21	3	8	8.5	518984.07	4756005.43	27	14.147	14.90	210.79	381.97	2	2	0.3779	0.0119	5.3464	0.1685	3.3833
	21	26	222	9.2	518979.88	4755988.34	27.8	14.147	15.80	223.52	393.29	2	2	0.4214	0.0125	5.9616	0.1763	3.6301
21	28	233	2.8	518981.61	4755994.57	29.85	14.147	15.70	222.11	422.29	2	2	0.4826	0.0139	6.8269	0.1963	4.3097	
21	33	320	10.9	518972.63	4756000.37	31.8	14.147	16.80	237.67	449.87	3	2	0.5803	0.0152	8.2091	0.2154	5.0204	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT	0% f
773	21	31	233	3.8	554021.12	4753039.70	10.55	127.32	11.50	1464.23	1343.27	6	2	0.0468	0.0023	5.9611	0.2937	3.1568	
	21	6	47	7.9	554028.32	4753048.84	14.4	31.831	11.00	350.14	458.37	5	2	0.0835	0.0041	2.6567	0.1300	1.6713	
	25	22	152	8.7	554028.96	4753036.66	16.8	31.831	15.00	477.47	534.76	2	2	0.1484	0.0054	4.7233	0.1712	2.4240	
	21	44	319	9.3	554014.11	4753045.73	18.9	31.831	10.50	334.23	601.61	6	2	0.1374	0.0066	4.3744	0.2103	3.2204	
	21	41	294	7.4	554015.63	4753042.30	21.75	31.831	14.50	461.55	692.32	2	2	0.2404	0.0084	7.6523	0.2671	4.5189	
	21	15	97	5	554027.99	4753043.24	22.05	31.831	11.50	366.06	701.87	2	2	0.2019	0.0086	6.4271	0.2732	4.6707	
	21	52	388	3	554022.44	4753045.95	22.2	31.831	12.00	381.97	706.65	3	2	0.2124	0.0087	6.7598	0.2763	4.7477	
	21	2	9	8.8	554024.24	4753051.71	22.25	31.831	13.80	439.27	708.24	2	2	0.2409	0.0087	7.6678	0.2774	4.7735	
	21	42	305	5.6	554017.42	4753043.44	22.65	14.147	13.90	196.64	320.43	2	2	0.2511	0.0090	3.5527	0.1270	2.2147	
	21	27	198	11.8	554023.37	4753031.21	22.85	14.147	13.20	186.74	323.26	2	2	0.2443	0.0091	3.4562	0.1288	2.2622	
	21	23	158	6.3	554026.86	4753038.02	22.85	14.147	14.80	209.38	323.26	2	2	0.2699	0.0091	3.8179	0.1288	2.2622	
	21	18	112	2.9	554025.85	4753042.46	23.5	14.147	13.50	190.98	332.45	2	2	0.2634	0.0095	3.7260	0.1349	2.4205	
	21	33	245	5.5	554019.43	4753038.82	23.7	14.147	14.50	205.13	335.28	2	2	0.2850	0.0097	4.0321	0.1368	2.4705	
	21	49	365	13.6	554015.89	4753054.60	24.4	14.147	14.80	209.38	345.19	2	2	0.3074	0.0101	4.3485	0.1434	2.6502	
	21	10	59	11.2	554031.96	4753049.72	25.2	14.147	12.70	179.67	356.50	3	2	0.2868	0.0107	4.0579	0.1511	2.8646	
	21	4	23	12.9	554027.56	4753055.07	25.9	14.147	16.00	226.35	366.41	2	2	0.3702	0.0112	5.2379	0.1578	3.0603	
	21	50	384	13.7	554019.59	4753056.27	26.15	14.147	11.50	162.69	369.94	4	2	0.2831	0.0113	4.0056	0.1602	3.1320	
	21	39	282	13.9	554009.65	4753039.12	26.15	14.147	12.90	182.50	369.94	2	2	0.3129	0.0113	4.4266	0.1602	3.1320	
	21	8	50	7.8	554028.52	4753048.52	26.45	14.147	15.50	219.28	374.19	2	2	0.3755	0.0115	5.3120	0.1631	3.2194	
	21	47	340	12.6	554012.81	4753050.41	26.6	14.147	15.30	216.45	376.31	2	2	0.3755	0.0116	5.3115	0.1646	3.2636	
	21	30	213	1.8	554022.63	4753041.24	27.2	14.147	14.50	205.13	384.80	2	2	0.3745	0.0120	5.2983	0.1704	3.4440	
	21	11	62	13.3	554034.00	4753050.48	27.45	14.147	16.20	229.18	388.34	2	2	0.4200	0.0122	5.9415	0.1728	3.5209	
	21	17	110	12.6	554035.44	4753041.03	27.65	14.147	15.10	213.62	391.16	2	2	0.4008	0.0124	5.6700	0.1748	3.5831	
	21	24	168	10.4	554028.01	4753033.89	27.95	14.147	15.50	219.28	395.41	2	2	0.4189	0.0126	5.9259	0.1777	3.6775	
	21	35	254	10.9	554014.82	4753035.79	28.85	14.147	16.00	226.35	408.14	2	2	0.4585	0.0132	6.4869	0.1865	3.9697	
	21	5	29	11.2	554027.93	4753053.06	29.4	14.147	12.20	172.59	415.92	4	2	0.3760	0.0136	5.3194	0.1919	4.1547	
	21	3	22	3.8	554024.29	4753046.58	29.5	14.147	14.00	198.06	417.34	2	2	0.4267	0.0136	6.0364	0.1929	4.1888	
	21	16	109	12.2	554035.08	4753041.28	29.65	14.147	12.00	169.76	419.46	4	2	0.3769	0.0137	5.3322	0.1944	4.2404	
	21	26	179	10.3	554026.34	4753033.26	30	14.147	13.10	185.33	424.41	2	2	0.4164	0.0140	5.8904	0.1978	4.3621	
	21	38	280	3	554020.15	4753042.07	30.3	14.147	14.50	205.13	428.65	2	2	0.4639	0.0142	6.5625	0.2007	4.4681	
	21	25	176	5.9	554025.17	4753037.51	30.55	14.147	15.50	219.28	432.19	2	2	0.4997	0.0144	7.0687	0.2032	4.5575	
	21	20	145	1.7	554024.29	4753041.90	30.75	14.147	14.50	205.13	435.02	2	2	0.4776	0.0145	6.7572	0.2051	4.6298	
	21	32	236	13.3	554015.87	4753031.77	30.85	14.147	12.80	181.08	436.43	2	2	0.4313	0.0146	6.1017	0.2061	4.6662	
	21	37	273	5.3	554018.17	4753040.82	31	14.147	14.90	210.79	438.56	2	2	0.4970	0.0147	7.0310	0.2076	4.7211	
	21	29	212	11	554020.94	4753032.19	31.65	14.147	14.80	209.38	447.75	2	2	0.5148	0.0151	7.2835	0.2139	4.9634	
	21	19	114	10.6	554033.34	4753040.69	31.65	14.147	15.00	212.21	447.75	2	2	0.5209	0.0151	7.3691	0.2139	4.9634	
	21	40	284	9.6	554013.70	4753040.61	32.3	14.147	13.90	196.64	456.95	2	2	0.5076	0.0156	7.1803	0.2202	5.2129	
	21	34	250	7.2	554017.91	4753037.91	32.35	14.147	16.20	229.18	457.66	2	2	0.5816	0.0156	8.2285	0.2207	5.2324	
	21	36	255	11.1	554014.56	4753035.79	32.4	14.147	16.00	226.35	458.36	2	2	0.5772	0.0156	8.1650	0.2212	5.2519	
	21	28	209	7.5	554021.94	4753035.57	33.5	14.147	15.00	212.21	473.92	3	2	0.5830	0.0164	8.2476	0.2318	5.6923	
	21	45	332	10.9	554013.45	4753048.25	34.05	14.147	15.00	212.21	481.71	2	2	0.6021	0.0168	8.5182	0.2371	5.9203	
	21	48	359	11.3	554016.22	4753052.04	35.2	14.147	16.20	229.18	497.97	2	2	0.6876	0.0175	9.7280	0.2480	6.4141	
	21	1	0	9.7	554023.00	4753052.70	35.85	14.147	15.20	215.03	507.17	2	2	0.6746	0.0180	9.5435	0.2540	6.7036	
	21	21	150	11.3	554030.99	4753035.01	36.4	14.147	16.70	236.25	514.95	2	2	0.7546	0.0183	10.6750	0.2591	6.9543	
	21	7	49	11.5	554031.00	4753051.26	36.5	14.147	16.40	232.01	516.37	2	2	0.7468	0.0184	10.5653	0.2601	7.0005	
	21	9	55	9.4	554030.15	4753049.10	36.85	14.147	15.50	219.28	521.32	2	2	0.7246	0.0186	10.2513	0.2633	7.1635	
21	43	308	12.4	554010.70	4753044.55	37.5	14.147	15.80	223.52	530.51	2	2	0.7628	0.0190	10.7914	0.2692	7.4720		
21	46	335	8.1	554016.09	4753047.23	39.55	14.147	15.80	223.52	559.51	2	2	0.8477	0.0203	11.9924	0.2873	8.4956		



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
863	21	9	101	9.9	488020.90	4740998.84	33.2	14.15	23.00	325.38	469.68	2	2	0.8306	0.0162	11.7505	0.2289	5.5701
	21	32	340	7.6	488004.85	4741003.47	33.65	14.15	20.70	292.84	476.05	2	2	0.7784	0.0165	11.0115	0.2332	5.7540
	21	13	148	7.9	488016.76	4740993.59	34.45	14.15	24.10	340.94	487.36	2	2	0.9308	0.0170	13.1683	0.2409	6.0895
	21	17	190	10	488012.56	4740989.12	36.3	14.15	26.20	370.65	513.54	2	2	1.1104	0.0183	15.7084	0.2582	6.9083
	21	26	270	6.6	488005.12	4740996.00	36.85	14.15	19.90	281.53	521.32	2	2	0.9006	0.0186	12.7402	0.2633	7.1635
	21	3	15	12.3	488013.87	4741010.96	37.3	14.15	25.70	363.58	527.68	2	2	1.1524	0.0189	16.3024	0.2674	7.3763
	21	7	79	6.4	488017.05	4741001.07	38.65	14.15	23.40	331.04	546.78	2	2	1.1397	0.0198	16.1230	0.2795	8.0367
	21	36	373	9.1	488007.26	4741007.29	39.1	14.15	21.90	309.82	553.15	2	2	1.1008	0.0200	15.5735	0.2834	8.2643
	21	15	163	6.4	488014.51	4740993.65	40.2	14.15	22.00	311.23	568.71	2	2	1.1677	0.0207	16.5195	0.2929	8.8362
	21	29	295	11.7	487999.34	4740998.08	40.5	14.15	23.00	325.38	572.95	2	2	1.2318	0.0209	17.4258	0.2954	8.9961
	21	10	107	21.9	488032.77	4740996.60	43	5.093	25.50	129.87	219.00	2	2	1.5173	0.0223	7.7278	0.1136	3.7420
	21	6	70	19.1	488028.02	4741007.67	43.05	5.093	26.50	134.96	219.25	2	2	1.5726	0.0223	8.0092	0.1137	3.7525
	21	34	352	24.6	487994.16	4741016.93	43.6	5.093	25.00	127.33	222.05	2	2	1.5330	0.0226	7.8074	0.1152	3.8692
	21	23	235	23.3	487998.83	4740979.13	43.7	5.093	24.80	126.31	222.56	2	2	1.5292	0.0227	7.7884	0.1155	3.8907
	21	2	2	8.1	488011.25	4741007.10	44.4	5.093	25.00	127.33	226.13	2	2	1.5892	0.0230	8.0940	0.1174	4.0427
	21	25	264	20.6	487993.61	4740987.96	44.5	5.093	25.90	131.91	226.64	2	2	1.6462	0.0231	8.3842	0.1176	4.0647
	21	38	394	11.7	488009.90	4741010.65	44.75	5.093	24.80	126.31	227.91	2	2	1.6029	0.0232	8.1638	0.1183	4.1200
	21	5	60	11.3	488020.14	4741005.64	44.75	5.093	25.20	128.34	227.91	2	2	1.6254	0.0232	8.2782	0.1183	4.1200
	21	4	38	21.4	488023.03	4741016.70	45.1	5.093	23.80	121.21	229.69	2	2	1.5706	0.0234	7.9993	0.1192	4.1981
	21	16	188	14.9	488013.79	4740984.36	45.5	5.093	24.70	125.80	231.73	2	2	1.6508	0.0236	8.4077	0.1202	4.2885
	21	14	155	21.9	488025.22	4740982.35	46.25	5.093	26.00	132.42	235.55	2	2	1.7830	0.0240	9.0809	0.1220	4.4610
	21	8	91	14.8	488025.65	4741001.09	46.3	5.093	25.30	128.85	235.81	2	2	1.7449	0.0240	8.8869	0.1221	4.4726
	21	37	387	5.3	488009.93	4741004.19	46.45	5.093	24.20	123.25	236.57	2	2	1.6895	0.0240	8.6048	0.1225	4.5076
	21	31	307	24.7	487986.45	4741001.71	46.6	5.093	23.60	120.19	237.33	2	2	1.6636	0.0241	8.4729	0.1228	4.5428
	21	39	399	19.7	488010.69	4741018.70	46.7	5.093	24.50	124.78	237.84	2	2	1.7260	0.0242	8.7906	0.1230	4.5664
	21	35	355	16.9	488000.02	4741011.85	47.35	5.093	22.20	113.06	241.15	2	2	1.6282	0.0244	8.2924	0.1245	4.7212
	21	18	199	20.8	488011.33	4740978.20	47.35	5.093	24.50	124.78	241.15	2	2	1.7740	0.0244	9.0348	0.1245	4.7212
	21	12	141	14.9	488022.92	4740990.05	47.65	5.093	26.00	132.42	242.68	2	2	1.8916	0.0246	9.6340	0.1252	4.7937
	21	20	210	14.5	488008.73	4740984.68	47.65	5.093	28.80	146.68	242.68	2	2	2.0676	0.0246	10.5304	0.1252	4.7937
	21	27	275	20.1	487992.43	4740991.31	48.05	5.093	24.90	126.82	244.72	2	2	1.8523	0.0247	9.4335	0.1260	4.8913
21	1	0	21.5	488011.00	4741020.50	48.15	5.093	19.60	99.82	245.23	2	2	1.5103	0.0248	7.6922	0.1262	4.9159	
21	24	254	7.6	488005.30	4740993.97	49.15	5.093	26.10	132.93	250.32	2	2	2.0182	0.0252	10.2788	0.1282	5.1657	
21	19	207	7.1	488010.22	4740991.94	50.05	5.093	25.80	131.40	254.90	2	2	2.0712	0.0255	10.5488	0.1299	5.3969	
21	21	214	22.5	488006.09	4740977.04	51	5.093	25.00	127.33	259.74	2	2	2.0918	0.0258	10.6535	0.1315	5.6472	
21	30	304	18.3	487992.74	4741000.15	53.4	5.093	27.40	139.55	271.97	2	2	2.4817	0.0265	12.6391	0.1349	6.3097	
21	11	133	13	488022.29	4740992.56	57.1	5.093	28.00	142.60	290.81	2	2	2.8881	0.0271	14.7090	0.1378	7.4162	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
867	21	44	267	2.7	491988.65	4741040.66	11.05	127.324	11.00	1400.56	1406.93	6	0	0.0494	0.0025	6.2864	0.3201	3.5297
	21	55	323	9.9	491981.74	4741045.50	13.15	31.831	12.50	397.89	418.58	4	2	0.0779	0.0035	2.4800	0.1103	1.3426
	21	12	78	7	491997.59	4741044.37	14.15	31.831	9.30	296.03	450.41	4	2	0.0697	0.0040	2.2174	0.1260	1.6022
	21	57	334	7.1	491984.89	4741045.61	14.65	31.831	12.60	401.07	466.32	3	2	0.0972	0.0042	3.0936	0.1341	1.7422
	21	64	366	5.8	491988.05	4741046.99	14.7	31.831	11.40	362.87	467.92	3	2	0.0897	0.0042	2.8549	0.1349	1.7565
	21	2	11	1.3	491991.22	4741043.28	15.5	31.831	13.30	423.35	493.38	3	2	0.1139	0.0047	3.6262	0.1484	1.9960
	21	30	194	5.7	491991.54	4741036.33	15.95	31.831	12.00	381.97	507.70	4	2	0.1103	0.0049	3.5095	0.1562	2.1387
	21	20	129	5.5	491995.94	4741039.58	16.2	31.831	11.80	375.61	515.66	3	2	0.1121	0.0050	3.5668	0.1605	2.2204
	21	48	284	1.8	491989.26	4741041.55	16.55	31.831	13.50	429.72	526.80	2	2	0.1314	0.0052	4.1834	0.1667	2.3379
	21	11	69	6.8	491997.01	4741045.18	17.8	31.831	12.80	407.44	566.59	2	2	0.1450	0.0060	4.6144	0.1895	2.7867
	21	10	42	8.7	491996.33	4741048.87	18.85	31.831	13.50	429.72	600.01	3	2	0.1701	0.0066	5.4148	0.2093	3.1999
	21	26	178	5.1	491992.73	4741037.20	19	31.831	13.50	429.72	604.79	4	2	0.1728	0.0067	5.5005	0.2122	3.2616
	21	8	40	9.8	491996.76	4741049.93	19.6	31.831	11.20	356.51	623.89	3	2	0.1562	0.0070	4.9730	0.2239	3.5156
	21	45	268	7	491984.87	4741038.63	20.1	31.831	13.70	436.08	639.80	4	2	0.1957	0.0073	6.2290	0.2337	3.7358
	21	5	32	2.3	491992.11	4741044.02	20.7	31.831	13.00	413.80	658.90	3	2	0.1982	0.0077	6.3086	0.2457	4.0105
	21	33	208	7.9	491990.01	4741034.16	21.2	31.831	13.50	429.72	674.82	3	2	0.2147	0.0080	6.8351	0.2558	4.2481
	21	65	374	4.3	491989.29	4741045.95	21.35	31.831	11.80	375.61	679.59	3	2	0.1937	0.0081	6.1655	0.2589	4.3210
	21	16	103	5.7	491996.69	4741041.73	21.5	31.831	12.50	397.89	684.37	6	0	0.2065	0.0082	6.5731	0.2619	4.3946
	21	22	136	7.7	491997.50	4741037.87	21.55	31.831	11.50	366.06	685.96	6	0	0.1929	0.0083	6.1414	0.2630	4.4193
	21	61	349	12.1	491982.31	4741050.42	22.6	14.147	11.50	162.69	319.72	3	2	0.2120	0.0089	2.9995	0.1265	2.2029
	21	6	34	7.6	491994.87	4741048.54	22.8	14.147	14.10	199.47	322.55	2	2	0.2576	0.0091	3.6445	0.1284	2.2502
	21	17	108	4.6	491995.56	4741041.42	23.7	14.147	14.40	203.72	335.28	2	2	0.2833	0.0097	4.0079	0.1368	2.4705
	21	51	302	5.1	491985.90	4741042.16	24.05	14.147	16.20	229.18	340.24	2	2	0.3231	0.0099	4.5713	0.1401	2.5594
	21	52	307	10.1	491980.96	4741043.11	24.15	14.147	15.80	223.52	341.65	2	2	0.3188	0.0100	4.5099	0.1410	2.5851
	21	34	212	11.9	491988.77	4741030.31	24.15	14.147	16.00	226.35	341.65	2	2	0.3223	0.0100	4.5595	0.1410	2.5851
	21	1	9	12.7	491992.79	4741054.57	24.2	14.147	13.20	186.74	342.36	3	2	0.2738	0.0100	3.8728	0.1415	2.5981
	21	32	202	10	491990.69	4741032.00	24.35	14.147	15.50	219.28	344.48	2	2	0.3187	0.0101	4.5084	0.1429	2.6371
	21	43	263	7.9	491984.40	4741037.66	24.55	14.147	16.50	233.43	347.31	2	2	0.3420	0.0102	4.8383	0.1448	2.6896
	21	60	343	3.7	491988.11	4741044.31	24.6	14.147	15.10	213.62	348.02	2	2	0.3179	0.0103	4.4972	0.1453	2.7029
	21	3	12	7.7	491992.44	4741049.56	24.95	14.147	12.10	171.18	352.97	2	2	0.2696	0.0105	3.8145	0.1487	2.7965
	21	59	342	10.7	491982.55	4741048.56	25.2	14.147	13.90	196.64	356.50	2	2	0.3103	0.0107	4.3895	0.1511	2.8646
	21	56	330	13.4	491979.06	4741048.08	25.45	14.147	13.50	190.98	360.04	2	2	0.3085	0.0108	4.3640	0.1535	2.9336
	21	14	86	2.9	491993.83	4741042.63	25.55	14.147	13.00	183.91	361.46	6	0	0.3008	0.0109	4.2560	0.1544	2.9615
	21	25	171	8.8	491994.87	4741034.10	25.55	14.147	16.00	226.35	361.46	2	2	0.3604	0.0109	5.0985	0.1544	2.9615
21	9	41	9.8	491996.88	4741049.84	25.6	14.147	14.90	210.79	362.16	2	2	0.3401	0.0109	4.8108	0.1549	2.9755	
21	4	23	3.6	491992.27	4741045.37	26.15	14.147	10.10	142.88	369.94	4	2	0.2529	0.0113	3.5779	0.1602	3.1320	
21	37	225	7	491988.32	4741035.53	26.25	14.147	14.30	202.30	371.36	3	2	0.3448	0.0114	4.8784	0.1612	3.1610	
21	49	290	6.5	491984.58	4741040.98	26.35	14.147	17.40	246.16	372.77	2	2	0.4121	0.0115	5.8301	0.1621	3.1901	
21	39	236	12.3	491984.41	4741031.61	26.7	14.147	15.10	213.62	377.72	3	2	0.3740	0.0117	5.2903	0.1655	3.2933	
21	36	218	6.9	491989.07	4741035.37	26.75	14.147	14.50	205.13	378.43	2	2	0.3623	0.0117	5.1259	0.1660	3.3082	
21	58	336	8.7	491983.65	4741046.66	26.95	14.147	14.20	200.89	381.26	2	2	0.3611	0.0119	5.1084	0.1680	3.3682	
21	40	244	9.8	491984.75	4741034.45	27.15	14.147	16.00	226.35	384.09	2	2	0.4065	0.0120	5.7510	0.1699	3.4288	
21	18	109	6.8	491997.73	4741041.04	28.55	14.147	14.90	210.79	403.90	2	2	0.4221	0.0130	5.9721	0.1836	3.8708	
21	54	314	12.9	491978.41	4741044.81	28.65	14.147	14.10	199.47	405.31	2	2	0.4052	0.0130	5.7318	0.1846	3.9036	



	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
867	21	15	95	13.2	492004.16	4741043.04	28.9	14.147	14.80	209.38	408.85	2	2	0.4299	0.0132	6.0824	0.1870	3.9863
	21	29	191	12.4	491992.75	4741029.72	29.3	14.147	19.30	273.04	414.51	2	2	0.5566	0.0135	7.8741	0.1909	4.1207
	21	46	269	9.6	491982.52	4741037.51	29.6	14.147	17.70	250.40	418.75	2	2	0.5268	0.0137	7.4521	0.1939	4.2232
	21	53	311	10.9	491980.26	4741043.87	29.75	14.147	14.30	202.30	420.87	2	2	0.4420	0.0138	6.2525	0.1953	4.2750
	21	31	200	13.8	491991.00	4741028.20	29.8	14.147	17.00	240.50	421.58	2	2	0.5154	0.0138	7.2918	0.1958	4.2923
	21	62	352	9.4	491984.57	4741048.85	29.9	14.147	14.40	203.72	423.00	3	2	0.4491	0.0139	6.3535	0.1968	4.3271
	21	50	298	13.7	491977.31	4741041.57	30.3	14.147	14.70	207.96	428.65	2	2	0.4694	0.0142	6.6412	0.2007	4.4681
	21	23	156	10.2	491997.50	4741034.14	30.55	14.147	15.50	219.28	432.19	2	2	0.4997	0.0144	7.0687	0.2032	4.5575
	21	38	229	14.8	491984.49	4741028.71	30.55	14.147	17.50	247.57	432.19	2	2	0.5553	0.0144	7.8558	0.2032	4.5575
	21	19	116	13.9	492004.46	4741038.54	31.55	14.147	13.60	192.40	446.34	2	2	0.4753	0.0151	6.7247	0.2129	4.9257
	21	24	166	9	491995.58	4741034.25	32.3	14.147	15.00	212.21	456.95	2	2	0.5423	0.0156	7.6721	0.2202	5.2129
	21	35	215	9.7	491988.74	4741032.57	32.3	14.147	17.50	247.57	456.95	2	2	0.6201	0.0156	8.7730	0.2202	5.2129
	21	47	274	13.5	491978.61	4741036.64	33.4	14.147	17.50	247.57	472.51	2	2	0.6627	0.0163	9.3753	0.2308	5.6514
	21	7	38	11.9	491997.69	4741051.84	34.15	14.147	14.80	209.38	483.12	2	2	0.5986	0.0168	8.4684	0.2380	5.9623
21	28	185	3.3	491991.77	4741038.79	35.5	14.147	18.00	254.65	502.22	2	2	0.7664	0.0177	10.8426	0.2508	6.5468	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnom	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT	0% f
877	21	21	322	3	506001.18	4741046.27	12.8	31.83	6.30	200.54	407.44	3	3	0.0407	0.0033	1.2953	0.1050	1.2580	
	21	14	261	6.1	505999.01	4741043.69	13.1	31.83	7.60	241.92	416.99	4	2	0.0502	0.0034	1.5966	0.1095	1.3303	
	21	5	150	4.4	506007.11	4741047.79	13.3	31.83	9.50	302.39	423.35	4	2	0.0628	0.0035	1.9978	0.1126	1.3798	
	21	19	297	3.9	506000.10	4741044.92	15	31.83	7.50	238.73	477.47	4	2	0.0649	0.0044	2.0645	0.1399	1.8442	
	21	6	158	9.1	506009.58	4741048.14	16.05	31.83	5.70	181.44	510.89	3	5	0.0584	0.0050	1.8595	0.1579	2.1712	
	21	4	99	4	506008.00	4741044.18	18.05	31.83	8.60	273.75	574.55	4	2	0.1054	0.0061	3.3565	0.1942	2.8821	
	21	11	219	7.7	506001.74	4741055.68	18.2	31.83	7.70	245.10	579.32	3	2	0.0974	0.0062	3.0992	0.1970	2.9402	
	21	28	395	2.6	506003.80	4741050.57	18.5	31.83	6.40	203.72	588.87	3	2	0.0856	0.0064	2.7257	0.2027	3.0584	
	21	27	391	8.8	506002.76	4741054.60	19	31.83	7.70	245.10	604.79	2	2	0.1060	0.0067	3.3752	0.2122	3.2616	
	21	24	354	7.1	505999.30	4741051.52	19.25	31.83	10.00	318.31	612.75	2	2	0.1366	0.0068	4.3480	0.2171	3.3661	
	21	23	333	7	505997.92	4741053.46	19.7	31.83	8.10	257.83	627.07	3	2	0.1190	0.0071	3.7895	0.2258	3.5590	
	21	25	357	1.5	506003.06	4741047.06	19.9	31.83	9.00	286.48	633.44	3	2	0.1331	0.0072	4.2372	0.2298	3.6468	
	21	13	257	8.4	505997.44	4741040.10	21.15	31.83	10.10	321.49	673.23	2	2	0.1661	0.0080	5.2856	0.2548	4.2240	
	21	8	178	8.4	506006.85	4741051.81	21.65	31.83	10.20	324.68	689.14	3	2	0.1754	0.0083	5.5839	0.2650	4.4689	
	21	3	70	12.6	506015.23	4741057.96	24.3	14.15	8.00	113.18	343.77	2	2	0.1785	0.0101	2.5258	0.1425	2.6240	
	21	26	358	7.6	505999.34	4741047.28	25.35	14.15	9.00	127.32	358.63	2	2	0.2151	0.0108	3.0431	0.1525	2.9059	
	21	18	294	5.2	505998.82	4741042.80	25.35	14.15	9.70	137.23	358.63	3	2	0.2296	0.0108	3.2480	0.1525	2.9059	
	21	9	199	5.2	506004.08	4741042.89	25.75	14.15	10.70	151.37	364.29	3	2	0.2579	0.0111	3.6489	0.1564	3.0177	
	21	10	212	4.4	506003.18	4741046.84	26.25	14.15	9.50	134.40	371.36	3	2	0.2416	0.0114	3.4181	0.1612	3.1610	
	21	17	283	2	506002.07	4741046.14	26.7	14.15	10.40	147.13	377.72	3	2	0.2704	0.0117	3.8248	0.1655	3.2933	
21	7	176	9.8	506007.61	4741057.56	27.2	14.15	7.00	99.03	384.80	3	5	0.1988	0.0120	2.8121	0.1704	3.4440		
21	1	14	7.8	506005.70	4741053.77	27.5	14.15	8.20	116.01	389.04	2	2	0.2331	0.0123	3.2980	0.1733	3.5363		
21	2	47	10.6	506011.13	4741037.92	27.65	14.15	7.30	103.27	391.16	2	2	0.2130	0.0124	3.0131	0.1748	3.5831		
21	12	220	12.5	506000.14	4741049.57	28.6	14.15	10.80	152.79	404.60	3	2	0.3202	0.0130	4.5296	0.1841	3.8872		
21	20	308	14.4	505989.71	4741040.87	29.05	14.15	8.50	120.25	410.97	2	2	0.2681	0.0133	3.7934	0.1885	4.0364		
21	16	267	10.1	505995.23	4741051.87	29.45	14.15	9.70	137.23	416.63	3	2	0.3091	0.0136	4.3722	0.1924	4.1717		
21	22	325	12	505992.91	4741060.00	32.65	14.15	9.70	137.23	461.90	3	5	0.3792	0.0158	5.3643	0.2236	5.3502		



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
881	21	10	49	10.5	489006.31	4740000.54	31.5	14.15	21.70	306.99	445.63	2	2	0.7115	0.0150	10.0651	0.2124	4.9069
	21	20	104	8.8	489007.78	4739992.45	32	14.15	20.40	288.60	452.70	2	2	0.6956	0.0154	9.8410	0.2173	5.0969
	21	21	109	14	489012.86	4739991.03	32.9	14.15	22.20	314.06	465.44	2	2	0.7910	0.0160	11.1910	0.2260	5.4495
	21	29	144	5	489002.85	4739989.81	33.75	14.15	22.00	311.23	477.46	2	2	0.8256	0.0166	11.6792	0.2342	5.7953
	21	22	112	6.7	489005.58	4739991.74	34.65	14.15	22.70	321.14	490.19	2	2	0.8938	0.0172	12.6446	0.2428	6.1751
	21	5	16	13.6	489002.38	4740006.17	37.15	14.15	24.70	349.43	525.56	2	2	1.1044	0.0188	15.6239	0.2660	7.3050
	21	43	350	6.1	488994.69	4739997.31	38.4	14.15	23.80	336.70	543.24	2	2	1.1418	0.0196	16.1534	0.2773	7.9119
	21	48	397	13.3	488998.37	4740006.29	38.5	14.15	25.10	355.09	544.66	2	2	1.2021	0.0197	17.0056	0.2782	7.9617
	21	47	387	13.9	488996.18	4740006.61	38.6	14.15	23.80	336.70	546.07	2	2	1.1536	0.0197	16.3206	0.2790	8.0117
	21	25	135	14.7	489011.53	4739985.32	39.5	14.15	23.50	332.45	558.81	2	2	1.1943	0.0203	16.8962	0.2869	8.4697
	21	42	334	7.2	488992.80	4739996.67	41.8	14.15	23.80	336.70	591.34	3	2	1.3510	0.0216	19.1123	0.3061	9.7085
	21	38	297	6.3	488992.71	4739992.70	41.85	14.15	16.30	230.60	592.05	2	2	0.9743	0.0217	13.7831	0.3065	9.7365
	21	37	265	5.2	488994.57	4739990.28	42.25	14.15	17.40	246.16	597.71	2	2	1.0509	0.0219	14.8665	0.3097	9.9625
	21	28	143	10.1	489006.88	4739986.69	42.35	14.15	22.20	314.06	599.13	2	2	1.3050	0.0219	18.4620	0.3105	10.0194
	21	23	123	18.4	489016.21	4739986.50	42.55	5.093	23.40	119.18	216.71	2	2	1.3790	0.0221	7.0231	0.1123	3.6483
	21	6	17	20	489004.28	4740012.29	42.95	5.093	25.30	128.85	218.74	2	2	1.5035	0.0223	7.6574	0.1135	3.7316
	21	9	47	5.1	489002.43	4739996.77	43.05	5.093	22.50	114.59	219.25	2	2	1.3640	0.0223	6.9466	0.1137	3.7525
	21	15	76	16.2	489014.06	4739998.96	43.5	5.093	23.30	118.67	221.55	2	2	1.4353	0.0226	7.3102	0.1150	3.8478
	21	44	366	19.2	488989.23	4740009.53	43.95	5.093	24.60	125.29	223.84	2	2	1.5358	0.0228	7.8217	0.1162	3.9446
	21	17	89	14.7	489013.48	4739995.53	44	5.093	23.00	117.14	224.09	2	2	1.4518	0.0228	7.3939	0.1163	3.9554
	21	40	312	19.4	488979.94	4739996.64	44.2	5.093	22.20	113.06	225.11	2	2	1.4205	0.0229	7.2344	0.1169	3.9989
	21	32	182	21.3	489004.94	4739972.55	44.3	5.093	20.80	105.93	225.62	2	2	1.3482	0.0230	6.8666	0.1171	4.0208
	21	8	32	16.7	489007.05	4740007.63	44.85	5.093	22.80	116.12	228.42	2	2	1.4965	0.0233	7.6216	0.1185	4.1422
	21	13	56	2.7	489001.08	4739994.72	45.15	5.093	25.00	127.33	229.95	2	2	1.6429	0.0234	8.3673	0.1193	4.2094
	21	41	334	11.4	488989.19	4739998.80	45.75	5.093	22.20	113.06	233.00	2	2	1.5209	0.0237	7.7460	0.1208	4.3455
	21	7	20	4.2	489000.30	4739996.99	46.1	5.093	25.50	129.87	234.79	2	2	1.7419	0.0239	8.8715	0.1216	4.4262
	21	4	11	10.4	489000.79	4740003.25	46.25	5.093	24.50	124.78	235.55	2	2	1.6932	0.0240	8.6234	0.1220	4.4610
	21	18	97	15.9	489014.88	4739993.75	46.6	5.093	23.00	117.14	237.33	2	2	1.6268	0.0241	8.2852	0.1228	4.5428
	21	31	154	2.5	489000.65	4739991.12	46.75	5.093	24.80	126.31	238.10	2	2	1.7481	0.0242	8.9030	0.1231	4.5782
	21	35	201	21.7	488998.66	4739971.30	47	5.093	20.50	104.41	239.37	2	2	1.4970	0.0243	7.6242	0.1237	4.6375
	21	30	145	14.3	489009.87	4739983.71	47.85	5.093	22.50	114.59	243.70	3	2	1.6820	0.0247	8.5663	0.1256	4.8423
	21	11	54	21.8	489015.35	4740007.42	48	5.093	24.00	122.23	244.46	2	2	1.7902	0.0247	9.1174	0.1259	4.8790
	21	36	202	22.3	488998.30	4739970.71	48.25	5.093	20.90	106.44	245.74	2	2	1.6037	0.0248	8.1676	0.1264	4.9405
21	14	63	12.3	489009.28	4739999.75	48.45	5.093	26.20	133.44	246.76	2	2	1.9682	0.0249	10.0239	0.1268	4.9901	
21	39	308	20.3	488978.86	4739995.54	50.5	5.093	19.50	99.31	257.20	2	2	1.6526	0.0257	8.4168	0.1307	5.5146	
21	34	199	22	488999.35	4739971.00	50.65	5.093	21.10	107.46	257.96	2	2	1.7804	0.0257	9.0676	0.1310	5.5542	
21	26	138	24.6	489019.35	4739979.17	51.85	5.093	24.70	125.80	264.07	2	2	2.1389	0.0261	10.8934	0.1328	5.8769	
21	24	134	21.4	489017.42	4739982.11	55.55	5.093	26.80	136.49	282.92	2	2	2.6325	0.0269	13.4073	0.1370	6.9399	
21	33	198	16.5	488999.52	4739976.51	57.5	5.093	23.50	119.69	292.85	3	2	2.5144	0.0271	12.8058	0.1380	7.5421	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
883	21	60	315	7.9	490990.32	4739957.84	22.45	31.83	13.60	432.90	714.61	2	2	0.2421	0.0088	7.7065	0.2815	4.8776
	21	37	176	7.1	491000.61	4739949.40	23.65	14.15	15.40	217.86	334.58	2	2	0.2991	0.0096	4.2312	0.1363	2.4579
	21	29	153	12.3	491006.28	4739946.90	23.95	14.15	14.30	202.30	338.82	2	2	0.2875	0.0098	4.0675	0.1392	2.5338
	21	32	162	9	491003.06	4739948.56	24.05	14.15	14.90	210.79	340.24	2	2	0.3005	0.0099	4.2505	0.1401	2.5594
	21	52	275	12.1	490986.82	4739951.37	24.6	14.15	13.50	190.98	348.02	2	2	0.2884	0.0103	4.0797	0.1453	2.7029
	21	26	137	7.3	491004.10	4739951.99	25.4	14.15	16.10	227.77	359.33	2	2	0.3581	0.0108	5.0667	0.1530	2.9197
	21	21	124	14	491011.02	4739950.85	26.75	14.15	15.00	212.21	378.43	2	2	0.3732	0.0117	5.2794	0.1660	3.3082
	21	31	155	13.2	491006.57	4739945.96	28.1	14.15	14.00	198.06	397.53	2	2	0.3875	0.0127	5.4816	0.1792	3.7253
	21	25	132	9	491005.89	4739951.66	28.9	14.15	17.50	247.57	408.85	2	2	0.4974	0.0132	7.0369	0.1870	3.9863
	21	68	357	4.4	490995.25	4739959.43	28.95	14.15	13.90	196.64	409.56	3	2	0.4085	0.0133	5.7791	0.1875	4.0029
	21	45	220	14.4	490993.55	4739942.30	29.35	14.15	15.10	213.62	415.21	2	2	0.4511	0.0135	6.3820	0.1914	4.1376
	21	39	187	6.9	490999.40	4739949.24	29.65	14.15	15.00	212.21	419.46	2	2	0.4577	0.0137	6.4745	0.1944	4.2404
	21	28	149	8.9	491004.39	4739949.81	29.9	14.15	17.00	240.50	423.00	2	2	0.5189	0.0139	7.3404	0.1968	4.3271
	21	69	358	10.2	490991.75	4739964.06	29.95	14.15	16.00	226.35	423.70	2	2	0.4938	0.0139	6.9864	0.1973	4.3446
	21	64	329	6.5	490992.16	4739958.86	30.55	14.15	16.60	234.84	432.19	2	2	0.5304	0.0144	7.5031	0.2032	4.5575
	21	70	361	14.5	490989.66	4739967.86	30.65	14.15	18.00	254.65	433.61	2	2	0.5728	0.0144	8.1030	0.2041	4.5936
	21	3	8	13.9	490999.74	4739969.79	30.85	14.15	18.30	258.89	436.43	2	2	0.5886	0.0146	8.3270	0.2061	4.6662
	21	8	43	14.7	491007.19	4739967.47	31.3	14.15	18.10	256.06	442.80	2	2	0.6000	0.0149	8.4880	0.2105	4.8321
	21	7	32	13.6	491004.55	4739967.92	31.4	14.15	17.00	240.50	444.22	2	2	0.5717	0.0149	8.0885	0.2115	4.8694
	21	20	116	11.2	491008.85	4739953.21	32.25	14.15	18.30	258.89	456.24	2	2	0.6427	0.0155	9.0929	0.2197	5.1934
	21	1	0	10.6	490998.00	4739966.60	32.9	14.15	19.20	271.62	465.44	2	2	0.6972	0.0160	9.8633	0.2260	5.4495
	21	46	226	12.3	490993.12	4739944.71	33.4	14.15	14.90	210.79	472.51	3	2	0.5762	0.0163	8.1512	0.2308	5.6514
	21	51	273	14.7	490984.60	4739949.95	36	14.15	11.80	166.93	509.29	2	2	0.5457	0.0181	7.7206	0.2554	6.7714
	21	40	202	5.1	490997.84	4739950.90	36.1	14.15	18.30	258.89	510.71	3	2	0.8038	0.0181	11.3712	0.2564	6.8169
	21	48	249	6.8	490993.27	4739951.12	36.35	14.15	17.00	240.50	514.24	2	2	0.7643	0.0183	10.8121	0.2587	6.9313
	21	62	320	2.3	490995.81	4739956.71	36.35	14.15	17.90	253.23	514.24	2	2	0.7993	0.0183	11.3084	0.2587	6.9313
	21	15	98	13.2	491011.19	4739956.41	36.55	14.15	17.50	247.57	517.07	2	2	0.7924	0.0184	11.2095	0.2605	7.0236
	21	14	95	5.9	491003.88	4739956.46	37.15	14.15	17.80	251.82	525.56	2	2	0.8305	0.0188	11.7498	0.2660	7.3050
	21	49	250	7.1	490992.98	4739950.98	37.95	14.15	16.50	233.43	536.88	2	2	0.8111	0.0193	11.4742	0.2733	7.6902
	21	17	105	9.4	491007.37	4739955.26	38.1	14.15	18.30	258.89	539.00	2	2	0.8945	0.0194	12.6542	0.2746	7.7637
	21	50	256	8.9	490991.14	4739950.33	38.85	14.15	18.00	254.65	549.61	2	2	0.9165	0.0199	12.9651	0.2812	8.1374
	21	27	142	3.5	491000.77	4739953.85	40.25	14.15	18.00	254.65	569.42	2	2	0.9831	0.0207	13.9078	0.2933	8.8628
	21	72	376	8.6	490994.83	4739964.00	43	5.093	18.80	95.75	219.00	2	2	1.1639	0.0223	5.9279	0.1136	3.7420
	21	41	204	14	490997.12	4739942.03	43.85	5.093	16.20	82.51	223.33	2	2	1.0630	0.0228	5.4141	0.1159	3.9229
	21	9	47	2.5	490999.68	4739957.85	44.05	5.093	20.20	102.88	224.35	2	2	1.2997	0.0229	6.6193	0.1165	3.9662
	21	5	24	19.2	491005.07	4739973.85	44.75	5.093	18.50	94.22	227.91	2	2	1.2422	0.0232	6.3267	0.1183	4.1200
	21	38	186	13.9	491001.03	4739942.43	44.9	5.093	18.50	94.22	228.68	2	2	1.2505	0.0233	6.3688	0.1187	4.1534
	21	56	292	14.6	490983.52	4739954.17	45.7	5.093	15.80	80.47	232.75	2	2	1.1290	0.0237	5.7499	0.1207	4.3341
	21	34	165	19.2	491008.03	4739939.63	45.9	5.093	19.00	96.77	233.77	2	2	1.3370	0.0238	6.8092	0.1211	4.3800
	21	24	132	19.3	491014.91	4739946.70	46.35	5.093	17.80	90.66	236.06	2	2	1.2879	0.0240	6.5592	0.1222	4.4843
21	10	76	10	491007.30	4739959.68	46.75	5.093	19.80	100.84	238.10	2	2	1.4372	0.0242	7.3194	0.1231	4.5782	
21	18	112	23.4	491020.99	4739951.62	47.8	5.093	21.30	108.48	243.45	3	2	1.6003	0.0246	8.1506	0.1255	4.8301	
21	12	85	16.5	491014.04	4739959.85	53.85	5.093	20.00	101.86	274.26	2	2	1.9189	0.0266	9.7727	0.1354	6.4387	
21	63	328	16.9	490982.71	4739963.20	54.4	5.093	19.50	99.31	277.06	2	2	1.9153	0.0267	9.7544	0.1360	6.5984	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT	0% f
894	21	23	238	14.2	489973.02	4739001.26	25.15	14.147	18.80	265.96	355.80	2	2	0.4019	0.0106	5.6856	0.1506	2.8509	
	21	20	226	9.5	489977.23	4739004.28	25.65	14.147	17.50	247.57	362.87	2	2	0.3926	0.0110	5.5547	0.1554	2.9895	
	21	12	147	8.3	489987.14	4739007.41	29.6	14.147	14.50	205.13	418.75	2	2	0.4429	0.0137	6.2654	0.1939	4.2232	
	21	13	158	2.1	489982.29	4739011.34	38.85	14.147	19.80	280.11	549.61	2	2	0.9957	0.0199	14.0858	0.2812	8.1374	
	21	5	45	13.2	489989.57	4739023.04	40	14.147	17.70	250.40	565.88	3	2	0.9569	0.0206	13.5377	0.2912	8.7306	
	21	7	71	10.7	489990.61	4739017.71	41	14.147	21.90	309.82	580.03	2	2	1.2094	0.0212	17.1097	0.2996	9.2663	
	21	4	42	11.6	489988.11	4739022.17	41.8	14.147	24.40	345.19	591.34	2	2	1.3806	0.0216	19.5307	0.3061	9.7085	
	21	28	330	6.9	489974.85	4739016.13	42.45	5.093	22.00	112.05	216.20	2	2	1.3008	0.0220	6.6252	0.1121	3.6276	
	21	1	10	22.4	489984.50	4739035.12	42.6	5.093	22.30	113.57	216.96	2	2	1.3255	0.0221	6.7508	0.1125	3.6586	
	21	3	36	14.1	489988.56	4739024.91	42.6	5.093	23.00	117.14	216.96	2	2	1.3616	0.0221	6.9347	0.1125	3.6586	
	21	11	109	24.2	490004.96	4739009.59	44.35	5.093	18.20	92.69	225.87	2	2	1.2031	0.0230	6.1273	0.1172	4.0317	
	21	31	388	11.7	489978.81	4739024.49	44.4	5.093	22.60	115.10	226.13	2	2	1.4557	0.0230	7.4137	0.1174	4.0427	
	21	17	213	6.2	489979.74	4739006.93	45.95	5.093	18.70	95.24	234.02	2	2	1.3214	0.0238	6.7301	0.1213	4.3915	
	21	6	67	7.3	489987.34	4739016.62	46.25	5.093	22.50	114.59	235.55	2	2	1.5723	0.0240	8.0077	0.1220	4.4610	
	21	8	88	14	489994.75	4739015.62	47.4	5.093	25.00	127.33	241.41	1	1	1.8092	0.0245	9.2143	0.1246	4.7332	
	71	22	231	19.9	489971.69	4738995.41	47.7	5.093	20.20	102.88	242.94	2	2	1.5219	0.0246	7.7509	0.1253	4.8058	
	21	21	226	3.9	489979.45	4739009.42	49.4	5.093	23.00	117.14	251.59	2	2	1.8263	0.0253	9.3014	0.1287	5.2294	
	71	16	212	22.5	489976.78	4738990.90	49.95	5.093	19.50	99.31	254.40	3	2	1.6171	0.0255	8.2360	0.1297	5.3709	
	21	27	324	21.2	489961.29	4739020.80	51.25	5.093	23.80	121.21	261.02	2	2	2.0237	0.0259	10.3067	0.1319	5.7142	
	21	25	312	24.4	489957.03	4739017.57	51.5	5.093	23.00	117.14	262.29	3	2	1.9834	0.0260	10.1017	0.1323	5.7817	
	71	19	219	20.9	489974.85	4738993.02	51.95	5.093	24.50	124.78	264.58	2	2	2.1320	0.0261	10.8580	0.1330	5.9043	
	21	26	321	19.6	489962.46	4739019.35	52.45	5.093	22.10	112.56	267.13	2	2	1.9865	0.0263	10.1170	0.1337	6.0423	
	21	10	100	14.7	489995.70	4739013.00	53.6	5.093	24.30	123.76	272.98	2	2	2.2522	0.0265	11.4704	0.1351	6.3668	
	21	2	22	23.3	489988.89	4739034.92	54.5	5.093	27.00	137.51	277.57	2	2	2.5512	0.0267	12.9933	0.1361	6.6277	
21	24	289	15	489966.22	4739010.42	54.75	5.093	22.00	112.05	278.84	2	2	2.1544	0.0268	10.9722	0.1363	6.7013		
21	32	391	6.4	489980.10	4739019.34	56.3	5.093	22.70	115.61	286.74	2	2	2.3399	0.0270	11.9169	0.1375	7.1681		
21	29	335	14.6	489968.55	4739020.63	60.3	5.093	25.50	129.87	307.11	2	2	2.9664	0.0271	15.1079	0.1379	8.4586		
21	9	89	7.1	489987.99	4739014.22	63	5.093	22.00	112.05	320.86	2	2	2.8456	0.0267	14.4926	0.1360	9.4012		



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT_0% f
895	21	26	199	12.5	490980.20	4738948.50	23.4	14.147	16.70	236.25	331.04	2	2	0.3142	0.0095	4.4456	0.1340	2.3957
	21	12	70	5	490984.46	4738963.27	23.7	14.147	15.80	223.52	335.28	2	2	0.3071	0.0097	4.3448	0.1368	2.4705
	21	47	352	8.9	490973.91	4738967.49	25.2	14.147	18.20	257.48	356.50	2	2	0.3923	0.0107	5.5493	0.1511	2.8646
	21	14	82	10.9	490990.47	4738964.04	27.25	14.147	16.70	236.25	385.51	2	2	0.4250	0.0121	6.0129	0.1709	3.4593
	21	15	87	13	490992.73	4738963.64	27.8	14.147	16.30	230.60	393.29	2	2	0.4330	0.0125	6.1253	0.1763	3.6301
	21	16	91	11.1	490990.99	4738962.56	28	14.147	17.70	250.40	396.12	2	2	0.4718	0.0126	6.6747	0.1782	3.6934
	21	46	351	13.7	490970.47	4738970.84	28.35	14.147	20.50	290.01	401.07	2	2	0.5495	0.0128	7.7734	0.1816	3.8058
	21	40	320	8.9	490971.54	4738963.75	28.55	14.147	20.90	295.67	403.90	2	2	0.5666	0.0130	8.0161	0.1836	3.8708
	21	30	233	7.6	490976.23	4738954.40	29.45	14.147	17.70	250.40	416.63	2	2	0.5215	0.0136	7.3774	0.1924	4.1717
	21	4	27	5.6	490982.30	4738966.10	30.4	14.147	16.00	226.35	430.07	2	2	0.5087	0.0143	7.1961	0.2017	4.5037
	21	25	192	2.4	490980.30	4738958.62	30.85	14.147	17.00	240.50	436.43	2	2	0.5521	0.0146	7.8100	0.2061	4.6662
	21	7	36	13.1	490987.02	4738972.06	31.4	14.147	17.50	247.57	444.22	2	2	0.5863	0.0149	8.2950	0.2115	4.8694
	21	11	68	7.1	490986.22	4738964.42	32	14.147	15.20	215.03	452.70	3	2	0.5385	0.0154	7.6188	0.2173	5.0969
	21	48	355	5.7	490976.30	4738965.33	32	14.147	17.10	241.91	452.70	2	2	0.5966	0.0154	8.4407	0.2173	5.0969
	21	17	113	13.2	490992.93	4738958.32	32.35	14.147	16.50	233.43	457.66	3	2	0.5910	0.0156	8.3609	0.2207	5.2324
	21	13	75	8	490987.39	4738964.06	32.8	14.147	17.00	240.50	464.02	2	2	0.6234	0.0159	8.8191	0.2250	5.4096
	21	5	31	3.8	490981.78	4738964.36	33.35	14.147	17.80	251.82	471.80	2	2	0.6706	0.0163	9.4867	0.2303	5.6310
	21	8	37	11.9	490986.53	4738970.95	34.1	14.147	17.00	240.50	482.41	2	2	0.6733	0.0168	9.5256	0.2375	5.9413
	21	1	6	11.5	490981.08	4738972.45	34.6	14.147	17.00	240.50	489.49	2	2	0.6930	0.0171	9.8045	0.2423	6.1536
	21	23	173	8.8	490983.62	4738952.98	34.95	14.147	18.00	254.65	494.44	2	2	0.7431	0.0174	10.5120	0.2456	6.3048
	21	43	332	12.2	490969.31	4738966.88	35.15	14.147	20.00	282.94	497.27	3	2	0.8236	0.0175	11.6521	0.2475	6.3922
	21	51	378	4.6	490978.44	4738965.33	35.7	14.147	18.50	261.72	505.05	2	2	0.7937	0.0179	11.2284	0.2526	6.6361
	21	36	304	9	490971.02	4738961.57	36.4	14.147	19.30	273.04	514.95	2	2	0.8558	0.0183	12.1069	0.2591	6.9543
	21	37	309	14.1	490966.04	4738962.99	36.45	14.147	20.00	282.94	515.66	2	2	0.8851	0.0184	12.5220	0.2596	6.9774
	21	32	237	10.3	490974.35	4738952.39	38.25	14.147	20.50	290.01	541.12	2	2	0.9950	0.0195	14.0769	0.2759	7.8376
	21	28	216	10.9	490977.29	4738950.44	38.35	14.147	18.20	257.48	542.54	2	2	0.9018	0.0196	12.7584	0.2768	7.8871
	21	34	245	10.9	490972.92	4738952.71	39.8	14.147	17.70	250.40	563.05	2	2	0.9475	0.0205	13.4038	0.2895	8.6257
	21	31	236	13	490973.03	4738950.02	40.65	14.147	15.70	222.11	575.08	2	2	0.8902	0.0210	12.5930	0.2967	9.0767
	21	27	200	7.4	490980.00	4738953.60	41.85	14.147	18.10	256.06	592.05	2	2	1.0672	0.0217	15.0979	0.3065	9.7365
	21	41	325	11.8	490969.10	4738965.52	42.05	14.147	21.80	308.40	594.88	2	2	1.2666	0.0218	17.9179	0.3081	9.8491
	21	29	230	14	490973.64	4738948.53	42.25	14.147	15.50	219.28	597.71	2	2	0.9503	0.0219	13.4439	0.3097	9.9625
	21	10	68	10.8	490989.46	4738966.20	42.5	5.093	19.00	96.77	216.45	2	2	1.1478	0.0220	5.8456	0.1122	3.6379
	21	6	33	20.6	490990.21	4738978.89	42.55	5.093	18.00	91.67	216.71	2	2	1.0976	0.0221	5.5901	0.1123	3.6483
	21	39	316	18.6	490961.98	4738965.63	42.65	5.093	21.50	109.50	217.22	2	2	1.2870	0.0221	6.5548	0.1126	3.6690
21	33	244	24.3	490964.51	4738942.28	43.1	5.093	21.20	107.97	219.51	2	2	1.2981	0.0224	6.6114	0.1139	3.7631	
21	44	334	21.9	490961.15	4738972.15	43.5	5.093	18.50	94.22	221.55	2	2	1.1744	0.0226	5.9811	0.1150	3.8478	
21	42	331	3	490977.35	4738962.40	44.35	5.093	22.00	112.05	225.87	2	2	1.4188	0.0230	7.2260	0.1172	4.0317	
21	19	132	16.7	490994.63	4738952.95	44.5	5.093	22.50	114.59	226.64	2	2	1.4565	0.0231	7.4182	0.1176	4.0647	
21	20	142	17.5	490993.83	4738950.27	44.6	5.093	21.00	106.95	227.15	2	2	1.3778	0.0231	7.0172	0.1179	4.0867	
21	35	265	6.7	490974.29	4738957.50	44.95	5.093	21.80	111.03	228.93	2	2	1.4456	0.0233	7.3624	0.1188	4.1645	
21	45	344	17.6	490966.44	4738972.22	45.2	5.093	20.70	105.43	230.20	2	2	1.3972	0.0234	7.1160	0.1194	4.2206	
21	2	16	18.9	490984.70	4738979.31	46.2	5.093	17.30	88.11	235.30	2	2	1.2483	0.0239	6.3576	0.1219	4.4494	
21	50	377	21	490972.58	4738980.64	46.25	5.093	19.00	96.77	235.55	6	0	1.3573	0.0240	6.9125	0.1220	4.4610	
21	52	394	7.2	490979.32	4738968.17	47.6	5.093	20.00	101.86	242.43	2	2	1.5025	0.0246	7.6522	0.1250	4.7815	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT_0% f
895	21	22	162	10.7	490986.01	4738952.15	48.3	5.093	20.80	105.93	245.99	2	2	1.6003	0.0248	8.1503	0.1265	4.9529
	21	3	20	14.1	490984.36	4738974.41	48.85	5.093	17.70	90.15	248.79	2	2	1.4223	0.0251	7.2436	0.1276	5.0900
	21	38	314	13.5	490966.83	4738963.94	49.4	5.093	25.30	128.85	251.59	2	2	1.9842	0.0253	10.1054	0.1287	5.2294
	21	18	129	11.3	490990.15	4738956.03	50	5.093	19.50	99.31	254.65	2	2	1.6203	0.0255	8.2524	0.1298	5.3839
	21	9	38	24.3	490993.66	4738981.10	50.55	5.093	15.50	78.94	257.45	3	2	1.3561	0.0257	6.9067	0.1308	5.5278
	21	49	362	19.2	490969.21	4738976.88	50.85	5.093	21.00	106.95	258.98	2	2	1.7870	0.0258	9.1010	0.1313	5.6073
	21	21	143	5	490983.90	4738957.87	51	5.093	20.50	104.41	259.74	2	2	1.7601	0.0258	8.9644	0.1315	5.6472
21	24	190	19.2	490983.00	4738942.04	55.35	5.093	20.70	105.43	281.90	2	2	2.0878	0.0269	10.6333	0.1368	6.8798	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
913	21	4	53	3.7	501988.74	4738064.49	10.15	127.3	9.60	1222.31	1292.34	2	3	0.0371	0.0021	4.7187	0.2732	2.8758
	21	27	283	0.7	501985.32	4738061.82	10.8	127.3	9.80	1247.78	1375.10	2	3	0.0427	0.0024	5.4333	0.3068	3.3402
	21	15	147	4.5	501989.33	4738058.97	11.15	127.3	9.00	1145.92	1419.66	2	3	0.0422	0.0026	5.3747	0.3255	3.6073
	21	19	193	1.5	501986.16	4738060.51	11.5	127.3	10.70	1362.37	1464.23	2	2	0.0522	0.0027	6.6424	0.3447	3.8865
	21	11	130	3.2	501988.85	4738060.55	11.85	127.3	9.40	1196.85	1508.79	2	2	0.0495	0.0029	6.2981	0.3643	4.1779
	21	6	71	1.2	501987.08	4738062.53	12.15	127.3	8.50	1082.25	1546.99	2	3	0.0476	0.0030	6.0634	0.3815	4.4376
	44	25	264	5.2	501981.61	4738059.21	12.6	31.83	8.20	261.01	401.07	2	5	0.0496	0.0032	1.5790	0.1020	1.2111
	21	23	214	6.2	501984.65	4738055.95	13.35	31.83	8.20	261.01	424.94	2	2	0.0556	0.0036	1.7708	0.1133	1.3924
	21	22	213	1.9	501985.61	4738060.14	13.4	31.83	9.50	302.39	426.54	2	2	0.0637	0.0036	2.0276	0.1141	1.4050
	21	10	125	9.2	501994.50	4738058.48	13.65	31.83	10.80	343.77	434.49	2	2	0.0739	0.0037	2.3516	0.1180	1.4690
	21	2	47	8.6	501991.79	4738068.36	13.65	31.83	11.50	366.06	434.49	2	2	0.0780	0.0037	2.4836	0.1180	1.4690
	21	33	393	2.2	501985.76	4738064.19	13.95	31.83	9.00	286.48	444.04	6	0	0.0658	0.0039	2.0951	0.1228	1.5481
	21	16	157	7	501990.38	4738056.54	14.25	31.83	10.00	318.31	453.59	2	2	0.0752	0.0040	2.3951	0.1276	1.6296
	21	21	203	2.7	501985.87	4738059.30	14.35	31.83	9.40	299.21	456.77	2	2	0.0723	0.0041	2.3013	0.1292	1.6573
	21	12	141	7.9	501992.32	4738057.26	14.75	31.83	11.30	359.69	469.51	2	2	0.0896	0.0043	2.8523	0.1358	1.7710
	21	29	311	3.6	501982.45	4738062.62	15	31.83	11.30	359.69	477.47	2	2	0.0926	0.0044	2.9489	0.1399	1.8442
	21	20	194	8.8	501986.83	4738053.24	15.7	31.83	10.00	318.31	499.75	2	2	0.0912	0.0048	2.9024	0.1518	2.0587
	21	26	280	3.3	501982.86	4738060.98	15.9	31.83	11.30	359.69	506.11	2	2	0.1040	0.0049	3.3100	0.1553	2.1225
	21	34	398	9.2	501985.71	4738071.20	17.15	31.83	8.60	273.75	545.90	2	2	0.0953	0.0056	3.0328	0.1775	2.5476
	21	31	354	9.1	501979.98	4738068.83	17.2	31.83	9.20	292.85	547.49	2	2	0.1016	0.0056	3.2347	0.1784	2.5655
	21	32	364	7.7	501981.87	4738068.50	18.15	31.83	11.70	372.42	577.73	2	2	0.1393	0.0062	4.4354	0.1960	2.9207
	21	30	322	7.1	501979.32	4738064.41	18.75	31.83	11.10	353.32	596.83	2	2	0.1420	0.0065	4.5191	0.2074	3.1591
	21	17	169	8.5	501989.98	4738054.49	18.85	31.83	11.00	350.14	600.01	2	2	0.1424	0.0066	4.5312	0.2093	3.1999
	21	5	59	7.2	501991.76	4738066.32	18.85	31.83	11.20	356.51	600.01	2	2	0.1446	0.0066	4.6028	0.2093	3.1999
	21	9	118	5.7	501991.47	4738060.41	18.9	31.83	10.30	327.86	601.61	2	2	0.1351	0.0066	4.3018	0.2103	3.2204
	21	3	49	8.9	501992.19	4738068.39	19.1	31.83	12.20	388.34	607.97	2	2	0.1599	0.0067	5.0895	0.2142	3.3032
	21	8	113	10.3	501996.09	4738059.91	23.15	14.15	12.60	178.25	327.50	2	2	0.2408	0.0093	3.4061	0.1316	2.3345
	21	7	74	8.9	501994.17	4738065.53	24.55	14.15	12.80	181.08	347.31	2	2	0.2742	0.0102	3.8794	0.1448	2.6896
	21	28	300	6.3	501979.70	4738062.00	26	14.15	10.80	152.79	367.82	2	2	0.2651	0.0112	3.7497	0.1588	3.0889
	21	24	222	14.1	501981.22	4738048.73	28.55	14.15	11.10	157.03	403.90	2	2	0.3268	0.0130	4.6228	0.1836	3.8708
21	14	147	11	501994.14	4738054.60	29.35	14.15	11.60	164.11	415.21	2	2	0.3587	0.0135	5.0739	0.1914	4.1376	
21	1	15	4.6	501987.07	4738066.47	41.05	14.15	12.60	178.25	580.73	2	2	0.7495	0.0212	10.6038	0.3000	9.2936	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT	0% f
927	21	19	194	5.8	489995.55	4736000.23	13	31.831	8.40	267.38	413.80	3	2	0.0539	0.0034	1.7156	0.1080		1.3059
	21	3	37	5.1	489997.80	4736010.26	14	31.831	8.70	276.93	445.63	3	2	0.0644	0.0039	2.0487	0.1236		1.5615
	21	1	22	5.9	489997.00	4736011.55	15.8	31.831	7.60	241.92	502.93	3	2	0.0727	0.0048	2.3150	0.1535		2.0905
	21	9	98	9.6	490004.60	4736006.30	16.2	31.831	9.20	292.85	515.66	2	2	0.0902	0.0050	2.8725	0.1605		2.2204
	21	26	260	5.9	489990.23	4736002.53	17.65	31.831	9.60	305.58	561.82	2	2	0.1110	0.0059	3.5330	0.1867		2.7304
	21	32	296	1.2	489993.80	4736005.92	17.85	31.831	9.00	286.48	568.18	3	2	0.1073	0.0060	3.4156	0.1904		2.8056
	21	27	267	6.1	489989.70	4736002.98	18.1	31.831	7.00	222.82	576.14	3	5	0.0886	0.0061	2.8217	0.1951		2.9014
	21	15	178	7.5	489997.54	4735998.94	18.55	31.831	10.10	321.49	590.47	3	2	0.1280	0.0064	4.0752	0.2036		3.0784
	21	2	29	8.8	489998.87	4736013.90	18.6	31.831	6.30	200.54	592.06	3	2	0.0854	0.0064	2.7175	0.2046		3.0985
	21	21	202	5.2	489994.84	4736000.80	19.85	31.831	8.50	270.56	631.85	3	2	0.1260	0.0072	4.0116	0.2288		3.6247
	21	28	270	3.2	489992.15	4736004.55	20.35	31.831	9.30	296.03	647.76	2	2	0.1432	0.0075	4.5574	0.2387		3.8489
	21	20	197	2.8	489995.13	4736003.20	21.05	31.831	7.70	245.10	670.04	5	2	0.1299	0.0079	4.1354	0.2528		4.1760
	21	35	352	7.5	489989.87	4736011.47	22.65	14.147	8.60	121.66	320.43	2	2	0.1654	0.0090	2.3398	0.1270		2.2147
	21	4	48	11	490002.53	4736014.02	22.75	14.147	10.00	141.47	321.84	2	2	0.1902	0.0090	2.6912	0.1279		2.2384
	21	37	381	9	489992.35	4736014.60	23.15	14.147	7.50	106.10	327.50	2	2	0.1533	0.0093	2.1691	0.1316		2.3345
	21	23	217	3	489994.21	4736003.11	23.15	14.147	10.00	141.47	327.50	2	2	0.1969	0.0093	2.7858	0.1316		2.3345
	21	31	286	5.3	489989.83	4736004.84	23.85	14.147	11.70	165.52	337.41	2	2	0.2395	0.0098	3.3878	0.1382		2.5084
	21	12	127	13.9	490007.67	4736000.28	24.15	14.147	9.00	127.32	341.65	3	2	0.1954	0.0100	2.7641	0.1410		2.5851
	21	18	194	8.2	489995.77	4735997.84	24.25	14.147	9.50	134.40	343.06	2	2	0.2065	0.0100	2.9211	0.1420		2.6110
	21	24	229	6	489992.36	4736000.61	25.05	14.147	8.80	124.49	354.38	2	2	0.2060	0.0106	2.9146	0.1496		2.8237
	21	5	57	13.5	490005.54	4736014.44	25.15	14.147	10.00	141.47	355.80	2	2	0.2321	0.0106	3.2832	0.1506		2.8509
	21	13	139	1.1	489995.90	4736005.37	25.3	14.147	10.30	145.71	357.92	2	2	0.2409	0.0107	3.4087	0.1520		2.8921
	21	25	240	12.8	489987.48	4735995.64	25.75	14.147	6.70	94.78	364.29	3	2	0.1717	0.0111	2.4283	0.1564		3.0177
	21	10	100	7.6	490002.60	4736006.00	26.9	14.147	8.30	117.42	380.55	2	2	0.2255	0.0118	3.1903	0.1675		3.3531
	21	34	340	5.7	489990.39	4736009.35	27.55	14.147	7.80	110.35	389.75	2	2	0.2240	0.0123	3.1690	0.1738		3.5519
	21	8	96	13.6	490008.57	4736006.85	29.6	14.147	10.40	147.13	418.75	2	2	0.3317	0.0137	4.6924	0.1939		4.2232
	21	36	377	14.2	489989.98	4736019.28	30.2	14.147	8.80	124.49	427.24	2	2	0.2985	0.0141	4.2225	0.1997		4.4326
	21	16	183	10.6	489997.80	4735995.78	30.45	14.147	12.00	169.76	430.78	2	2	0.3973	0.0143	5.6212	0.2022		4.5216
	21	30	280	8	489987.39	4736003.53	30.6	14.147	9.60	135.81	432.90	3	2	0.3304	0.0144	4.6748	0.2036		4.5755
	21	29	274	9.7	489986.10	4736002.15	30.75	14.147	7.50	106.10	435.02	3	2	0.2692	0.0145	3.8082	0.2051		4.6298
	21	22	209	13	489993.17	4735993.13	31.1	14.147	7.00	99.03	439.97	3	5	0.2593	0.0147	3.6677	0.2085		4.7579
	21	11	121	11.7	490006.07	4736002.21	33.2	14.147	10.60	149.96	469.68	2	2	0.4234	0.0162	5.9899	0.2289		5.5701
	21	14	160	11.2	490001.58	4735996.94	33.7	14.147	11.70	165.52	476.75	2	2	0.4753	0.0165	6.7234	0.2337		5.7746
21	7	71	2.6	489997.33	4736007.14	34	14.147	8.70	123.08	481.00	2	2	0.3738	0.0167	5.2881	0.2366		5.8994	
21	17	186	14.1	489998.08	4735992.24	35.65	14.147	12.00	169.76	504.34	2	2	0.5432	0.0178	7.6840	0.2522		6.6137	
21	33	334	14.5	489982.52	4736013.38	37.75	14.147	8.10	114.59	534.05	2	2	0.4322	0.0192	6.1149	0.2715		7.5928	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT_0% f
951	21	16	250	9.1	509005.57	4735039.57	15.5	31.831	8.70	276.93	493.38	4	2	0.0788	0.0047	2.5068	0.1484	1.9960
	21	8	157	8.5	509017.31	4735039.37	17.6	31.831	8.60	273.75	560.23	3	2	0.1003	0.0058	3.1926	0.1858	2.7118
	21	14	225	5.1	509010.05	4735041.29	18.55	31.831	10.20	324.68	590.47	4	2	0.1291	0.0064	4.1103	0.2036	3.0784
	21	7	136	8.6	509019.26	4735041.39	19.8	31.831	8.70	276.93	630.25	5	2	0.1280	0.0072	4.0732	0.2278	3.6028
	21	2	36	8.1	509016.34	4735052.84	21.15	31.831	10.40	331.04	673.23	3	2	0.1703	0.0080	5.4219	0.2548	4.2240
	21	17	268	5.5	509007.18	4735043.35	21.8	31.831	10.30	327.86	693.92	5	2	0.1794	0.0084	5.7091	0.2681	4.5439
	21	3	45	10.8	509019.01	4735054.21	22.85	14.147	9.10	128.74	323.26	3	2	0.1768	0.0091	2.5009	0.1288	2.2622
	21	15	234	13.8	509004.98	4735034.12	23.85	14.147	11.20	158.45	337.41	3	2	0.2305	0.0098	3.2615	0.1382	2.5084
	21	5	119	12	509023.47	4735042.47	24.2	14.147	9.60	135.81	342.36	4	2	0.2075	0.0100	2.9358	0.1415	2.5981
	21	1	0	9.1	509012.00	4735055.10	24.65	14.147	10.40	147.13	348.72	5	2	0.2308	0.0103	3.2646	0.1458	2.7161
	21	10	177	5.2	509013.84	4735041.14	24.7	14.147	10.10	142.88	349.43	3	2	0.2259	0.0103	3.1953	0.1463	2.7294
	21	9	160	13.5	509019.94	4735035.08	24.9	14.147	10.40	147.13	352.26	3	2	0.2354	0.0105	3.3305	0.1482	2.7830
	21	21	353	7.1	509007.22	4735051.25	25.4	14.147	10.40	147.13	359.33	4	2	0.2449	0.0108	3.4644	0.1530	2.9197
	21	18	271	14.7	508998.80	4735039.53	25.5	14.147	9.70	137.23	360.75	4	2	0.2323	0.0109	3.2862	0.1539	2.9476
	21	11	185	9.1	509014.12	4735037.15	25.55	14.147	11.30	159.86	361.46	3	2	0.2663	0.0109	3.7675	0.1544	2.9615
	21	23	385	4.4	509010.97	4735050.28	26.35	14.147	11.40	161.28	372.77	3	2	0.2853	0.0115	4.0358	0.1621	3.1901
	21	22	379	12	509008.11	4735057.35	26.85	14.147	10.60	149.96	379.85	4	2	0.2780	0.0118	3.9322	0.1670	3.3381
	21	6	134	5.9	509017.08	4735043.00	28.3	14.147	10.60	149.96	400.36	3	2	0.3085	0.0128	4.3643	0.1811	3.7896
	21	4	92	7.4	509019.34	4735046.93	29.2	14.147	10.40	147.13	413.09	3	2	0.3229	0.0134	4.5675	0.1899	4.0868
	21	13	225	9.8	509008.25	4735036.95	29.45	14.147	13.00	183.91	416.63	3	2	0.3987	0.0136	5.6405	0.1924	4.1717
21	12	202	14	509011.56	4735032.01	30.05	14.147	10.90	154.20	425.12	3	2	0.3560	0.0140	5.0365	0.1983	4.3797	
21	19	307	10.2	509001.86	4735047.12	31.95	14.147	10.70	151.37	452.00	4	2	0.3956	0.0153	5.5965	0.2168	5.0777	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
989	65	22	360	4.9	512999.12	4738980.96	12.25	127	6.90	878.54	1559.72	2	3	0.0404	0.0030	5.1403	0.3873	4.5262
	14	20	302	9.6	512992.40	4738977.30	16.3	31.8	8.50	270.56	518.85	2	2	0.0853	0.0051	2.7143	0.1623	2.2536
	21	21	318	7.8	512994.51	4738979.18	17.75	31.8	10.70	340.59	565.00	2	2	0.1234	0.0059	3.9264	0.1886	2.7679
	21	18	275	10.1	512992.67	4738973.13	22.75	14.1	12.50	176.84	321.84	2	2	0.2310	0.0090	3.2677	0.1279	2.2384
	21	17	238	11.5	512995.54	4738967.49	23.1	14.1	11.50	162.69	326.80	2	2	0.2214	0.0093	3.1325	0.1312	2.3223
	21	15	221	11.2	512998.37	4738966.40	23.8	14.1	10.00	141.47	336.70	3	2	0.2080	0.0097	2.9430	0.1377	2.4957
	21	7	150	13.7	513011.69	4738967.31	27.05	14.1	12.50	176.84	382.68	5	2	0.3256	0.0119	4.6058	0.1689	3.3984
	21	13	191	14.6	513004.06	4738962.55	27.75	14.1	12.50	176.84	392.58	2	2	0.3425	0.0124	4.8451	0.1758	3.6144
	21	19	300	12.9	512989.10	4738977.00	29.1	14.1	12.00	169.76	411.68	2	2	0.3632	0.0134	5.1379	0.1890	4.0532
	21	16	230	10.6	512997.19	4738967.56	29.5	14.1	12.50	176.84	417.34	2	2	0.3866	0.0136	5.4697	0.1929	4.1888
	21	10	157	8.5	513007.31	4738970.37	33.55	14.1	13.50	190.98	474.63	3	2	0.5335	0.0164	7.5476	0.2323	5.7128
	21	9	155	9.1	513007.91	4738970.08	33.85	14.1	10.50	148.54	478.88	4	2	0.4364	0.0166	6.1735	0.2351	5.8368
	21	8	151	8.8	513008.12	4738970.68	37.15	14.1	12.50	176.84	525.56	3	2	0.6107	0.0188	8.6397	0.2660	7.3050
	21	14	198	10.5	513002.33	4738966.51	37.3	14.1	14.00	198.06	527.68	3	2	0.6794	0.0189	9.6112	0.2674	7.3763
	21	3	53	8	513007.92	4738982.38	41.75	14.1	12.20	172.59	590.64	4	2	0.7536	0.0216	10.6619	0.3057	9.6805
	21	12	181	3.3	513002.97	4738973.85	41.8	14.1	12.80	181.08	591.34	3	2	0.7877	0.0216	11.1430	0.3061	9.7085
	21	6	115	6.2	513008.03	4738975.55	41.9	14.1	14.90	210.79	592.76	3	2	0.9032	0.0217	12.7776	0.3069	9.7646
	21	1	9	9.9	513003.39	4738986.80	42.05	14.1	14.50	205.13	594.88	4	2	0.8883	0.0218	12.5674	0.3081	9.8491
21	5	79	6.4	513008.05	4738979.07	42.35	14.1	16.50	233.43	599.13	2	2	1.0081	0.0219	14.2620	0.3105	10.0194	
21	11	163	17	513011.33	4738962.79	44.3	5.09	12.00	61.12	225.62	3	2	0.8356	0.0230	4.2555	0.1171	4.0208	
21	23	378	11.1	512998.24	4738987.44	51.35	5.09	14.80	75.38	261.53	3	2	1.3439	0.0259	6.8444	0.1321	5.7412	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
1003	21	37	242	8.5	536988.79	4738980.28	13.35	31.83	10.70	340.59	424.94	2	2	0.0701	0.0036	2.2321	0.1133	1.3924
	21	19	129	5.3	536998.76	4738984.67	14.9	31.83	11.90	378.79	474.28	2	2	0.0956	0.0043	3.0440	0.1383	1.8147
	21	41	251	10.7	536986.32	4738979.55	16	31.83	9.50	302.39	509.30	6	0	0.0905	0.0049	2.8819	0.1570	2.1549
	21	6	39	8.8	536999.06	4738994.20	18.65	31.83	11.80	375.61	593.65	2	2	0.1481	0.0065	4.7157	0.2055	3.1186
	21	36	237	5.5	536990.98	4738982.40	18.95	31.83	10.00	318.31	603.20	4	2	0.1324	0.0066	4.2147	0.2113	3.2410
	21	29	198	5.9	536994.19	4738981.10	19.8	31.83	9.90	315.13	630.25	3	2	0.1432	0.0072	4.5577	0.2278	3.6028
	21	14	80	5.3	536999.04	4738988.64	20.5	31.83	12.20	388.34	652.54	2	2	0.1840	0.0076	5.8557	0.2417	3.9177
	21	24	159	9.8	536999.88	4738979.16	20.85	31.83	11.30	359.69	663.68	3	2	0.1780	0.0078	5.6651	0.2487	4.0810
	21	12	74	2.9	536996.66	4738988.15	22.25	31.83	10.80	343.77	708.24	2	2	0.1946	0.0087	6.1954	0.2774	4.7735
	21	25	168	11.5	536999.54	4738976.92	22.85	14.15	11.80	166.93	323.26	2	2	0.2216	0.0091	3.1351	0.1288	2.2622
	21	20	136	7.3	537000.16	4738983.09	23.2	14.15	9.70	137.23	328.21	5	2	0.1926	0.0093	2.7246	0.1321	2.3466
	21	34	229	14.6	536987.58	4738973.89	23.9	14.15	12.70	179.67	338.11	2	2	0.2582	0.0098	3.6534	0.1387	2.5211
	21	40	247	3.8	536991.44	4738984.19	23.95	14.15	12.20	172.59	338.82	3	2	0.2504	0.0098	3.5426	0.1392	2.5338
	21	9	57	5.3	536998.14	4738990.31	24.5	14.15	13.70	193.81	346.60	2	2	0.2897	0.0102	4.0990	0.1444	2.6764
	21	26	171	14.7	537000.47	4738973.80	24.8	14.15	13.30	188.16	350.85	2	2	0.2893	0.0104	4.0923	0.1472	2.7562
	21	59	399	14.6	536993.77	4739001.60	25	14.15	12.30	174.01	353.68	2	2	0.2746	0.0105	3.8847	0.1491	2.8101
	21	42	252	13	536984.52	4738978.10	25.1	14.15	13.10	185.33	355.09	2	2	0.2924	0.0106	4.1361	0.1501	2.8373
	21	13	79	10.4	537003.84	4738990.37	25.25	14.15	12.90	182.50	357.21	2	2	0.2919	0.0107	4.1297	0.1515	2.8783
	21	32	210	12.2	536992.09	4738974.95	25.45	14.15	13.10	185.33	360.04	2	2	0.3005	0.0108	4.2513	0.1535	2.9336
	21	51	319	12.6	536981.96	4738990.70	25.5	14.15	12.20	172.59	360.75	2	2	0.2836	0.0109	4.0116	0.1539	2.9476
	21	1	1	7.1	536994.11	4738994.10	26.25	14.15	11.70	165.52	371.36	2	2	0.2896	0.0114	4.0971	0.1612	3.1610
	21	35	230	9.8	536989.55	4738978.27	26.85	14.15	12.10	171.18	379.85	2	2	0.3119	0.0118	4.4119	0.1670	3.3381
	21	22	152	13.4	537003.17	4738977.23	27	14.15	11.80	166.93	381.97	2	2	0.3085	0.0119	4.3646	0.1685	3.3833
	21	54	343	14.4	536982.76	4738996.00	27.1	14.15	11.50	162.69	383.38	2	2	0.3039	0.0120	4.2993	0.1694	3.4136
	21	39	247	14.8	536984.04	4738976.05	27.45	14.15	12.70	179.67	388.34	2	2	0.3398	0.0122	4.8078	0.1728	3.5209
	21	50	317	3.1	536991.01	4738987.82	27.6	14.15	10.90	154.20	390.46	2	2	0.3008	0.0123	4.2550	0.1743	3.5674
	21	57	380	6.5	536991.99	4738993.18	27.6	14.15	14.40	203.72	390.46	2	2	0.3832	0.0123	5.4212	0.1743	3.5674
	21	47	291	6.8	536987.27	4738986.04	27.65	14.15	12.70	179.67	391.16	2	2	0.3448	0.0124	4.8775	0.1748	3.5831
	21	11	73	13.1	537005.94	4738992.39	27.75	14.15	12.20	172.59	392.58	2	2	0.3353	0.0124	4.7438	0.1758	3.6144
	21	28	173	8.8	536997.62	4738978.98	27.75	14.15	13.00	183.91	392.58	2	2	0.3544	0.0124	5.0133	0.1758	3.6144
	21	43	257	11.9	536984.71	4738979.56	27.8	14.15	12.10	171.18	393.29	2	2	0.3341	0.0125	4.7268	0.1763	3.6301
	21	16	104	6.2	537000.19	4738986.61	28.4	14.15	12.30	174.01	401.77	2	2	0.3536	0.0129	5.0021	0.1821	3.8220
	21	56	372	13.4	536988.29	4738999.12	28.4	14.15	13.60	192.40	401.77	2	2	0.3859	0.0129	5.4589	0.1821	3.8220
	21	49	317	8.1	536986.19	4738989.14	28.45	14.15	12.80	181.08	402.48	2	2	0.3673	0.0129	5.1966	0.1826	3.8382
	21	30	203	10.1	536993.52	4738976.91	28.45	14.15	14.30	202.30	402.48	2	2	0.4045	0.0129	5.7224	0.1826	3.8382
	21	5	35	10.4	536999.43	4738995.87	28.95	14.15	9.60	135.81	409.56	4	2	0.2961	0.0133	4.1883	0.1875	4.0029
	21	27	172	4.4	536995.87	4738983.02	29	14.15	13.30	188.16	410.26	2	2	0.3945	0.0133	5.5806	0.1880	4.0196
	21	4	29	3.7	536995.63	4738990.32	29.3	14.15	13.90	196.64	414.51	2	2	0.4184	0.0135	5.9185	0.1909	4.1207
	21	45	284	4.8	536989.35	4738985.81	29.6	14.15	11.90	168.35	418.75	2	2	0.3729	0.0137	5.2759	0.1939	4.2232
	21	17	112	10.7	537004.51	4738985.00	29.65	14.15	12.70	179.67	419.46	2	2	0.3960	0.0137	5.6018	0.1944	4.2404
21	52	322	10.5	536984.12	4738990.56	30.25	14.15	10.90	154.20	427.95	3	2	0.3607	0.0142	5.1031	0.2002	4.4503	
21	53	323	14.7	536980.25	4738992.20	30.3	14.15	13.60	192.40	428.65	2	2	0.4387	0.0142	6.2067	0.2007	4.4681	
21	33	216	6.2	536992.46	4738980.99	30.85	14.15	13.20	186.74	436.43	2	2	0.4430	0.0146	6.2672	0.2061	4.6662	
21	2	18	10.8	536997.01	4738997.37	30.95	14.15	13.30	188.16	437.85	2	2	0.4488	0.0146	6.3491	0.2071	4.7028	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
1003	21	55	361	7.9	536989.46	4738993.46	31.1	14.15	11.80	166.93	439.97	2	2	0.4083	0.0147	5.7766	0.2085	4.7579
	21	23	152	5.8	536997.97	4738982.77	31.55	14.15	13.60	192.40	446.34	2	2	0.4753	0.0151	6.7247	0.2129	4.9257
	21	38	244	11.2	536986.86	4738978.37	31.95	14.15	14.30	202.30	452.00	2	2	0.5091	0.0153	7.2025	0.2168	5.0777
	21	48	297	14.3	536979.72	4738986.33	32.3	14.15	13.10	185.33	456.95	2	2	0.4820	0.0156	6.8195	0.2202	5.2129
	21	46	288	11	536983.19	4738984.94	33.75	14.15	11.70	165.52	477.46	2	2	0.4767	0.0166	6.7432	0.2342	5.7953
	21	7	41	6.8	536998.08	4738992.44	34.05	14.15	13.90	196.64	481.71	2	2	0.5635	0.0168	7.9721	0.2371	5.9203
	21	58	393	8.4	536993.08	4738995.35	35.45	14.15	15.40	217.86	501.51	2	2	0.6673	0.0177	9.4402	0.2503	6.5246
	21	44	267	7.5	536987.49	4738983.28	35.85	14.15	14.40	203.72	507.17	2	2	0.6436	0.0180	9.1050	0.2540	6.7036
	21	10	61	9.7	537001.94	4738992.58	36.45	14.15	15.10	213.62	515.66	2	2	0.6932	0.0184	9.8063	0.2596	6.9774
	21	31	209	3.8	536993.46	4738983.24	36.6	14.15	16.20	229.18	517.78	2	2	0.7429	0.0184	10.5100	0.2610	7.0468
	21	18	125	14.6	537007.49	4738981.41	38.6	14.15	14.60	206.55	546.07	3	2	0.7542	0.0197	10.6692	0.2790	8.0117
	21	21	138	9.8	537002.11	4738981.49	39.15	14.15	15.20	215.03	553.86	2	2	0.8033	0.0201	11.3639	0.2839	8.2898
	21	15	102	14.5	537008.49	4738986.54	40.75	14.15	15.60	220.69	576.49	2	2	0.8895	0.0210	12.5843	0.2975	9.1307
21	8	49	24.1	537010.77	4739004.31	47.45	5.093	17.90	91.16	241.66	2	2	1.3558	0.0245	6.9050	0.1247	4.7453	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT_0% f
1018	44	31	227	9.6	534007.05	4737990.25	13.2	31.831	7.10	226.00	420.17	3	5	0.0480	0.0035	1.5277	0.1110	1.3549
	21	8	64	6	534016.07	4738002.21	13.4	31.831	11.20	356.51	426.54	3	5	0.0735	0.0036	2.3398	0.1141	1.4050
	21	27	185	4.7	534012.10	4737994.43	15.4	31.831	12.20	388.34	490.20	3	2	0.1043	0.0046	3.3210	0.1467	1.9651
	21	6	50	9.9	534018.00	4738006.00	15.95	31.831	13.90	442.45	507.70	2	2	0.1253	0.0049	3.9881	0.1562	2.1387
	21	54	388	3.4	534010.36	4738002.34	16.95	31.831	13.30	423.35	539.54	2	2	0.1360	0.0055	4.3297	0.1739	2.4765
	21	15	104	9.1	534020.08	4737998.43	17.3	31.831	10.30	327.86	550.68	4	2	0.1134	0.0057	3.6099	0.1803	2.6017
	21	24	168	8.2	534014.95	4737991.81	17.95	31.831	15.90	506.11	571.37	2	2	0.1780	0.0060	5.6659	0.1923	2.8437
	21	19	139	9.2	534018.53	4737993.71	18.25	31.831	12.80	407.44	580.92	2	2	0.1523	0.0062	4.8486	0.1979	2.9597
	21	4	24	6.8	534013.50	4738005.32	18.35	31.831	14.40	458.37	584.10	2	2	0.1706	0.0063	5.4302	0.1998	2.9990
	44	22	156	5.7	534014.63	4737994.61	18.45	31.831	11.60	369.24	587.28	2	2	0.1429	0.0063	4.5479	0.2017	3.0385
	21	52	369	5.3	534008.52	4738003.68	19.1	31.831	13.30	423.35	607.97	3	2	0.1724	0.0067	5.4864	0.2142	3.3032
	21	35	256	3.9	534007.99	4737996.51	19.4	31.831	10.60	337.41	617.52	3	2	0.1459	0.0069	4.6450	0.2200	3.4297
	21	30	211	4.1	534010.30	4737994.96	19.6	31.831	10.10	321.49	623.89	4	2	0.1428	0.0070	4.5453	0.2239	3.5156
	21	5	42	6.3	534014.86	4738003.98	19.65	31.831	11.50	366.06	625.48	4	2	0.1607	0.0071	5.1144	0.2249	3.5373
	21	2	7	9.4	534012.03	4738008.34	20	31.831	13.70	436.08	636.62	2	2	0.1938	0.0073	6.1677	0.2318	3.6912
	21	46	325	9.3	534002.41	4738002.56	20.1	31.831	11.80	375.61	639.80	3	2	0.1719	0.0073	5.4704	0.2337	3.7358
	21	42	302	7.6	534003.40	4737999.24	20.3	31.831	13.70	436.08	646.17	2	2	0.1996	0.0075	6.3525	0.2377	3.8261
	21	44	312	7.2	534003.93	4738000.35	20.95	31.831	16.90	537.94	666.86	2	2	0.2550	0.0079	8.1168	0.2508	4.1283
	21	55	389	1.9	534010.67	4738000.87	21	31.831	11.60	369.24	668.45	4	2	0.1847	0.0079	5.8787	0.2518	4.1521
	21	43	307	9.5	534001.56	4738000.04	22.15	31.831	10.20	324.68	705.06	4	2	0.1835	0.0086	5.8425	0.2753	4.7219
	21	12	90	6.5	534017.42	4738000.02	22.2	31.831	15.10	480.65	706.65	2	2	0.2594	0.0087	8.2555	0.2763	4.7477
	44	34	251	8	534005.25	4737993.43	22.6	14.147	10.90	154.20	319.72	3	2	0.2024	0.0089	2.8629	0.1265	2.2029
	44	28	196	13.2	534011.83	4737985.83	22.6	14.147	12.90	182.50	319.72	2	2	0.2343	0.0089	3.3147	0.1265	2.2029
	21	10	79	7.8	534018.38	4738001.53	22.6	14.147	14.00	198.06	319.72	2	2	0.2516	0.0089	3.5592	0.1265	2.2029
	21	11	84	13.6	534024.17	4738002.38	23.15	14.147	13.40	189.57	327.50	2	2	0.2540	0.0093	3.5935	0.1316	2.3345
	21	37	267	14.7	533998.23	4737991.72	23.4	14.147	11.20	158.45	331.04	5	2	0.2220	0.0095	3.1406	0.1340	2.3957
	21	56	390	7.9	534009.76	4738006.80	23.5	14.147	13.10	185.33	332.45	3	2	0.2566	0.0095	3.6298	0.1349	2.4205
	21	1	6	6.3	534011.59	4738005.27	23.65	14.147	14.70	207.96	334.58	2	2	0.2872	0.0096	4.0634	0.1363	2.4579
	21	25	170	9	534015.09	4737990.98	23.7	14.147	14.30	202.30	335.28	2	2	0.2816	0.0097	3.9837	0.1368	2.4705
	21	47	344	14.2	534000.06	4738008.05	23.8	14.147	11.80	166.93	336.70	3	2	0.2402	0.0097	3.3988	0.1377	2.4957
	21	7	51	1.4	534012.01	4737999.97	24	14.147	14.20	200.89	339.53	2	2	0.2869	0.0099	4.0595	0.1396	2.5466
	21	3	23	10.7	534014.78	4738009.01	24.5	14.147	16.30	230.60	346.60	2	2	0.3370	0.0102	4.7679	0.1444	2.6764
	21	9	71	12.7	534022.40	4738004.59	24.7	14.147	15.00	212.21	349.43	2	2	0.3186	0.0103	4.5074	0.1463	2.7294
	21	17	117	11.6	534022.19	4737995.94	24.8	14.147	12.10	171.18	350.85	2	2	0.2664	0.0104	3.7692	0.1472	2.7562
	21	51	364	7.9	534006.77	4738005.67	25.3	14.147	14.20	200.89	357.92	2	2	0.3186	0.0107	4.5070	0.1520	2.8921
	21	13	94	7.7	534018.67	4737999.72	25.4	14.147	16.40	232.01	359.33	2	2	0.3639	0.0108	5.1487	0.1530	2.9197
	21	50	348	10.1	534003.64	4738005.91	25.9	14.147	16.20	229.18	366.41	2	2	0.3743	0.0112	5.2948	0.1578	3.0603
	21	16	107	3.6	534014.58	4737998.60	26	14.147	14.80	209.38	367.82	2	2	0.3486	0.0112	4.9320	0.1588	3.0889
	21	32	233	15.4	534003.37	4737985.62	26.15	14.147	10.50	148.54	369.94	6	0	0.2616	0.0113	3.7009	0.1602	3.1320
	21	45	314	13.7	533997.63	4738001.99	26.15	14.147	16.50	233.43	369.94	2	2	0.3876	0.0113	5.4834	0.1602	3.1320
21	21	140	2.6	534013.10	4737997.47	26.6	14.147	16.80	237.67	376.31	2	2	0.4073	0.0116	5.7617	0.1646	3.2636	
21	38	274	10.5	534001.36	4737994.83	27	14.147	16.40	232.01	381.97	2	2	0.4108	0.0119	5.8117	0.1685	3.3833	
21	23	164	12.6	534017.75	4737988.36	27.1	14.147	15.90	224.94	383.38	2	2	0.4028	0.0120	5.6988	0.1694	3.4136	
21	18	126	14.4	534024.22	4737993.28	27.2	14.147	15.60	220.69	384.80	2	2	0.3991	0.0120	5.6463	0.1704	3.4440	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT_0% f
1018	21	26	176	6.1	534013.25	4737993.33	27.35	14.147	17.10	241.91	386.92	2	2	0.4370	0.0121	6.1827	0.1719	3.4900
	21	41	292	6	534005.05	4737998.25	27.75	14.147	12.00	169.76	392.58	2	2	0.3305	0.0124	4.6761	0.1758	3.6144
	21	36	260	11.9	534001.37	4737992.01	29	14.147	16.20	229.18	410.26	2	2	0.4683	0.0133	6.6251	0.1880	4.0196
	25	49	347	5.6	534006.86	4738002.77	29.15	14.147	17.40	246.16	412.39	2	2	0.5035	0.0134	7.1225	0.1895	4.0700
	21	29	203	10.9	534010.49	4737988.11	29.35	14.147	14.40	203.72	415.21	2	2	0.4329	0.0135	6.1239	0.1914	4.1376
	21	33	246	14.8	534001.21	4737987.90	31	14.147	14.10	199.47	438.56	4	2	0.4737	0.0147	6.7015	0.2076	4.7211
	21	53	377	14.5	534005.87	4738012.56	31.45	14.147	17.00	240.50	444.92	2	2	0.5736	0.0150	8.1140	0.2119	4.8881
	21	20	140	13	534021.52	4737991.36	32.15	14.147	15.00	212.21	454.83	2	2	0.5373	0.0155	7.6016	0.2188	5.1547
	21	40	288	1.4	534009.62	4737998.74	34.6	14.147	9.60	135.81	489.49	4	2	0.4216	0.0171	5.9641	0.2423	6.1536
	21	48	345	12.6	534001.42	4738007.18	35.2	14.147	18.00	254.65	497.97	2	2	0.7536	0.0175	10.6616	0.2480	6.4141
21	39	283	14.8	533996.72	4737995.09	39.75	14.147	16.6	234.8	562.34	2	2	0.8938	0.0204	12.6447	0.2891	8.5996	



Estadillo	Especie	nArbol	Rumbo	Distanci	xed50	yed50	diamnorm	factor	Ht	h*f	d*f	Calidad	Forma	VCC	IVCC	VCC*f	IVCC*f	BT 0% f
1336	21	25	332	13.4	531011.26	4722037.46	23.2	14.147	10.00	141.47	328.21	2	2	0.1978	0.0093	2.7977	0.1321	2.3466
	21	11	139	10.1	531031.26	4722025.19	23.45	14.147	12.20	172.59	331.75	3	2	0.2402	0.0095	3.3975	0.1344	2.4081
	21	27	397	3.4	531022.84	4722034.40	23.85	14.147	11.00	155.62	337.41	2	2	0.2270	0.0098	3.2107	0.1382	2.5084
	21	8	122	12.5	531034.76	4722026.77	24.75	14.147	13.60	192.40	350.14	2	2	0.2938	0.0104	4.1558	0.1468	2.7428
	34	24	305	6.9	531016.12	4722031.54	25.35	14.147	12.40	175.42	358.63	2	2	0.2843	0.0108	4.0215	0.1525	2.9059
	21	9	129	13.8	531035.39	4722024.93	25.85	14.147	12.20	172.59	365.70	2	2	0.2913	0.0111	4.1215	0.1573	3.0461
	21	22	263	12.5	531012.55	4722024.14	26.55	14.147	10.20	144.30	375.60	5	2	0.2629	0.0116	3.7190	0.1641	3.2488
	21	19	214	7.1	531021.45	4722024.07	26.55	14.147	10.50	148.54	375.60	2	2	0.2696	0.0116	3.8140	0.1641	3.2488
	21	21	222	8.5	531020.12	4722023.00	27.5	14.147	9.50	134.40	389.04	2	2	0.2650	0.0123	3.7483	0.1733	3.5363
	21	18	200	14	531023.00	4722017.00	27.55	14.147	10.90	154.20	389.75	2	2	0.2997	0.0123	4.2397	0.1738	3.5519
	21	13	145	1.7	531024.29	4722029.90	27.85	14.147	12.20	172.59	393.99	2	2	0.3377	0.0125	4.7778	0.1767	3.6459
	34	15	170	6.9	531026.13	4722024.85	28	14.147	12.50	176.84	396.12	2	2	0.3486	0.0126	4.9321	0.1782	3.6934
	21	2	52	14.1	531033.28	4722040.65	28	14.147	14.80	209.38	396.12	2	2	0.4038	0.0126	5.7126	0.1782	3.6934
	21	16	180	10.6	531026.28	4722020.92	28.15	14.147	11.70	165.52	398.24	2	2	0.3326	0.0127	4.7059	0.1797	3.7413
	21	23	282	0.9	531022.14	4722030.75	28.25	14.147	11.50	162.69	399.65	2	2	0.3300	0.0128	4.6686	0.1807	3.7735
	21	20	217	14.2	531019.25	4722017.30	29.7	14.147	11.20	158.45	420.17	2	2	0.3561	0.0138	5.0384	0.1948	4.2577
	21	10	129	8.5	531030.63	4722027.26	29.9	14.147	13.10	185.33	423.00	2	2	0.4136	0.0139	5.8515	0.1968	4.3271
	21	17	182	10.5	531025.93	4722020.92	31.5	14.147	10.80	152.79	445.63	2	2	0.3878	0.0150	5.4856	0.2124	4.9069
	21	14	162	4.1	531025.30	4722027.61	32.05	14.147	12.50	176.84	453.41	2	2	0.4557	0.0154	6.4469	0.2178	5.1161
	21	12	145	9.3	531030.07	4722024.96	32.9	14.147	12.20	172.59	465.44	2	2	0.4699	0.0160	6.6483	0.2260	5.4495
34	4	79	10.9	531033.31	4722034.53	42.05	14.147	18.20	257.48	594.88	2	2	1.0825	0.0218	15.3145	0.3081	9.8491	
34	26	364	8	531018.71	4722037.75	42.4	14.147	16.50	233.43	599.83	2	2	1.0105	0.0220	14.2954	0.3109	10.0480	
34	3	64	7.1	531028.99	4722034.80	46.8	5.093	18.00	91.67	238.35	2	2	1.3256	0.0242	6.7514	0.1233	4.5900	
34	1	4	12.9	531023.81	4722043.87	48.4	5.093	17.20	87.60	246.50	2	2	1.3620	0.0249	6.9368	0.1267	4.9777	



ANEJO 5

VARIABLES PARCELAS DE CAMPO





Parcela	Vuelo lidar	Natural	X_ED50	Y_ED50	Densidad pies/ha	H m	H ₁₀₀ m	D cm	D _g cm	AB m ² /ha	VCC m ³ /ha	IVCC m ³ /ha/año	Biomasa Tm/ha
101	2	1	489000	4771001	470	14.18	16.37	24.89	25.66	24.31	159.82	4.99	102.3
103	2	0	493002	4771010	308	11.82	14.04	28.24	29.24	20.68	113.77	3.96	91.89
153	2	1	491991	4765990	316	15.9	17.80	35.35	35.55	31.37	220.25	5.55	147.74
189	2	0	510042	4762948	329	24	28.00	42.34	43.46	48.81	497.81	6.8	255.17
219	2	0	530011	4768034	298	16.31	18.46	33.45	33.87	26.85	195.22	4.84	124.81
251	2	0	522982	4763993	580	12.99	15.82	27.33	28.33	36.56	223.97	7.08	160.88
283	2	0	513987	4762011	541	14.22	18.79	30.76	32.07	43.70	297.47	7.75	203.62
285	1	0	515936	4762013	194	16.93	18.56	39.69	40.2	24.62	181.3	3.88	122.36
299	1	1	483014	4753988	257	10.72	13.90	26.47	28.11	15.95	89.08	2.92	71.96
307	1	1	482024	4752012	346	15.05	16.33	33.6	34.21	31.80	212.71	5.64	148.94
321	1	1	483007	4748998	609	13.91	18.83	26.52	27.93	37.31	245.29	7	167.5
325	1	1	483009	4748007	182	15.65	17.49	37.27	37.93	20.56	146.91	3.36	100.78
327	1	1	478997	4746961	368	13.52	16.48	32.26	33.48	32.40	201.38	5.64	153.05
331	1	1	482957	4747038	693	10.32	13.72	21.99	22.82	28.34	144.54	6.06	114.52
337	1	1	482994	4746022	206	12.63	14.75	27.27	29.73	14.30	90.69	2.5	66.94
395	1	1	484988	4754018	267	9.62	10.39	26.17	26.48	14.70	66.77	3.03	61.64
405	1	1	484993	4753002	231	12.94	13.99	35.45	35.7	23.12	136.04	4.07	109.34
407	1	1	486987	4753026	228	17.04	18.77	34.98	35.7	22.82	173.66	3.93	109
417	1	1	486975	4751969	857	12.41	15.05	20.31	22.01	32.61	196.44	6.69	135.54
425	1	1	511002	4751977	597	10.45	13.77	20.86	22.09	22.88	121.74	4.85	92.81
427	1	1	486976	4750996	817	8.74	10.92	19.68	20.44	26.81	118.19	5.93	103.85
429	1	1	499961	4750996	380	8.95	11.04	24.1	25.19	18.94	84.71	3.84	80.1
435	1	1	507007	4751068	387	11.98	15.64	26.63	27.88	23.63	141.47	4.56	104.23
443	1	1	488983	4750045	318	8.16	9.00	22.38	22.52	12.67	50.38	2.81	49.46
461	1	1	484993	4749045	153	12.89	13.99	37.81	37.98	17.33	99.56	2.92	83.61



Parcela	Vuelo lidar	Natural	X_ED50	Y_ED50	Densidad pies/ha	H m	H ₁₀₀ m	D cm	D _q cm	AB m ² /ha	VCC m ³ /ha	IVCC m ³ /ha/año	Biomasa Tm/ha
485	1	1	491994	4748027	126	16.98	17.92	41.44	41.97	17.43	125.94	2.63	88.16
495	1	1	486998	4747027	909	10.61	13.89	19.03	19.89	28.24	147.84	6.29	108.61
503	1	1	504040	4747027	294	10.35	13.01	25.65	27.25	17.15	90.04	3.29	75.58
509	1	1	485977	4746018	1277	8.05	10.92	16.09	16.79	28.27	114.57	6.64	101.43
512	1	1	491990	4745962	294	13.32	15.99	32.24	33.36	25.70	161.38	4.52	120.62
513	1	1	493017	4746011	410	12.83	14.82	31.43	31.93	32.83	193.98	6.12	149.54
515	1	1	495035	4745991	493	11.89	15.09	23.48	24.24	22.75	130.77	4.76	93.73
541	1	1	508019	4745028	444	9.35	12.70	20.03	22.24	17.25	89.29	3.49	72.65
567	1	1	498995	4743004	642	8.99	11.91	21.83	22.84	26.30	118.97	5.57	106.94
644	1	1	518983	4755997	923	11.78	15.87	16.3	17.53	22.28	133.93	5.07	83.25
773	1	0	554023	4753043	916	13.73	16.24	24.7	25.97	48.52	311.47	9.74	207.76
863	1	1	488011	4740999	274	24.02	26.11	41.84	42.23	38.38	384.27	5.84	194.41
867	1	1	491991	4741042	1266	13.47	17.84	21.54	22.48	50.25	321.31	10.78	202.31
877	1	1	506004	4741048	630	8.45	10.36	20.42	21.07	21.97	91.51	4.86	85.31
881	1	1	488999	4739993	325	22.58	24.79	41.23	41.66	44.30	418.41	6.82	223.83
883	1	1	490998	4739956	531	16.53	18.98	32.82	33.57	47.00	347.62	8.35	219.72
894	1	1	489981	4739013	206	20.96	23.53	42.65	43.8	31.04	283.2	4.35	162.08
895	1	1	490980	4738961	545	18.27	21.40	35.81	36.55	57.18	455.99	9.61	276.35
913	1	1	501986	4738062	1485	9.98	12.27	14.24	15	26.24	128.63	6.24	91.43
927	1	1	489995	4736006	721	8.88	11.24	22.58	23.45	31.14	134.16	6.57	127.35
951	1	1	509012	4735046	417	10.1	11.30	23.09	23.5	18.09	87.19	3.91	72.62
989	1	1	513002	4738977	428	10.58	14.20	25.02	27.59	25.59	145.67	4.65	116.87
1003	1	0	536994	4738987	971	12.38	15.38	26.22	27.03	55.72	325.53	11.14	239.33
1018	1	0	534011	4737999	1149	13.32	17.16	22.07	22.68	46.42	288.54	10.03	185.46
1336	1	0	531023	4722031	321	12.43	14.96	29.47	30.05	22.77	134.79	4.35	101.61



ANEJO 6

VARIABLES PARCELAS LIDAR





Parcela	vuelo lidar	natural	X_ED50	Y_ED50	Densidad copas/ha	H m	H ₁₀₀ m	Puntos parcela	Puntos copas	OA m	Radio parcela m	Densidad 6° árbol	Densidad puntos
101	2	1	489000	4771001	467	14.62	16.45	1267	562	1.35	15	509	1.79
103	2	0	493002	4771010	311	10.77	12.58	1345	759	1.60	15	277	1.90
153	2	1	491991	4765990	339	15.28	16.65	2881	1368	1.65	15	315	4.08
189	2	0	510042	4762948	326	23.3	26.56	8242	5440	1.72	25	312	4.20
219	2	0	530011	4768034	295	14.67	17.58	6541	3132	1.67	25	248	3.33
251	2	0	522982	4763993	581	12.25	16.12	4180	2052	1.32	25	568	2.13
283	2	0	513987	4762011	540	13.89	18.76	4904	2968	1.31	25	532	2.50
285	1	0	515936	4762013	204	15.04	16.74	4113	1987	2.00	25	206	2.09
299	1	1	483014	4753988	260	10.84	13.64	8331	4641	1.85	25	266	4.26
307	1	1	482024	4752012	346	13.29	15.44	7459	4420	1.55	25	347	3.80
321	1	1	483007	4748998	606	13.98	18.15	7033	4641	1.26	25	618	3.58
325	1	1	483009	4748007	183	15.52	17.03	6640	3420	2.03	25	172	3.38
327	1	1	478997	4746961	366	12.75	15.41	3640	2300	1.52	20	349	2.90
331	1	1	482957	4747038	693	10.59	13.99	2935	1764	1.18	15	702	4.15
337	1	1	482994	4746022	204	13.21	14.54	10351	5520	1.90	25	222	5.27
395	1	1	484988	4754018	270	8.64	10.27	4066	1325	1.80	25	301	2.07
405	1	1	484993	4753002	240	12.28	13.17	3171	1904	1.85	15	230	4.49
407	1	1	486987	4753026	231	15.88	17.73	6620	3915	1.87	20	222	5.27
417	1	1	486975	4751969	856	10.98	15.07	6426	4536	1.08	25	799	3.27
425	1	1	511002	4751977	597	10.6	12.76	3966	2400	1.31	20	598	3.16
427	1	1	486976	4750996	806	7.79	9.66	2329	1311	1.15	15	785	3.29
429	1	1	499961	4750996	382	7.93	9.09	1314	648	1.43	15	336	1.86
435	1	1	507007	4751068	382	13.96	17.07	1927	1080	1.50	15	419	2.73
443	1	1	488983	4750045	311	7.73	8.74	2595	748	1.65	15	324	3.67
461	1	1	484993	4749045	158	11.37	12.99	7185	2852	2.20	25	167	3.66



Parcela	vuelo lidar	natural	X_ED50	Y_ED50	Densidad copas/ha	H m	H ₁₀₀ m	Puntos parcela	Puntos copas	OA m	Radio parcela m	Densidad 6° árbol	Densidad puntos
485	1	1	491994	4748027	127	16.18	17.62	5910	3150	2.40	25	120	3.01
495	1	1	486998	4747027	919	9.65	12.79	1369	715	1.02	15	934	1.94
503	1	1	504040	4747027	297	11.12	12.83	1896	987	1.70	15	251	2.68
509	1	1	485977	4746018	1273	7.31	10.94	3207	1080	0.89	15	1276	4.54
512	1	1	491990	4745962	290	13.59	16.28	6031	3933	1.60	25	291	3.07
513	1	1	493017	4746011	407	11.44	13.53	4606	2720	1.55	25	371	2.35
515	1	1	495035	4745991	493	12.26	14.65	4437	2728	1.37	20	496	3.53
541	1	1	508019	4745028	439	8.76	11.23	1040	434	1.45	15	527	1.47
567	1	1	498995	4743004	647	7.9	10.29	2925	1651	1.23	25	629	1.49
644	1	1	518983	4755997	962	10.6	13.36	2954	2018	1.12	15	899	4.18
773	1	0	554023	4753043	905	13.76	15.65	2788	2304	1.125	15	861	3.94
863	1	1	488011	4740999	280	24.46	26.1	5899	4144	1.80	25	263	3.00
867	1	1	491991	4741042	1273	13.77	17.52	2714	2070	1.02	15	1135	3.84
877	1	1	506004	4741048	637	8.11	9.99	3010	1575	1.22	15	614	4.26
881	1	1	488999	4739993	326	20.06	22.75	5429	3328	1.55	25	319	2.76
883	1	1	490998	4739956	530	16.22	18.54	7689	5512	1.37	25	541	3.92
894	1	1	489981	4739013	204	19.19	21.96	7384	5280	1.95	25	201	3.76
895	1	1	490980	4738961	545	18.77	21.35	6847	5243	1.36	25	520	3.49
913	1	1	501986	4738062	1485	8.19	10.93	2038	1470	0.885	15	1388	2.88
927	1	1	489995	4736006	721	8.33	10.55	3095	2193	1.18	15	689	4.38
951	1	1	509012	4735046	424	9.23	10.42	2329	960	1.47	15	458	3.29
989	1	1	513002	4738977	430	10.92	13.64	5791	3888	1.45	20	402	4.61
1003	1	0	536994	4738987	973	11.47	13.86	5773	4775	1.11	25	937	2.94
1018	1	0	534011	4737999	1146	12.22	15.69	2465	2025	0.98	15	1051	3.49
1336	1	0	531023	4722031	325	11.23	15.27	2763	2024	1.65	15	285	3.91



ANEJO 7

ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL CONJUNTO DE ÁRBOLES DE CAMPO ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LOS ÁRBOLES SELECCIONADOS PARA LOS MODELOS





Estadísticos descriptivos todos los árboles de campo ponderados por factor de expansión

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Dn	25931	64.200	10.000	74.200	24.881	9.794
Ht	25931	28.400	4.000	32.400	12.374	3.978
VCC	25931	5.235	0.025	5.260	0.362	0.386
IVCC	25931	0.025	0.002	0.027	0.011	0.006

Estadísticos descriptivos árboles elegidos para los modelos ponderados por factor de expansión

	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Dn	15239	50.150	10.150	60.300	25.935	9.754
Ht	15239	23.100	5.700	28.800	12.561	4.056
VCC	15239	2.929	0.037	2.966	0.393	0.392
IVCC	15239	0.083	0.002	0.086	0.018	0.013





BIBLIOGRAFÍA





ALDRED, A.H.; BONNER G.M.; 1985. Application of airborne lasers to forest surveys, Information report PI-X-51, Petawawa National Forestry Institute, Canadian Forest Service, Agriculture Canada, Chlak River, Ontario, Canada, 62

AXELSSON, P.; 2000. DEM generation from laser scanner data using adaptive TIN models. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 33(B4/1), pp. 110- 117.

BASKERVILLE, G.L.; 1972. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. Canadian Journal of Forest Research 2: 49-53.

BRAVO, F.; DEL RÍO, M.; PANDO, V.; SAN MARTÍN, R.; MONTERO, G.; ORDOÑEZ, C. y CAÑELLAS, I.; 2002. El diseño de las parcelas del Inventario Forestal Nacional y la estimación de variables dasométricas. En: BRAVO, F.; DEL RÍO, M.; DEL PESO, C. (eds): El Inventario Forestal Nacional Elemento clave para la Gestión Forestal Sostenible. 19-35. Fundación General de la Universidad de Valladolid.

CANTERO, A.; 2002. Periodicidad de los Inventarios Forestales Nacionales: Red permanente Basonet de parcelas forestales del País Vasco. En: BRAVO, F.; DEL RÍO, M.; DEL PESO, C. (eds): El Inventario Forestal Nacional Elemento clave para la Gestión Forestal Sostenible. 59-66. Fundación General de la Universidad de Valladolid.

CHAN, T.M.; 1996. Optimal Output – Sensitive Convex-Hull Algorithms in two and three Dimensions. Discrete and Computational Geometry 16. Pag. 361 – 368.

CHUVIECO, E.; 1995. Fundamentos de Teledetección Espacial. Ediciones Rialp S.A. Madrid.

CONDES, S.; RIAÑO, D.; 2005. El uso del escáner laser aerotransportado para la estimación de la biomasa foliar del *Pinus sylvestris* L. en Canencia (Madrid). Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 19. 63-70.

Cuarto Inventario Forestal Nacional. Comunidad Autónoma del País Vasco / Euskadi. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones. Madrid 2013.

CUASANTE, D.; GARCÍA, C.; 2009. Estimación de recursos forestales con tecnología LIDAR aerotransportada. Aplicación práctica en varios montes de la Provincia de Burgos. En: Actas del 5º Congreso Forestal Español. Volumen 1. REF.: 5CFE01-544. S.E.C.F.; Junta de Castilla y León

DUAN, N.; 1983. Smearing estimate: a nonparametric retransformation method. *Journal of the American Statistical Association*, 78: 605-10.

GARCÍA, D.; GODINO, M.; MAURO, F.; 2012. LIDAR: aplicación práctica al inventario forestal. La tecnología al servicio del monte. Editorial Académica Española. Leipzig.

GATZIOLIS, D AND ANDERSEN, H. 2008. A Guide to LIDAR Data Acquisition and Processing for the Forests of the Pacific Northwest. USDA Technical Report PNW-GTR-768.

GONZÁLEZ, J.M. Manual de los hábitats de pino silvestre en Castilla y León. Junta de Castilla y León. Consejería de Medio Ambiente. 2006

HYYPPÄ, J. AND INKINEN, M. Detecting and Estimating Attributes for Single Trees Using Laser Scanner. *The Photogramm. J. Fin.* 1999, 16, 27-42.



IBÁÑEZ MARTÍNEZ, E. Validación de modelos digitales de precisión a partir de datos láser escáner aerotransportado; aplicación a la marisma del Parque Nacional de Doñana. Tesis Doctoral 2008

I.C.O.N.A. 1990. Segundo Inventario Forestal Nacional. Explicaciones y métodos. 1986-1995. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto nacional para la conservación de la naturaleza. Madrid. 1990

KAARTINEN, H.; HYYPPÄ, J. *EuroSDR/ISPRS Project, Commission II "Tree Extraction", Final Report*; EuroSDR Official Publication No. 53; European Spatial Data Research: Dublin, Ireland, 2008.

KINI, A.U.; POPESCU, S.C.; 2004. Treevaw: a versatile tool for analysing forest canopy LIDAR data: A preview with an eye towards future. Remote Sensing Foundation for GIS Applications. September 2006. 12-16.

KOCH, B.; HEYDER, U.; WEINACKER, H.; 2006. Detection of Individual Tree Crowns in Airborne LIDAR Data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. April 2006 .357-363

KRAUS, K. ,PFEIFER, N.; 1998. "Determination of terrain models in wooded areas with airborne laser scanner data". SPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing vol. 53(4): pg.193-203.

LECKIE, D., GOUGEON F., HILL D., QUINN R., ARMSTRONG L., SHREENAN R. 2003. Combined high-density lidar and ultispectral imagery for individual tree crown analysis, Canadian Journal of Remote Sensing, 29(5):633–649.

LEFSKY, M. A., HARDING, D. et al. (1999a). "Surface lidar remote sensing of basal area and biomass in deciduous forests of eastern Maryland, USA." Remote Sensing of Environment 67(1): 83-98.

LEFSKY, M. A., COHEN, W.B. et al. (1999b). "Lidar remote sensing of the canopy structure and biophysical properties of Douglas-fir western hemlock forests." Remote Sensing of Environment 70(3): 339-361.

LEE, H., SLATTON, K.C., ROTH, B.E., CROPPER, W.P. Adaptive clustering of airborne LiDAR data to segment individual tree crowns in managed pine forests. International Journal of Remote Sensing Vol. 31, No. 1, 10 January 2010, 117–139

MÁRTINEZ J.C.; PostGIS 2. Análisis Espacial Avanzado. Edición 1. Revisión 1. <http://cartosig.upv.es>. 2012

MEANS, J. E., ACKER, S.A. et al. (1999). "Use of large-footprint scanning airborne lidar to estimate forest stand characteristics in the Western Cascades of Oregon." Remote Sensing of Environment 67(3): 298-308.

MEANS, J.E.; ACKER, S.A.; FITT, B.J.; RENSLow, M.; EMERSON, L.; HENDRIX, C.J. Predicting ForestStand Characteristics with Airborne Scanning Lidar. Photogramm. Eng. Remote Sens. 2000, 66, 1367-1371.

MEI C. ; DURRIEU S. Tree crown delineation from digital elevation models and high resolution imagery. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol XXXVI – 8/W2.



MONTERO G., RUIZ-PEINADO R., MUÑOZ M., 2005. Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid. 270 pp.

NAESSET, E.; 1997a. Determination of mean tree height of forest stands using airborne laser scanner data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 52: 49-56.

NAESSET, E.; 1997b. Estimating timber volume of forest stands using airborne laser scanner data. *Remote Sensing of Environment* 61: 246-253.

NÆSSET, E.; ØKLAND, T. Estimating Tree Height and Tree Crown Properties Using Airborne Scanning Laser in a Boreal Nature Reserve. *Remote Sens. Environ.* 2002, 79, 105-115.

NELSON, R., SWIFT, R.; W. KRABILL, W.; 1988. Using airborne lasers to estimate forest canopy and stand characteristics. *Journal of Forestry* 86: 31-38.

NILSSON, M. 1996. Estimation of tree heights and stand volume using an airborne lidar system. *Remote Sensing of Environment* 56: 1-7

PALOMINO, M.P.; 2009. Algoritmo para la localización y estimación de masa forestal a partir de imágenes LIDAR. Proyecto fin de master en Sistemas Inteligentes. Facultad de Informática. Universidad Complutense de Madrid.

PICARD N., SAINT-ANDRÉ L., HENRY M. 2012. Manual de construcción de ecuaciones alométricas para estimar el volumen y la biomasa de los árboles: del trabajo de campo a la predicción. Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Rome, Montpellier, 223 págs.

PITA, P. A.; 1973. El Inventario en la Ordenación de Montes. Ministerio de Agricultura-INIA. Madrid.

Popescu, S.C.; Wynne, R.H.; Nelson, R.F.; 2002. Estimating plot-level tree heights with lidar: local filtering with a canopyheight based variable window size. *Computers and Electronics in Agriculture*, 37, pp. 71-95.

PRODAN, M.; 1968. Forest bimetrics. Pergamon Press. 447. Oxford.

RAHMAN, M.Z.; GORTE, B.G.; 2009. Tree crown delineation from high resolution airborne LIDAR based on densities of high points. *ISPRS workshop Laserscanning 2009*. Paris, France.

RITCHIE, J.C., EVERITT, J.H.; ESCOBAR, D.E.; JACKSON, T.J.; DAVIS, M.R.; 1992. Airborne laser measurements of rangeland canopy cover and distribution. *Journal of Range Management* 45: 189-193.

SUÁREZ, J.; DI LUCCA, M.; GOUDIE, J.; POLSSON, K.; XENADIS, G.; GARDINER, B.; PERKS, M.; 2009. An individual canopy delineation algorithm based on object-oriented segmentation and classification. *Silvilaser* October 2009. College Station, Texas, USA.

TIEDE D.; HOCHLEITNER G.; BLASCHKE T.. A full Gis-based workflow for tree identification and tree crown delineation using laser scanning. *Stilla U, Rottensteiner F, Hinz S (Eds) CMRT05. IAPRS, Vol. XXXVI, Part 3/W24. 2005.*



TITTMAN et al. Tree detection and delineation from LIDAR point cloud using RANSAC. *Silvilaser* 2011)

VOLSSELMAN, G., 2000. Slope Based Filtering of Laser Altimetry Data. *IAPRS*, Vol.33/B3, pp.935-942.

WANG, Y.; WEINACKER, H.; KOCH, B.; 2008 A LIDAR point cloud based procedure for vertical canopy structure analysis and 3D single tree modelling in forest. *Sensors* 2008, 8. 3938-3951.

YU X.; HYYPPÄ J.; HOLOPAINEN M.; VASTARANTA M. Comparison of Area-Based and Individual Tree-Based Methods for Predicting Plot-Level Forest Attributes. *Remote Sensing*. 2010, 2, 1481-1495.

ZHAO, K.; POPESCU S.C.; 2007. Hierarchical watershed segmentation of canopy height model for multi-escale forest inventory. *ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007*, September 2007, Finland.



PONENCIAS Y ARTÍCULOS DERIVADOS DE ESTA TESIS





Valbuena M.A.; Santamaría J.; Sanz F. 2011. Delimitación de copas de árboles individuales en masas de coníferas desde nubes de puntos LIDAR aerotransportado. VI Congreso Ibérico de Agroingeniería. Universidad de Évora. Portugal. Septiembre 2011.

Valbuena M.A.; Santamaría J.; Sanz F. 2012. Cálculo de valores de variables individuales y de masa utilizando datos LIDAR aerotransportado. Primeros resultados sobre coníferas. Actas de la III reunión sobre modelización forestal. Lugo, mayo de 2011. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales. Número 34. 2012.

Valbuena M.A.; Cantero A.; Santamaría J.; Sanz F. 2013. Cálculo de variables de masa para *Pinus sylvestris* L. en Álava a partir de individualización de copas con datos LIDAR aerotransportado y datos del IFN4. 6º Congreso Forestal Español. Vitoria-Gasteiz. Junio de 2013.

