



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

Máster en Ingeniería de Montes

Smartelo, una herramienta para el cálculo,
gestión y presentación de datos en Aulas de
Señalamiento Forestal

Alumno: Diego Rodríguez de Prado

Tutor: Felipe Bravo Oviedo
Cotutor: Cristóbal Ordóñez Alonso

Septiembre de 2016

Agradecimientos

Difícil describir la mezcla de sentimientos que vienen a visitarme en este momento. Entre todos ellos, satisfacción y gratitud son los que ganan la batalla al resto.

Satisfacción, no sólo por llegar hasta aquí, sino por la oportunidad que he tenido de disfrutar y aprender durante todo el camino. Satisfacción por encontrar con esta aventura un motivo más por el que seguir queriendo dedicar mi tiempo a esta fantástica profesión. Satisfacción por haber aprendido a canalizar y convertir durante este tiempo las decepciones y malos momentos en dedicación y nuevas ilusiones. Este trabajo es el resultado de ello.

Pero si hoy me siento de alguna manera, es agradecido. Agradecido de haber podido aprender, compartir y disfrutar de este proyecto con un gran grupo de profesionales, pero sobre todo de grandes personas. Entre esas personas estáis vosotros:

Gracias a Felipe y Cristóbal, por darme la oportunidad de poder desarrollar esta idea y acompañarme en esta aventura llamada Smartelo. Por todo el tiempo y atención dedicados, así como por todo lo aprendido en el camino. También a Carlos, por las ideas que has aportado y que hoy en día ya forman parte de Smartelo.

Gracias a Jose y Wilson, mis maestros iniciadores en el arte de la dendrocronología y en el fantástico mundo de R. Por todo lo que he disfrutado aprendiendo a vuestro lado y por hacerme sentir como en casa desde mi primer día en el laboratorio; pues detrás de dos fuera de serie, hay dos grandísimas personas.

Gracias a Anita, Jorge, Ana, Cristóbal, por esos viajes y días de muestreo en Saldaña, siempre acompañados de buenos momentos y risas varias.

Gracias a Celia, por tus geniales consejos, por todo lo que he podido aplicar a este trabajo y por todo lo que espero seguir aprendiendo de ti.

Gracias también a un fenómeno llamado Miguel, por tu amistad, ideas y aportes a este proyecto; la versión portuguesa de Smartelo no puede tener mejor embajador.

Gracias a Paz, Eva, David, Nico, Sarita, Carmen, Jorge, Harley.... y demás gente del departamento por esos momentos cafeteros. Que nunca nos falten los cafés!

“No todos los superhéroes tienen poderes y usan capa”

A mis padres y mi hermano David,

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| ANTECEDENTES | 8 |
| OBJETIVOS | 11 |
| CAPÍTULO I. Smartelo, una herramienta para el cálculo, gestión y presentación de datos en Aulas de Señalamiento Forestal | |
| 1. Introducción..... | 12 |
| 2. Objetivos | 13 |
| 3. Smartelo, una herramienta para el cálculo, gestión y presentación de datos en Aulas de Señalamiento Forestal | 13 |
| 3.1. Características técnicas de Smartelo..... | 14 |
| 3.2. Estructura de Smartelo | 15 |
| 3.3. Funciones de Smartelo | 17 |
| 4. Supuesto práctico con Smartelo | 19 |
| 4.1. Primera jornada de trabajo (En aula) | 21 |
| 4.1.1. Fundamentos del señalamiento forestal e introducción a las Aulas de Señalamiento Forestal | 21 |
| 4.1.2. Presentación de Smartelo..... | 21 |
| 4.1.3. Configuración inicial de Smartelo PC..... | 22 |
| 4.1.4. Configuración inicial de Smartelo Portable | 29 |
| 4.1.5. Introducción y reparto del material docente básico y adicional de Smartelo..... | 36 |
| 4.1.6. Introducción a la zona de estudio | 44 |
| 4.1.7. Definición del objetivo selvícola | 44 |
| 4.2. Segunda jornada de trabajo (En campo) | 48 |
| 4.2.1. División de los alumnos en grupos y reparto del material..... | 48 |
| 4.2.2. Funcionamiento de Smartelo Portable..... | 49 |
| 4.2.3. Práctica de señalamiento con Smartelo..... | 54 |

| | |
|---|----|
| 4.3. Tercera jornada de trabajo (En aula) | 56 |
| 4.3.1. Introducción de los datos del señalamiento y configuración final de Smartelo | 56 |
| 4.3.2. Interpretación de los principales outputs de Smartelo PC | 61 |
| 4.3.3. Evaluación y comparación de los señalamientos por grupos | 54 |
| 5. El futuro de Smartelo..... | 70 |

CAPÍTULO II. Ecuaciones de crecimiento diametral para pino laricio (*Pinus nigra* Arnold.), pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) y rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) en el Aula de Señalamiento de Valdepoza (Saldaña, Palencia)

| | |
|--|----|
| Resumen | 71 |
| 1. Introducción | 72 |
| 2. Materiales y métodos | 73 |
| 2.1. Zona de estudio | 73 |
| 2.2. Especies de estudio | 73 |
| 2.3. Toma de muestras | 75 |
| 2.4. Preparación de muestras | 76 |
| 2.5. Tratamiento de datos | 76 |
| 2.6. Diseño de ecuaciones..... | 78 |
| 2.7. Selección de variables | 79 |
| 2.8. Evaluación de ecuaciones | 81 |
| 3. Resultados | 83 |
| 3.1. Estructura de las ecuaciones | 83 |
| 3.2. Ecuaciones de crecimiento diametral para cada especie | 84 |
| 3.3. Evaluación de las ecuaciones..... | 85 |
| 4. Discusión y conclusiones | 91 |

ANEJOS

| | |
|--|-----|
| Anejo 1: Manual de usuario de Smartelo PC | 94 |
| Anejo 2: Tipificación del Aula de Señalamiento de Valdepoza | 116 |
| Anejo 3: Fichas de cuadrantes del Aula de Señalamiento de Valdepoza | 125 |
| Anejo 4: Mapa conceptual de Smartelo PC | 155 |
| Anejo 5: Mapa conceptual de Smartelo Portable | 156 |
| Anejo 6: Manejo y presentación de datos de Smartelo con R | 158 |
| Anejo 7: Análisis estadístico de las ecuaciones de crecimiento con R | 170 |
| Anejo 8: Material fotográfico | 224 |
| | |
| BIBLIOGRAFÍA | 227 |

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Logo del proyecto Hammer | 8 |
| Figura 2. Logo del proyecto Integrate + | 9 |
| Figura 3. Logo del Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible..... | 9 |
| Figura 4. Logo de Smartelo PC y Smartelo Portable | 13 |
| Figura 5. Logo y slogan de Smartelo | 14 |
| Figura 6. Esquema de trabajo propuesto para la realización del supuesto práctico con Smartelo | 20 |
| Figura 7. Vista general de la hoja Créditos de Smartelo PC | 23 |
| Figura 8. Vista general de la hoja Inicio de Smartelo PC | 24 |
| Figura 9. Tabla de información general en la hoja Inicio de Smartelo PC | 25 |
| Figura 10. Definición de volumen unitario (m ³) en la hoja Inicio de Smartelo PC | 26 |
| Figura 11. Selección de método de cálculo del precio de consumo (€) en la hoja Inicio de Smartelo PC | 26 |
| Figura 12. Definición de diámetros límite en función de tipos de madera en la hoja Inicio de Smartelo PC..... | 27 |
| Figura 13. Vista general de la hoja Árboles de Smartelo PC (inventario forestal) | 28 |
| Figura 14. Vista general de la hoja Créditos de Smartelo Portable | 30 |
| Figura 15. Mensaje de aviso para la introducción de los datos referentes al inventario en Smartelo Portable..... | 31 |
| Figura 16. Datos de inventario en la hoja Árboles de Smartelo Portable..... | 32 |
| Figura 17. Vista general de la hoja Tipificación de Smartelo PC | 33 |
| Figura 18. Mensaje de aviso para la introducción de los datos referentes al inventario en Smartelo Portable..... | 34 |
| Figura 19. Datos de variables de masa en la hoja Tipificación de Smartelo Portable .. | 34 |
| Figura 20. Ejemplo de las opciones gráficas que ofrece Smartelo Portable | 35 |
| Figura 21. Gráficos relacionados con la tipificación del Aula de Señalamiento | 38 |
| Figura 22. Tipificación por rangos del Aula de Señalamiento | 39 |

| | |
|--|----|
| Figura 23. Descripción de cuadrantes del Aula de Señalamiento..... | 41 |
| Figura 24. Mapa conceptual de Smartelo PC | 46 |
| Figura 25. Mapa conceptual de Smartelo Portable | 47 |
| Figura 26. Vista general de la hoja Equipos en Smartelo Portable | 50 |
| Figura 27. Definición del objetivo selvícola en Smartelo Portable | 52 |
| Figura 28. Señalamiento realizado por uno de los grupos con Smartelo Portable | 55 |
| Figura 29. Resumen de señalamientos realizados por cada grupo con Smartelo Portable | 57 |
| Figura 30. Señalamiento realizado por el grupo I con Smartelo Portable | 58 |
| Figura 31. Vista general de la hoja Equipos en Smartelo PC | 59 |
| Figura 32. Datos del señalamiento del grupo I en la hoja Equipos de Smartelo PC..... | 60 |
| Figura 33. Configuración final y actualización de Equipos en la hoja Inicio de Smartelo PC..... | 62 |
| Figura 34. Vista general de la hoja Resultados de Smartelo PC | 65 |
| Figura 35. Hoja resumen de Smartelo PC con los resultados del señalamiento realizado por cada grupo..... | 68 |
| Figura 36. Gráficos cuantil-cuantil para la evaluación de la normalidad de los residuos en las ecuaciones de <i>Pinus nigra</i> , <i>Pinus sylvestris</i> y <i>Quercus pyrenaica</i> | 86 |
| Figura 37. Histogramas de densidad de los residuos estandarizados para el estudio de la normalidad de las tres ecuaciones ajustadas..... | 87 |
| Figura 38. Diagramas de dispersión entre los residuos y los valores predichos para el estudio de la heterocedasticidad en las tres ecuaciones ajustadas..... | 89 |

Tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Estadística descriptiva para las variables de masa que caracterizan las parcelas de estudio | 75 |
| Tabla 2. Estadística descriptiva para las variables de árbol candidatas en la construcción de las ecuaciones de crecimiento para cada especie de estudio | 77 |
| Tabla 3. Valores de los coeficientes estimados y estadísticas relacionadas con el ajuste de las ecuaciones de crecimiento..... | 83 |
| Tabla 4. Estadística descriptiva para <i>Pinus nigra</i> | 221 |
| Tabla 5. Estadística descriptiva para <i>Pinus sylvestris</i> | 222 |
| Tabla 6. Estadística descriptiva para <i>Quercus pyrenaica</i> | 223 |

INTRODUCCIÓN

Introducción

En las últimas décadas la gestión forestal en Europa se ha desarrollado en un entorno de rápida evolución de la sociedad, con una demanda explícita de sostenibilidad y multifuncionalidad, a la vez que una fuerte toma de conciencia sobre el contexto de cambio global y sus posibles efectos sobre los bosques. Esto no siempre ha sido así. Tradicionalmente, se ha venido atribuyendo a la gestión forestal un carácter monofuncional basado en el objetivo preferente de producción maderera, y que respondía a las necesidades sociales de los momentos pasados. No obstante, lo cierto es que en su aplicación a los montes españoles desde mediados del S. XIX, la selvicultura incorporó, implícita o explícitamente, un importante grado de multifuncionalidad. En la actualidad, se define la selvicultura como “una ciencia aplicada que rige el manejo ecológicamente sostenible de los ecosistemas forestales para la satisfacción de las demandas de la sociedad (bienes y servicios). Para conseguir estos objetivos, la selvicultura diseña tratamientos ecológicamente sostenibles, abiertos al ejercicio de otras opciones por las generaciones venideras” (Serrada, 2002).

Durante los últimos años se ha producido un cambio radical en la concepción de la ordenación y planificación de los recursos forestales. De un uso productor y económico para la obtención de un recurso preferente (madera), se ha pasado, en la primera década del s. XXI, a una planificación forestal sostenible que requiere:

- Una gestión ecosistémica y adaptativa, que considere las dinámicas de la vegetación y que rehúya los esquemas a largo plazo.
- Una integración real en la planificación de muchos otros aspectos y figuras legales conservación de biodiversidad, calidad del paisaje, protección contra incendios, etc., que conllevan en muchos casos una planificación propia que es necesario integrar en la planificación a escala monte.
- Una consideración de la multifuncionalidad, característica de los sistemas forestales de nuestro país, tanto en bienes como en servicios.
- Una nueva consideración de los aspectos productivos, con una demanda de productos forestales distinta y renovada: caza, setas, pastos, etc. La madera, tras unas décadas de bajos precios, vuelve a tener interés económico, en muchos casos para su utilización como biomasa forestal primaria.
- Una adaptación a una menor disponibilidad de recursos para la planificación a escala monte. Necesidad de figuras de planificación económicas y eficientes.

A lo largo de los últimos años se vienen implantando en España una serie de nuevos planteamientos y enfoques de la gestión forestal que dan respuesta a los retos antes planteados. Estas tendencias, que sin duda continuarán en los próximos años, se fundamentan en los ejes primarios de la gestión forestal sostenible: la sostenibilidad y la multifuncionalidad.

La multifuncionalidad de los bosques es la prestación simultánea de diferentes funciones (bienes y servicios) a la sociedad, las cuales se agrupan en tres grandes grupos: Social, ambiental y económica. (González et al., 2011). En España, la diversidad de formaciones forestales y de condiciones geográficas y culturales hace que la multifuncionalidad de los bosques sea especialmente elevada y por ello sea fundamental su integración en la gestión sostenible de nuestros montes, a pesar de que ello no sea tarea fácil, ya que en un mismo rodal forestal no se pueden dar todas las funciones simultáneamente y al máximo nivel. Por eso, a la hora de gestionar, hay que priorizar una función o algunas pocas, garantizando un nivel adecuado del resto.

El reto que tiene por delante el sector forestal en los próximos años será encontrar un equilibrio entre la gestión y el establecimiento de los diferentes objetivos selvícolas, respetando los principios de sostenibilidad y multifuncionalidad (social, ambiental y económica) de nuestros montes (Daume et al., 2014; MacDicken et al. 2015).

Teniendo en cuenta que la gestión de muchos montes es deficitaria en términos de valor de mercado, la implantación de herramientas, procedimientos y capacidades que hagan más eficientes los trabajos relacionados con la gestión forestal sostenible será clave.

El desarrollo y utilización de nuevas técnicas de inventario forestal, modelos selvícolas y orientaciones de gestión, herramientas de apoyo a la toma de decisiones, y una mayor tecnificación y formación por parte de las empresas ejecutoras de trabajos, serán ejes principales de la nueva gestión forestal sostenible que se requerirá a lo largo del presente siglo para hacer frente a las demandas de una sociedad cada vez más exigente (Alberdi et al., 2016).

Entre las nuevas herramientas y tecnologías desarrolladas en torno al sector forestal y con mayor proyección y utilidad en la investigación y profesionalización del sector destacan las siguientes:

1. Herramientas informáticas para el manejo de Big Data y grandes bases de datos

El gran volumen de información generada en las últimas décadas gracias al avance científico tecnológico, conocido como Big Data, supone un reto tecnológico para las empresas e instituciones que pretenden utilizarlos y convertirlos en información y valor (Chen et al., 2015; Constantiou et al., 2015). Es un reto porque estos datos se encuentran dispersos, desestructurados o necesitan cierta interpretación y accesibilidad.

Sin embargo, presentan un potencial que merece la pena ser abordado, dedicando un tiempo a tipificar, categorizar y estructurar, con el fin de acceder de forma más eficiente a la información (Huang, 2015) y con el fin de transformar información en conocimiento. El sector agroforestal y medioambiental no son ajenos a esta realidad, pues generan y se nutren de una cantidad importantísima de bases de datos de naturaleza y procedencia muy dispar.

Con el objetivo de crear contenidos de valor, los profesionales de estos sectores deberán obtener las competencias necesarias para almacenar, gestionar y presentar dicha información. Además, se requerirá de expertos capaces de diseñar y desarrollar nuevas herramientas y aplicaciones informáticas dedicadas a conseguir tal objetivo y transmitirlo a los profesionales de ambos sectores.

2. Modelos de simulación forestal

La utilización de grandes bases de datos, el avance de las nuevas tecnologías y el empleo de métodos estadísticos avanzados en el sector forestal encuentran uno de sus máximos exponentes en la modelización forestal. La creciente necesidad de predecir el crecimiento de diferentes especies forestales para estimar la captura de carbono de los bosques o las modificaciones en la distribución de especies como adaptación al cambio climático, son algunas de las aplicaciones con más futuro de estos modelos (Sánchez-González et al., 2006; Adame et al., 2008).

Ante este contexto de continua evolución hacia una gestión forestal sostenible, los proyectos de ordenación o planes de gestión deberán apoyarse en estas nuevas herramientas para dar respuesta a una gestión forestal cada vez más compleja y sujeta a mayores demandas sociales.

La toma de decisiones en la gestión forestal deberá contemplar una serie de variables complejas y cambiantes, algunas de las cuales no habían sido tenido en cuenta antes, y jugarán un papel fundamental en la consecución del equilibrio multifuncionalidad – sostenibilidad anteriormente citado. El desarrollo y utilización de nuevas tecnologías, metodologías y herramientas de apoyo en la toma de decisiones como la que se presentan en este trabajo, desempeñarán un papel fundamental para afrontar los retos a los que se enfrenta el sector forestal en la actualidad y en el futuro más próximo.

Directamente relacionado con este paisaje de pura evolución y adaptación en el sector forestal nace el presente trabajo de investigación aplicada, cuyas líneas de actuación se centran en el diseño y desarrollo de herramientas informáticas, metodologías pedagógicas y modelos de simulación que faciliten la gestión y toma de decisiones la actividad forestal, concretamente en la decisiva tarea del señalamiento.

El señalamiento en la gestión forestal sostenible

En el transcurso de toma de decisiones de la gestión silvícola de masas forestales, el último proceso consiste en el señalamiento, en el que se determina la cantidad y el tipo de árboles que van a permanecer en pie (y por oposición, los que se van a cortar), de manera que se introduzca una mejora del estado silvícola, se incorporen los criterios de conservación de la biodiversidad y se asegure un aprovechamiento sostenible de los bosques (Pascual et al., 2013).

La labor de señalamiento se inicia con la selección y marcaje de los individuos más adecuados para la corta, con el fin de cumplir el objetivo u objetivos silvícolas establecidos. A continuación se realiza una medición de las dimensiones principales de los árboles seleccionados y se procede a clasificar el fuste en función de su calidad tecnológica.

Una vez procesados los datos obtenidos en campo, se pasa a efectuar la cubicación del volumen de madera a obtener según tipos y calidad de productos y establecer una valoración económica del señalamiento. Como se puede ver, los señalamientos forestales se han marcado objetivos cuantitativos, es decir, un número determinado de árboles por hectárea, y en el mejor de los casos, un número determinado de metros cúbicos, un área basimétrica o un índice de espaciamiento final. Este hecho ha ido cambiando sucesivamente, unido a la transición de una cultura forestal tradicional (productiva, monofuncional, económica), a la cultura forestal actual (multifuncional y sostenible). El señalamiento ha cambiado como consecuencia del cambio en los objetivos silvícolas en la gestión; la calidad ha ido ganando terreno a la cantidad.

Una norma básica de la gestión forestal sostenible es nunca extraer de las masas forestales más de lo que crecen: de esta forma se garantiza que el bosque siempre se incremente, que nunca disminuya. El balance entre el crecimiento neto anual de las masas forestales y la extracción de madera y leña que en ellos se realiza es un indicador cuantitativo de la sostenibilidad de la producción. También expresa el grado de desarrollo actual del sector y el potencial futuro de producción en nuestros bosques. Según datos del Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente, la tasa de extracción en nuestros montes en el año 2015 (balance entre cortas y crecimiento) se sitúa en torno al 37%.

Este valor pone de manifiesto la capacidad que tienen los bosques en España de incrementar las cortas de madera y leña bajo criterios de gestión sostenible, así como la necesidad de dotar a los profesionales del sector de herramientas que faciliten la toma de decisiones en el señalamiento, con el fin de aprovechar de forma sostenible la máxima capacidad de extracción de nuestros montes.

En base al hecho anterior, la tarea del señalamiento resulta de vital importancia a la hora de satisfacer el equilibrio de multifuncionalidad – sostenibilidad sobre el que se sustenta la actual gestión forestal.

Es una tarea que requiere de gran experiencia y conocimiento de la dinámica forestal, con el fin de cumplir con los objetivos silvícolas establecidos y garantizar la perduración de la masa en las generaciones futuras. Entre las capacidades específicas que se requieren para realizar el señalamiento forestal, destacan las siguientes:

- Saber interpretar la dinámica natural de los sistemas forestales e identificar la función de cada individuo en la masa
- Disponer de conocimientos de dendrometría de cara a evaluar los ejemplares y la masa
- Conocer los sistemas de aprovechamiento a fin de prever los daños o evitarlos y a hacer compatible el desembosque con la corta
- Saber clasificar tecnológicamente la madera y los árboles como suma de trozas de distintas calidades
- Disponer de información actualizada de los productos de madera, su valor y su mercado

Por esta razón, a lo largo de los últimos años han florecido proyectos e iniciativas que pretenden mejorar y entrenar a las nuevas generaciones de profesionales forestales en la realización de los señalamientos forestales. Una de las iniciativas más extendidas a lo largo de toda Europa son las llamadas Aulas de Señalamiento Forestales, las cuales tienen su origen y máximo desarrollo en Francia.

Las Aulas de Señalamiento Forestales

Las decisiones tomadas con respecto a la gestión forestal pueden tener impactos a largo plazo que a veces pueden ser irreversibles. Es de suma importancia, por lo tanto, poder adquirir las herramientas así como el saber necesario para mejorar la toma de decisiones y así preservar los recursos y considerar o planificar su explotación a nivel micro o macro, de forma sostenible. Una de estas herramientas son las Aulas de Señalamiento Forestales.

Las aulas de señalamiento forestal, o también conocidas como marteloscopes (del francés *marteler*: marcar), son parcelas permanentes dentro de un bosque en la que todos los árboles están medidos, identificados, localizados y asociados a un programa informático para servir de base para la formación y transferencia tecnológica en el campo de la gestión forestal sostenible (Marcot, 2012).

En ellas, el gestor forestal tiene la posibilidad de realizar un simulacro de una decisión de corta o señalamiento atendiendo a unos objetivos silvícolas predefinidos, dependiendo de su propio criterio de selección o de documentos contractuales (especificaciones obligatorias).

Dicha actividad de señalamiento se introduce en un programa informático, que permite al usuario visualizar las consecuencias sobre la zona e incluso procesar y analizar los datos desde diferentes puntos de vista: económica, ecológica, riesgos incurridos... etc.

Esta iniciativa dentro del sector forestal fue desarrollada en Francia por Max Bruciamacchie del AgroParisTech – ENGREF (Nancy), y ha sido extensamente implementada en el sector público y privado francés para proporcionar una metodología y espacio de entrenamiento para los futuros profesionales del sector forestal en la tarea del señalamiento (Bruciamacchie et al., 2008; Pommerening et al., 2013).

Si atendemos a su morfología y características principales, un aula de señalamiento estándar ocupa una hectárea de masa forestal dispuesta en un cuadrado de 100 x 100 m (aunque es posible encontrar Aulas de diferentes formas y dimensiones) dividido en 16 cuadrantes (el número de cuadrantes del aula varía igualmente en función de la superficie destinada a la misma y la distribución de los mismos en ella) de 25 x 25 metros. Los vértices de los cuadrantes están señalados con una estaca pintada y los árboles se encuentran numerados por ambas caras (salvo los del perímetro exterior que solo lo están hacia el interior del aula).

Se trata de un espacio abierto para el debate silvícola entre estudiantes, agentes forestales, técnicos y todas aquellas personas interesadas o relacionadas con la gestión forestal, y constituye el elemento didáctico clave para practicar señalamientos forestales. Aunque bien es cierto que las aulas de señalamiento fueron inicialmente pensadas como espacio didáctico-pedagógico, pueden ser utilizadas con diferentes fines. Aunque bien es cierto que existe una gran variedad de usos de las Aulas de Señalamiento Forestales (Bruciamacchie et al., 2005; Baar et al., 2007), las aplicaciones principales que poseen estos espacios forestales en nuestro país se dividen en cuatro grandes grupos:

1. Aplicación didáctica – pedagógica:

- Estimaciones de variables daso/dendrométricas, con el objetivo de entrenar “el ojo” para poder realizar mediciones aproximadas de visu. Normalmente estas mediciones se realizan con la ayuda del dendroflexómetro y usando otros hipsómetros y dendrómetros para comprobar sus resultados
- Clasificación en pie de productos maderables, con el objetivo de adquirir el conocimiento necesario para poder asignar a los árboles un valor económico, y con la finalidad de ponderar su valor económico y su valor ecológico de cara a decidir si ese árbol debe permanecer en la masa o no. Una vez clasificado en pie, se comprueban en gabinete los resultados de la clasificación de productos mediante cubiFor (Rodríguez, 2008)

2. Aplicación profesional:

- Para apoyar el intercambio de experiencias. sobre la base de difusión transparente de información, diferentes estrategias de actuación y sus consecuencias pueden ser discutidas objetivamente
- Para apoyar capacidades de toma de decisiones mejoradas incluyendo aspectos de diversidad biológica, ecológica y ambiental en la gestión y dirección forestal
- Para apoyar el diálogo de política entre grupos de interés diferentes dentro del sector agroforestal

3. Aplicación divulgativa y de acercamiento a la población no especializada:

- Como lugar demostrativo de difusión y transferencia del trabajo realizado por el sector forestal mediante la creación de visitas, cursos y otros programas forestales educativos

4. Aplicación investigadora:

- Utilización como espacios de investigación aplicada destinados a la mejora y calibración de instrumentos de medición, al empleo de nuevas tecnologías aplicadas al sector forestal, o al diseño y desarrollo de aplicaciones informáticas de apoyo a la gestión tanto para la cubicación (cubiFor) como para la simulación de la evolución de la masa (simanFor), entre otras
- Para dirigir una amplia variedad de estudios sociológicos entre diferentes grupos objetivo incluyendo a profesionales forestales y de otros sectores, estudiantes así como otras comunidades potencialmente interesadas/relevantes

ANTECEDENTES

Antecedentes

La cultura y metodología de los marteloscopes (Aulas de Señalamiento) tiene su origen en Francia, y su expansión a lo largo de Europa a lo largo de los últimos años ha provocado el inicio y desarrollo de diferentes proyectos relacionados con ella. Todos ellos tienen como protagonista la utilización de las Aulas de Señalamiento como lugares pedagógicos y didácticos para la gestión forestal sostenible.

Un claro ejemplo de utilización de las aulas de señalamiento como espacio pedagógico y didáctico lo encontramos en el proyecto HAMMER, cuyo principal objetivo es construir una red de marteloscopes digitalizados para que estudiantes y profesionales del sector forestal puedan simular las decisiones de la corta y prever sus consecuencias a través de diferentes aspectos como el económico, ecológico o los riesgos asumidos.

En este Proyecto Europeo se encuentran involucrados los centros franceses EPLEFPA de Bazas y el Instituto Tecnológico FCBA, dos centros españoles en los que se imparten enseñanzas de Formación Profesional Forestal (IES Cidade de Antioquia y Sergude), la Universidad de Tampere en Finlandia, la Escuela de Silvicultura Profesional de Ormea Baruffi en Italia y la organización de capacitación forestal Wallonne en Bélgica.



Figura 1. Logo del proyecto Hammer

Los propósitos específicos del proyecto son:

- Usar la técnica de marteloscope en todos los niveles educativos: educación obligatoria, formación profesional y formación permanente
- Facilitar y amenizar el trabajo con herramientas informáticas
- Desarrollar con el alumnado la técnica marteloscope combinando el trabajo de campo y clase, antes de digitalizar la información en un software
- Disponer de información y diferentes materiales relacionados con la silvicultura en Europa (tipología de gestión silvícola, silvicultura nórdica con especies perennes de crecimiento lento, los bosques caducifolios, vegetación mediterránea...)
- Facilitar la herramienta informática a diferentes entes públicos y privados para su aplicación en distintas situaciones (informar, investigar) con el fin de adoptar medidas preventivas ante temas tan importantes como el Cambio Climático o los incendios forestales

Actualmente el proyecto HAMMER se desarrolla en el marco europeo de “Acción Clave 2: Asociaciones estratégicas en más de un ámbito” de ERASMUS + e implica la movilidad europea de 96 estudiantes.

Otro proyecto relacionado con las Aulas de Señalamiento como espacio didáctico y de divulgación profesional en Europa lo encontramos con Integrate +. Integrate + es un proyecto de demostración financiado por el Ministerio alemán Federal de Alimento y Agricultura (BMEL) para establecer una red de marteloscopes para la integración de conservación de diversidad biológica en la gestión forestal.

La red de marteloscopes del proyecto Integrate + sirve, entre otras aplicaciones, como entrenamiento de futuras generaciones de gestores forestales y como estudio de casos bajo diferentes actuaciones forestales.

El proyecto incluye el diseño y desarrollo de una aplicación informática similar a la que se presenta en este trabajo de investigación, la cual sirve como apoyo en el entrenamiento y realización de señalamientos forestales a lo largo de la red de Aulas de Señalamiento que pertenecen a Integrate +.

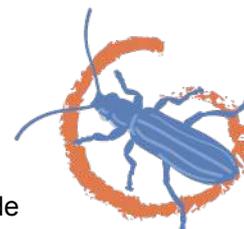


Figura 2. Logo del proyecto Integrate +

En nuestro país, cabe destacar el trabajo realizado por el Instituto Universitario de Gestión Forestal Sostenible (Unidad mixta de investigación UVA – INIA) bajo el marco del proyecto “Un bosque de números”.



Figura 3. Logo del Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible

Gracias al trabajo realizado durante el periodo de desarrollo de este proyecto se diseñaron e instalaron tres aulas de señalamiento, dos en la provincia de Palencia (monte Valdepoza, Saldaña y monte El Viejo, Palencia) y otra en la de Valladolid (Páramo de San Marugán, Portillo). Además, la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León ha instalado otras Aulas de señalamiento forestal en las provincias de Burgos y Soria.

En relación a la introducción de las nuevas tecnologías y la transferencia de conocimiento en el sector forestal, cabe destacar en nuestro país el proyecto MessiFor.

Dicho proyecto, coordinado por la Fundación Cesefor, es un proyecto de Innovación en la Formación Profesional del Sistema educativo que pretende potenciar tanto la innovación tecnológica como la transferencia de conocimiento entre centros que imparten formación profesional del sistema educativo, empresas y entidades dedicadas al I+D+i, mediante el intercambio de experiencias innovadora y la prestación de servicios a los centros educativos.

Para conseguir tales objetivos, la Fundación Cesefor cuenta con la colaboración de la Fundación General de la Universidad de Valladolid, a través del Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (Unidad Mixta de Investigación UVA – INIA), y dos empresas del sector forestal: Agresta Soc. Coop y Stereocarto S.A.

El presente trabajo de investigación pretende, entre otros objetivos, apoyar y potenciar la creación y el empleo de las Aulas de Señalamiento en nuestro país mediante el desarrollo e introducción de nuevas tecnologías y metodologías en la gestión forestal sostenible.

OBJETIVOS

Objetivos

El objetivo principal de este trabajo se fundamenta en diseñar, desarrollar e implementar una serie de herramientas y metodologías que faciliten la gestión y toma de decisiones en la tarea del señalamiento forestal.

Con el fin de satisfacer el mismo, se han llevado a cabo las siguientes tareas específicas y complementarias, las cuales están agrupadas en dos capítulos diferentes dentro del presente trabajo:

Capítulo I. Smartelo, una herramienta informática diseñada y desarrollada para el cálculo, gestión y presentación de datos forestales en Aulas de Señalamiento Forestal:

- Smartelo_PC: Diseño, desarrollo y programación de una aplicación informática para escritorio que gestione las bases de datos de Aulas de señalamiento forestales y permita obtener y disponer de diferentes resultados (dendrométricos, económicos, ecológicos) de las mismas.
- Smartelo_Portable: Diseño, desarrollo y programación de una aplicación adaptada de Smartelo para dispositivos móviles, en la cual se obtenga información en tiempo real del estado del señalamiento en base a una serie de objetivos silvícolas preestablecidos por el usuario, con el fin de facilitar la tarea de señalamiento forestal in situ.
- Supuesto práctico con Smartelo: Diseño y redacción de un supuesto práctico-didáctico en el que se propone una metodología para la realización de señalamientos forestales con Smartelo. A lo largo del mismo, se aprenderá a configurar, trabajar y aprovechar al máximo las funciones que ofrecen ambas versiones de la aplicación. Además, la presente práctica cuenta con un material didáctico adicional como apoyo en la comprensión y optimización en la utilización de Smartelo para la realización de señalamientos forestales.

Capítulo II. Modelización forestal aplicada a las Aulas de Señalamiento. Ecuaciones de crecimiento para pino laricio (*Pinus nigra* Arnold), pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) y rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) en el Aula de Señalamiento de Valdepoza (Saldaña, Palencia)

CAPÍTULO I

Smartelo, una herramienta para el cálculo, gestión y presentación de datos en Aulas de Señalamiento Forestal

1. Introducción

El primero de los dos capítulos que constituyen el presente trabajo de investigación aplicada tiene como protagonista a Smartelo.

Smartelo es una herramienta informática diseñada bajo el marco de investigación, desarrollo e introducción de nuevas tecnologías en la educación y la gestión forestal sostenible.

Los objetivos principales que se persiguen con el desarrollo de esta aplicación se centran en la mejora en la toma de decisiones mediante el manejo, cálculo y presentación eficiente de bases de datos forestales.

A lo largo del presente capítulo y los anejos que lo complementan, descubriremos las principales características, funciones, aplicaciones y futuras líneas de investigación y desarrollo de Smartelo.

Uno de los principales valores de este capítulo reside en la presentación de un supuesto práctico – pedagógico en el que se propone una metodología de trabajo para la realización de señalamientos en las Aulas de Señalamiento Forestal utilizando Smartelo.

2. Objetivos

Smartelo ha sido diseñada con el principal objetivo de apoyar y mejorar la toma de decisiones en la gestión forestal sostenible. Por la importancia y repercusión que posee la actividad de señalamiento en los proyectos de aprovechamiento y ordenación forestal, Smartelo pretende introducirse en el sector forestal como herramienta didáctica y de apoyo en esta actividad.

Ante este reto, Smartelo nace con el fin de conseguir los siguientes objetivos específicos:

- Objetivo I. Ofrecer una herramienta informática que gestione las bases de datos de Aulas de señalamiento forestales, al igual que permita obtener y presentar diferentes resultados (dendrométricos, económicos, ecológicos) de las mismas y los señalamientos que se llevan a cabo en ellas.
- Objetivo II. Ofrecer una herramienta informática mediante la cual se obtenga información in situ y en tiempo real a cerca del estado y evolución de la tarea de señalamiento en base a una serie de objetivos silvícolas definidos por el gestor forestal.

Smartelo dispone de dos versiones, las cuales cumplen diferentes funciones y se presentan como Smartelo PC (diseñada para satisfacer el Objetivo I) y Smartelo Portable (diseñada para satisfacer el Objetivo II).



Figura 4. Logo de Smartelo PC (izquierda) y Smartelo Portable (derecha)

3. Smartelo, la herramienta para el cálculo, gestión y presentación de datos en Aulas de Señalamiento Forestal

Smartelo es una aplicación informática destinada a la gestión de Aulas de Señalamiento Forestal, con los principales objetivos de facilitar la toma de decisiones en el señalamiento forestal y servir de apoyo a la enseñanza en este campo mediante la organización y tratamiento de datos forestales, la evaluación de diferentes escenarios y alternativas, así como la obtención de resultados numéricos y gráficos de naturaleza dendrométrica, económica y ecológica “.



Figura 5. Logo y slogan de Smartelo

3.1. Características técnicas de Smartelo

Ambas versiones de Smartelo tienen en común el hecho de que han sido diseñadas, desarrolladas y programadas con Microsoft Excel y VBA (Visual Basic for Applications). La elección de esta plataforma y lenguaje de programación para la creación de Smartelo reside en los siguientes puntos:

- Accesibilidad
- Facilidad de uso
- Escalabilidad y edición
- Difusión y transferencia
- Actualización, documentación y servicio técnico

Por otra parte, se ha dedicado especial atención y trabajo en la compatibilidad entre las dos versiones de Smartelo con el fin de facilitar el uso y mejorar la experiencia de usuario.

Las principales diferencias entre las versiones de Smartelo, a parte de los objetivos para los cuales han sido desarrolladas, residen en la estructura y funciones que ofrecen cada una de ellas, las cuales descubriremos en los puntos siguientes.

3.2. Estructura de Smartelo

Estructura de Smartelo PC

La versión de escritorio de Smartelo es un libro Excel constituido por 14 hojas principales, más 2 hojas adicionales (*Créditos* y *Ayuda*). A continuación se muestra una relación de las diferentes hojas que forman Smartelo PC y una breve descripción de las funciones que ofrece cada una de ellas:

1. *Inicio*: Parámetros generales del Aula y la tarea de señalamiento
2. *Tarifas*: Estimación del volumen unitario mediante tarifas de cubicación Schaeffer (tarifas de cubicación por defecto de Smartelo)
3. *Coordenadas*: Plano general interactivo del Aula de Señalamiento y edición de coordenadas referentes a estacas que limitan cada cuadrante o subparcela dentro de la misma
4. *Árboles*: Inventario forestal del Aula de Señalamiento y obtención resultados dasométricos, económicos y ecológicos previos
5. *Tipificación*: Caracterización del Aula de Señalamiento en base a variables de masa (densidad, volumen, área basimétrica, diámetro medio cuadrático y altura dominante)
6. *Precios*: Precios de consumo por calidad de madera (A,B,C,D) y productos derivados de la madera (apea, cánter, sierra, sierra gruesa, trituración, biomasa)
7. *Crecimientos*: Fijación de crecimientos diametrales por especie y clase diamétrica. Ante la ausencia de un modelo de crecimiento para las especies y el Aula de Señalamiento de estudio, es la forma que ofrece Smartelo de simular el crecimiento de la masa y estudiar la evolución dendrométrica, económica y ecológica de la misma
8. *Ecología*: Códigos ecológicos/singulares para analizar la ecología y microhábitats del Aula de Señalamiento
9. *Equipos*: Introducción de los árboles señalados (y las razones por los que se han seleccionando) por los diferentes equipos que han llevado el señalamiento con la ayuda de Smartelo Portable

10. *Industrias*: Caracterización del Aula de Señalamiento en términos de productos e industrias de transformación de la madera
11. *Biomasa*: Caracterización del Aula de señalamiento en términos de biomasa
12. *Resultados*: Resultados dasométricos, económicos y ecológicos del Aula de señalamiento en las fases previas, posteriores y de corta o selección
13. *Resumen*: Informe de los resultados ordenados por equipo o gestor
14. *Gráficos*: Información del Aula de señalamiento y resultados de la tarea de señalamiento presentada mediante gráficos interactivos

Nota: Para conocer más a cerca de la aplicación y aprovechar todo el potencial de la misma, puede visitar el manual de usuario ubicado en los anejos del presente trabajo (Anejo I. Manual de usuario de Smartelo PC). A lo largo del mismo, se describen y detallan las características y funciones que ofrece cada una de las hojas que componen Smartelo PC. Dichas explicaciones están acompañadas de diferentes capturas de pantalla e imágenes para facilitar su comprensión y utilización.

Estructura de Smartelo Portable

La versión para dispositivos móviles de Smartelo, conocida como Smartelo Portable, es igualmente un libro Excel constituido por un número inferior de hojas que Smartelo PC. En este caso, esta versión se compone de 8 hojas principales y 1 adicional (*Créditos*). Este hecho tiene su fundamento en el objetivo tan específico para el que fue diseñada Smartelo Portable. Una vez desarrollada Smartelo PC, se decidió crear una versión adaptada de la misma para llevar a cabo actividades de señalamiento en Aulas de Señalamientos Forestales. En ella, se podrían ir anotando los árboles y razones de selección para cada uno de ellos, así como obtener una visión del estado real y evolución del señalamiento in situ. Estos objetivos han sido alcanzados gracias a Smartelo Portable, la cual presenta la siguiente estructura de hojas:

1. *Árboles*: Inventario forestal del Aula de Señalamiento. Misma información que la hoja Árboles de Smartelo_PC
2. *Tipificación*: Caracterización de la masa del Aula de Señalamiento. Misma información que la hoja Tipificación de Smartelo PC
3. *Equipos*: Introducción de árboles señalados, y seguimiento en tiempo real del señalamiento en base a los objetivos silvícolas definidos
4. *N*: Gráfico que ofrece información a cerca de la variable Densidad (en pies por hectárea) para cada cuadrante y especie del Aula de Señalamiento
5. *V*: Gráfico que ofrece información a cerca de la variable Volumen (en metros cúbicos por hectárea) para cada cuadrante y especie del Aula de Señalamiento

6. *G*: Gráfico que ofrece información a cerca de la variable Área basimétrica (en metros cuadrados por hectárea) para cada cuadrante y especie del Aula de Señalamiento
7. *Dg*: Gráfico que ofrece información a cerca de la variable Diámetro medio cuadrático (en centímetros) para cada cuadrante y especie del Aula de Señalamiento
8. *Ho*: Gráfico que ofrece información a cerca de la variable Altura dominante (en metros) para cada cuadrante y especie del Aula de Señalamiento

Para conocer en profundidad todas las características, funciones, así como la forma de trabajar con Smartelo Portable, consulta los siguientes apartados *Funciones de Smartelo Portable* y *Supuesto práctico de señalamiento con Smartelo* que se presentan en los siguientes puntos del presente capítulo.

3.3. Funciones de Smartelo

En relación a la funcionalidad que ofrece Smartelo se ha diseñado un paquete de funciones que se centran en la gestión, cálculo y presentación de diferentes datos y variables de naturaleza diferente. A continuación se presentan las principales funciones que caracterizan estas primeras versiones de Smartelo PC y Smartelo Portable.

Funciones de Smartelo PC

- Caracterización y análisis dasométrico, económico y ecológico de Aulas de Señalamiento
- Tipificación de la masa del Aula de Señalamiento a partir del inventario forestal de la misma
- Edición y cálculo de precios de consumo atendiendo a la calidad de la madera o productos obtenidos de la misma.
- Análisis ecológico y de microhábitats dentro del Aula de Señalamiento
- Comparación de resultados del señalamiento realizado por diferentes gestores o equipos forestales
- Cálculo, gestión y análisis de datos de biomasa y productos derivados de la madera clasificados por industria de transformación
- Gran variedad de gráficos para la presentación de los diferentes resultados
- Diseño amigable. Funcionamiento sencillo e intuitivo.

Funciones de Smartelo Portable

- Compatibilidad total con Smartelo PC

- Cálculo y presentación de diferentes variables de masa y tipificación forestal del Aula de Señalamiento mediante diferentes gráficos
- Estado del señalamiento y resultados del mismo en tiempo real
- Definición de objetivos silvícolas atendiendo a tres variables de masa (Densidad, Volumen y Área basimétrica), introduciendo los mismos como valor absoluto o en tanto por ciento.
- Actualización del estado de cumplimiento de los objetivos silvícolas definidos
- Fácil exportación de los resultados del señalamiento para su evaluación en Smartelo PC
- Diseño simple y responsive adaptado para dispositivos móviles

Como hemos citado anteriormente, Smartelo es una aplicación con vocación didáctica y pedagógica. Para satisfacer este objetivo, en este trabajo de investigación aplicada se presenta un supuesto práctico real para la utilización de señalamientos forestales con Smartelo en las Aulas de Señalamiento. Siguiendo la metodología planteada en el siguiente supuesto práctico, el lector podrá obtener una visión general a cerca de la motivación, aplicación y potencial de Smartelo como herramienta de apoyo en el señalamiento forestal.

4. Supuesto práctico con Smartelo

Smartelo ha sido creado con el fin de ofrecer una herramienta de ayuda en la toma de decisiones y entrenamiento para el señalamiento forestal. El diseño, características y funciones principales de la aplicación están destinadas a desempeñar una función pedagógica y didáctica, aunque no se descarta su utilización como apoyo en proyectos técnicos e investigación. Es por ello que el grupo de personas al que va dirigido el uso de esta aplicación son estudiantes y profesionales del sector forestal. Igualmente, es una herramienta óptima para la realización de otras actividades que tienen lugar en las Aulas de Señalamiento, como las que se presentan al inicio del presente trabajo.

Con el fin de apoyar y potenciar la utilización de nuevas herramientas informáticas en la educación y gestión forestal sostenible, se ha diseñado el presente supuesto práctico. Con el diseño y desarrollo del mismo, se plantea una metodología para la realización de señalamientos forestales en Aulas de Señalamiento mediante la utilización de Smartelo. A lo largo de las tres jornadas de trabajo que constituyen el siguiente supuesto práctico, introduciremos los conceptos del señalamiento forestal, las Aulas de Señalamiento, y aprenderemos a utilizar y aprovechar el potencial que ofrece Smartelo para la realización, análisis y comparación de señalamientos forestales mediante la gestión, obtención y presentación de datos forestales.

Planteamiento inicial del supuesto práctico con Smartelo

Se pretende llevar a cabo un señalamiento forestal con los alumnos de la asignatura de Aprovechamientos Forestales, perteneciente al grado universitario de Ingeniería Forestal y del Medio Natural.

Se propone que la presente práctica se divida en tres jornadas de trabajo; dos de ellas (la primera y la tercera) tendrán lugar en el aula (gabinete), y la segunda en campo. El lugar elegido para la realización de esta práctica será el Aula de Señalamiento de Valdepoza (Saldaña, Palencia), la cual es gestionada por el Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (Unidad mixta de investigación Uva – INIA). Este Aula de Señalamiento posee una superficie de 1 ha, la cual está dividida en 16 cuadrantes o subparcelas. Tras el estudio en gabinete de la masa que conforma el citada Aula de Señalamiento de Valdepoza, se procederá a definir el objetivo u objetivos silvícolas que se persiguen cumplir con el presente supuesto práctico.

A continuación se propone un esquema o metodología de trabajo con las principales tareas que se desarrollarán en cada una de las jornadas de trabajo ordenadas de forma cronológica:

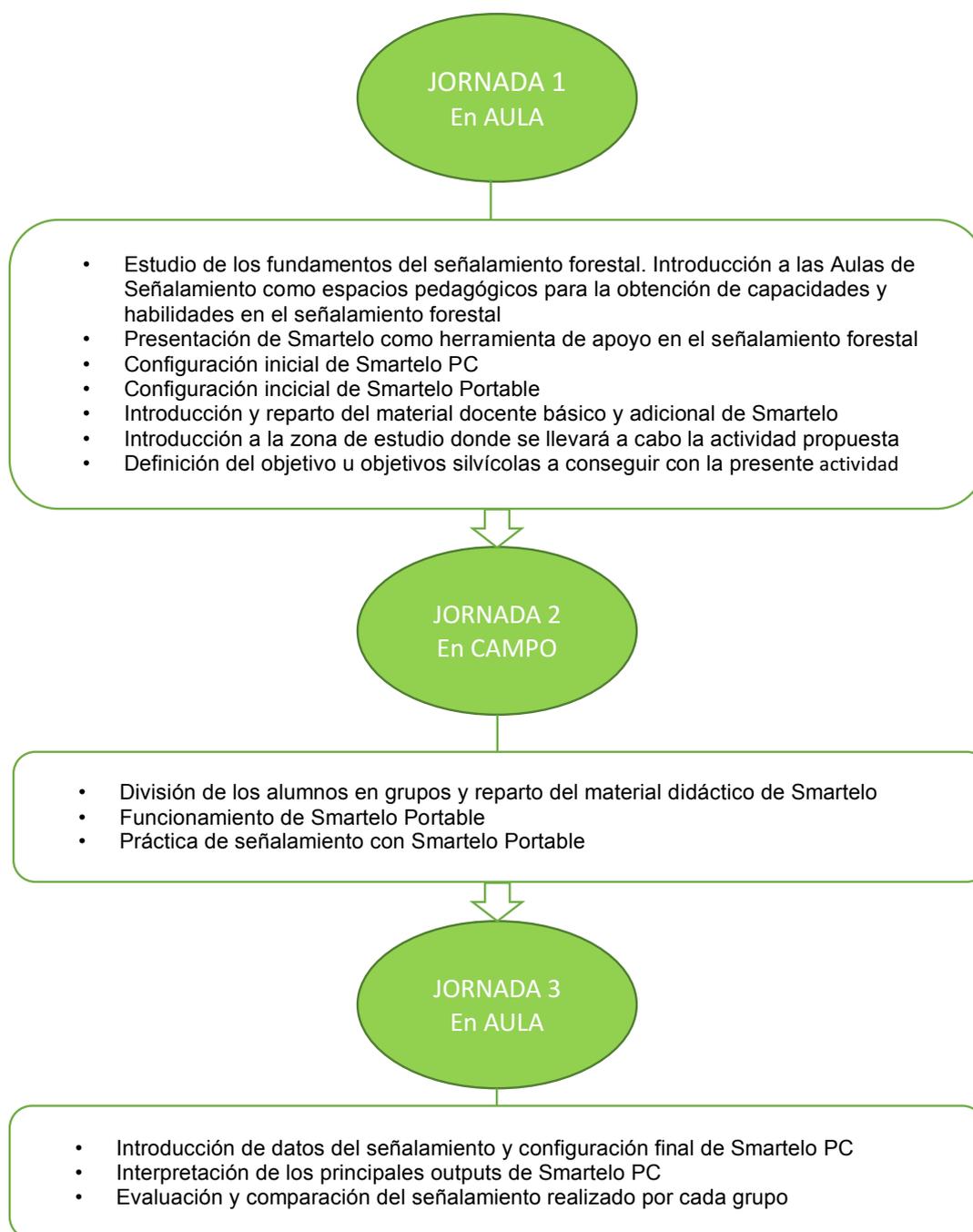


Figura 6. Esquema de trabajo propuesto para la realización del supuesto práctico con Smartelo

Siguiendo el esquema de trabajo de la figura 6, pasaremos a describir de forma detallada cada una de las tres jornadas que componen la práctica de señalamiento propuesta:

4.1. Primera jornada de trabajo (*En aula*)

4.1.1. Estudio de los fundamentos del señalamiento forestal. Introducción a las Aulas de Señalamiento como espacios pedagógicos para la obtención de capacidades y habilidades en el señalamiento forestal

La primera jornada técnica de la práctica propuesta tendrá lugar en el aula (gabinete), y su objetivo principal será el de tomar un primer contacto con la tarea del señalamiento forestal.

Esta introducción irá dirigida principalmente a asentar los conocimientos en esta fase crítica de la gestión forestal. Además, se analizará la relación y el cambio que ha sufrido el señalamiento forestal con motivo de la llegada de la multifuncionalidad y la sostenibilidad a la gestión forestal, ligada intrínsecamente a unos objetivos silvícolas adecuados al siglo XXI.

Acto seguido, se procederá a introducir el concepto de Aula de Señalamiento Forestal como herramienta y espacio pedagógico donde entrenar habilidades requeridas para realizar adecuadamente la actividad del señalamiento forestal.

4.1.2. Presentación de Smartelo como herramienta de apoyo en el señalamiento forestal

Las diferentes prácticas y entrenamientos que se llevan a cabo en las Aulas de Señalamiento Forestal para conseguir las citadas capacidades y habilidades, tienen como denominador común la generación y manejo de una cantidad importante de datos.

El desarrollo de nuevas tecnologías y herramientas informáticas en el sector forestal ha permitido facilitar enormemente la captación de gran cantidad de datos de naturaleza dendrométrica, climática, ecológica o económica, entre otros. Este hecho ha supuesto un gran avance en la investigación forestal aplicada, pues es posible tomar y analizar datos y variables que antes resultaba espacial, temporal o económicamente inviables.

Con el fin de resolver los problemas que causa la generación de grandes cantidades de datos en las Aulas de señalamiento forestal, se presenta Smartelo, cuyas líneas de actuación principales son:

- Ofrecer una plataforma que gestione, obtenga y presente la gran cantidad de datos provenientes de Aulas de Señalamiento Forestal y permita obtener y disponer de diferentes resultados (dendrométricos, económicos, ecológicos) de cada una de ellas, mejorando y facilitando la toma de decisiones en esta importante actividad
- Facilitar la tarea de señalamiento forestal in situ mediante una aplicación adaptada para dispositivos móviles, en la cual se obtenga información en tiempo real del estado del señalamiento en base a los objetivos silvícolas preestablecidos por el usuario

Ambas versiones de Smartelo están diseñadas y desarrolladas en Excel y son de uso libre, ya que uno de los objetivos principales del presente proyecto es el de crear una herramienta informática que pueda ser utilizada por el mayor número de profesionales forestales, facilitando especialmente su introducción y uso en el sector educativo.

A pesar de presentar Smartelo como una herramienta informática específica para la gestión de datos de Aulas de Señalamiento, puede ser utilizada como gestor de información forestal general, dado que la fuente principal de información que maneja es el inventario forestal. Es por ello que este proyecto tiene aplicación de investigación en ámbitos como el la gestión forestal sostenible, educación, explotación de recursos forestales, industrias de transformación de la madera, cambio climático, energías renovables (biomasa) o la valoración, entre otros.

A continuación se procederá a iniciar la configuración básica de Smartelo para llevar a cabo la práctica propuesta de forma satisfactoria.

4.1.3. Configuración inicial de Smartelo PC

En este apartado se pretende mostrar las consignas y acciones clave para configurar de forma sencilla y rápida la versión de escritorio de Smartelo. Dichas acciones irán acompañadas de diferentes capturas de pantalla para favorecer y ayudar en la comprensión de los primeros pasos con la aplicación.

Comenzamos

Lo primero que debemos realizar es abrir la versión de escritorio de Smartelo. Como se ha comentado anteriormente, Smartelo es una aplicación desarrollada en Excel y VBA (Visual Basic for Applications), la cual trabaja con una serie de macros diseñadas y programadas para facilitar el trabajo y mejorar la experiencia del usuario.

El hecho de que Smartelo esté desarrollado en Excel, supone que cualquier usuario con conocimientos básicos de este programa pueda trabajar sin problema con Smartelo.

En cuanto a los requisitos técnicos del equipo donde se trabaje con Smartelo, es necesario destacar que funciona mejor con versiones superiores a Microsoft Excel 2007, siendo totalmente recomendable poseer una versión 2010, 2013 o 2016, siempre y cuando sea posible. Independientemente de la versión que posea, las principales funciones de Smartelo funcionarán perfectamente; tan sólo encontrará algún inconveniente con la experiencia de usuario a la hora de aprovechar al máximo las funciones gráficas que ofrece la aplicación, siempre y cuando su versión sea inferior a la 2007.

Al abrir la versión de escritorio de Smartelo, nos encontraremos con la siguiente pantalla:



Figura 7. Vista general de la hoja *Créditos* de Smartelo PC

Esta primera pantalla pertenece a los créditos de Smartelo PC, y en ella se pueden observar los responsables del diseño y desarrollo de la aplicación, así como los principales colaboradores e instituciones que utilizan la aplicación.

Si se hace click sobre el logo de Smartelo PC, se accederá a una de las principales hojas de la aplicación, la hoja *Inicio*.

Información general

| | |
|------------------------------|---------------------|
| Aula de señalamiento | Valdepoza |
| Parcela | A |
| Superficie | 1,0 ha |
| Economía | |
| Fondos | 760 € |
| Tasa de actualización | 4,0% |
| Precio del árbol | 10 €/m ³ |
| Ciclo de retorc | 200 años |
| Precio del punto | 10 € |
| Umbral ecológico | 15 €/m ³ |
| Gestión | |
| Rotación de las cortas | 10 años |
| Representación | 0 |
| Rotación del plano (s) | 0 |
| Información principal | |
| Número de árboles | 1181 |
| Número de equipos/operadores | 6 |

1

| Equipos/Operadores | Extraer |
|--------------------|---------|
| Nombre | |
| David Martínez | |
| Domenico Moretti | |
| Floriane Leblanc | |
| Anna Meyer | |
| Nikos Papadopoulos | |
| Emma Taylor | |

Tarifas de cubricación Schaeffer

| Especie | Tipo de tarifa | Número de tarifas | Coef. Mórfico |
|-------------------|----------------|-------------------|---------------|
| Quercus pyrenaica | Schl | 9 | 0,6 |
| | Schl | 11 | 1 |
| Pinus sylvestris | Schl | 8 | 1 |
| Pinus nigra | Schl | 5 | 0,6 |
| Cataegus monogyna | Schl | | |

2

| Lista de especies | Extraer |
|-------------------|---------|
| Especie | |
| Quercus pyrenaica | |
| Pinus sylvestris | |
| Pinus nigra | |
| Cataegus monogyna | |

| | |
|--|---|
| Indicar si se poseen datos de volumen unitario (m ³) | Indicar cómo desea calcular el precio de consumo (€) |
| ¿Posee datos de volumen unitario (m ³)? | ¿Desea obtener el precio de consumo mediante calidades de troza ó medidas industriales? |
| SI | Industrias |
| 3 | 4 |

| Dímetros límite | | |
|-----------------|----------|----------|
| Tipo de madera | Inferior | Superior |
| Pequeña | 17,5 | 27,5 |
| Media | 27,5 | 47,5 |
| Gruesa | 47,5 | |

Figura 8. Vista general de la hoja Inicio de Smartelo PC

Se recomienda visitar previamente la Ayuda de Smartelo, donde se podrán descubrir y consultar las funciones y componentes principales de las hojas que constituyen la aplicación.

4.1.3.1. Configurando la hoja Inicio de Smartelo PC

La hoja Inicio de Smartelo es una de las hojas más importantes de la aplicación, ya que en ella han de definirse los parámetros generales y esenciales que hacen funcionar correctamente la misma.

A continuación comenzaremos a completar los puntos clave de la presente hoja con nuestros datos. Al igual que anteriormente, y de ahora en adelante, nos apoyaremos en capturas de pantalla obtenidas directamente de la aplicación para facilitar la comprensión de todo el proceso.

Como se ha comentado anteriormente, a lo largo del presente supuesto práctico se mostrarán los pasos esenciales para configurar Smartelo y poder realizar un señalamiento forestal de forma correcta. En cada punto se hará referencia a las partes del presente trabajo que se podrán consultar para obtener más detalles a cerca del tema tratado en cada caso.

A continuación nos centraremos en conocer y completar los puntos señalados en la figura 8, la cual muestra una vista general de la hoja *Inicio* en Smartelo PC:

Información general (1)

Esta tabla está dedicada a la introducción de los parámetros generales del Aula de Señalamiento.

Qué se debe hacer: Se han de introducir datos generales como el nombre y área del Aula de señalamiento, y datos económicos como la tasa de actualización del dinero, precios del árbol muerto, y otros referidos a aspectos ecológicos y de gestión del Aula.

Además, de forma automática se obtienen datos referidos al número de árboles (Hoja *Árboles*) y equipos/operadores (Hoja *Equipos*) que participan en la gestión del Aula de Señalamiento. Profundizaremos más adelante en la gestión de gestores/equipos por parte de Smartelo. Por el momento no es necesario completar datos relacionados con ellos.

| Información general | |
|------------------------------|---------------------|
| Aula de señalamiento | Valdepoza |
| Parcela | A |
| Superficie | 1,0 ha |
| Economía | |
| Fondos | 760 € |
| Tasa de actualización | 4,0% |
| Precio del árbol muerto | 10 €/m ³ |
| Ciclo de retorno (evento) | 200 años |
| Ecología | |
| Precio del punto ecológico | 10 € |
| Umbral ecológico | 15 €/m ³ |
| Gestión | |
| Rotación de las cortas | 10 años |
| Representación | |
| Rotación del plano (g) | 0 |
| Información principal | |
| Número de árboles | 1181 |
| Número de equipos/operadores | 6 |

Figura 9. Tabla de Información general en la hoja Inicio de Smartelo PC

Indicaciones a cerca de datos de Volumen (2)

Smartelo ofrece la posibilidad de gestionar datos de volumen unitario por árbol (m^3), o calcularlo en caso de que no se dispongan de estos datos. Para más información de las opciones que ofrece Smartelo para gestionar y calcular la variables “volumen”, consulte *Ayuda/Volumen unitario en Smartelo*

Qué se debe hacer: Si dispone de datos de Volumen unitario, marcar “Sí”. En este caso propuesto, se dispone de estos datos, con lo cual dejaremos por defecto tal opción.

Indicar si se poseen datos de volumen unitario (m^3)

¿Posee datos de Volumen (m^3) por árbol? Sí

Figura 10. Definición de volumen unitario (m^3) en la hoja *Inicio* de Smartelo PC

Indicaciones a cerca del cálculo del precio de consumo (€) por árbol (3)

Por otra parte, Smartelo ofrece la posibilidad de calcular el precio de consumo (€) mediante calidades de troza (A,B,C,D) o mediante volúmenes de industria de la madera. Estos volúmenes pueden ser calculados mediante aplicaciones diseñadas para tal efecto, como es el caso del complemento de Excel cubiFor (Rodríguez, 2009).

Qué se debe hacer: Lo más recomendable es obtener los precios de consumo divididos por industrias de transformación de la madera, ya que son valores más objetivos y fácilmente más accesibles que las calidades de troza. Es una clasificación más estandarizada y la información que se puede encontrar al respecto es mayor. En este caso práctico, tenemos la oportunidad de calcular el precio de consumo (€) por ambos métodos, con lo que dejaremos esta opción por defecto y lo calcularemos por Industrias.

Indicar cómo desea calcular el precio de consumo (€)

¿Desea obtener el precio de consumo (€) mediante calidades de troza ó mediante volúmenes de industria? Industrias

Figura 11. Selección de método de cálculo del precio de consumo (€) en la hoja *Inicio* de Smartelo PC

Límites de dimensiones de madera (4)

Smartelo ofrece una serie de reultados referentes a la evolución del patrimonio dendrométrico y financiero, así como análisis de la masa y otros (Hoja *Resultados*). Muchos de esos resultados se muestran clasificados por clase diamétrica o dimensiones de madera, entre otros parámetros. La determinación de los diferentes tipos o dimensiones de madera (gruesa, media o estrecha) se realiza fijando una serie de diámetros límite (inferior y superior) para cada uno de ellos en la presente hoja *Inicio*.

Qué se debe hacer: En función de nuestros objetivos de gestión, fijar unos diámetros límite y establecer de esta manera la distinción entre los distintos tipos de madera. Cabe destacar en este punto que *todos los pies que posean un diámetro inferior al del mínimo fijado en este apartado, no serán tomados en cuenta en los resultados finales, con lo que se recomienda fijar un diámetro normal mínimo no inferior a 7.5 cm.*

| Diámetros límite | | |
|------------------|----------|----------|
| Tipo de madera | Inferior | Superior |
| Pequeña | 17,5 | 27,5 |
| Media | 27,5 | 47,5 |
| Gruesa | 47,5 | |

Figura 12. Definición de diámetros límite en función de tipos de madera en la hoja *Inicio* de Smartelo PC

Una vez configurados los principales parámetros de la hoja *Inicio*, estamos en disposición de editar la hoja del inventario forestal con el que trabajaremos en la práctica de señalamiento propuesta. Esta hoja recibe el nombre de hoja *Árboles*.

4.1.3.2. Configurando la hoja *Árboles* de Smartelo PC

La hoja *Árboles* contendrá nuestro inventario forestal; en este caso concreto, el inventario del Aula de Señalamiento de Valdepoza. Al igual que hemos visto con la hoja *Inicio*, Smartelo requiere de una serie de variables de árbol para realizar los cálculos dendrométricos, económicos y ecológicos correspondientes.

A continuación veremos la plantilla de inventario que requiere Smartelo, y citaremos las principales variables de árbol que necesita para su correcto funcionamiento, así como otras que pueden ser incluidas de forma adicional.

En la hoja *Árboles* se puede observar el diseño del inventario con el que trabaja Smartelo. La parte de la izquierda, en verde, está destinada a la inclusión de datos; mientras que la parte de la derecha, en naranja, corresponden a una serie de resultados previos que ofrece Smartelo para cada árbol.

En relación con lo anterior, es importante destacar una norma general en Smartelo a la hora de insertar datos:

- Se deben completar todas aquellas celdas en color BLANCO
- Las celdas sombreadas con colores claros (generalmente verde o naranja) corresponden a celdas donde se introducen datos secundarios, los cuales intervienen en la obtención de resultados muy específicos, tales como el estudio de la biomasa o las industrias de productos madereros
- Las celdas rellenas con colores más oscuros pertenecen a celdas con fórmulas y no deben borrarse/editarse

La figura 13 muestra la parte de la izquierda de la hoja *Árboles* en Smartelo PC. Esta es la parte que contiene las variables que se deben completar para permitir el funcionamiento correcto de la aplicación.

| Arbol | Cuadrante | Estaca referencia | Azímüt | Distancia | Especie | Diam1 | Diam2 | Ht (m) | Hcv (m) | A | B | C | D | Volumen | Muerto | Riesgo depreciación | Defectos copa | Estado | Códigos ecológicos | CoordX | CoordY |
|-------|-----------|-------------------|--------|-----------|-------------------|-------|-------|--------|---------|---|---|-----|------|---------|--------|---------------------|---------------|--------|--------------------|--------|---------|
| 1 | 13 | 51 | 296,7 | 5,6 | Quercus pyrenaica | 6,6 | 7,2 | 3,5 | 2,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,005 | | | | | G3H3F3 | 354675 | 4718993 |
| 2 | 13 | 51 | 301,1 | 10,14 | Pinus sylvestris | 45,7 | 44,9 | 21,3 | 11 | 0 | 0 | 2,7 | 11 | 1,615 | | | | | H3F3 | 354671 | 4718993 |
| 3 | 13 | 51 | 292,2 | 12,24 | Pinus sylvestris | 31,5 | 28,2 | 21,1 | 12,7 | 0 | 0 | 0 | 6,1 | 0,714 | | | | | H1F2 | 354659 | 4718992 |
| 4 | 13 | 41 | 118,9 | 9,8 | Pinus sylvestris | 30,5 | 30,9 | 20,3 | 14,4 | 0 | 0 | 0 | 14,4 | 0,722 | | | | | F3 | 354655 | 4718993 |
| 5 | 13 | 41 | 132,2 | 7,31 | Pinus sylvestris | 28,3 | 27 | 20,8 | 14,8 | 0 | 0 | 0 | 14,8 | 0,606 | | | | | FZGL | 354652 | 4718992 |
| 6 | 13 | 41 | 134,4 | 5,49 | Pinus sylvestris | 27,4 | 25,5 | 19,8 | 14,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,528 | | | | | | 354651 | 4718993 |
| 7 | 13 | 41 | 147,8 | 1,63 | Pinus sylvestris | 21,7 | 22,5 | 18,4 | 15,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,345 | | | | | | 354657 | 4718995 |
| 8 | 13 | 41 | 190,0 | 7,79 | Pinus sylvestris | 38,1 | 38 | 22,6 | 17,2 | 0 | 0 | 2,7 | 7,6 | 1,228 | | | | | | 354657 | 4718988 |
| 9 | 13 | 41 | 200,0 | 11,56 | Quercus pyrenaica | 21,9 | 22,3 | 12,1 | 5,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,212 | | | | | | 354656 | 4718984 |
| 10 | 13 | 41 | 193,3 | 11,76 | Pinus sylvestris | 30,1 | 27 | 19,2 | 12,1 | 0 | 0 | 0 | 12,1 | 0,990 | | | | | | 354657 | 4718984 |

Figura 13. Vista general de la hoja Árboles de Smartelo PC. Introducción del inventario forestal

No todas las variables son imprescindibles para conseguir nuestros objetivos en el presente supuesto práctico, con lo que definiremos exclusivamente aquellas que lo son. Dichas variables están señaladas con un círculo amarillo, y se explican a continuación.

Para configurar satisfactoriamente la hoja Árboles de Smartelo PC debemos introducir los datos de las variables que se citan a continuación:

- *Número de árbol*
- *Cuadrante*: Cada Aula de Señalamiento está formada por 16 cuadrantes, los cuales están delimitados por las estacas de referencia. Se recomienda el uso de un SIG para determinar el cuadrante al que pertenece cada árbol del Aula de señalamiento
- *Especie*
- *Diámetro normal* (en centímetros) medido a la altura normal (1.3 metros) en 2 direcciones
- *Volumen unitario* (en metros cúbicos)
- *CoordX y CoordY*: Pertenecen a las coordenadas UTM X e Y de cada árbol. En caso de no poseer valores absolutos referentes a las coordenadas X e Y (sólo se poseen datos relativos de azimut, distancia y estaca de referencia) Smartelo permite introducir una fórmula en estas columnas para calcular dichas coordenadas para cada árbol

En la parte derecha de esta hoja *Árboles* (celdas en naranja) se encuentran los diferentes cálculos que realiza Smartelo. Estos cálculos ofrecen resultados de tipo económico, dendrométrico y ecológico, entre otros. Para más información a cerca del significado de los mismos, consulte los comentarios disponibles en cada celda de la hoja *Árboles* dentro de la aplicación.

Tras configurar las hojas principales de Smartelo (*Inicio* y *Árboles*), pasaremos a configurar Smartelo Portable para posibilitar su correcto uso en la segunda jornada de trabajo, la cual se desarrolla en campo. Conoceremos más a cerca del funcionamiento y configuración de Smartelo PC a lo largo de la tercera jornada, con el fin de aprender a gestionar, obtener y presentar los datos de nuestro inventario y los referentes al señalamiento realizado durante la segunda jornada de trabajo.

Nota: Más información a cerca de la estructura y funcionamiento de cada hoja de Smartelo PC puede ser consultada en el Anejo I. Manual de usuario de Smartelo PC, al final del presente trabajo.

4.1.4. Configuración inicial de Smartelo Portable

De la misma forma que en los apartados anteriores, se procederá a configurar la versión para dispositivos móviles de Smartelo, de ahora en adelante Smartelo Portable.

Este punto está dedicado a obtener las competencias básicas para realizar una configuración básica de la versión para dispositivos móviles de Smartelo.

Todas las acciones que se nombren a lo largo de este punto irán acompañadas de diferentes capturas de pantalla para favorecer y ayudar en la comprensión de los primeros pasos con la aplicación, al igual que realizamos anteriormente con la versión de escritorio.

Comenzamos.

Al igual que Smartelo PC, la versión para dispositivos móviles está desarrollada en Excel y VBA. Al abrir por primera vez la aplicación nos encontraremos con una página donde aparecen los créditos de la misma, en ella se pueden observar el equipo responsable del diseño y desarrollo de la aplicación.



Figura 14. Vista general de la hoja *Créditos* de Smartelo Portable

Si se hace click sobre el logo de Smartelo, se accederá a la hoja *Árboles* de la versión para dispositivos móviles, que como veremos en el siguiente punto, está totalmente relacionada con la hoja *Árboles* de la versión de escritorio.

4.1.4.1. Configurando la hoja **Árboles** de Smartelo Portable

Es probable que el nombre de *Árboles* le sea familiar en Smartelo Portable. Este hecho se debe a que el diseño de ambas aplicaciones se ha pensado para que la compatibilidad entre ambas sea lo más eficiente y sencilla posible. De esta manera, la configuración y puesta en marcha de la versión para dispositivos móviles de Smartelo será muy sencilla, ya que con la introducción de nuestro inventario en Smartelo PC, hemos realizado prácticamente la totalidad del trabajo. A continuación veremos la razón.

Si hemos hecho click en el icono de Smartelo Portable en la hoja *Créditos*, nos encontraremos con el siguiente mensaje en la hoja *Árboles*:

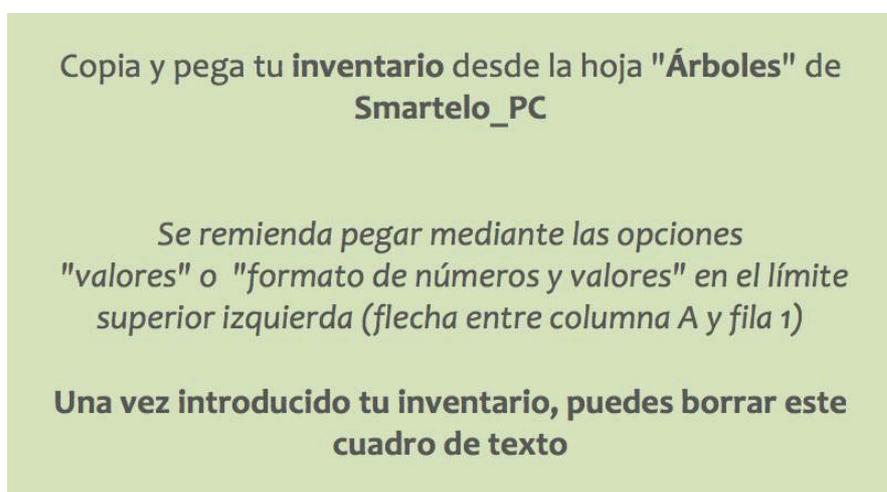


Figura 15. Mensaje de aviso para la introducción de los datos referentes al inventario en Smartelo Portable

El anterior mensaje nos indica que debemos copiar íntegramente la hoja *Árboles* de Smartelo PC. Es por ello que será necesario tener abierto Smartelo PC para proceder a copiar el inventario y pegarlo en Smartelo Portable, tal y como se indica en el mensaje. Se recomienda pegar el inventario mediante la opción "valores" o "formato de números y valores". La razón por la que se debe realizar de esta forma es evitar arrastrar la gran cantidad de fórmulas que contiene la hoja *Árboles* de Smartelo PC. Recordamos que la hoja *Árboles* de Smartelo PC ofrece una serie de resultados previos (parte de la derecha, en color naranja), los cuales se obtienen mediante diferentes fórmulas.

Una vez copiado el inventario en la hoja *Árboles* de la versión para dispositivos móviles (Smartelo Portable), deberíamos encontrarnos con la siguiente imagen:

| Parcela | Árbol | Cuadrante | Estaca refer | Azimut | Distancia | Especie | Diam1 | Diam2 | Ht (m) | Hcv (m) | A | B | C | D | Volumen | |
|---------|-------|-----------|--------------|--------|-----------|-------------------|-------|-------|--------|---------|---|---|---|-----|---------|-----|
| 1 | 1 | 13 | 51 | 296,7 | 5,6 | Quercus pyrenaica | 6,6 | 7,2 | 3,5 | 2,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | |
| 3 | 1 | 2 | 13 | 51 | 301,1 | Pinus sylvestris | 45,7 | 44,9 | 21,3 | 11 | 0 | 0 | 0 | 2,7 | 11 | 1,6 |
| 4 | 1 | 3 | 13 | 51 | 292,2 | Pinus sylvestris | 31,5 | 28,2 | 21,1 | 12,7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6,1 | 0,7 |
| 5 | 1 | 4 | 13 | 41 | 118,9 | Pinus sylvestris | 30,5 | 30,9 | 20,3 | 14,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14,4 | 0,7 |
| 6 | 1 | 5 | 13 | 41 | 132,2 | Pinus sylvestris | 28,3 | 27 | 20,8 | 14,8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14,8 | 0,6 |
| 7 | 1 | 6 | 13 | 41 | 134,4 | Pinus sylvestris | 27,4 | 25,5 | 19,8 | 14,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 |
| 8 | 1 | 7 | 13 | 41 | 147,8 | Pinus sylvestris | 21,7 | 22,5 | 18,4 | 15,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,3 |
| 9 | 1 | 8 | 13 | 41 | 190,0 | Pinus sylvestris | 38,1 | 38 | 22,6 | 17,2 | 0 | 0 | 0 | 2,7 | 7,6 | 1,2 |
| 10 | 1 | 9 | 13 | 41 | 200,0 | Quercus pyrenaica | 21,9 | 22,3 | 12,1 | 5,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,2 |
| 11 | 1 | 10 | 13 | 41 | 193,3 | Pinus sylvestris | 30,1 | 27 | 19,2 | 12,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12,1 | 0,5 |
| 12 | 1 | 11 | 13 | 41 | 180,0 | Pinus sylvestris | 36,1 | 34,9 | 22,5 | 15,8 | 0 | 0 | 0 | 5,5 | 15,8 | 1,0 |
| 13 | 1 | 12 | 13 | 41 | 153,3 | Pinus sylvestris | 42,8 | 41,6 | 22,6 | 16,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6,6 | 1,5 |
| 14 | 1 | 13 | 13 | 41 | 145,6 | Pinus sylvestris | 35,1 | 36,4 | 22,6 | 13,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,9 | 1,0 |
| 15 | 1 | 14 | 13 | 41 | 150,0 | Pinus sylvestris | 43,9 | 42,5 | 20 | 12,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12,3 | 1,3 |
| 16 | 1 | 15 | 13 | 51 | 260,0 | Pinus sylvestris | 35,5 | 34,4 | 21,4 | 14,5 | 0 | 0 | 0 | 3,1 | 14,5 | 0,9 |

Figura 16. Datos de inventario en la hoja Árboles de Smartelo Portable

No importa que el formato y diseño sea diferente al de la hoja Árboles de Smartelo PC, ya que esta hoja no la volveremos a utilizar en el futuro. De la misma forma que hemos configurado la hoja Árboles, pasaremos a configurar la hoja Tipificación, la cual contiene un resumen con las diferentes variables de masa que calcula Smartelo para cada especie y cuadrante de cada Aula de Señalamiento.

4.1.4.2. Configurando la hoja Tipificación de Smartelo Portable

La hoja Tipificación es una de las hojas que están presentes en ambas versiones de Smartelo. En ella encontraremos un resumen con las principales variables de masa que calcula la aplicación para cada cuadrante y especie de cada Aula de Señalamiento. Dichas variables de masa son:

- Densidad (N), en pies por hectárea y en porcentaje
- Volumen (V), en metros cúbicos por hectárea y en porcentaje
- Área basimétrica (G), en metros cuadrados por hectárea y en porcentaje
- Diámetro medio cuadrático (dg), en centímetros
- Altura dominante (Ho), en metros

Cuando anteriormente hemos configurado los aspectos básicos de la versión de escritorio de Smartelo, tan sólo hemos tenido un primer contacto con las hojas Inicio y Árboles.

Es momento de conocer dicha hoja en Smartelo PC, para posteriormente copiarla y pegarla en Smartelo Portable.

El correcto funcionamiento de Smartelo Portable tan sólo necesita de un inventario (Hoja *Árboles*), donde estén presentes las diferentes variables de árbol individual, y una base de datos donde estén recogidas las diferentes variables de masa que caracterizan el Aula de señalamiento (Hoja *Tipificación*).

Para acceder a la hoja *Tipificación* en la versión de escritorio de Smartelo, buscamos y hacemos click en “Tipificación”, la cual se encuentra a continuación de la hoja *Árboles* (barra inferior de hojas de Excel). Nos encontraremos con la siguiente imagen:

Tipificación del Aula

| Cuadrante | Densidad (pies/ha) | | | | Volumen (m3/ha) | | | | Área basimétrica (m2/ha) | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--------------------|-------------|------------------|-------------------|-----------------|-------------|------------------|-------------------|--------------------------|-------------|------------------|-------------------|--------|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|
| | Total | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica | Total | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica | Total | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica | | | | | | | | | |
| 1 | 896,0 | 32 | 3,6% | 208 | 23,2% | 656 | 73,2% | 292,8 | 38,306 | 13,1% | 205,986 | 70,4% | 48,492 | 16,6% | 35,3 | 3,7 | 10,6% | 22,0 | 62,3% | 9,6 | 27,1% |
| 2 | 896,0 | 160 | 17,9% | 288 | 32,1% | 448 | 50,0% | 320,3 | 85,219 | 26,6% | 219,839 | 68,6% | 15,276 | 4,8% | 39,4 | 9,3 | 23,6% | 26,1 | 66,2% | 4,0 | 10,2% |
| 3 | 1072,0 | 608 | 56,7% | 112 | 10,4% | 352 | 32,8% | 312,9 | 450,739 | 87,9% | 52,523 | 10,2% | 9,854 | 1,9% | 54,5 | 46,0 | 86,4% | 5,9 | 10,8% | 2,6 | 4,8% |
| 4 | 1200,0 | 288 | 24,0% | 144 | 12,0% | 768 | 64,0% | 238,5 | 175,539 | 73,7% | 21,451 | 8,0% | 41,382 | 17,4% | 32,0 | 19,8 | 62,0% | 2,9 | 9,0% | 9,1 | 29,0% |
| 5 | 1296,0 | 48 | 3,8% | 128 | 10,1% | 1088 | 86,1% | 230,1 | 54,924 | 23,9% | 93,660 | 40,7% | 81,510 | 35,4% | 31,0 | 5,8 | 18,9% | 10,0 | 32,6% | 14,9 | 48,4% |
| 6 | 880,0 | 208 | 23,6% | 320 | 36,4% | 352 | 40,0% | 405,8 | 132,636 | 32,7% | 246,619 | 60,8% | 26,558 | 6,5% | 45,0 | 13,4 | 29,8% | 26,7 | 59,5% | 4,8 | 10,7% |
| 7 | 944,0 | 416 | 44,1% | 224 | 23,7% | 304 | 32,2% | 443,2 | 303,878 | 68,6% | 116,307 | 26,3% | 22,879 | 5,2% | 48,7 | 31,3 | 64,2% | 12,7 | 26,0% | 4,8 | 9,8% |
| 8 | 1088,0 | 128 | 11,8% | 64 | 5,9% | 896 | 82,4% | 218,1 | 141,160 | 64,7% | 37,889 | 17,4% | 39,228 | 18,0% | 30,1 | 15,5 | 51,6% | 4,7 | 15,6% | 9,9 | 32,8% |
| 9 | 592,0 | 16 | 2,7% | 352 | 59,5% | 224 | 37,8% | 340,8 | 20,018 | 5,5% | 306,177 | 94,9% | 34,609 | 9,6% | 40,0 | 2,0 | 5,0% | 32,4 | 80,9% | 5,7 | 14,2% |
| 10 | 1216,0 | 96 | 7,9% | 160 | 13,2% | 960 | 78,9% | 228,7 | 61,868 | 27,1% | 120,596 | 52,7% | 46,187 | 20,2% | 30,2 | 6,8 | 22,2% | 14,0 | 45,5% | 9,9 | 32,4% |
| 11 | 1048,0 | 144 | 13,8% | 288 | 27,5% | 1216 | 73,8% | 248,2 | 127,825 | 51,5% | 67,632 | 27,2% | 52,771 | 21,3% | 36,6 | 14,1 | 38,5% | 9,8 | 26,7% | 12,7 | 34,8% |
| 12 | 1280,0 | 0 | 0,0% | 528 | 41,3% | 752 | 58,8% | 69,0 | 0,000 | 0,0% | 31,963 | 46,3% | 37,013 | 53,7% | 17,8 | 0,0% | 0,0% | 8,2 | 46,3% | 9,6 | 53,7% |
| 13 | 880,0 | 32 | 3,6% | 320 | 36,4% | 528 | 60,0% | 389,9 | 39,241 | 9,8% | 306,726 | 78,7% | 44,968 | 12,5% | 43,2 | 4,3 | 9,8% | 31,4 | 72,6% | 7,6 | 17,6% |
| 14 | 1200,0 | 16 | 1,3% | 400 | 33,3% | 784 | 65,3% | 305,7 | 39,140 | 5,9% | 227,216 | 74,9% | 60,376 | 19,7% | 40,4 | 2,1 | 5,2% | 27,0 | 66,8% | 11,3 | 28,0% |
| 15 | 2240,0 | 32 | 1,5% | 432 | 20,1% | 1680 | 78,4% | 110,9 | 11,981 | 10,8% | 33,839 | 30,5% | 65,120 | 58,7% | 25,9 | 1,9 | 7,5% | 6,6 | 26,0% | 16,4 | 65,9% |
| 16 | 1664,0 | 0 | 0,0% | 288 | 17,3% | 1376 | 82,7% | 80,1 | 0,000 | 0,0% | 19,904 | 24,8% | 60,243 | 75,2% | 20,5 | 0,0% | 0,0% | 5,0 | 24,5% | 15,5 | 75,5% |
| Total | 1181 | 139 | 11,8% | 266 | 22,6% | 774 | 65,6% | 278,5 | 118,6 | 40,4% | 191,8 | 44,9% | 42,8 | 14,6% | 39,6 | 12,6 | 33,8% | 15,3 | 41,2% | 9,3 | 25,0% |



| Cuadrante | Dg (cm) | | | | Ho (m) | | | |
|-----------|---------|-------------|------------------|-------------------|--------|-------------|------------------|-------------------|
| | Total | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica | Total | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica |
| 1 | 29,6 | 38,5 | 36,7 | 13,6 | 20,8 | 21,9 | 20,2 | 12,8 |
| 2 | 24,0 | 27,2 | 34,0 | 10,7 | 17,8 | 19,8 | 17,4 | 9,7 |
| 3 | 22,2 | 32,1 | 25,9 | 9,7 | 21,4 | 21,4 | 15,6 | 6,2 |
| 4 | 19,3 | 29,6 | 15,9 | 11,4 | 19,8 | 19,8 | 10,9 | 11,9 |
| 5 | 28,0 | 39,3 | 31,6 | 13,2 | 18,5 | 20,5 | 14,3 | 13,9 |
| 6 | 24,8 | 28,7 | 32,6 | 13,2 | 19,4 | 21,6 | 19,3 | 12,0 |
| 7 | 24,0 | 33,0 | 26,9 | 14,1 | 21,2 | 21,2 | 18,9 | 11,1 |
| 8 | 27,2 | 39,3 | 30,5 | 14,8 | 19,7 | 19,5 | 15,1 | 10,7 |
| 9 | 30,5 | 39,7 | 34,2 | 17,9 | 19,4 | 21,6 | 18,8 | 13,3 |
| 10 | 25,0 | 30,1 | 33,4 | 11,5 | 18,8 | 17,3 | 18,6 | 11,3 |
| 11 | 22,6 | 35,3 | 20,8 | 11,5 | 18,9 | 19,4 | 14,4 | 10,6 |
| 12 | 13,4 | 34,1 | 14,1 | 12,7 | 9,2 | 9,2 | 14,4 | 9,9 |
| 13 | 30,0 | 42,2 | 35,3 | 13,5 | 20,4 | 19,4 | 20,8 | 13,9 |
| 14 | 27,9 | 40,8 | 29,3 | 13,6 | 18,3 | 18,8 | 18,9 | 12,2 |
| 15 | 17,5 | 27,3 | 14,0 | 11,2 | 12,4 | 10,8 | 11,5 | 10,3 |
| 16 | 13,4 | 34,2 | 14,5 | 12,0 | 10,2 | 9,2 | 9,2 | 9,8 |
| Total | 23,7 | 34,2 | 26,9 | 12,4 | 17,9 | 19,5 | 15,8 | 11,5 |

Figura 17. Vista general de la hoja *Tipificación* de Smartelo PC

Al entrar en la hoja *Tipificación* de Smartelo Portable, nos encontraremos con un mensaje similar al que aparece en la hoja *Árboles*.

Copia y pega tu **tipificación del aula** desde la hoja "**Tipificación**" de **Smartelo_PC**

A diferencia de la hoja anterior, puedes pegar la información tal y como se presenta en **Smartelo_PC** (típico copiar y pegar)

Para eliminar la información, selecciona toda la hoja y selecciona "**borrar todo**" en la pestaña "**Inicio**".
Nota: Nunca seleccionar toda la hoja y hacer click en eliminar, ya que se borrarán todas las referencias que hacen funcionar correctamente Smartelo.

Una vez introducida tu tipificación, puedes borrar este cuadro de texto

Figura 18. Mensaje de aviso para la introducción de los datos referentes al inventario en Smartelo Portable

Procedemos de la forma que se plantea, y deberíamos encontrarnos con la siguiente imagen:

| Inicio | | | | | | | | | | | | | | Insertar | Diseño de página | Fórmulas | Datos | Revisar | Ver | Programador | | |
|--------|-----------|-----------------------|-------------|------------------|-------------------|-----------------|---------------|------------------|-------------------|--------------------------|-------------|------------------|-------------------|----------|------------------|----------|-------|---------|-----|-------------|--|--|
| AH31 | | | | | | | | | | | | | | X | ✓ | fx | | | | | | |
| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | | | | | | |
| 1 | | Tipificación del Aula | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | Densidad (pies/ha) | | | | Volumen (m3/ha) | | | | Área basimétrica (m2/ha) | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Cuadrante | Total | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica | Total | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica | Total | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica | Total | | | | | | | | |
| 9 | 1 | 896,0 | 32 3,6% | 208 23,2% | 656 73,2% | 292,8 | 38,306 13,1% | 205,986 70,4% | 48,492 16,6% | 35,3 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 2 | 896,0 | 160 17,9% | 288 32,1% | 448 50,0% | 320,3 | 85,219 26,6% | 219,839 68,6% | 15,276 4,8% | 39,4 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 3 | 1072,0 | 608 56,7% | 112 10,4% | 352 32,8% | 512,9 | 450,729 87,9% | 52,523 10,2% | 9,654 1,9% | 54,5 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 4 | 1200,0 | 288 24,0% | 144 12,0% | 768 64,0% | 238,5 | 175,639 73,7% | 21,451 9,0% | 41,382 17,4% | 32,0 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | 5 | 1296,0 | 48 3,8% | 128 10,1% | 1088 86,1% | 230,1 | 54,924 23,9% | 93,660 40,7% | 81,510 35,4% | 31,0 | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 6 | 880,0 | 208 23,6% | 320 36,4% | 352 40,0% | 405,8 | 132,636 32,7% | 246,619 60,8% | 26,558 6,5% | 45,0 | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 7 | 944,0 | 416 44,1% | 224 23,7% | 304 32,2% | 443,2 | 303,878 68,6% | 116,397 26,3% | 22,879 5,2% | 48,7 | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 8 | 1088,0 | 128 11,8% | 64 5,9% | 896 82,4% | 218,3 | 141,160 64,7% | 37,889 17,4% | 39,228 18,0% | 30,1 | | | | | | | | | | | | |
| 17 | 9 | 992,0 | 16 2,7% | 352 35,5% | 224 22,6% | 360,8 | 20,018 5,5% | 306,177 84,9% | 34,609 9,6% | 40,0 | | | | | | | | | | | | |
| 18 | 10 | 1216,0 | 96 7,9% | 160 13,2% | 960 78,9% | 228,7 | 61,868 27,1% | 120,596 52,7% | 46,187 20,2% | 30,7 | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 11 | 1648,0 | 144 8,7% | 288 17,5% | 1216 73,8% | 248,2 | 127,825 51,5% | 67,632 27,2% | 52,771 21,3% | 36,6 | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 12 | 1280,0 | 0 0,0% | 528 41,3% | 752 58,8% | 69,0 | 0,000 0,0% | 31,963 46,3% | 37,013 53,7% | 17,8 | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 13 | 880,0 | 32 3,6% | 320 36,4% | 528 60,0% | 389,9 | 38,241 9,8% | 306,726 78,7% | 44,968 11,5% | 45,2 | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 14 | 1200,0 | 16 1,3% | 400 33,3% | 784 65,3% | 305,7 | 18,140 5,9% | 227,216 74,3% | 60,375 19,7% | 40,4 | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 15 | 2144,0 | 32 1,5% | 432 20,1% | 1680 78,4% | 110,9 | 11,081 10,0% | 33,839 30,5% | 65,120 58,7% | 24,9 | | | | | | | | | | | | |
| 24 | 16 | 1664,0 | 0 0,0% | 288 17,3% | 1376 82,7% | 80,1 | 0,000 0,0% | 19,904 24,8% | 60,243 75,2% | 20,5 | | | | | | | | | | | | |
| 25 | Total | 1181 | 139 11,8% | 266 22,6% | 774 65,6% | 278,5 | 118,6 40,4% | 133,8 48,9% | 42,9 14,6% | 35,6 | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 19. Datos de variables de masa en la hoja Tipificación de Smartelo Portable

Una vez incluidas las hojas *Árboles* y *Tipificación* en Smartelo Portable, estamos en disposición de aprovechar todo el potencial que ofrece esta versión.

Por el momento no profundizaremos a cerca de las funciones y método de funcionamiento de esta versión de Smartelo para la realización de señalamientos, ya que este contenido está reservado para la segunda jornada de trabajo.

No obstante, en el punto donde nos encontramos en la primera jornada del supuesto práctico propuesto, exploraremos los distintos gráficos que posee esta versión para dispositivos de Smartelo, los cuales permiten tener una visión general la masa del Aula de señalamiento donde realizaremos la tarea de señalamiento.

4.1.4.3. Conociendo los gráficos que ofrece Smartelo Portable

Smartelo fue diseñado para gestionar, obtener y presentar datos y resultados de Aulas de Señalamiento Forestal. Se ha realizado un gran esfuerzo en desarrollar y potenciar al máximo estas tres características principales en ambas versiones de la aplicación, siempre teniendo en cuenta el límite de diseño y desarrollo que permite un programa como Excel y el lenguaje VBA. A pesar de ello, los resultados obtenidos en materia de presentación de datos y experiencia de usuario han sido muy positivos.

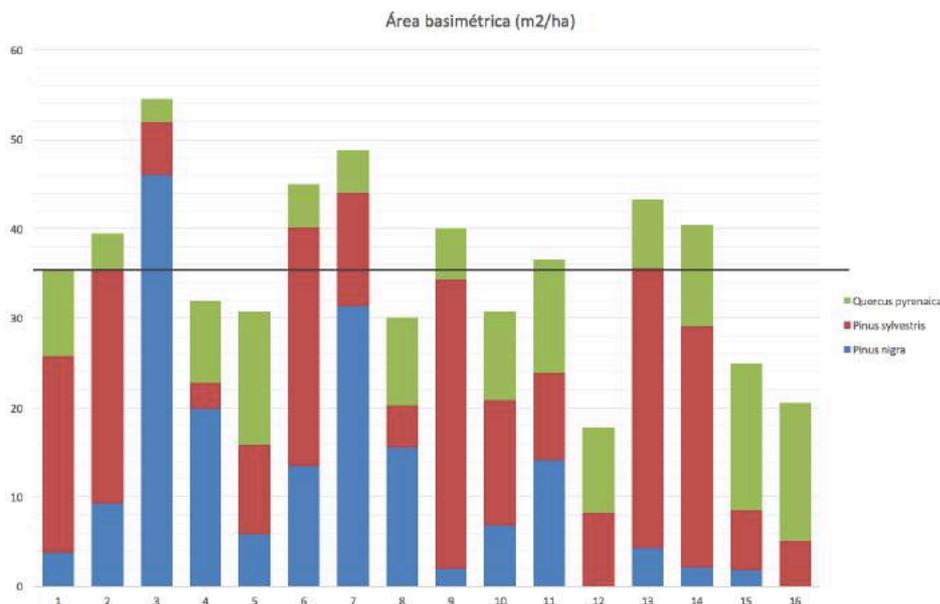


Figura 20. Ejemplo de las opciones gráficas que ofrece Smartelo Portable

En relación con este aspecto, Smartelo ofrece una serie de gráficos, tanto estáticos como dinámicos, que permiten observar rápidamente la información de la que se dispone. De esta manera, la actual versión para dispositivos móviles de Smartelo dispone de cinco gráficos, los cuales definen las diferentes variables de masa que caracterizan el Aula de Señalamiento. Dichos gráficos se actualizan en función de la información presente en la hoja Tipificación.

La figura 20 presenta como ejemplo uno de los gráficos que ofrece Smartelo para resumir la información referente a la variable de masa Área basimétrica ($m^2 \cdot ha^{-1}$). La línea horizontal negra representa el valor medio de dicha variable para la totalidad del Aula de Señalamiento.

Aquí finaliza el punto relacionado con la configuración inicial de ambas versiones de Smartelo. Además del diseño y desarrollo de las mismas, se han creado una serie de materiales didácticos adicionales para mejorar la experiencia de Smartelo y aprovechar al máximo sus funciones.

Dicho material didáctico pretende además servir como referencia y punto de partida para el desarrollo de nuevos materiales pedagógicos diseñados para complementar la docencia en materias forestales como la silvicultura, los aprovechamientos forestales y manejo de bases de datos forestales, entre otras.

4.1.5. Introducción y reparto del material docente básico y adicional de Smartelo

Con el fin de aprovechar al máximo todas las funciones y características que ofrece Smartelo, se han diseñado una serie de materiales didácticos que complementan la aplicación.

Estos materiales tienen un fin totalmente pedagógico, y por su naturaleza pueden ser utilizados no sólo para la realización de prácticas de señalamiento, sino que pueden servir de apoyo en otras asignaturas relacionadas con la silvicultura, aprovechamientos forestales, estadística o manejo de bases de datos, entre otras.

El material adicional que se ha diseñado y desarrollado para Smartelo se puede consultar en los anejos del presente trabajo y lo componen los siguientes documentos:

- Manual de usuario de Smartelo PC (Anejo 1)
- Tipificación del Aula de señalamiento (Anejo 2)
- Fichas descriptivas de los cuadrantes del Aula de Señalamiento (Anejo 3)
- Mapas conceptuales de Smartelo PC y Smartelo Portable (Anejos 4 y 5)
- Script en R para el manejo de datos de Aulas de Señalamiento y resultados de Smartelo (Anejo 6)

A continuación se exponen los principales contenidos de cada uno de los documentos que componen el material didáctico adicional de Smartelo:

Manual de usuario de Smartelo PC (Anejo 1)

El primero de los documentos de apoyo de Smartelo PC consiste en un manual de usuario para la versión de escritorio. En él se puede consultar una descripción de las principales funciones y componentes de la aplicación. Toda la información está acompañada de capturas de pantalla e imágenes para facilitar la comprensión y experiencia de aprendizaje del usuario.

Tipificación del Aula de Señalamiento de Valdepoza (Anejo 2)

El documento “Tipificación del Aula de Señalamiento” describe la masa del Aula de Señalamiento atendiendo a las variables típicas utilizadas para tal efecto. Sean dichas variables las siguientes:

- Densidad (N, en pies · ha⁻¹)
- Área Basimétrica (G, en m² · ha⁻¹)
- Volumen (V, en m³ · ha⁻¹)
- Diámetro medio cuadrático (dg, en cm)
- Altura dominante (Ho, en m)

Las anteriores variables de masa están representadas gráficamente y divididas por cada especie y cuadrante del Aula de Señalamiento de estudio. Recordemos que el presente supuesto práctico se desarrolla en el Aula de Señalamiento de Valdepoza (Saldaña, Palencia), la cual posee una superficie total de una hectárea y está dividida en 16 subparcelas o cuadrantes. Las especies arbóreas principales son el pino laricio (*Pinus nigra* Arnold), pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) y rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.).

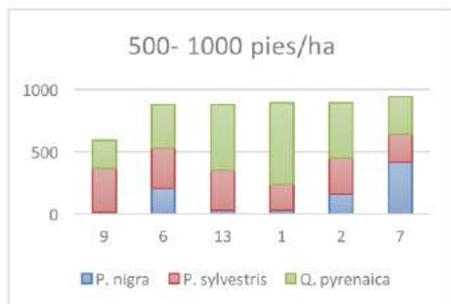
Los siguientes gráficos (figura 21) han sido creados con la versión para dispositivos móviles de Smartelo, la cual analizaremos próximamente y utilizaremos durante la segunda jornada de trabajo en campo.

Además de los gráficos anteriores, el presente documento ofrece una tipificación más detallada dividida por rangos para cada una de las principales variables de masa del Aula de Señalamiento, con el fin de facilitar la elección y definir el cuadrante o cuadrantes donde se llevarán a cabo los señalamientos en base a los objetivos silvícolas establecidos.

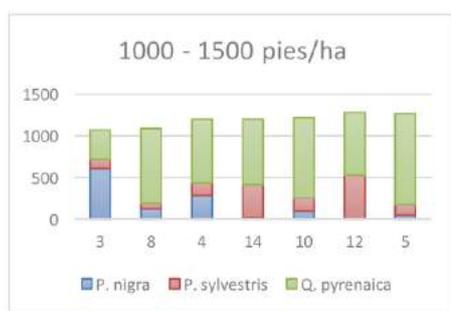


Figura 21. Gráficos relacionados con la tipificación del Aula de Señalamiento.

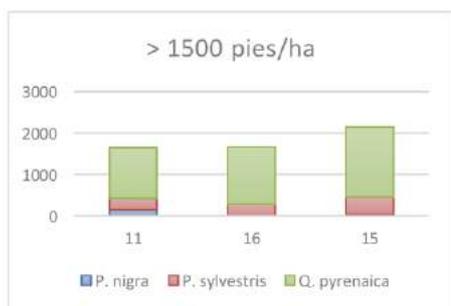
Vemos un ejemplo a continuación de la tipificación del Aula de Señalamiento de Valdepoza atendiendo a la densidad (pies · ha⁻¹) de los distintos cuadrantes o subparcelas que conforman la misma.



| Cuadrante | Densidad (pies/ha) | | | |
|-----------|--------------------|---------|--------------|-------------|
| | Total | P.nigra | P.sylvestris | Q.pyrenaica |
| 9 | 592 | 16 | 352 | 224 |
| 6 | 880 | 208 | 320 | 352 |
| 13 | 880 | 32 | 320 | 528 |
| 1 | 896 | 32 | 208 | 656 |
| 2 | 896 | 160 | 288 | 448 |
| 7 | 944 | 416 | 224 | 304 |



| Cuadrante | Densidad (pies/ha) | | | |
|-----------|--------------------|---------|--------------|-------------|
| | Total | P.nigra | P.sylvestris | Q.pyrenaica |
| 3 | 1072 | 608 | 112 | 352 |
| 8 | 1088 | 128 | 64 | 896 |
| 4 | 1200 | 288 | 144 | 768 |
| 14 | 1200 | 16 | 400 | 784 |
| 10 | 1216 | 96 | 160 | 960 |
| 12 | 1280 | | 528 | 752 |
| 5 | 1296 | 48 | 128 | 1088 |



| Cuadrante | Densidad (pies/ha) | | | |
|-----------|--------------------|---------|--------------|-------------|
| | Total | P.nigra | P.sylvestris | Q.pyrenaica |
| 11 | 1648 | 144 | 288 | 1216 |
| 16 | 1664 | | 288 | 1376 |
| 15 | 2144 | 32 | 432 | 1680 |

Figura 22. Tipificación por rangos del Aula de Señalamiento.

Fichas descriptivas de los cuadrantes del Aula de Señalamiento (Anejo 3)

El siguiente de los materiales didácticos que incluye Smartelo son las fichas descriptivas de los cuadrantes en los que se divide el Aula de Señalamiento de estudio (figura 23). Estas fichas se han diseñado con el fin de disponer de una información más detallada a cerca de los cuadrantes que forman el Aula y complementar la información que ofrece el documento anteriormente descrito.

De esta manera, el usuario podrá obtener una visión detallada a cerca de las características de la masa del Aula de Señalamiento a distintos niveles, tanto a nivel general como detallada por cuadrantes. El objetivo del diseño de estos dos documentos es facilitar el trabajo de decisión en gabinete (aula) en la elección del lugar idóneo para la realización del señalamiento en base a los objetivos silvícolas que se deseen cumplir.

Como muestra de la información que ofrece este tercer documento adicional, se presentan las siguientes capturas de pantalla referentes al cuadrante 12 del Aula de Señalamiento de Valdepoza. Dichas fichas contienen la siguiente información de interés:

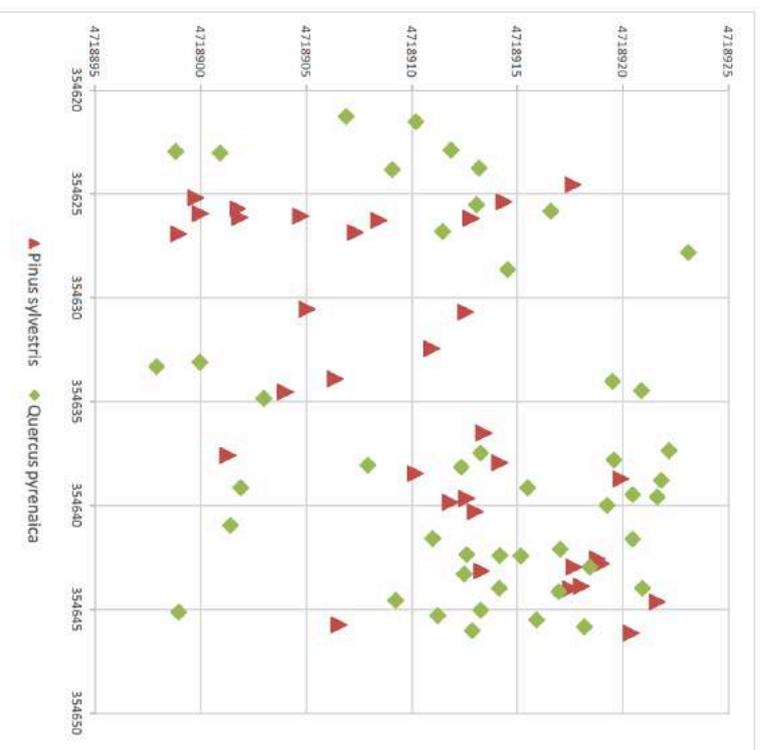
- Gráficos de Densidad ($\text{pies} \cdot \text{ha}^{-1}$), volumen ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) y área basimétrica ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) para cada clase diamétrica y especie del cuadrante. Se dispone de la información de tres formas diferentes:
 - Gráfico de frecuencias acumuladas
 - Diagrama de sectores con porcentajes
 - Gráfico de frecuencias individuales (por especie)
- Plano de localización del cuadrante con la situación y distribución de los diferentes pies dentro del mismo
- Datos referentes a las principales variables de masa, tanto en valor absoluto como en porcentaje, para las distintas especies que están presentes en el cuadrante de estudio

Tanto el documento referente a la tipificación como las fichas de los cuadrantes que forman el Aula de Señalamiento pretenden ser un material de apoyo clave en la preparación y planificación del señalamiento, con el fin de facilitar la toma de decisiones y conseguir satisfactoriamente los objetivos con los que se ha desarrollado el presente propuesto práctico.

Los siguientes documentos adicionales de Smartelo son dos mapas conceptuales diseñados para ofrecer visión global de la estructura y principales funciones que ofrecen las versiones de escritorio y dispositivos móviles de Smartelo.



Figura 23.1. Descripción de cuadrantes del Aula de Señalamiento



| | <i>P. nigra</i> | <i>P. sylvestris</i> | <i>Q. pyrenaica</i> |
|---------------------------------|-----------------|----------------------|---------------------|
| Densidad (pies/ha) | 528 | 752 | |
| | 41,3% | 58,8% | |
| Total | 1280 | | |
| Volumen (m3/ha) | 32,0 | 37,0 | |
| | 46,4% | 53,6% | |
| Total | 69,0 | | |
| Área basimétrica (m2/ha) | 8,2 | 9,6 | |
| | 46,3% | 53,7% | |
| Total | 17,8 | | |
| Dg (cm) | 14,1 | 12,7 | |
| | 13,4 | | |
| Ho (m) | 9,2 | 9,9 | |
| | 9,2 | | |

Figura 23.2. Descripción de cuadrantes del Aula de Señalamiento

Mapas conceptuales de Smartelo PC y Smartelo Portable (Anejos 4 y 5)

Se han diseñado dos mapas conceptuales que muestran las diferentes hojas que constituyen Smartelo PC y Smartelo Portable (figuras 24 y 25).

Script en R para el manejo de datos de Aulas de Señalamiento y resultados de Smartelo (Anejo 6)

Para completar la documentación adicional de Smartelo, se ha diseñado un script en lenguaje de programación R.

La razón principal por la cual se ha decidido diseñar este script de R para el manejo, obtención y presentación de datos provenientes de Aulas de Señalamiento e incluirlo como material docente adicional de Smartelo es la siguiente:

La cuantificación de la selvicultura permite medir y comparar los tratamientos selvícolas y sus efectos sobre los bosques. Así, dos conceptos a menudo distantes para la mayoría de las personas como son los bosques y los números pueden hacernos reflexionar sobre diversos aspectos de interés para la gestión de los bosques. Ante este hecho, debemos disponer de herramientas avanzadas para el análisis forestal y poder hacer frente a las cuestiones y situaciones que presenta la dinámica forestal en la actualidad. Una de estas herramientas es el programa informático de análisis estadístico R.

R es un lenguaje de programación libre adecuado para análisis estadístico y diseño avanzado de gráficos, la cual se sitúa en la cabeza de los lenguajes de programación más extendido y utilizado para el manejo de Big Data y manejo de grandes bases de datos en la actualidad junto con Python.

La principal característica de R es que permite programar, a diferencia de otros programas de estadística, todos los pasos asociados a los procesos estadísticos y a la elaboración de gráficos. Esto hace que el sistema sea muy potente pero a la vez hace que el usuario deba ser muy cuidadoso al elaborar sus 'scripts' ya que el control por parte del mismo es absoluto.

Un sector tan tradicional como el forestal, necesita adaptarse a las nuevas tecnologías y aumentar sus conocimientos en el diseño y utilización de herramientas y programas informáticos. De esta manera, la gestión forestal sostenible debería aprovechar el máximo potencial de estas nuevas herramientas y aplicaciones, con el fin de hacer frente a decisiones decisivas y a veces complicadas de tomar siguiendo los principios de la gestión forestal tradicional.

De esta manera, las nuevas generaciones de profesionales forestales deberán formarse en materias propias de otras ingenierías y sectores, tales como la informática, modelización y estadística aplicada, como base de una gestión forestal preparada para afrontar los retos ambientales del siglo XXI.

Siendo la estadística aplicada y la modelización forestal dos de las principales bases sobre la que se sustenta la investigación y gestión forestal sostenible, creemos necesaria la introducción y formación de las nuevas generaciones de profesionales forestales en un lenguaje de programación estadístico como R.

En base a las razones anteriores, se presenta como material adicional a Smartelo un script dedicado a la gestión y presentación de datos forestales en R. Dicho script se ha diseñado siguiendo el ejemplo de trabajos previos en esta área llevados a cabo por el departamento de modelización forestal del Instituto Universitario en Gestión Forestal Sostenible (Bravo - Oviedo et al., 2015).

Se recomienda consultar los citados documentos para tener un primer contacto con el programa y los comandos principales con los que se trabaja normalmente en R.

4.1.6. Introducción a la zona de estudio donde se llevará a cabo la actividad propuesta

Después de los primeros pasos con Smartelo, se finalizará la primera jornada de trabajo introduciendo el lugar donde se llevará a cabo la actividad de señalamiento durante la segunda jornada de trabajo. Además, se definirá el objetivo u objetivos silvícolas que se pretenden conseguir con la citada tarea de señalamiento.

El lugar elegido para llevar a cabo la actividad de señalamiento propuesta en esta práctica es el Aula de Señalamiento de Valdepoza. Este Aula de Señalamiento está situada a las afueras del municipio de Saldaña (Palencia), y consiste en una parcela con una superficie total de una hectárea, la cual está dividida en 16 cuadrantes o subparcelas.

Además de ser el lugar elegido para la realización de esta actividad práctica, en este trabajo se han desarrollado diferentes ecuaciones de crecimiento para las especies que caracterizan la citada Aula de Señalamiento de Valdepoza. Estas ecuaciones pretenden complementar y potenciar las características de Smartelo y dotar a la aplicación de un carácter dinámico y permitir simulaciones de evolución de la masa en el tiempo.

Toda la información referente al Aula de Señalamiento de Valdepoza y las ecuaciones de crecimiento diametral desarrolladas para las especies principales de la misma podrán consultarse en el capítulo II del presente trabajo.

4.1.7. Definición del objetivo u objetivos silvícolas a conseguir con la presente actividad

La Silvicultura ha sido definida en numerosas oportunidades como el arte de producir y manejar un bosque o también como la teoría y la práctica de controlar el establecimiento, la composición, la estructura y el crecimiento de un bosque.

En este marco la práctica de la Silvicultura se funda en buena medida en la Ecología Forestal.

En función de estos conceptos la Silvicultura puede tener múltiples objetivos que satisfagan las necesidades del productor y de la sociedad en su conjunto. Estos objetivos tradicionalmente han sido la producción de madera, los cuales en los últimos años han cambiando a la producción de bienes no madereros y servicios para la sociedad.

De esta manera, se propone que la última tarea a realizar en esta primera jornada de trabajo en Aula tenga como objetivo encontrar respuesta a las siguientes cuestiones:

¿Qué objetivo u objetivos silvícolas trataremos de satisfacer con el señalamiento que llevaremos a cabo durante la segunda jornada de trabajo en campo? ¿En base a qué criterios se llevará a cabo la selección de pies en la masa de estudio? ¿Cómo cuantificaremos tales objetivos silvícolas?

A modo de ejemplo, definiremos un objetivo silvícola para la realización de la práctica propuesta y aprovechar al máximo las funciones que ofrecen las Aulas de Señalamiento y Smartelo:

*“Se desea obtener madera calidad de una masa mixta de *Pinus sylvestris* y *Quercus pyrenaica*, llevando a cabo una clara por lo alto con una extracción del 25% del área basimétrica total”*

Definido el anterior objetivo silvícola, podemos utilizar el material didáctico de Smartelo para ver qué zonas del Aula de Señalamiento de estudio reúnen las características requeridas. En este caso, deberemos buscar una subparcela o cuadrante caracterizado por ser una masa mixta de *Pinus sylvestris* y *Quercus pyrenaica*.

Para ello, consultaremos el documento Tipificación y Fichas descriptivas de cuadrantes, ambos pertenecientes al material didáctico de Smartelo. Tras realizar dicha consulta, encontramos un cuadrante que satisface nuestras necesidades. Dicho cuadrante es el número 12. Podemos ver toda la información referente al mismo en la figura 23.

Una vez definido el objetivo silvícola y el cuadrante idóneo para satisfacer tal objetivo, estamos en condiciones de finalizar esta primera jornada de trabajo. La próxima tendrá lugar en el Aula de Señalamiento de Valdepoza (Saldaña, Palencia), con el fin de llevar a cabo la práctica de señalamiento mediante el empleo de Smartelo Portable.

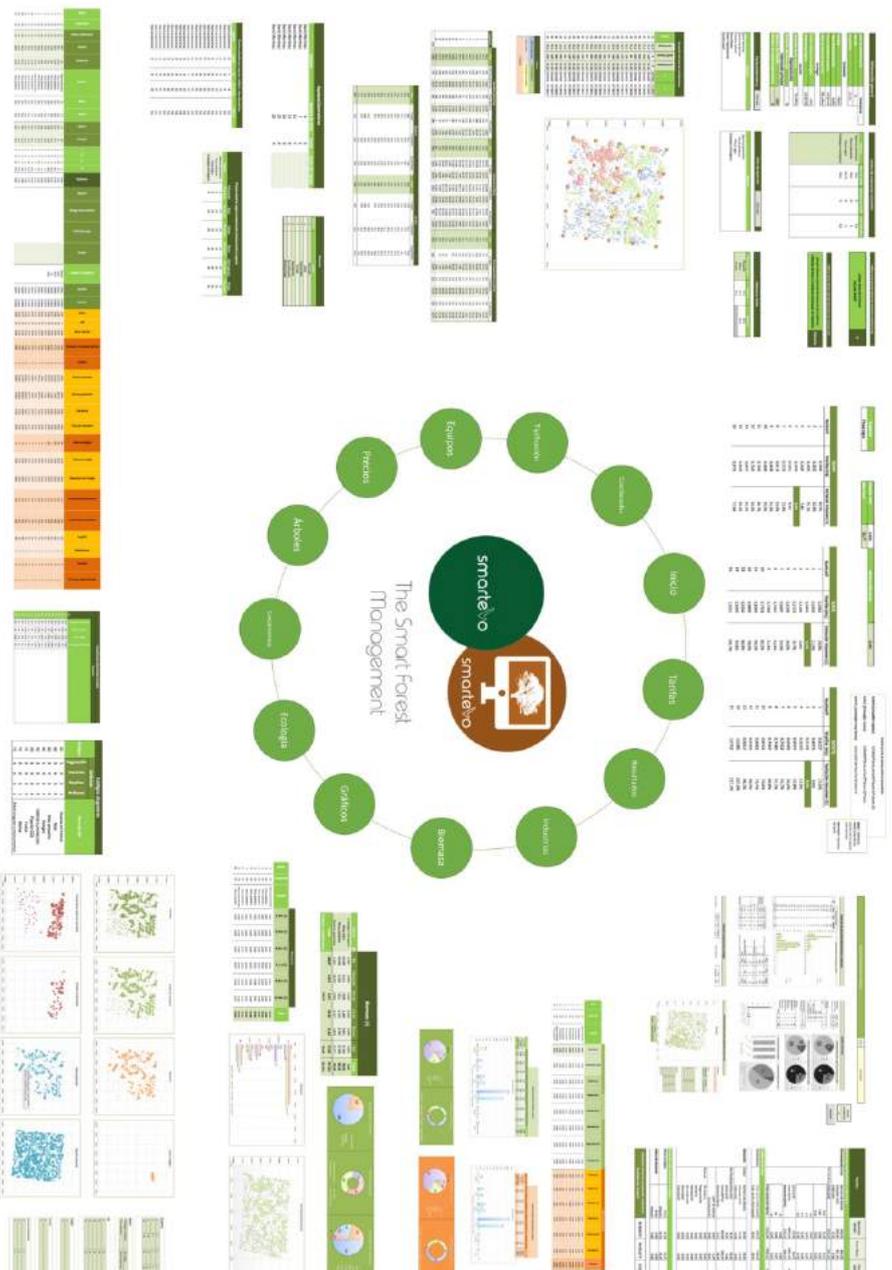
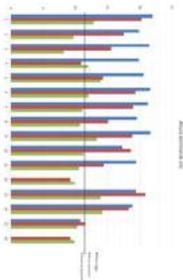


Figura 24. Mapa conceptual de Smartelo PC



The Smart Forest Management



Nombre: David Rodríguez
Fecha: 4/7/16
Categoría: 10

OBJETIVO DE COSTA
Valor objetivo: 30,0%

ACTUAL
Valor actual: 6,25
20%

| Área | Unidad | Objetivo | Actual | % |
|------|--------|----------|--------|------|
| 1 | 1 | 1000 | 1000 | 100% |
| 2 | 2 | 1000 | 1000 | 100% |
| 3 | 3 | 1000 | 1000 | 100% |
| 4 | 4 | 1000 | 1000 | 100% |
| 5 | 5 | 1000 | 1000 | 100% |
| 6 | 6 | 1000 | 1000 | 100% |
| 7 | 7 | 1000 | 1000 | 100% |
| 8 | 8 | 1000 | 1000 | 100% |
| 9 | 9 | 1000 | 1000 | 100% |
| 10 | 10 | 1000 | 1000 | 100% |

| Categoría | Bosques | | Montañas | | Valles | | Zonas húmedas | |
|-----------|----------|------|----------|------|----------|------|---------------|------|
| | Objetivo | % | Objetivo | % | Objetivo | % | Objetivo | % |
| 1 | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% |
| 2 | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% |
| 3 | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% |
| 4 | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% |
| 5 | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% |
| 6 | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% |
| 7 | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% |
| 8 | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% |
| 9 | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% |
| 10 | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% | 1000 | 100% |

| Unidad | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Objetivo | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Actual | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| % | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

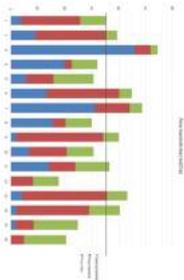
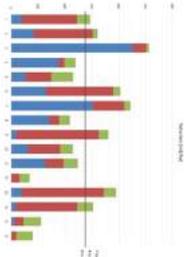
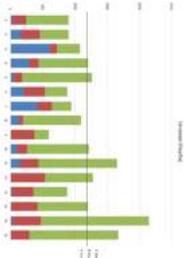
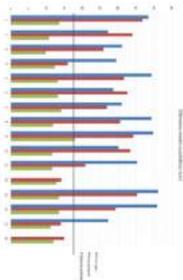


Figura 25. Mapa conceptual de SmartieYo Portable

4.2. Segunda jornada de trabajo (*En campo*)

Nos encontramos en el Aula de Señalamiento de Valdepoza (Saldaña, Palencia), lugar elegido para la realización de esta práctica de señalamiento con Smartelo. A lo largo de esta segunda jornada de trabajo, se llevarán a cabo las siguientes tareas:

- División de los alumnos en grupos y reparto del material didáctico de Smartelo
- Funcionamiento de Smartelo Portable
- Práctica de señalamiento con Smartelo Portable

A continuación profundizaremos en cada una de las anteriores tareas, tal y como se ha realizado para la primera jornada de trabajo.

4.2.1. División de los alumnos en grupos y reparto del material didáctico de Smartelo

Con el fin de fomentar el trabajo en equipo, aprovechar los recursos tecnológicos existentes y generar posibles debates pedagógicos durante la práctica de señalamiento propuesta, se decide dividir a los alumnos asistentes en grupos.

A modo de ejemplo, supongamos una clase de 12 alumnos, los cuales serán divididos en 3 grupos de 4 personas cada uno.

En el caso de que el número de alumnos sea muy superior (en torno a 25-30), se recomienda realizar la práctica de señalamiento en más de un cuadrante del Aula de Señalamiento, con el fin de facilitar tal tarea. En este caso, nos apoyaremos en el material didáctico de Smartelo para seleccionar aquellos cuadrantes que cumplan los requisitos en base a los objetivos silvícolas definidos. El procedimiento es idéntico al realizado para la elección del cuadrante 12 en la presente práctica.

A continuación se procederá a repartir el material didáctico entre los diferentes grupos, el cual contiene lo siguientes ítems:

- Tablet con la versión de Smartelo Portable instalada y adecuadamente configurada
- Ficha descriptiva del cuadrante de estudio (en este caso el número 12) en formato papel o digital (como PDF en la Tablet)
- Tipificación del Aula de señalamiento en formato papel. Cabe recordar que Smartelo Portable ofrece una serie de gráficos con la tipificación del Aula de Señalamiento de estudio

Una vez repartido el material anterior, estamos en disposición de encender cada Tablet e iniciar Smartelo Portable.

4.2.2. Funcionamiento de Smartelo Portable

Este punto irá dedicado a definir los pasos a seguir para configurar satisfactoriamente y trabajar con la hoja *Equipos* de Smartelo Portable.

Recordemos que durante la primera jornada de trabajo, introducimos el inventario del Aula de Señalamiento de Valdepoza en la versión de escritorio de Smartelo. Acto seguido, copiamos y pegamos dicho inventario y la tipificación del Aula (Hojas *Árboles* y *Tipificación*) en Smartelo Portable. Además, vimos cómo Smartelo Portable genera una serie de gráficos resumen de la tipificación del inventario insertado.

A continuación descubriremos la última hoja que nos falta por conocer de Smartelo Portable. Dicha hoja se denomina *Equipos*, y es la encargada de recoger y gestionar los datos relacionados con el señalamiento que realicemos y presentar en tiempo real el estado del mismo.

En la página siguiente (figura 26) podemos ver el aspecto que presenta la hoja *Equipos* en Smartelo Portable. A continuación describiremos cada una de los contenidos de la misma, con el fin de conocer el funcionamiento de la misma y afrontar adecuadamente el inicio de la práctica de señalamiento:

Nombre del gestor o equipo y fecha del señalamiento (1)

Se deberá escribir el nombre de la persona o equipo que realizará el señalamiento propuesto. En este caso, al dividir los alumnos en 3 grupos diferentes, definimos los nombres como Grupo I. Grupo II y Grupo III.

La fecha del señalamiento es calculada automáticamente por Smartelo, con lo que no es necesario completarla de forma manual.

Cuadrante (2)

Se debe indicar el número del cuadrante en el que estamos trabajando. Una vez escrito tal número, veremos que la tabla de la derecha (6) se actualiza automáticamente con los datos del mismo. Recordemos que la práctica de señalamiento propuesta tendrá lugar en el cuadrante 12 del Aula de Señalamiento de Valdepoza.

Tabla de Árboles seleccionados (3)

Es la tabla donde deberemos ir introduciendo los números de los árboles que deseemos seleccionar. Recordemos que cada árbol del Aula de Señalamiento está identificado con una chapa que contiene el número asignado para tal árbol en el inventario

Nombre: **1** Fecha: 7/7/16 **12** Cuadrante **2**

4 **5**

| OBJETIVO DE CORTA | | ACTUAL | |
|------------------------|----------------|----------------|----|
| G (m ² /ha) | Valor absoluto | Valor absoluto | % |
| | | 0,00 | 0% |

| Arbol | Razón | Cuadrante | Especie | Vol(m ³) | sq(m ²) |
|-------|-------|-----------|---------|----------------------|---------------------|
| | | | | | |

| | Densidad | | | Volumen | | | Área basimétrica | | |
|--------------------------|----------------|-----------------|-------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| | Inicio Pies | Cerrado Pies | Remanente Pies | Inicio m ³ | Cerrado m ³ | Remanente m ³ | Inicio m ² | Cerrado m ² | Remanente m ² |
| Total | 80 | 0 | 80 | 4,31 | 0,00 | 4,31 | 1,11 | 0,00 | 1,11 |
| <i>Pinus nigra</i> | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Pinus sylvestris</i> | 33 | 0 | 33 | 2,00 | 0,00 | 2,00 | 0,52 | 0,00 | 0,52 |
| <i>Quercus pyrenaica</i> | 47 | 0 | 47 | 2,31 | 0,00 | 2,31 | 0,60 | 0,00 | 0,60 |
| Por hectáreas | Pies/ha | Pies/ha | Pies/ha | m ³ /ha | m ³ /ha | m ³ /ha | m ² /ha | m ² /ha | m ² /ha |
| Total | 1280 | 0 | 1280 | 69 | 0,00 | 68,98 | 18 | 0,00 | 17,80 |
| <i>Pinus nigra</i> | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| <i>Pinus sylvestris</i> | 528 | 0 | 528 | 32 | 0,00 | 31,96 | 8 | 0,00 | 8,25 |
| <i>Quercus pyrenaica</i> | 752 | 0 | 752 | 37 | 0,00 | 37,01 | 10 | 0,00 | 9,55 |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| | 0% | 0% | 100% | 0% | 0% | 100% | 0% | 0% | 100% |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0% | 0% | 100% | 0% | 0% | 100% | 0% | 0% | 100% |
| | 528 | 0 | 528 | 32 | 0,00 | 31,96 | 8 | 0,00 | 8,25 |
| | 0% | 0% | 100% | 0% | 0% | 100% | 0% | 0% | 100% |
| | 752 | 0 | 752 | 37 | 0,00 | 37,01 | 10 | 0,00 | 9,55 |
| | 0% | 0% | 100% | 0% | 0% | 100% | 0% | 0% | 100% |

| Número | Razones de selección | | | | | |
|--------|----------------------|-------|-------------|---------|-------------|----------------|
| Razón | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | Biturcado | Caido | Fraccionado | Torcido | Explotación | De sustitución |

Figura 26. Vista general de la hoja Equipos en Smartelo Portable

Alumno: DIEGO RODRIGUEZ DE PRADO
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) - E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS
 Titulación de: MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

Adicionalmente al número del árbol, se deberá indicar la razón por la que se selecciona dicho pie. Veremos las diferentes razones de selección que trae Smartelo por defecto más adelante.

A medida que vayamos seleccionando árboles, esta tabla se irá completando de forma automática, de forma que podremos ver a qué cuadrante y especie pertenece el pie seleccionado, así como el valor del volumen (en m³) y el área normal (en m²) del mismo.

En este punto es importante destacar dos características importantes de Smartelo Portable:

- Durante la selección de pies, es probable que marquemos un pie que no pertenece al cuadrante de trabajo, o que pasemos a trabajar a un cuadrante diferente al indicado en el cuadro *Cuadrante*. Ante esta situación, Smartelo indicará en color rojo el pie seleccionado, si este se encuentra fuera del cuadrante de trabajo.
- Otra situación que puede darse es la repetición de pies seleccionados. Es posible que a lo largo de nuestra tarea de señalamiento, marquemos un pie que ya lo hemos marcado con anterioridad, pero no nos habíamos dado cuenta. Smartelo indicará esta repetición marcando en color amarillo el pie duplicado. De esta manera, detectaremos en tiempo real qué pie o pies hemos seleccionado por duplicado para proceder a su eliminación.

Objetivo de corta (4)

Una de las principales funciones de Smartelo Portable es el control del estado del señalamiento en tiempo real. ¿Qué significa esto? Básicamente que se puede fijar un objetivo selvícola determinado y conocer in situ y al momento cuán cerca o lejos estoy de cumplir dicho objetivo. Smartelo nos ofrece la posibilidad de definir este objetivo selvícola (objetivo de corta) de 6 formas diferentes, las cuales se citan a continuación:

- Introduciendo el objetivo como valor absoluto de las siguientes variables:
 - ✓ Densidad (N), en pies por hectárea
 - ✓ Volumen (V), en metros cúbicos por hectárea
 - ✓ Área basimétrica (G), en metros cuadrados por hectárea
- Introduciendo el objetivo como porcentaje de las siguientes variables:
 - ✓ Densidad (N), en % sobre el total
 - ✓ Volumen (V), en % sobre el total
 - ✓ Área basimétrica (G), en % sobre el total

La forma más extendida de definir un objetivo silvícola determinado es en tanto por ciento.

Recordemos el objetivo silvícola definido para llevar a cabo el señalamiento propuesto en la presente práctica:

“Se desea obtener madera calidad de una masa mixta de Pinus sylvestris y Quercus pyrenica, llevando a cabo una clara por lo alto con una extracción del 25% del área basimétrica total”

De esta manera, completaremos este apartado de la siguiente forma:

| OBJETIVO de CORTA | | |
|-----------------------------|-----------------------|--------------|
| G (m²/ha) | Valor absoluto | % |
| | | 25,0% |

Figura 27. Definición del objetivo silvícola en Smartelo Portable

Estado actual del señalamiento (5)

Como hemos adelantado en el anterior punto, Smartelo Portable permite conocer el estado del señalamiento en tiempo real. A medida que vayamos seleccionando pies, Smartelo calculará el valor absoluto y porcentaje de selección y o actualizará de forma automática.

Estos valores será comparados con el objetivo silvícola fijado en el cuadro *Objetivo de corta*, y nos indicará mediante una regla de colores el estado del señalamiento.

De esta manera, Smartelo nos indicará mediante tres colores cuál es el estado del señalamiento según lo siguiente:

- Color verde: El valor absoluto o porcentaje de selección está lejos de alcanzar el objetivo de corta fijado. Se recomienda seleccionar más pies para aproximarnos al objetivo.
- Color amarillo: El valor absoluto o porcentaje de selección está próximo a alcanzar el objetivo de corta fijado.

- Color rojo: El valor absoluto o porcentaje de selección ha sobrepasado el objetivo silvícola fijado. Será necesario eliminar pies de la lista de selección de árboles para reducir tal valor y cumplir con el objetivo definido al inicio del señalamiento.

Panel de control del señalamiento (6)

El panel de control de Smartelo Portable nos indica el estado del señalamiento en tiempo real. Dicho panel se actualiza de forma automática con cada pie incluido o excluido en la tabla de selección de árboles (3).

Toda la información relacionada con el señalamiento es procesada por Smartelo a nivel interno gracias al inventario y la tipificación del Aula de Señalamiento que hemos incluido en etapas previas.

Este panel de control resume toda la información del señalamiento en base a las tres variables principales de masa con las que trabaja Smartelo: Densidad (N), volumen (V) y área basimétrica (G). Para cada variable y especie presente en el Aula de Señalamiento, Smartelo nos mostrará la evolución del señalamiento atendiendo a:

- Situación inicial: Valores de las variables de masa por especie, previos al inicio del señalamiento
- Cortado: Valores de las variables de masa por especie derivados de los pies seleccionados
- Remanente: Valores de las variables de masa por especie de los pies que quedan por seleccionar en el cuadrante (Situación inicial - Cortado)

Además, Smartelo ofrece los anteriores datos tomando como referencia tanto el cuadrante de estudio como el Aula de Señalamiento.

Razones de selección (7)

Todo árbol se selecciona por una razón. Existe gran variedad de razones por las que seleccionar un árbol (económica, ecológica, singular...etc), y Smartelo permite caracterizar la selección de los pies con una variable categórica, sea esta la razón o motivo de la selección. En esta primera versión, Smartelo trae por defecto un total de 6 razones de selección, las cuales pueden ser editadas por el usuario.

Recordemos que en la tabla de selección de árboles (3) es necesario indicar tanto el número del árbol seleccionado como la razón por la que se selecciona. Este punto es importante para obtener una evaluación del señalamiento lo más completa posible en etapas posteriores mediante el uso de la versión de Smartelo para escritorio.

Durante la jornada 3 del presente supuesto práctico profundizaremos más en este tema.

4.2.3. Práctica de señalamiento con Smartelo

Llegamos a uno de los momentos clave de la presente actividad práctica propuesta: El señalamiento.

Una vez que los alumnos se han dividido por grupos, disponen del material docente de Smartelo y han descubierto el funcionamiento y las principales características de la aplicación, dará comienzo el señalamiento en el cuadrante 12 del Aula de Señalamiento de Valdepoza.

Cada grupo irá seleccionando árboles en base a sus conocimientos y decisiones silvícolas y podrá ver el estado actual del señalamiento en el panel de control del señalamiento de Smartelo Portable.

En la siguiente página (figura 28) podemos ver una imagen que muestra el estado actual de un posible señalamiento llevado a cabo por uno de los grupos.

Una vez que los alumnos han finalizado con sus señalamientos, se recogerá el material y nos citaremos en la tercera jornada de trabajo. Esta jornada será la última y tendrá lugar en gabinete (aula). A lo largo de la misma, conoceremos a procesar los datos del señalamiento obtenidos durante esta segunda jornada, y veremos qué opciones nos ofrece Smartelo para evaluar y comparar el señalamiento realizado por cada grupo desde diferentes puntos de vista de la gestión forestal sostenible.

Nombre: Grupo I
Fecha: 7/7/16

Cuadrante 12

| OBJETIVO de CORTA | |
|------------------------|-------|
| G (m ² /ha) | % |
| Valor absoluto | 25,0% |

| ACTUAL | |
|----------------|-----|
| Valor absoluto | % |
| 2,61 | 15% |

| Árbol | Razón | Cuadrante | Especie | Volumen(m ³) | sn(m ²) |
|-------|-------|-----------|-------------------|--------------------------|---------------------|
| 1021 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,022 | 0,008 |
| 1022 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,011 | 0,004 |
| 1023 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,030 | 0,010 |
| 1030 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,020 | 0,006 |
| 1034 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,009 | 0,004 |
| 1015 | 3 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,012 | 0,004 |
| 1024 | 2 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,066 | 0,017 |
| 1025 | 2 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,041 | 0,010 |
| 1026 | 4 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,016 | 0,006 |
| 1019 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,032 | 0,011 |
| 1037 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,081 | 0,021 |
| 1040 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,034 | 0,009 |
| 1041 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,056 | 0,015 |
| 1042 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,147 | 0,027 |
| 1043 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,049 | 0,011 |

| | Densidad | | | Volumen | | | Área basimétrica | | |
|--------------------------|----------|---------|-----|----------------|--------------------|-----|--------------------|--------------------|-----|
| | Inicio | Cortado | % | Inicio | Cortado | % | Inicio | Cortado | % |
| Cuadrante: | Pies | Pies | % | m ³ | m ³ | % | m ² | m ² | % |
| Total | 80 | 15 | 19% | 65 | 4,31 | 14% | 3,69 | 1,11 | 15% |
| Pinus nigra | 0 | 0 | 0% | 0 | 0,00 | 0% | 0,00 | 0,00 | 0% |
| Pinus sylvestris | 33 | 11 | 33% | 22 | 2,00 | 25% | 1,51 | 0,52 | 24% |
| Quercus pyrenaica | 47 | 4 | 9% | 43 | 2,31 | 6% | 2,18 | 0,60 | 6% |
| Por hectáreas | Pies/ha | Pies/ha | % | Pies/ha | m ³ /ha | % | m ³ /ha | m ² /ha | % |
| Total | 1280 | 240 | 19% | 1040 | 69 | 14% | 58,99 | 18 | 15% |
| Pinus nigra | 0 | 0 | 0% | 0 | 0,00 | 0% | 0,00 | 0,00 | 0% |
| Pinus sylvestris | 528 | 176 | 73% | 352 | 32 | 79% | 24,12 | 8 | 77% |
| Quercus pyrenaica | 752 | 64 | 27% | 688 | 37 | 21% | 34,87 | 10 | 23% |

| Número | Razones de selección | | | | | |
|--------|----------------------|-------|------------|---------|-------------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Razón | Bifurcado | Caído | Fracionado | Torcido | Explotación | De sustitución |

Figura 28. Señalamiento realizado por uno de los grupos con Smartelo Portable

4.3.Tercera jornada de trabajo (*En aula*)

La práctica de señalamiento forestal con Smartelo propuesta en este trabajo finaliza con la tercera jornada de trabajo, la cual tendrá lugar en gabinete (aula).

Con el objetivo de conocer las principales funciones que ofrece la versión de escritorio Smartelo y aprender a evaluar y comparar los señalamientos realizados a lo largo de la anterior jornada de trabajo, se llevarán a cabo las siguientes tareas:

- Introducción de datos del señalamiento y configuración final de Smartelo PC
- Interpretación de los principales outputs de Smartelo PC
- Evaluación y comparación del señalamiento realizado por cada grupo

Procedemos a desarrollar cada uno de los anteriores puntos referentes a esta última jornada de trabajo con Smartelo.

4.3.1.Introducción de datos del señalamiento y configuración final de Smartelo

Tras realizar el señalamiento en el Aula de Señalamiento de Valdepoza con Smartelo para dispositivos móviles, cada grupo de trabajo habrá generado unos datos de señalamiento determinados.

Se recomienda como práctica didáctica la puesta en común de los citados datos tanto en campo como en aula, con el fin de compartir con el resto de compañeros los datos más representativos del señalamiento realizado por cada grupo y generar diferentes debates en torno a los mismos.

Al finalizar el señalamiento, cada grupo debería de tener una lista de árboles seleccionados, junto con la razón por la que han seleccionado cada uno de ellos.

A modo de ejemplo, en la siguiente página (figura 29) se muestran las citadas listas correspondientes a los señalamientos realizados por cada grupo.

4.3.1.1. Volcando los datos del señalamiento en Smartelo PC

El primer paso a realizar consiste en introducir las anteriores listas en la versión de escritorio de Smartelo. A continuación se muestra paso a paso el procedimiento a seguir para conseguir este objetivo (figura 30). Tomaremos como ejemplo el grupo I, y para el resto de equipos se procederá de forma idéntica.

| Grupo I | | | | | Grupo II | | | | | Grupo III | | | | | | | |
|---|-------|-----------|-------------------|----------------------|---|-------|-------|-----------|-------------------|---|---------------------|-------|-------|-----------|-------------------|----------------------|---------------------|
| % de corta alcanzado: 24 % de $G (m^2 \cdot ha^{-1})$ | | | | | % de corta alcanzado: 19 % de $G (m^2 \cdot ha^{-1})$ | | | | | % de corta alcanzado: 23 % de $G (m^2 \cdot ha^{-1})$ | | | | | | | |
| Árbol | Razón | Cuadrante | Especie | Vol(m ³) | Sn(m ²) | Árbol | Razón | Cuadrante | Especie | Vol(m ³) | Sn(m ²) | Árbol | Razón | Cuadrante | Especie | Vol(m ³) | Sn(m ²) |
| 1021 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,022 | 0,008 | 1009 | 1 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,025 | 0,009 | 1061 | 1 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,069 | 0,016 |
| 1022 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,011 | 0,004 | 1010 | 2 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,059 | 0,013 | 1062 | 2 | 12 | Pinus sylvestris | 0,096 | 0,046 |
| 1023 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,030 | 0,010 | 1011 | 2 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,043 | 0,010 | 1063 | 2 | 12 | Pinus sylvestris | 0,241 | 0,060 |
| 1030 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,020 | 0,006 | 1012 | 1 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,047 | 0,011 | 1065 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,012 | 0,005 |
| 1014 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,009 | 0,004 | 1013 | 3 | 12 | Pinus sylvestris | 0,021 | 0,007 | 1066 | 3 | 12 | Pinus sylvestris | 0,088 | 0,004 |
| 1015 | 3 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,012 | 0,004 | 1014 | 3 | 12 | Pinus sylvestris | 0,009 | 0,004 | 1067 | 3 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,067 | 0,017 |
| 1024 | 2 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,066 | 0,017 | 1020 | 2 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,057 | 0,011 | 1068 | 2 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,006 | 0,005 |
| 1025 | 2 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,041 | 0,010 | 1021 | 2 | 12 | Pinus sylvestris | 0,022 | 0,008 | 1069 | 2 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,058 | 0,014 |
| 1026 | 4 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,016 | 0,006 | 1022 | 3 | 12 | Pinus sylvestris | 0,011 | 0,004 | 1070 | 3 | 12 | Pinus sylvestris | 0,030 | 0,008 |
| 1019 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,032 | 0,011 | 1023 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,030 | 0,010 | 1071 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,055 | 0,015 |
| 1037 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,081 | 0,021 | 1018 | 1 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,073 | 0,014 | 1052 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,037 | 0,010 |
| 1040 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,034 | 0,009 | 1017 | 1 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,017 | 0,006 | 1053 | 1 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,055 | 0,015 |
| 1041 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,056 | 0,015 | 1037 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,081 | 0,021 | 1054 | 1 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,105 | 0,022 |
| 1042 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,147 | 0,027 | 1038 | 2 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,095 | 0,032 | 1055 | 2 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,062 | 0,014 |
| 1043 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,049 | 0,011 | 1039 | 2 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,066 | 0,026 | | | | | | |
| 1062 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,096 | 0,046 | 1040 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,034 | 0,009 | | | | | | |
| 1063 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,241 | 0,060 | 1041 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,056 | 0,015 | | | | | | |

Figura 29. Resumen de señalamientos realizados por cada grupo con Smartelo Portable

| Árbol | Razón | Cuadrante | Especie | Vol(m3) | Sn(m2) |
|-------|-------|-----------|-------------------|---------|--------|
| 1021 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,022 | 0,008 |
| 1022 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,011 | 0,004 |
| 1023 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,030 | 0,010 |
| 1030 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,020 | 0,006 |
| 1014 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,009 | 0,004 |
| 1015 | 3 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,012 | 0,004 |
| 1024 | 2 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,066 | 0,017 |
| 1025 | 2 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,041 | 0,010 |
| 1026 | 4 | 12 | Quercus pyrenaica | 0,016 | 0,006 |
| 1019 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,032 | 0,011 |
| 1037 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,081 | 0,021 |
| 1040 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,034 | 0,009 |
| 1041 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,056 | 0,015 |
| 1042 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,147 | 0,027 |
| 1043 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,049 | 0,011 |
| 1062 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,096 | 0,046 |
| 1063 | 1 | 12 | Pinus sylvestris | 0,241 | 0,060 |

Figura 30. Señalamiento realizado por el grupo I con Smartelo Portable

La figura 30 muestra los árboles señalados por el grupo I utilizando Smartelo Portable. Esta versión, al igual que la versión para escritorio, es un archivo de Excel que puede ser abierto en un ordenador con el programa Excel instalado. De esta manera, al finalizar el señalamiento con Tablet, cada grupo poseerá un fichero Excel con los datos del señalamiento en él. Este fichero (Smartelo Portable), deberá ser guardado en una llave USB o tarjeta SD y abierto en un ordenador para continuar con el proceso de volcado de datos a la versión de escritorio de Smartelo (Smartelo PC).

En este punto, se recomienda tener abiertas los archivos correspondientes a Smartelo PC y Smartelo Portable que configuramos a lo largo de la primera jornada de trabajo. Recordemos que durante la primera jornada de trabajo configuramos la hoja *Inicio* e introducimos nuestro inventario de trabajo en la hoja *Equipos*.

Una vez que hemos abierto el archivo donde están los datos del señalamiento en nuestro ordenador, accedemos a la hoja *Equipos* y copiamos las columnas señaladas en la imagen superior (Árbol y Razón).

Tras realizar estos pasos, nuestra tabla de Equipos/Operadores de la hoja *Equipos* debería presentar el siguiente aspecto:

| Equipos/Operadores | | | |
|--------------------|-----------------|-------|------------------|
| Nombre | Número de árbol | Razón | Razón del equipo |
| Grupo I | 1021 | 1 | |
| Grupo I | 1022 | 1 | |
| Grupo I | 1023 | 1 | |
| Grupo I | 1030 | 1 | |
| Grupo I | 1014 | 1 | |
| Grupo I | 1015 | 3 | |
| Grupo I | 1024 | 2 | |
| Grupo I | 1025 | 2 | |
| Grupo I | 1026 | 4 | |
| Grupo I | 1019 | 1 | |
| Grupo I | 1037 | 1 | |
| Grupo I | 1040 | 1 | |
| Grupo I | 1041 | 1 | |
| Grupo I | 1042 | 1 | |
| Grupo I | 1043 | 1 | |
| Grupo I | 1062 | 1 | |
| Grupo I | 1063 | 1 | |

Figura 32. Datos de señalamiento del grupo I en la hoja *Equipos* de Smartelo PC

Este simple proceso lo repetiremos para introducir datos pertenecientes a los grupos II y III. Una vez introducidos los datos de los tres grupos en Smartelo PC, podremos cerrar Smartelo Portable, ya que nuestro trabajo con ella habrá finalizado.

4.3.1.2. Actualización de Equipos en Smartelo PC

Una vez que poseemos los datos de cada grupo de trabajo en Smartelo, debemos realizar un paso fundamental antes de comenzar a aprovechar al máximo las funciones que ofrece la aplicación.

Este paso consiste en actualizar los equipos de Smartelo. Es cierto que hemos introducido los datos de cada equipo en la aplicación, pero debemos comunicárselo a la misma. La forma que tenemos para comunicar a Smartelo que hemos introducido equipos o gestores nuevos en la aplicación, es dirigiéndonos a la hoja *Inicio*.

Recordemos que esta hoja no es nueva para nosotros, pues la hemos visitado durante la primera jornada de trabajo para configurar los parámetros básicos de la aplicación.

Una vez que nos encontramos en la hoja *Inicio* debemos buscar el cuadro llamado *Equipos/Operadores* y pulsar sobre el botón *Extraer*. Debemos tener como resultado una hoja de *Inicio* como la presentada en la figura 33.

En este punto, Smartelo estará actualizado con los equipos que han realizado el señalamiento en este supuesto práctico.

Nota: Un caso idéntico al de la actualización de Equipos ocurre con las Especies que forman el Aula de Señalamiento. Si hemos editado la variable Especie de alguno de los pies de nuestro inventario o hemos añadido más pies al mismo, deberemos actualizar la lista de especies que conforman el Aula de Señalamiento de trabajo. La variable Especie es fundamental para la mayoría de cálculos y clasificaciones que realiza Smartelo PC, con lo que se debe notificar todo cambio a la aplicación. La forma de hacerlo es idéntica a al caso de la actualización de los Equipos. En el cuadro llamado Lista de Especies de la hoja Inicio de Smartelo PC, se deberá pulsar en el botón Extraer para actualizar las especies presentes en el Aula de Señalamiento de trabajo.

El siguiente punto está dedicado a descubrir e interpretar los principales resultados que ofrece Smartelo. Una vez realizado esto, finalizaremos el presente supuesto práctico conociendo cómo obtener un resumen de los señalamientos realizados por cada grupo de trabajo y facilitar la discusión y comparación de los mismos.

4.3.2. Interpretación de los principales outputs de Smartelo PC

Como hemos visto, Smartelo es una herramienta informática que permite el cálculo, la gestión y la presentación de datos de parcelas forestales, especialmente de Aulas de Señalamiento Forestal. A lo largo del presente supuesto práctico hemos aprendido a introducir los datos principales que requiere Smartelo para su funcionamiento. Estos datos los podemos resumir en los tres puntos siguientes:

- Datos referentes al inventario forestal del Aula de Señalamiento (principales variables dasométricas a nivel de árbol)
- Datos referentes a la tipificación del Aula de señalamiento (principales variables de masa)
- Datos referentes a la tarea de señalamiento realizada durante la segunda jornada de trabajo con Smartelo para dispositivos móviles (Smartelo Portable)

| Información general | |
|------------------------------|---------------------|
| Aula de señalamiento | Valdepoza |
| Parcela | A |
| Superficie | 1,0 ha |
| Economía | |
| Fondos | 760 € |
| Tasa de actualización | 4,0% |
| Precio del árbol muerto | 10 €/m ³ |
| Ciclo de retorno (evento) | 200 años |
| Ecología | |
| Precio del punto ecológico | 10 € |
| Umbral ecológico | 15 €/m ³ |
| Gestión | |
| Rotación de las cortas | 10 años |
| Representación | |
| Rotación del plano (€) | 0 |
| Información principal | |
| Número de árboles | 1181 |
| Número de equipos/operadores | 6 |

| Tarifas de cubrición Schaeffer | | | |
|--|----------------|------------------|---------------|
| Especie | Tipo de tarifa | Número de tarifa | Coef. Mórfico |
| Quercus pyrenaica Pinus sylvestris Pinus nigra | Schl | 9 | 0,6 |
| | Schl | 11 | 1 |
| | Schl | 8 | 1 |
| Crataegus monogyna | Schl | 5 | 0,6 |

| Equipos/Operadores | | Extraer |
|--------------------|--|---------|
| Nombre | | |
| Grupo I | | |
| Grupo II | | |
| Grupo III | | |

| Lista de especies | | Extraer |
|--------------------|--|---------|
| Especie | | |
| Quercus pyrenaica | | |
| Pinus sylvestris | | |
| Pinus nigra | | |
| Crataegus monogyna | | |

| Diámetros límite | | |
|------------------|----------|----------|
| Tipo de madera | Inferior | Superior |
| Pequeña | 17,5 | 27,5 |
| Media | 27,5 | 47,5 |
| Gruesa | 47,5 | |

| | |
|--|------------|
| Indicar si se poseen datos de volumen unitario (m ³) | SI |
| ¿Posee datos de Volumen (m ³) por árbol? | SI |
| Indicar cómo desea calcular el precio de consumo (€) | |
| ¿Desea obtener el precio de consumo (€) mediante calidades de troza ó mediante volúmenes de industria? | Industrias |

Figura 33. Configuración final y actualización de Equipos en la hoja Inicio de Smartelo PC

Una vez introducidos todos los datos anteriores y realizado la configuración final de la aplicación (ver punto anterior: 4.3.1. Configuración final de Smartelo PC), procedemos a analizar la hoja de resultados que ofrece Smartelo.

Con Smartelo PC abierta, debemos buscar la hoja *Resultados* y acceder a ella de la misma forma que hemos realizado con otras hojas anteriormente.

Nos encontraremos con una página como la que se presenta en la figura 34.

Como podemos ver, la hoja *Resultados* de Smartelo PC presenta toda la información relacionada con nuestro señalamiento y el Aula de Señalamiento donde hemos realizado el mismo. Dicha información está dividida atendiendo a diferentes variables dasométricas, económicas y ecológicas.

Analizaremos y profundizaremos en cada una de las partes que conforman la presente hoja para conocer qué tipo de resultados nos ofrece Smartelo.

Cinta de nombre del Aula de Señalamiento y Gestor/Equipo (1)

En ella aparece de forma automática el nombre del Aula de Señalamiento donde se ha trabajado.

A la derecha de la palabra *Equipo*, existe un desplegable que permite seleccionar uno de los diferentes equipos o gestores que han realizado el señalamiento. Estarán disponibles para su selección los equipos o gestores que hayamos introducido en Smartelo y aparezcan en la tabla de Equipos en la hoja *Inicio*.

Como hemos comentado anteriormente, Smartelo permite obtener sobre una misma de trabajo los diferentes resultados del señalamiento realizado por cada equipo o gestor. Esta función permite obtener de forma sencilla y rápida una visión general de las principales variables dasométricas, económicas y ecológicas que caracterizan el señalamiento de cada equipo o gestor.

Tasa de actualización y botón de Archivar (2)

Esta variable hace referencia a la tasa de actualización del dinero, y dicho valor se toma de forma automática de la hoja *Inicio* (Información general/Economía/Tasa de actualización).

El botón *Archivar* hace directamente referencia a la gestión que hace Smartelo de los Equipos o Gestores. Al hacer click sobre el mismo, todos los datos del equipo seleccionado se guardarán y organizarán en la hoja *Resumen*. De esta manera, podremos disponer de los resultados de cada uno de los equipos de forma ordenada y preparada para imprimir, comparar o manejar los mismos de forma eficiente.

En el último punto de este supuesto práctico procederemos a Archivar los resultados de cada grupo de alumnos y de esta manera poder comparar los mismos en la hoja *Resumen*.

Evolución del patrimonio dendrométrico y financiero (3)

La parte izquierda de la presente hoja Resultados ofrece el output que realiza Smartelo en base a diferentes variables dendrométricas y financieras/económicas. Algunos de los resultados que ofrece Smartelo en este aspecto son los siguientes:

- Resultados referentes al estado de la masa en las fases previa y posterior a la corta realizada por el equipo seleccionado, así como la cuantificación de ésta (en número de pies/ha) y su representación gráfica (información clasificada por clases diamétricas)
- Resultados referentes al área basimétrica y volumen total en las fases previa, posterior, así como el volumen cortado clasificado por tipos de madera (estrecha, media o gruesa. Ver límites de la hoja Inicio) y calidades de madera (A,B,C,D)
- Resultados económicos referentes al precio de consumo, precio potencial, ganancia y precio de consumo medio. Al igual que en el caso anterior, para las fases de corta, previa y posterior a la misma clasificados por tipos de madera (estrecha, media y gruesa)

Análisis de la masa (4)

La parte derecha está destinada a ofrecer una serie de resultados referentes a crecimientos en volumen y área basimétrica, así como otros referidos a la extracción de la masa en tanto por ciento (¿qué porcentaje de masa ha extraído el equipo seleccionado en base al volumen, área basimétrica, precio de consumo o nota ecológica total?).

Esta información es completada con la representación gráfica de la distribución de volumen total (valor absoluto; en m³) en función del tipo de madera (estrecha, media o gruesa) y calidad para las fases previa y posterior a la corta, así como la tasa de extracción (%) de cada especie y la distribución de especies (%) en el Aula de Señalamiento tras la corta realizada por el equipo en cuestión.

Además se presenta un resumen gráfico y numérico (tanto en valor absoluto como en porcentaje) de las diferentes razones por las que cada equipo ha seleccionado los diferentes pies que conforman el señalamiento.

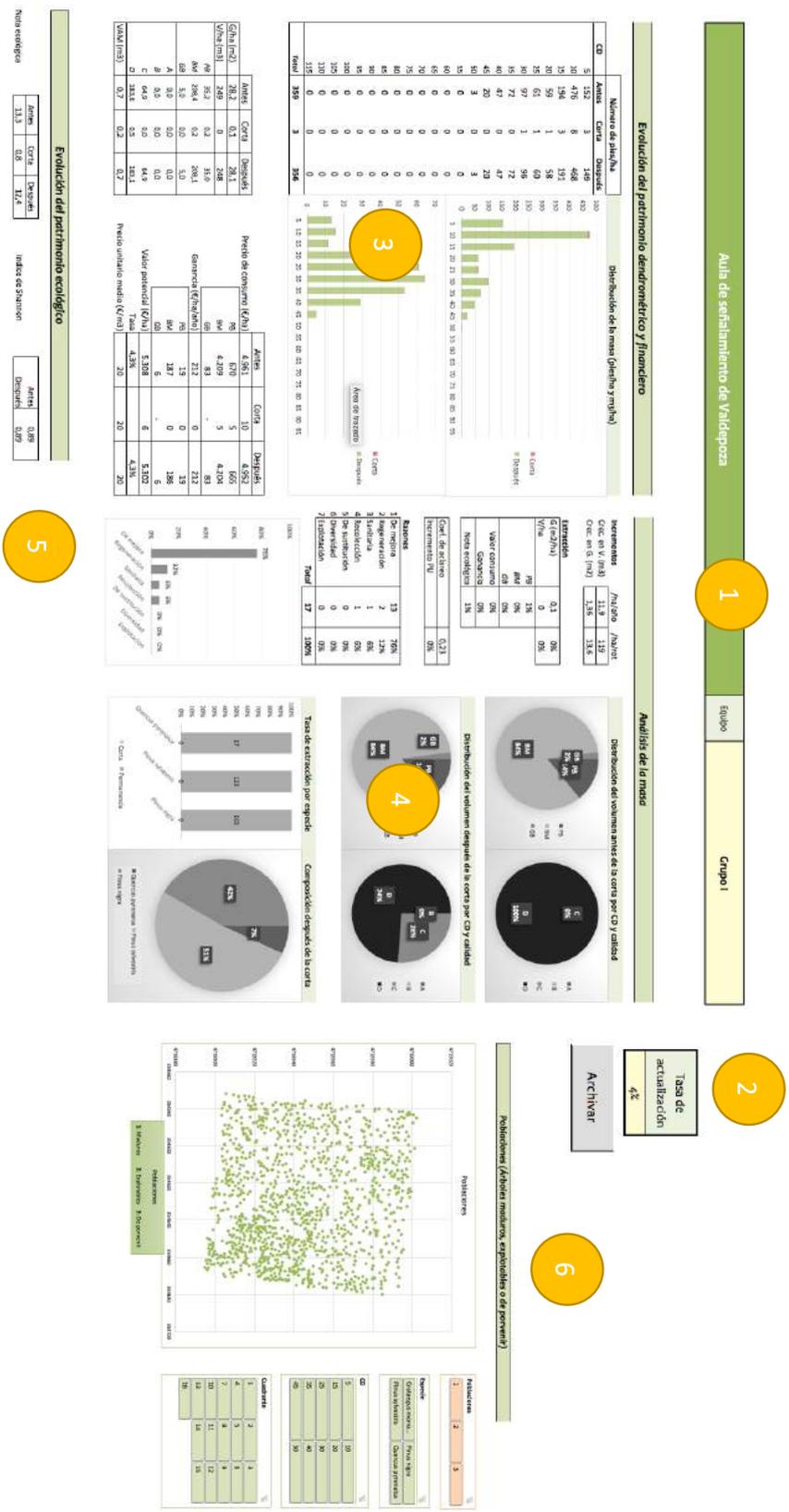


Figura 34. Vista general de la hoja Resultados de Smartelo PC

Evolución del patrimonio ecológico (5)

Como hemos visto anteriormente, Smartelo también tiene en cuenta aspectos ecológicos para describir y evaluar cada Aula de Señalamiento y las tareas de señalamientos que se llevan a cabo en ella. De esta manera, Smartelo ofrece la siguiente información en términos de ecología:

- Resultados relacionados con la nota ecológica en las fases previa y posterior a la corta, así como esta última

Para tener acceso a más información a cerca de las notas y códigos ecológicos en Smartelo, consulte el anejo 1. Manual de usuario de Smartelo PC, disponible al final del presente trabajo

- Resultados referentes al Índice de diversidad de Shannon, el cual mide la biodiversidad específica de un determinado área. Este índice está comprendido normalmente entre 0.5 y 5; y aunque la media se encuentra en torno a 2-3, valores menores a 2 son considerados como bajos y superiores a 3 como altos

Gráfico de poblaciones. Árboles maduros, explotables y de porvenir (6)

Otra de las importantes funciones que posee Smartelo para facilitar la toma de decisiones y mejorar la gestión de masas forestales reside en este gráfico. Smartelo es capaz de dividir los árboles de la masa en 3 grupos o poblaciones diferentes, en función del estado de madurez en el que se encuentre cada uno de ellos. Para ello se toma en cuenta el resultado del ratio Pup/Pu (donde Pup = Precio potencial (€), Pu = Precio actual de consumo (€)) de la hoja *Árboles*.

En función del mismo, se clasifican los pies mediante las siguientes poblaciones:

- *Árboles maduros (Población 1)*: Pertenecen a esta población todos aquellos pies cuyo precio real de consumo es muy superior al precio potencial de consumo
- *Árboles explotables (Población 2)*: Pertenecen a esta población todos aquellos pies cuyo precio real de consumo sea parecido al precio potencial de consumo. Todos aquellos pies que estén incluidos en esta población son aptos para su explotación en el momento actual
- *Árboles de porvenir (Población 3)*: Pertenecen a esta población todos aquellos pies cuyo precio real de consumo es muy inferior al precio potencial de consumo

Smartelo permite visualizar mediante este gráfico de dispersión las diferentes poblaciones que forman el Aula de Señalamiento interactuando con los marcadores situados junto al mismo.

Es interesante anotar que los marcadores se actualizan automáticamente en función de la información visualizada en el gráfico, lo cual permite visualizar dicha información de forma eficaz y sencilla.

Hasta aquí los principales resultados que ofrece Smartelo en base a diferentes variables dendrométricas, económicas y ecológicas del Aula de Señalamiento de estudio.

A continuación finalizaremos la tercera y última jornada de trabajo con Smartelo aprendiendo a obtener un informe con todos los resultados del señalamiento realizado por cada grupo.

4.3.3. Evaluación y comparación del señalamiento realizado por cada grupo

La tercera jornada de trabajo con Smartelo finaliza con la comparación de los resultados de los señalamientos realizados por cada grupo de alumnos.

Smartelo PC permite gestionar y presentar estos resultados en una única hoja, de modo que facilita sobremanera la puesta en común, comparación y posterior tratamiento de los datos obtenidos por cada grupo.

Como adelantamos en el punto anterior, los resultados de cada equipo o gestor se almacenan en la hoja Resumen de Smartelo PC. Para conseguirlo, debemos seguir los siguientes pasos:

- a) Nos situaremos en la Cinta de nombre del Aula de Señalamiento y Gestor/Equipo (1) de la hoja *Resultados*
- b) Seleccionaremos el equipo o gestor del cual deseamos archivar los datos. Esta acción se realiza pulsando en la flecha que aparecerá sobre el nombre del Equipo o gestor en la citada Cinta de nombre del Aula de Señalamiento y Gestor/Equipo (1)
- c) Una vez seleccionado el equipo o gestor deseado, haremos click sobre el botón *Archivar*

Repetiremos el anterior proceso tantas veces como equipos o gestores deseemos archivar en la hoja *Resumen*.

Una vez que hemos finalizado, podremos visitar la hoja *Resumen* y ver los resultados presentados por Smartelo para cada grupo archivado. Deberemos encontrarnos con una imagen (figura 35) como la que sigue:

| Equipo | | Grupo I | Grupo II | Grupo III | |
|--|-------------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Patrimonio dendrométrico y financiero | | | | | |
| Permanencia | Global | Número de árboles | 356,00 | 357,00 | 357,00 |
| | | Volumen (m3) | 248,07 | 248,40 | 248,22 |
| | | VAM (m3) | 0,70 | 0,70 | 0,70 |
| | Por hectárea | V/ha (m3) | 248,07 | 248,40 | 248,22 |
| | | % PB | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| | | % BM | 0,84 | 0,84 | 0,84 |
| | | % GB | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| | | %A | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | % B | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | % C | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| | | % D | 0,74 | 0,74 | 0,74 |
| | | G/ha (m2) | 28,10 | 28,18 | 28,13 |
| | | Valor (€/ha) | 4951,84 | 4960,24 | 4954,94 |
| | | Ganancia (€/ha) | 212,08 | 212,22 | 212,15 |
| | PB | 0,09 | 0,09 | 0,09 | |
| | BM | 0,88 | 0,88 | 0,88 | |
| | GB | 0,03 | 0,03 | 0,03 | |
| | Valor potencial (€/ha) | 5301,98 | 5305,50 | 5303,80 | |
| Análisis de la masa | | | | | |
| Incrementos | | Crec. en V. (m3/rotación) | 118,72 | 118,72 | 118,72 |
| | | Crec. en G. (m2/rotación) | 13,56 | 13,56 | 13,56 |
| Extracción | Global | Número de árboles | 23,00 | 23,00 | 23,00 |
| | | Volumen (m3) | 17,29 | 17,29 | 17,29 |
| | | VAM (m3) | 0,16 | 0,08 | 0,17 |
| | Por hectárea | V/ha (m3) | 0,48 | 0,16 | 0,34 |
| | | G/ha (m2) | 0,13 | 0,06 | 0,11 |
| | | Corta (€/ha) | 9,55 | 1,16 | 6,46 |
| | | Ganancia (€/ha) | 0,22 | 0,08 | 0,15 |
| | | Coef. de aclareo | 0,23 | 0,12 | 0,24 |
| | | Incremento PU | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Razones | De mejora | 0,76 | 0,47 | 0,43 |
| | | Regeneración | 0,12 | 0,35 | 0,36 |
| | | Sanitaria | 0,06 | 0,18 | 0,21 |
| | | Recolección | 0,06 | 0,00 | 0,00 |
| | | De sustitución | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Diversidad | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| | Explotación | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Evolución del patrimonio ecológico | | | | | |
| Nota ecológica | | Antes | 13,26 | 13,26 | 13,26 |
| | | Después | 13,18 | 13,12 | 13,21 |
| Índice de Shannon | | Antes | 0,89 | 0,89 | 0,89 |
| | | Después | 0,89 | 0,89 | 0,89 |
| Resultado financiero productos madereros (Incluidos los fondos) | | | 31.228,35 € | 31.561,35 € | 30.523,35 € |

Figura 35. Hoja Resumen de Smartelo PC con los resultados del señalamiento realizado por cada grupo

Con la puesta en común y comparación de los señalamientos llevados a cabo por los diferentes grupos finalizamos el supuesto práctico presentado en este trabajo.

A lo largo de las tres jornadas de trabajo de las que consta el ejercicio práctico propuesto, hemos introducido y profundizado en conceptos relacionados con la tarea del señalamiento forestal y las principales herramientas y proyectos que se están desarrollando en este área, entre los cuales destaca Smartelo (Jornada I); hemos realizado un señalamiento en un Aula de Señalamiento tipo ayudándonos de Smartelo Portable (Jornada II); y finalmente hemos aprendido a interpretar, gestionar y presentar los resultados del señalamiento realizado por diferentes equipos de trabajo con Smartelo PC (Jornada III).

En relación a Smartelo, mediante el presente ejercicio práctico hemos descubierto alguna de las principales funciones y características que ofrece para la gestión, obtención y presentación de datos de Aulas y tareas de señalamiento. Existen otras funciones adicionales que hacen de Smartelo una aplicación especialmente interesante para el manejo de datos forestales en general. Además de las hojas vistas en el presente supuesto práctico, existen otras diseñadas para manejar y presentar datos de biomasa y productos provenientes de la transformación de la madera, entre otras.

Si deseas aprovechar el máximo el potencial de la aplicación y conocer todas las funciones que ofrece la misma, te recomiendo la consulta del Manual de Usuario de Smartelo, el cual podrás encontrar en los anejos del presente trabajo (Anejo I. Manual de Usuario de Smartelo PC). Dicho manual, al igual que todo el material didáctico utilizado a lo largo de la presente práctica, están disponibles en formato digital en la página oficial de la aplicación (www.smartelo.es). Además, podrás estar al tanto de todas las novedades y actualizaciones de la aplicación en los perfiles de las principales redes sociales.

El presente capítulo finaliza con una breve exposición de las diferentes líneas de desarrollo e investigación propuestas para el futuro de Smartelo.

5. El futuro de Smartelo

Una característica diferenciadora de Smartelo reside en la capacidad de escalabilidad que posee la aplicación y el ecosistema de trabajo creado en torno a la misma. Existen ya diferentes ideas de mejora para Smartelo, las cuales están enfocadas hacia la dotación de la aplicación de nuevas funcionalidades y la transferencia de resultados a un público especializado y no especializado. Para finalizar con este primer capítulo dedicado a Smartelo, veremos algunas de las principales líneas de investigación y desarrollo pensadas para el futuro del presente proyecto.

Líneas de investigación y desarrollo relacionadas con la mejora e incorporación de nuevas funcionalidades

- Mejora en las funciones referentes a la evolución de la masa de las Aulas de Señalamiento mediante el ajuste de nuevos modelos y ecuaciones de crecimiento
- Mejora en la compatibilidad de Smartelo con otras aplicaciones y herramientas, entre las que destacan SIMANFOR (Bravo et al.,2012) y Tree collect
- Creación de nuevo material adicional para mejorar la experiencia de aprendizaje y trabajo con Smartelo
- Estudio de viabilidad para la programación de Smartelo en nuevos formatos y lenguajes de programación

Líneas de investigación y desarrollo en materia de transferencia y difusión

- Marketing, difusión y promoción de Smartelo como ejemplo de diseño y desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas a la educación y la gestión forestal sostenible
- Potenciación de la transferencia y difusión de resultados y experiencias entre un público no especializado aprovechando el potencial de la web y las redes sociales
- Búsqueda y establecimiento de nuevas colaboraciones internacionales para la realización de proyectos conjuntos relacionados con Smartelo y las Aulas de Señalamiento Forestales

CAPÍTULO II

Ecuaciones de crecimiento diametral para pino laricio (*Pinus nigra* Arnold), pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) y rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) en el Aula de Señalamiento de Valdepoza (Saldaña, Palencia)

Resumen

El presente capítulo está dedicado a la creación de tres ecuaciones de crecimiento diametral de árbol individual para las especies principales del Aula de Señalamiento de Valdepoza. Estas especies son el pino laricio (*Pinus nigra* Arnold), pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) y rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.). El objetivo principal es entender y modelizar los patrones de crecimiento diametral mediante el desarrollo de una ecuación de crecimiento para cada una de las tres especies de estudio, de modo que los resultados obtenidos complementen el trabajo realizado con las Aulas de Señalamiento Forestal y Smartelo en este trabajo.

Las ecuaciones de crecimiento han sido construidas atendiendo a la selección de diferentes variables independientes relacionadas con el tamaño, competencia, edad y estructura de la masa de estudio. La significación de dichas variables, incluyendo los efectos del tamaño, competencia, edad y estructura de la masa fueron evaluados para las tres especies con el fin tener un primer acercamiento y entendimiento del comportamiento del crecimiento diametral individual de las mismas. De igual manera se procedió al estudio del cumplimiento de los supuestos básicos de las regresiones lineales, ya que la forma elegida para el diseño del presente modelo fue la de regresión lineal múltiple.

Los principales resultados alcanzados coinciden con otros estudios similares, en concluir que variables como la edad y el BAL explican gran parte del crecimiento en diámetro y poseen una influencia negativa sobre el mismo.

Además, cabe destacar que las interrelaciones entre el crecimiento diametral y variables de tamaño, estructura, calidad de sitio, competencia y edad se corresponden adecuadamente con el comportamiento biológico y experiencias silviculturales de estas tres especies en nuestro país.

A lo largo del presente capítulo se procederá a diseñar y construir las citadas ecuaciones mediante regresión lineal múltiple para explicar el crecimiento diametral de las especies principales del Aula de Señalamiento de Valdepoza (Saldaña, Palencia), sean estas *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris* y *Quercus pyrenaica*.

1. Introducción

Los modelos de crecimiento utilizando variables medios de masa han sido extensamente utilizados por toda Europa para gestionar masas regulares puras. El principal inconveniente de estos modelos radica en la limitación de su uso en masas irregulares y mixtas, donde las especies y tamaños de los individuos son muy diferentes. La importancia actual que poseen las masas mixtas en la gestión forestal sostenible y en la lucha contra el cambio climático hace que la necesidad de diseñar modelos de crecimiento a nivel de árbol individual sea un tema de actualidad y futuro en el sector forestal.

Analizar el crecimiento de masas mixtas requiere un planteamiento que infiera el crecimiento de los árboles a un nivel superior de masa como suma de estimaciones individuales de los mismos y el entorno que los rodea (Vanclay, 1994; Gadow et al., 1999; Bartenlink, 2000; Porté et al., 2002). De esta manera, el crecimiento diametral es una información importantísima necesaria para explicar y simular la dinámica de las masas forestales.

La disponibilidad de información relacionada con el incremento diametral y diferentes patrones de crecimiento a nivel de árbol es un importante activo en la gestión forestal sostenible. Este hecho cobra una importancia vital en un tema de actualidad forestal como es la multifuncionalidad de los bosques en la lucha contra el cambio climático. Conocer la evolución de nuestros bosques es fundamental para afrontar los problemas ambientales y demandas de una sociedad cada vez más exigente.

La información y datos necesarios para la creación y ajuste de modelos de crecimiento de árbol individual pueden provenir de tres tipos principales de parcelas forestales. Entre ellas, destacan las parcelas permanentes, las cuales son medidas y mantenidas a lo largo de largos periodos de tiempo (Monserud et al., 1996), las parcelas temporales (Wykoff, 1990), o las parcelas de intervalo, las cuales contienen lo mejor de las otras dos y permiten generar una tasa de crecimiento para una gran variedad de situaciones en un corto periodo de tiempo (Gadow et al., 1998).

Este estudio presenta tres ecuaciones de crecimiento diametral de árbol individual para *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris* y *Quercus pyrenaica* en el Aula de Señalamiento de Valdepoza (Saldaña, Palencia), la cual se corresponde con una parcela forestal permanente en la que todos los pies han sido medidos y localizados espacialmente.

2. Materiales y métodos

2.1. Zona de estudio

Los datos para el desarrollo de las ecuaciones de crecimiento diametral que se presentan en este estudio se tomaron en el Aula de Señalamiento de Valdepoza, la cual es una parcela permanente situada a las afueras del municipio palentino de Saldaña, en el monte Valdepoza.

Este Aula de Señalamiento está situada a una altitud media de 968 metros sobre el nivel del mar, caracterizada por un clima continental con elevadas oscilaciones térmicas a lo largo del año, en el que la temperatura media se encuentra en torno a los 10.7 °C y la precipitación media anual alrededor de los 600 mm. La geología de la zona se caracteriza por la presencia de suelos de tipo diluvium, constituidos por aluviones depositados recientemente, con horizontes poco diferenciados.

La zona de estudio está caracterizada por la presencia de masas mixtas de pino laricio (*Pinus nigra* Arnold) y pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) procedentes de repoblación durante los años 50, con monte bajo de rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.).

2.2. Especies de estudio

Pinus nigra

Se trata de nuestro pino autóctono peninsular que más talla puede alcanzar, cercana a los 50 m, aunque habitualmente no suele sobrepasar los 30.

Natural del centro y sur de Europa, donde se encuentra ampliamente repartido por las áreas montañosas, en muchos casos constituyendo poblaciones aisladas que han dado lugar a la aparición de diversas subespecies y variedades. En la Península se encuentra en el centro y en la mitad este, con tres grandes áreas geográficas: Pirineos, Sistema Ibérico y sierras béticas, pero también aparecen núcleos de población en otros lugares. Es, por tanto, especie típica de las montañas de clima mediterráneo con sequía estival atenuada. Prefiere sustratos calizos y dolomíticos, aunque también existen poblaciones sobre suelos silíceos. Aparece en altitudes que van desde los 800 hasta 2000 m.

Tiene ciertos requerimientos hídricos, aunque algo menores que los del pino silvestre, y es capaz de soportar una sequía estival pronunciada. Muy resistente al frío, es capaz de soportar heladas y nevadas intensas.

Pinus sylvestris

El pino silvestre es una especie emblemática de Castilla y León, dando su particular fisonomía a las altas tierras pinariegas de Burgos y Soria, así como en el Sistema Central en la sierra segoviana.

Los pinares de *Pinus sylvestris* forman masas puras entre los 1000 y 1800 metros de altitud con subpiso de matorral. Es una especie heliófila y pionera que ocupa los terrenos de montaña desarbolados, ocupando también los claros de los robledales y hayedos.

En nuestra Comunidad Autónoma la gestión forestal ha estado y está íntimamente ligada a esta especie, no solamente por su gran extensión territorial, sino porque sus bosques presentan grandes atractivos paisajísticos, ecológicos y productivos.

Sus múltiples funciones (producción de madera, hongos, caza, recreo, protección de vida silvestre, protección de cuencas, etc.) han destacado el interés ecológico, protector y productor de muchas de estas masas. Es por ello que las primeras ordenaciones de montes de pino silvestre en Castilla y León datan de finales del siglo XIX y que un buen número de montes esté ordenado desde principios del siglo XX.

Quercus pyrenaica

El rebollo es una especie propia de los países del Mediterráneo Occidental, especialmente en la Península Ibérica y, dentro de ella, en su mitad occidental. Se caracteriza por estar adaptada a climas secos y continentales, siempre sobre terrenos silíceos, entre 700 y 1700 metros de altitud. Necesita al menos unos 500 mm de lluvia anual. En Castilla y León se distribuye ampliamente por toda la orla montañosa silícea.

Es un excelente creador de suelos, conocidos como «tierras de melojar», que en la nomenclatura edafológica se consideran cambisoles húmicos y pertenecen a la familia de las tierras pardas.

Su desarrollo es lento, aguanta bien la sequía, soporta las heladas y es poco longevo. En suelos pobres se encuentra con frecuencia en estado de arbolillo. Brota abundantemente de raíz, por lo que a veces se forman extensas zonas de matas o arbustos —rebollos—, o se rodean los ejemplares de mayor tamaño de abundantes retoños, también cuando esto es provocado por el hombre, que lo poda periódicamente para obtener leña, uno de sus principales usos.

Hace ya 50 años que las cortas a hecho han dejado de ser la forma de aprovechamiento normal del rebollar. Ante este hecho, se han generado diferentes estructuras en las mismas: dehesas pastorales, monte medio e, incluso, algunas masas se han desarrollado hasta cierto grado de irregularidad.

Por otra parte, los tratamientos selvícolas tradicionales aplicados a este tipo de masas han sido abandonados de forma progresiva debido a la emigración de la población rural hacia las ciudades y a su aprovechamiento en forma de leña y carbón como fuente de energía.

2.3. Toma de muestras

La toma de datos se ha llevado a cabo mediante el establecimiento previo de 6 parcelas rectangulares en el Aula de Señalamiento de Valdepoza, de forma que tres de ellas se corresponden con masas puras y las otras tres restantes con masas mixtas. La razón de esta selección radica en la posibilidad de realizar estudios de competencia y crecimiento con masas mixtas en esta zona en futuros trabajos. La superficie de estas parcelas varía entre los 350 y los 1000 m², con unas densidades que oscilan entre 600 y 2000 pies por hectárea. En la presente zona de estudio no se han llevado tratamientos selvícolas representativos en los últimos 5 años.

Un resumen de la tipificación de las parcelas de estudio se puede consultar en la Tabla 1.

Tabla 1. Estadística descriptiva para las variables de masa que caracterizan las parcelas de estudio

| VARIABLES A NIVEL DE PARCELA (n=6) | Media | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
|---|---------|---------------------|--------|---------|
| Densidad (pies · ha ⁻¹) | 1166,20 | 253,11 | 591,00 | 2064,00 |
| Área basimétrica (m ² · ha ⁻¹) | 49,84 | 17,26 | 24,28 | 77,51 |
| Diámetro medio cuadrático (cm) | 24,70 | 7,12 | 12,24 | 32,19 |
| Altura dominante (m) | 18,49 | 4,05 | 10,34 | 21,22 |

Se midieron todos pies de las parcelas y se seleccionaron las principales variables a nivel de árbol que participarán en el diseño de las ecuaciones para explicar el crecimiento diametral de cada especie. Un resumen de estas variables puede consultarse en la Tabla 2. Con el fin de obtener el crecimiento diametral de los últimos 5 años, se sacaron cores completos con barrena Pressler de los pies dominantes y codominantes de cada parcela.

Se obtuvieron barrenas de un total de 55 pies de *Pinus nigra*, 74 pies de *Pinus sylvestris* y 48 pies de *Quercus pyrenaica*.

Por cada pie se procedió a realizar dos barrenados (hasta la médula del árbol), una en dirección Norte y otra en dirección Oeste.

Las barrenas fueron introducidas hasta la médula del árbol, con el fin de obtener una cronología completa y poder estimar la edad del mismo. La edad es una de las variables independientes tenidas en cuenta a la hora de diseñar las ecuaciones de crecimiento del presente estudio, aunque no fue significativa para todas las especies.

La técnica mediante la cual se extraen barrenas para conocer el diámetro de un determinado pie en años pasados se denomina backdating. En nuestro caso, la extracción de barrenas nos ofrecerá información acerca de la edad del árbol (datación) y el crecimiento diametral de los últimos 5 años (medición de los anchos de anillo). A pesar de que el Aula de Señalamiento de Valdepoza es una parcela permanente, tan sólo se ha realizado una medición desde su creación, con lo que fue necesario llevar a cabo la técnica de backdating en este caso. El periodo de toma de muestras abarca desde los meses de Febrero a Abril del año 2016.

Las muestras obtenidas fueron introducidas en tubos de plástico duro numerados para su posterior preparación y procesado en laboratorio.

2.4. Preparación de muestras

Las muestras fueron secadas al aire en laboratorio durante dos semanas y se introdujeron en soportes de plástico blando numerados.

Posteriormente se procedió a lijar cada una de las muestras con lijadora eléctrica y lijas de papel de diferente grano (120, 200, 500 y 800). A diferencia de otros trabajos, las muestras no se fijaron a ningún soporte de madera para evitar el contacto con sustancias artificiales como la cola blanca, y poder realizar futuros estudios como la determinación de isótopos de carbono. Una vez lijadas, las muestras fueron escaneadas con un escáner Epson Expresion 1640XL y se obtuvieron imágenes digitales de las secciones transversales de los testigos o barrenas. Las muestras correspondientes a *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* fueron escaneadas a una resolución de 1500 ppi, mientras que para las de *Quercus pyrenaica* fue necesaria una resolución de 3000 ppi. Este hecho tiene como fundamento la dificultad de distinguir el crecimiento anual en esta especie, debido a la constitución anatómica de su madera.

2.5. Tratamiento de datos

Todos los análisis y procedimientos estadísticos han sido llevados a cabo utilizando el programa estadístico R v3.2.3. (R Core Team, 2016).

Las imágenes digitales de cada muestra fueron tratadas con la librería measuRing (Lara et al., 2015) y dplR (Bunn, 2008) para llevar a cabo la determinación de los anchos de anillo en los últimos 5 años y la datación de cada una de las muestras.

Adicionalmente, las muestras fueron datadas para determinar el año de formación de cada anillo partiendo del último año de crecimiento. La sincronía de las cronologías se comprobó visualmente siguiendo el procedimiento de datación cruzada estándar a través de la identificación de una secuencia de anillos característicos (Riofrío, 2013; Speer, 2010).

Tabla 2.1. Estadística descriptiva de las variables a nivel de árbol candidatas en la construcción de las ecuaciones de crecimiento para cada especie de estudio, donde d (cm) : Diámetro a la altura del pecho; Ht (m): Altura total; Hbc (m): Altura desde la base del árbol hasta la base de la copa; g (m²): Área normal; BAL (m² · ha⁻¹): Suma del área basimétrica de los pies mayores al de estudio; lcv (m · m⁻¹): Índice de copa viva; Ce (m · m⁻¹): Coeficiente de esbeltez; id5 (cm): Crecimiento diametral del árbol en los últimos 5 años. La variable Edad no está disponible para la especie *Quercus pyrenaica* en este estudio.

| Especie | Media | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
|--|-------|---------------------|--------|--------|
| <i>Pinus nigra</i> (n=55) | | | | |
| d (cm) | 31,22 | 4,73 | 21,45 | 42,60 |
| Ht (m) | 20,82 | 1,29 | 17,70 | 23,90 |
| Hbc (m) | 12,48 | 2,22 | 7,90 | 17,40 |
| g (m ²) | 0,08 | 0,02 | 0,04 | 0,14 |
| BAL (m ² · ha ⁻¹) | 35,78 | 18,44 | 0,00 | 71,68 |
| Edad (años) | 53,66 | 1,86 | 49,50 | 57,00 |
| lcv (m · m ⁻¹) | 0,40 | 0,09 | 0,24 | 0,62 |
| Ce (m · m ⁻¹) | 68,01 | 9,81 | 46,71 | 93,29 |
| id5 (cm) | 1,07 | 0,40 | 0,38 | 2,18 |
| <i>Pinus sylvestris</i> (n=74) | | | | |
| d (cm) | 35,18 | 6,29 | 17,80 | 49,35 |
| Ht (m) | 19,65 | 2,33 | 8,80 | 23,00 |
| Hbc (m) | 12,23 | 2,63 | 3,60 | 17,20 |
| g (m ²) | 0,10 | 0,03 | 0,02 | 0,19 |
| BAL (m ² · ha ⁻¹) | 20,82 | 13,67 | 0,00 | 49,84 |
| Edad (años) | 51,78 | 6,39 | 22,00 | 58,50 |
| lcv (m · m ⁻¹) | 0,38 | 0,09 | 0,23 | 0,65 |
| Ce (m · m ⁻¹) | 57,07 | 9,52 | 38,19 | 84,72 |
| id5 (cm) | 1,36 | 0,58 | 0,45 | 3,46 |

Tabla 2.2. Estadística descriptiva de las variables a nivel de árbol candidatas en la construcción de las ecuaciones de crecimiento para cada especie de estudio, donde d (cm) : Diámetro a la altura del pecho; Ht (m): Altura total; Hbc (m): Altura desde la base del árbol hasta la base de la copa; g (m²): Área normal; BAL (m² · ha⁻¹): Suma del área basimétrica de los pies mayores al de estudio; lcv (m · m⁻¹): Índice de copa viva; Ce (m · m⁻¹): Coeficiente de esbeltez; id5 (cm): Crecimiento diametral del árbol en los últimos 5 años. La variable Edad no está disponible para la especie *Quercus pyrenaica* en este estudio.

| Especie | Media | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
|--|-------|---------------------|--------|--------|
| <i>Quercus pyrenaica</i> (n=48) | | | | |
| d (cm) | 14,44 | 4,39 | 7,55 | 28,40 |
| Ht (m) | 10,26 | 2,45 | 3,70 | 19,10 |
| Hbc (m) | 5,61 | 1,69 | 0,00 | 9,00 |
| g (m ²) | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,06 |
| BAL (m ² · ha ⁻¹) | 29,23 | 17,29 | 2,82 | 48,65 |
| Edad (años) | - | - | - | - |
| lcv (m · m ⁻¹) | 0,46 | 0,15 | 0,22 | 1,00 |
| Ce (m · m ⁻¹) | 73,88 | 17,81 | 38,14 | 113,35 |
| id5 (cm) | 0,45 | 0,15 | 0,18 | 0,81 |

Se creó un script en R para el manejo de los datos provenientes de las parcelas de estudio y la creación de las diferentes ecuaciones de crecimiento diametral en el Aula de Señalamiento de Valdepoza. Además, dicho script de R presenta el análisis y principales resultados de este segundo capítulo. Está disponible para su consulta en el Anejo 7. Análisis estadístico con R, del presente trabajo.

2.6. Diseño de las ecuaciones

El presente estudio tiene como objetivo explicar el crecimiento diametral de las tres especies principales del Aula de Señalamiento de Valdepoza. Para ello, se pretenden ajustar tres ecuaciones de crecimiento diametral mediante el método de regresión lineal múltiple.

Mediante un modelo de regresión lineal múltiple (MRLM) tratamos de explicar el comportamiento de una determinada variable que denominaremos variable a explicar, variable endógena o variable dependiente.

Dicha variable se representa por “Y”, y será explicada por un conjunto de variables explicativas o independientes $X_1, X_2 \dots$ mediante una relación de dependencia lineal (suponiendo $X_0 = 1$):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_m X_m + \varepsilon \quad (1)$$

Para ajustar el modelo anterior es necesario estimar el valor de los coeficientes β_1 , β_2 ... La linealidad en parámetros posibilita la interpretación correcta de los mismos del modelo.

El método de ajuste utilizado ha sido el de mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

El procedimiento de ajuste de las ecuaciones ha sido llevado a cabo mediante las funciones de ajuste de regresión lineal que ofrece el paquete stats (R Core Team, 2016) del programa estadístico R.

2.7. Selección de variables

En general, el crecimiento de un árbol puede ser modelizado en base al área basimétrica (Wykoff, 1990; Quicke et al., 1994; Monserud et al., 1996; Jögiste, 2000; Rose et al., 2001) o el diámetro normal (Pukkala, 1989; Lee, 1996; Lee et al., 1999; Gourlet-Fleury et al., 2000; Rautiainen et al., 2000).

West (1980) concluyó que a priori no existe una razón científica clara para utilizar un método u otro. En este estudio, la variable dependiente elegida para explicar el crecimiento mediante el diseño de un modelo de crecimiento individual ha sido el incremento diametral de 5 años, id5 (cm).

Aunque gran variedad de estudios recomiendan que el crecimiento diametral individual sea explicado por variables relacionadas con la edad, tamaño, competencia, estructura de la masa y calidad de sitio, se ha omitido la inclusión de este último grupo de variables en la creación de las presentes ecuaciones debido al escaso número y variabilidad de parcelas de estudio.

El hecho de contar con un número muy pequeño de parcelas de estudio, las cuales están todas ellas situadas dentro de una superficie total de una hectárea, hace que la calidad del sitio no presente diferencias significativas entre parcelas y se haya descartado como variable independiente en el diseño de este modelo de crecimiento.

De esta manera, las siguientes variables explicativas fueron evaluadas para su utilización en la creación de las ecuaciones de crecimiento para las distintas especies de estudio:

Variables independientes relacionadas estructura con la masa

- (1) N (pies · ha⁻¹): Densidad de la parcela en pies por hectárea
- (2) G (m² · ha⁻¹): Área basimétrica de la parcela en metros cuadrados por hectárea
- (3) Dg (cm): Diámetro medio cuadrático de la parcela en centímetros
- (4) Ho (m): Altura dominante de la parcela en metros

Variables independientes relacionadas con el tamaño del árbol

(1) d (cm): Diámetro a la altura normal (1.3 m) en centímetros
Se evaluaron igualmente distintas modificaciones de dicha variable, sean estas: d² y ln(d)

- (2) Ht (m): Altura total en metros
- (3) Hbc (m): Altura desde la base del árbol hasta la base de la copa, en metros
- (4) g (m²): Área en metros cuadrados a la altura normal (1.3 m)
- (5) Ce (m · m⁻¹): Coeficiente de esbeltez o factor de estabilidad
- (6) Icv (m · m⁻¹): Índice de copa viva

Variables independientes relacionadas con la competencia

- (1) BAL (m²): Suma del área basimétrica de los árboles de diámetro mayor al de estudio
- (2) BAL/d (m² · ha⁻¹ · cm⁻¹): Suma del área basimétrica de los árboles de diámetro mayor al de estudio, corregida por el diámetro normal del árbol de estudio

Además, se procedió a datar cada una de las muestras de *Pinus nigra* y *Pinus sylvestris*, con lo que la variable edad se tomó en cuenta para la creación de las ecuaciones de crecimiento de estas especies.

La selección de las variables explicativas candidatas para crear las diferentes ecuaciones de crecimiento se ha llevado a cabo mediante el método de selección paso a paso (Stepwise Regression).

Este método es una especie de mezcla de los métodos hacia delante y hacia atrás. Comienza, al igual que el método hacia delante, seleccionando, en el primer paso, la variable independiente que, además de superar los criterios de entrada, más alto correlaciona (en valor absoluto) con la variable dependiente. A continuación, selecciona la variable independiente que, además de superar los criterios de entrada, posee el coeficiente de correlación parcial más alto (en valor absoluto). Cada vez que se incorpora una nueva variable al modelo, las variables previamente seleccionadas son, al igual que en el método hacia atrás, evaluadas nuevamente para determinar si siguen cumpliendo o no los criterios de salida.

Si alguna variable seleccionada cumple los criterios de salida, es eliminada del modelo. El proceso se detiene cuando no quedan variables que superen los criterios de entrada y las variables seleccionadas no cumplen los criterios de salida.

Todas las variables independientes candidatas han sido evaluadas y elegidas en función de su significancia ($\alpha = 0.05$) y el criterio de información de Akaike (AIC).

Para asegurar la fiabilidad estadística de los parámetros estimados, se evaluaron y analizaron diferentes transformaciones y combinaciones entre las variables que resultaron significativas para cada especie como resultado del proceso de selección paso a paso.

El método de selección de variables paso a paso (Stepwise Regression) se llevó a cabo con los paquetes MASS (Venables et al., 2002) y stats (R Core Team, 2016). El estudio gráfico y numérico de las correlaciones entre las distintas variables seleccionadas se realizó con el paquete corplot (Wei et al., 2002). Todos ellos son paquetes pertenecientes al programa estadístico R (R Core Team, 2016).

2.8. Evaluación de las ecuaciones

Todo análisis de regresión lleva asociados una serie de procedimientos de diagnóstico (análisis de los residuos, puntos de influencia) que informan sobre la estabilidad e idoneidad del análisis y que proporcionan pistas sobre cómo perfeccionarlo. Este conjunto de procedimientos comprende una parte cualitativa en la que se realiza una evaluación del realismo teórico y el significado biológico del modelo. El análisis cuantitativo llevado a cabo para evaluar el cumplimiento de los supuestos básicos del modelo, se compone de una serie de tests estadísticos, gráficos y análisis comparativos de las predicciones y los residuos del modelo (Crecente-Campo et al., 2010).

El verdadero interés de los residuos hay que buscarlo en el hecho de que el análisis de los mismos nos proporciona información crucial sobre el cumplimiento de varios supuestos del modelo de regresión lineal, sean estos:

- Linealidad: La ecuación de regresión adopta una forma particular. En concreto, la variable dependiente es la suma de un conjunto de elementos: el origen de la recta, una combinación lineal de variables independientes o predictoras y los residuos. El incumplimiento del supuesto de linealidad suele denominarse error de especificación
- Normalidad: Para cada valor de la variable independiente (o combinación de valores de las variables independientes), los residuos se distribuyen normalmente con media cero
- Independencia: Los residuos son independientes entre sí, es decir, los residuos constituyen una variable aleatoria (recordemos que los residuos son las diferencias entre los valores observados y los pronosticados).

Es frecuente encontrarse con residuos autocorrelacionados cuando se trabaja con series temporales

- Homocedasticidad: Para cada valor de la variable independiente (o combinación de valores de las variables independientes), la varianza de los residuos es constante
- No-colinealidad: No existe relación lineal exacta entre ninguna de las variables independientes. El incumplimiento de este supuesto da origen a colinealidad o multicolinealidad.

La evaluación completa de los anteriores supuestos se ha llevado a cabo creando un script en el programa estadístico R (R Core Team, 2016) y la utilización de distintos paquetes y funciones del mismo.

Los supuestos de linealidad y normalidad fueron evaluados mediante la realización de diagramas de dispersión entre la variable dependiente y las distintas variables independientes para cada especie con el paquete ggplot2 (Wickham, 2009). La normalidad fue igualmente analizada de forma gráfica con la creación de histogramas con el paquete de R citado. El análisis numérico de estos supuestos se llevó a cabo con el paquete stats (R Core Team, 2016).

Los supuestos de heterocedasticidad y autocorrelación se analizaron numéricamente llevando a cabo las pruebas de Breusch-Pagan y Durbin-Watson, respectivamente, utilizando el paquete lmtest (Zeileis et al., 2002). El análisis de residuos para la evaluación de la heterocedasticidad se evaluó gráficamente con el paquete ggplot2 (Wickham, 2009), al igual que todos los gráficos presentados en este estudio.

El supuesto de multicolinealidad o no-colinealidad fue estudiado numéricamente mediante la obtención de los FIV (Factores de inflación de la varianza) para las distintas variables dependientes en cada ecuación mediante la utilización del paquete faraway (Faraway, 2016).

Dicha evaluación fue complementada con un análisis de valores atípicos mediante la ejecución del Test de Bonferroni y un análisis de influencia mediante la creación de gráficos que muestran las distancias de Cook con el paquete car (Fox et al., 2011).

3. Resultados

3.1. Estructura de las ecuaciones

Para el ajuste de las ecuaciones de crecimiento se evaluaron diferentes formas de la variable dependiente, siendo el logaritmo natural del incremento diametral ($\ln(id5)$) finalmente la elegida. Esta transformación sigue el ejemplo seguido por Bravo et al. (2001), Calama & Montero (2005) y Adame et al. (2008), y resulta en la obtención de relaciones lineales con las variables explicativas, residuos distribuidos normalmente y escasos problemas de heterocedasticidad de los residuos, como veremos más adelante.

Tabla 3. Valores de los coeficientes estimados y estadísticas relacionadas con el ajuste de las ecuaciones de crecimiento (Eq. (2,3,4)). β_0 corresponde al coeficiente del intercepto, β_1 corresponde al coeficiente de la variable independiente BAL/d ($m^2 \cdot ha^{-1} \cdot cm^{-1}$), β_2 corresponde al coeficiente de la variable independiente Edad (años), β_3 corresponde al coeficiente de la variable independiente Ht (m), R^2 corresponde al coeficiente de determinación de cada modelo, S.E.E. corresponde al error estándar de cada modelo.

| Especie | Coeficientes | | | | Ajuste | |
|--------------------------|--------------|-------------|-------------|-----------|--------|--------|
| | β_0 | β_1 | β_2 | β_3 | R^2 | S.E.E. |
| <i>Pinus nigra</i> | 3,9603 ** | -0,2272 *** | -0,0684 ** | - | 0,2754 | 0,3209 |
| <i>Pinus sylvestris</i> | 1,8145 *** | -0,3737 *** | -0,0260 *** | - | 0,3965 | 0,3218 |
| <i>Quercus pyrenaica</i> | -1,0268 *** | -0,1039 *** | - | 0,0407 * | 0,4076 | 0,2794 |

(*) Significativo a un nivel de significancia de 0.05

(**) Significativo a un nivel de significancia de 0.01

(***) Significativo a un nivel de significancia de 0.001

Tras llevar a cabo el proceso de selección regresiva paso a paso, se evaluaron las significancias de las variables explicativas resultantes. A pesar de que no todas las variables resultaron significativas para cada especie de estudio, se ha intentado que cada ecuación de crecimiento presente variables explicativas representativas de los distintos grupos anteriormente mencionados (tamaño, masa y competencia).

3.2. Ecuaciones de crecimiento diametral para cada especie

Atendiendo a la significación de las distintas variables independientes utilizadas en el ajuste del presente modelo para cada una de las especies de estudio y tras ajustar los datos de las mismas a la ecuación (Eq.1), las ecuaciones de crecimiento diametral desarrolladas en el presente estudio son las siguientes:

Ecuación de crecimiento diametral individual para *Pinus nigra*:

$$id_5 = e^{3.9603 - 0.2272 \frac{BAL}{d} - 0.0684 Edad} \quad (2)$$

Ecuación de crecimiento diametral individual para *Pinus sylvestris*:

$$id_5 = e^{1.8145 - 0.3737 \frac{BAL}{d} - 0.0260 Edad} \quad (3)$$

Ecuación de crecimiento diametral individual para *Quercus pyrenaica*:

$$id_5 = e^{-1.0268 - 0.1039 \frac{BAL}{d} + 0.0407 Ht} \quad (4)$$

Donde, id_5 es el incremento diametral a lo largo de 5 años (cm), BAL corresponde a la suma del área basimétrica de los árboles mayores que el de estudio ($m^2 \cdot ha^{-1}$), d es el diámetro normal del año actual medido a la altura del pecho (cm), la Edad se corresponde con el número de años de dicho árbol y Ht (m) a la altura total del árbol de estudio. Los coeficientes estimados para cada especie se presentan en la tabla 3.

3.3. Evaluación de las ecuaciones

La evaluación de las tres ecuaciones de crecimiento diametral creadas en este estudio ha sido llevado a cabo mediante el estudio del cumplimiento de los supuestos básicos de la regresión lineal, sean estos: Linealidad, normalidad, independencia, homocedasticidad y no-colinealidad.

Evaluación del supuesto de linealidad

El análisis de la linealidad entre la variable dependiente y las distintas variables independientes se llevó a cabo observando los diagramas de dispersión parciales para cada una de las variables explicativas y calculando el coeficiente de correlación lineal de Pearson. El coeficiente de correlación de Pearson (r) se mide en una escala de 0 a 1, tanto en dirección positiva como negativa. Un valor de "0" indica que no hay relación lineal entre las variables. Un valor de "1" o "-1" indica, respectivamente, una correlación positiva perfecta o negativa perfecta entre dos variables.

El estudio gráfico y numérico de la linealidad muestra que la variable explicativa BAL/d y el crecimiento diametral están correlacionadas negativamente, lo cual quiere decir que el crecimiento disminuye cuanto mayor es la competencia entre los individuos en este estudio. Los valores del coeficiente de Pearson en este caso para *Pinus nigra* ($r = -0.4349$), *Pinus sylvestris* ($r = -0.5041$) y *Quercus pyrenaica* ($r = -0.6092$) muestran una correlación lineal considerable entre ambas variables.

En cuanto a la correlación entre la Edad y el crecimiento para *Pinus nigra* y *Pinus sylvestris*, los valores obtenidos fueron de -0.2941 y -0.4602, lo cual indica igualmente una correlación negativa entre ambas variables. Esta relación confirma el comportamiento y efecto biológico de la variable Edad sobre el crecimiento, ya que cuanto mayor es la edad del árbol, menor es su crecimiento diametral.

De esta manera, el área basimétrica de los árboles mayores (BAL) y la Edad muestran que un aumento de la competencia y el grado de maduración de la masa llevan a una reducción en el crecimiento progresiva.

Finalmente, la variable explicativa Altura en la ecuación ajustada para *Quercus pyrenaica* muestra una correlación positiva entre la misma y el crecimiento diametral, con un coeficiente de correlación próximo a 0.50.

Evaluación del supuesto de normalidad

El análisis de normalidad de los residuos lo hemos realizaron tanto gráfica (Gráfico QQ e Histograma) como analíticamente (Contraste de Kolmogorov-Smirnov). Los gráficos cuantil-cuantil (QQ) permiten obtener un diagrama de probabilidad normal mediante la representación de los cuantiles teóricos frente a los residuos estandarizados del modelo.

Cuando los residuos se distribuyen normalmente, la nube de puntos se encuentra alineada sobre la diagonal del gráfico.

Como vemos en los tres gráficos de la figura 36, los residuos de las ecuaciones correspondientes a las tres especies de estudio ajustan bastante bien a la recta, aunque presentan ciertos problemas en las colas. Podemos observar como *Pinus nigra* y *Pinus sylvestris* presentan colas más largas que *Quercus pyrenaica*. Este hecho se puede observar igualmente en los histogramas de la figura 37.

A pesar de la existencia de estos problemas en las colas, los puntos se aproximan razonablemente bien a la diagonal, lo que confirma la hipótesis de normalidad para las tres ecuaciones de crecimiento ajustadas.

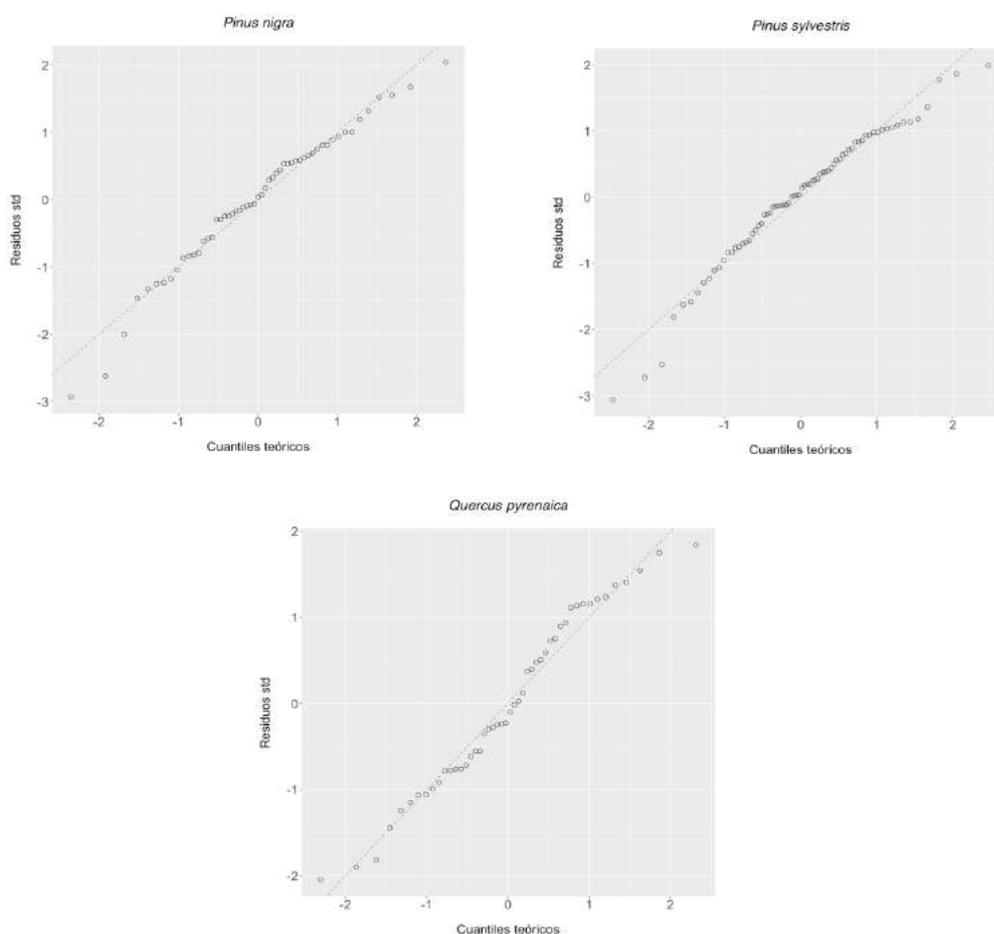


Figura 36. Gráficos cuantil-cuantil para la evaluación de la normalidad de los residuos en las ecuaciones de *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris* y *Quercus pyrenaica*

El estudio analítico de la normalidad de los residuos se realizó mediante el contraste no-paramétrico de Kolmogorov-Smirnov.

Los p-valores obtenidos para las tres especies *Pinus nigra* (0.6948), *Pinus sylvestris* (0.5791) y *Quercus pyrenaica* (0.7333) son superiores del nivel de significancia del 5%, sugieren que no podemos rechazar la hipótesis nula de que los residuos siguen una distribución normal.

Los histogramas de la figura 37 nos confirman los problemas de colas que hemos visto en los gráficos QQ.

La distribución de los residuos para las especies *Pinus nigra* y *Pinus sylvestris* presenta una ligera asimetría negativa, como se deduce de la presencia de valores más extremos en la cola negativa que en la positiva (esto ocurre cuando uno o varios errores muy grandes, correspondientes por lo general a valores atípicos, son contrarrestados con muchos residuos pequeños de signo opuesto). Por el contrario, la distribución de los residuos de *Quercus pyrenaica* acumula muchos más casos en la parte central de la misma.

Evaluación del supuesto de independencia

La hipótesis de independencia de los residuos se ha evaluado mediante el contraste de Durbin-Watson. El estadístico de Durbin-Watson mide el grado de autocorrelación entre el residuo correspondiente a cada observación y la anterior. Si su valor está próximo a 2, entonces los residuos están incorrelados, si se aproxima a 4, estarán negativamente autocorrelacionados y si su valor está cercano a 0 estarán positivamente autocorrelacionados.

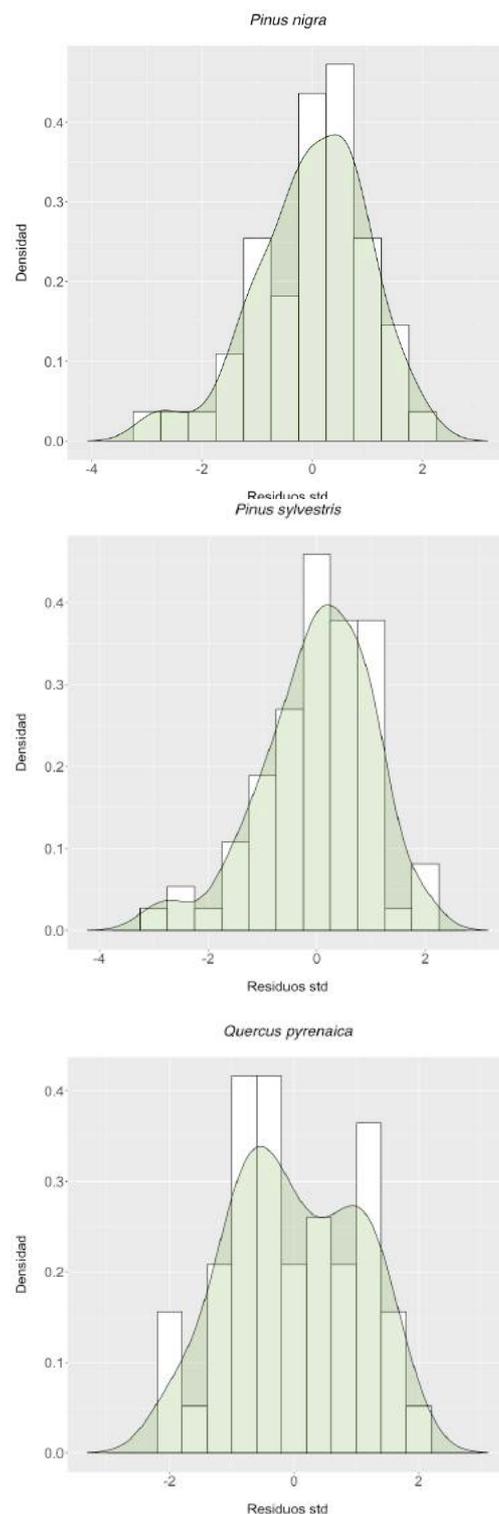


Figura 37. Histogramas de densidad de los residuos estandarizados para el estudio de la normalidad de las tres ecuaciones ajustadas

En nuestro caso, los valores obtenidos para las ecuaciones de las especies *Pinus nigra* y *Pinus sylvestris* han sido de 1.9165 y 1.9454, con unos p-valores de 0.6229 y 0.7269 respectivamente. Estos valores están próximos a 2, lo que indica la incorrelación de los residuos.

La ecuación para *Quercus pyrenaica* obtuvo un valor del estadístico de Durbin-Watson de 1.465, con una significación del 0.04871, lo cual indica indicios de autocorrelación positiva de los residuos.

Evaluación del supuesto de heterocedasticidad

La evaluación del supuesto de heterocedasticidad se ha llevado a cabo mediante la creación de gráficos que enfrentan los residuos contra los valores predichos por cada modelo, así como de forma numérica mediante el Test de Breusch-Pagan.

Para descartar problemas de heterocedasticidad en nuestras ecuaciones, los residuos deben estar distribuidos al azar alrededor de la línea horizontal que representa un error residual de cero; es decir, no debe haber una tendencia clara en la distribución de puntos. Una tendencia en la variabilidad de los residuos sugiere que la varianza está relacionada con la media, violando el supuesto de varianza constante, o homocedasticidad.

El estudio del gráfico de los residuos frente a los valores predichos sugiere que la varianza de los residuos se distribuye de forma constante, por lo que en principio descartamos problemas de heterocedasticidad para las tres especies.

Para la evaluación numérica del presente supuesto se procesó el Test de Breusch-Pagan, el cual analiza si la varianza estimada de los residuos de una regresión dependen de los valores de las variables independientes.

La significación obtenida para las ecuaciones de *Pinus nigra* (p-value= 0.1749), *Pinus sylvestris* (p-value= 0.08583) y *Quercus pyrenaica* (p-value= 0.494) es mayor de 0.05, por lo que podemos decir que la varianza es constante a lo largo de la muestra y no presentan problemas de heterocedasticidad. A pesar de que la ecuación de crecimiento para *Quercus pyrenaica* sugiere un menor problema potencial de heterocedasticidad, los bajos valores obtenidos para las tres especies nos muestra que el ajuste lineal no es satisfactorio por lo que se deberían considerar otros modelos.

Evaluación del supuesto multicolinealidad

La multicolinealidad es problemática debido a que puede aumentar la varianza de los coeficientes de la regresión, lo que haría que fuesen inestables y difíciles de interpretar.

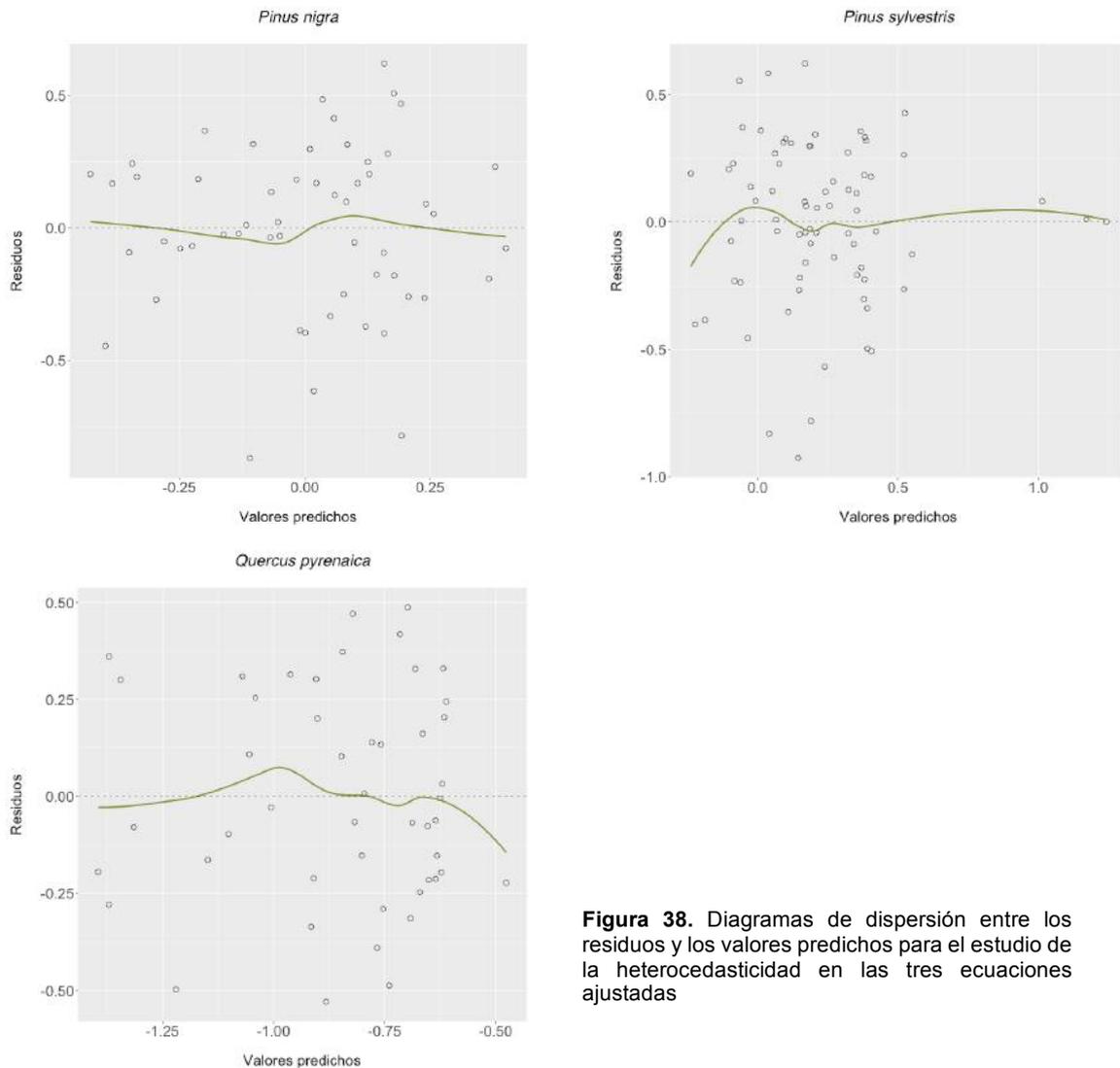


Figura 38. Diagramas de dispersión entre los residuos y los valores predichos para el estudio de la heterocedasticidad en las tres ecuaciones ajustadas

Se ha llevado a cabo el análisis de la multicolinealidad mediante el estudio de los factores de inflación de la varianza en cada ecuación (FIV).

Los factores de inflación de varianza (FIV) miden en qué medida la varianza de los coeficientes de regresión estimados ha sido inflada, en comparación con un contexto en el que las variables predictoras no están linealmente relacionadas. En definitiva, miden la correlación entre los predictores de un determinado modelo de regresión.

Valores de FIV próximos a 1 indican que las variables explicativas no están correlacionadas, valores entre 1 y 5 indican una correlación moderada, mientras que FIVs por encima de 5 alertan de un problema potencial de multicolinealidad.

Los resultados obtenidos para las tres ecuaciones de crecimiento creadas indican que las variables explicativas no están correlacionadas, pues todas ellas han resultado tener unos valores de VIF muy próximos a 1.

4. Discusión y conclusiones

Las ecuaciones de crecimiento desarrolladas en este trabajo pueden considerarse un primer paso en el desarrollo de modelos predictivos en masas mixtas de pino laricio (*Pinus nigra* Arnold), pino silvestre (*Pinus sylvestris* L.) y rebollo (*Quercus pyrenaica* Willd.) en la zona de estudio. Se trata de un modelo que cumple con los dos principios fundamentales que todo modelo debe cumplir, practicidad y simplicidad (Vanclay, 1994; Calama et al., 2005).

Con la utilización de las variables independientes edad, BAL/d y Ht, las ecuaciones para cada especie explican el crecimiento con un R^2 que varía desde 28 % para *Pinus nigra*, al 40 % en *Quercus pyrenaica*, con unos errores estándar comprendidos entre 0,27 y 0,32. Estos valores se asemejan a los obtenidos en estudios similares para explicar el crecimiento diametral en especies mediterráneas.

La variabilidad total explicada por el modelo es baja, lo cual suele ser habitual en los modelos de incremento diametral. Este bajo valor obtenido del coeficiente de determinación puede deberse a la propia naturaleza de los datos, en los cuales no hay representación de parcelas con árboles de diferentes clases diamétricas, alturas y edades. Además, es necesario tener en cuenta que los errores de datación suelen ser frecuentes, especialmente en especies como *Quercus pyrenaica*. En cualquier caso, los valores de eficiencia obtenidos para las tres especies satisfacen el objetivo principal de este estudio.

Cada ecuación ha sido ajustada con variables relacionadas con la competencia, tamaño y edad. A la vista de los resultados obtenidos, los efectos de las citadas variables en el crecimiento diametral son razonables y consistentes tanto estadística como biológicamente. En este aspecto, observamos que las variables de competencia y la edad provocan un efecto negativo en el crecimiento diametral, mientras que las variables de tamaño provocan el efecto opuesto.

La significancia obtenida para las distintas variables mediante el proceso de selección paso a paso indica que el BAL (competencia de los árboles más grandes sobre los más pequeños) explica más variabilidad que la densidad, la cual hace referencia a la competencia entre los pies independientemente de su tamaño (Phillips et al., 2003; Yang et al., 2004).

La variable de competencia BAL corregida por la variable de tamaño diámetro normal, ha resultado ser muy significativa ($p < 0.001$) para las tres especies. Los modelos individuales de árbol para estimar el crecimiento diametral independientes de la distancia suelen incluir índices espaciales o de densidad del rodal para tomar en cuenta el efecto de la competencia (Vanclay, 1994).

El área basimétrica de los pies de diámetro normal mayor al de estudio (BAL) y sus modificaciones (por ejemplo, BAL/d), son incluidos en gran variedad de modelos de crecimiento y son buenos indicadores de la posición competitiva de cada árbol respecto de sus vecinos (Lhotka et al., 2011). En el diseño de las diferentes ecuaciones de crecimiento que se presentan en este estudio, las variables de competencia BAL y su modificación BAL/d han resultado ser significativas para las tres especies de estudio. Hemos encontrado que BAL/d es un predictor muy significativo del crecimiento diametral para las tres especies de estudio.

Los resultados obtenidos siguen la línea de los obtenidos en otros estudios similares que demuestran que las variables relacionadas con la competencia (BAL o sus modificaciones BAL/d) son muy significativas a la hora de explicar y predecir el crecimiento diametral en masas regulares (Adame et al., 2008; Uzoh et al., 2008) e irregulares (Pukkala et al., 2009).

La variable Edad en *Pinus nigra* y *Pinus sylvestris* explica igualmente gran parte del crecimiento en estas especies. Para la especie *Quercus pyrenaica* no fue posible disponer de datos relacionados con esta variable, con lo que se ha prescindido de la misma en la creación de la correspondiente ecuación de crecimiento diametral.

La edad es una de las variables más influyentes en el crecimiento diametral de los árboles, pero suele ser más complicada de obtener en oposición a variables más comunes como el diámetro o la altura. Es por ello, que en algunos modelos de crecimiento se persigue un objetivo de simplicidad en la toma de datos y no es tomada en cuenta como variable explicativa (Pukkala, 1989; Wykoff, 1990; Hasenauer et al., 1996; Monserud et al., 1996; Gourlet-Fleury et al., 2000).

El objetivo del presente estudio consiste en explicar el crecimiento diametral de tres especies en una zona de estudio muy concreta, independientemente de la dificultad de obtención de datos referentes a variables explicativas que participan en el modelo. Por esta razón se ha decidido datar los diferentes pies muestreados y evaluar la significancia de la variable Edad en la explicación del crecimiento diametral para las especies de *Pinus nigra* y *Pinus sylvestris*. La inclusión de esta variable como independiente en los modelos ha permitido mejorar considerablemente la eficiencia de los mismos.

La variable altura total (Ht) ha resultado ser únicamente significativa para *Quercus pyrenaica*, por lo que se utilizó como variable de tamaño para explicar el crecimiento en esta especie como alternativa a la variable diámetro normal (d) utilizada en las otras dos especies de estudio.

A diferencia de la significación obtenida para la variable BAL/d el valor obtenido para la altura en *Quercus pyrenaica* es de 0.0407. Esto indica que la variable corregida de competencia BAL/d explica de forma más adecuada el crecimiento diametral que la altura en la muestra tomada para la especie *Quercus pyrenaica*.

Estos resultados apoyan los obtenidos en estudios similares en los que las variables de competencia incluidas en el modelo de crecimiento diametral explican la mayor parte del mismo.

Los resultados de este estudio apoyan los obtenidos en otros estudios relacionados en los que se justifica la importancia de las variables de competencia, edad y tamaño en la explicación conjunta del crecimiento individual de los árboles.

Las tres ecuaciones desarrolladas en el presente estudio cumplen con los principios básicos de linealidad, normalidad, independencia, no-colinealidad y heterocedasticidad de las regresiones lineales.

La utilización de un modelo de regresión lineal múltiple para la creación de las ecuaciones, en oposición a otros tipos utilizados en otros estudios similares como los modelos mixtos, hace que la variabilidad explicada por el modelo no sea especialmente elevada, especialmente para la especie *Pinus nigra*. A pesar de ello, los resultados obtenidos para las distintas ecuaciones satisfacen el objetivo principal de este trabajo, siendo este la explicación del crecimiento diametral de las especies *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris* y *Quercus pyrenaica* en el Aula de señalamiento de Valdepoza (Saldaña, Palencia). La falta de disponibilidad de datos referentes a un grupo diverso de edades, clases diamétrica y localizaciones, no hace aconsejable la utilización de este modelo para simular o predecir el crecimiento diametral de estas masas.

Es por esta razón que la siguiente fase del presente trabajo consistirá en la toma de un mayor y número y diversidad de muestras para el ajuste de un modelo de crecimiento diametral apropiado a ese objetivo.

De esta manera, podemos concluir que el conocimiento y resultados obtenidos con este estudio servirán como base para el desarrollo de nuevas ecuaciones de crecimiento de árbol individual en masas mixtas de *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris* y *Quercus pyrenaica* del norte de España.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Achim, Z., Hothorn, T., 2002. Diagnostic Checking in Regression Relationships. *R News* 2(3), 7-10. URL <http://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/>
- Adame, P., Hynynen, J., Cañellas, I., del Río, M., 2008. Individual-tree diameter growth model for rebollo oak (*Quercus pyrenaica* Willd.) coppices. *For. Ecol. Manage.* 255, 1011–1022.
- Alberdi, I., Michalak, R., Fischer, C., Gasparini, P., Brändli, U., Tomter, S. M., et al., 2016. Towards harmonized assessment of european forest availability for wood supply in europe. *Forest Policy and Economics*, 70, 20-29.
- Baar, F., Collard, B., 2007 – Marteloscope du Beau Mousseau. Exercice de martelage en futaie irrégulière feuillue. Document de travail développé dans le cadre du projet Intereg III « COORENSY ». Conception du marteloscope : Max Bruciamacchie (AgroParisTech-ENGREF, Pro Silva) - Forêt Wallonne 93 : 44-57
- Bartelink, H.H., 2000. A growth model for mixed stands. *For. Ecol. Manage.* 134, 29–43.
- Bravo, F., Herrero de Aza, C., Ruano Benito, I., Bravo-Núñez, A., Lara, W., & Riofrío Salazar, J. G., 2015. Análisis de datos selvícolas con R
- Bravo, F., Hann, D.W., Maguire, D.A., 2001. Impact of competitor species composition on predicting diameter growth and survival rates of Douglas-fir trees in southwestern Oregon. *Canadian Journal of Forest Research*, 31(12): 2237-2247
- Bruciamacchie, M., Pierrat J.C., Tomasini, J., 2005 - Modèles explicatif et marginal de la stratégie de martelage d'une parcelle irrégulière. – Les Ulis : *Annals of Forest Science* , vol. 62, n° 7, pp. 727-736.

- Bruciamacchie, M., Tomasini, J., Baar, F., 2008. - Le réseau AFI en Région wallonne. Bilan dendrométrique, sylvicole, économique et écologique de trois futaies irrégulières. - Forêt Wallonne 93 : 44-56.
- Bunn, A.G., 2008. "A dendrochronology program library in R (dplR)." *_Dendrochronologia_*, *26*(2), pp. 115-124. ISSN 1125-7865, <URL: <http://doi.org/10.1016/j.dendro.2008.01.002>>.
- Bunn, A.G., 2010. "Statistical and visual crossdating in R using the dplR library." *_Dendrochronologia_*, *28*(4), pp. 251-258. ISSN 1125-7865, <URL: <http://doi.org/10.1016/j.dendro.2009.12.001>>.
- Calama, R., Montero, G., 2005. Multilevel linear mixed model for tree diameter increment in Stone pine (*Pinus pinea*): a calibrating approach. *Silva Fenn* 39:37-54
- Constantiou, I.D. & Kallinikos, J. 2015, "New games, new rules: big data and the changing context of strategy", *Journal of Information Technology*, vol. 30, no. 1, pp. 44-57.
- Crecente-Campo, F., Soares, P., Tomé, M., & Diéguez-Aranda, U., 2010. Modelling annual individual-tree growth and mortality of scots pine with data obtained at irregular measurement intervals and containing missing observations. *Forest Ecology and Management*, 260(11), 1965-1974.
- Chen, K., Li, X. & Wang, H. 2015, "On the model design of integrated intelligent big data analytics systems", *Industrial Management & Data Systems*, vol. 115, no. 9, pp. 1666.
- Daume, S., Albert, M., & von Gadow, K., 2014. Forest monitoring and social media – complementary data sources for ecosystem surveillance? *Forest Ecology and Management*, 316, 9-20.

- Faraway, J., 2016. faraway: Functions and Datasets for Books by Julian Faraway. R package version 1.0.7. URL <https://CRAN.R-project.org/package=faraway>
- Fox, J., Weisberg, S., 2011. An {R} Companion to Applied Regression, Second Edition. URL: <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>
- Gadow, K.v., Hui, G.Y., 1999. Modelling Forest Development. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 213 pp.
- Gadow, K.v., Rojo, A., Álvarez, J.G., Rodríguez, R., 1998. Ensayos de crecimiento en parcelas permanentes, temporales y de intervalo. Inv. Agr. Sistemas y Recursos Forestales, Fuera de Serie 6.
- González, J. M., Piqué, M., Vericat, P., 2011. Manual de ordenación por rodales: gestión multifuncional de los espacios forestales. 2ª ed. Organismo autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid. 207 p.
- Gourlet-Fleury, S., Houllier, F., 2000. Modelling diameter increment in a lowland evergreen rain forest in French Guiana. For. Ecol. Manage. 131, 269–289
- Hasenauer, H., Monserud, R.A., 1996. A crown ratio model for Austrain forests. For. Ecol. Manage. 84, 49–60.
- Huang, P. & Huang, P. 2015, "When Big Data gets small", International Journal of Organization.
- Jõgiste, K., 2000. A basal area increment model for Norway Spruce in mixed stands in Estonia. Scand. J. For. Res. 15, 97–102
- Lara, W., Sierra, S., Bravo, F., 2015. measuRing: Detection and Control of Tree-Ring Widths on Scanned Image Sections. R package version 0.3. <https://CRAN.R-project.org/package=measuRing>

- Lee, W.K., 1996. Estimating the competition indices and diameter growth of individual trees through position-dependent stand survey. *J. Korean For. Soc.* 85 (3), 539–551.
- Lee, W.K., Seo, J.H., Hwang, J.W., Kim, Z.S., 1999. DBH-growth model by competition index of *Pinus koraiensis*. *Korean J. Forest Measurements* 2 (1), 21–30.
- Lhotka, J. M., & Loewenstein, E. F., 2011. An individual-tree diameter growth model for managed uneven-aged oak-shortleaf pine stands in the ozark highlands of missouri, USA. *Forest Ecology and Management*, 261(3), 770-778.
- MacDicken, K. G., Sola, P., Hall, J. E., Sabogal, C., Tadoum, M., & de Wasseige, C., 2015. Global progress toward sustainable forest management. *Forest Ecology and Management*, 352, 47-56.
- Marcot, B. G., Thompson, M. P., Runge, M. C., Thompson, F. R., McNulty, S., Cleaves, D., et al., 2012. Recent advances in applying decision science to managing national forests. *Forest Ecology and Management*, 285, 123-132.
- Monserud, R.A., Sterba, H., 1996. A basal area increment model for individual trees growing in even- and uneven-aged forest stands in Australia. *For. Ecol. Manage.* 80, 57–80
- Pascual, A., Sabín, P., Fernández, A., Bravo, F., Ordóñez, C., Rodríguez, F., 2013. Los señalamientos forestales: Una herramienta imprescindible para mejorar nuestros bosques. *Revista foresta N°57*. Páginas 53-57
- Phillips, P.D., Brash, T.E, Irsyal, Y., Prpto, S., P.R. van Gardingen., 2003. An individual-based spatially explicit tree growth model for forests in East Kalimantan (Indonesian Borneo). *Ecological Modelling* 159, 1-/26
- Pommerening, A. and Särkkä, A., 2013. What mark variograms tell about spatial plant interactions. *Ecol. Model.* 251, 64-72

- Porté, A., Bartelink, H.H., 2002. Modelling mixed forest growth: a review of models for forest management. *Ecol. Model.* 150,141–188
- Pukkala, T., 1989. Predicting diameter growth in even-aged Scots pine stands with a spatial and non spatial model. *Silva Fennica* 23 (2), 101–116.
- Pukkala, T., Lähde, E., & Laiho, O., 2009. Growth and yield models for uneven-sized forest stands in finland. *Forest Ecology and Management*, 258 (3), 207-216.
- Quicke, H.E., Meldahl, R.S., Kush, J.S., 1994. Basal area growth of individual trees: a model derived from a regional longleaf pine growth study. *For. Sci.* 40 (3), 528–542.
- R Core Team, 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rautiainen, O., Pukkala, T., Miina, J., 2000. Optimizing the management of even-aged *Shorea robusta* stands in southern Nepal using individual tree growth models. *For. Ecol. Manage.* 126, 417–429.
- Riofrío, J. G. In Bravo, F.,dir., Bravo Oviedo A.,dir.(Eds.), 2013. Análisis de los patrones de crecimiento radial de masas de *pinus pinaster* ait. en respuesta a la variabilidad climática
- Rodríguez, F., Broto, M., Lizarralde, I., 2008. CubiFOR: herramienta para cubicar, clasificar productos y calcular biomasa y CO2 en masas forestales de Castilla y León. *Cesefor, Divulgación N°95*, pp 33-39.
- Rose, Jr., C.E., Lynch, T.B., 2001. Estimating parameters for tree basal area growth with a system of equations and seemingly unrelated regressions. *For. Ecol. Manage.* 148, 51–61

- Sánchez-González, M., Río, M. d., Cañellas, I., & Montero, G., 2006. Distance independent tree diameter growth model for cork oak stands. *Forest Ecology and Management*, 225(1–3), 262-270.
- Serrada, R., 2002. "Apuntes de selvicultura". Servicio de Publicaciones Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Madrid.
- Speer, J. H. 2010. *Fundamentals of Tree-Ring Research*. Page 333. . University of Arizona Press, Tucson.
- Uzoh, F. C. C., & Oliver, W. W., 2008. Individual tree diameter increment model for managed even-aged stands of ponderosa pine throughout the western united states using a multilevel linear mixed effects model. *Forest Ecology and Management*, 256(3), 438-445.
- Vanclay, J.K., 1994. *Modelling Forest Growth—Applications to Mixed Tropical Forests*. CAB International, Wallingford, UK.
- Venables, W.N., Ripley, B.D., 2002. *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0
- Wei, T., Simko, V., 2016. corrplot: Visualization of a Correlation Matrix. R package version 0.77. <https://CRAN.R-project.org/package=corrplot>
- West, P.W., 1980. Use of diameter increment and basal área increment in tree growth studies. *Can. J. For. Res.* 10, 71–77.
- Wickham, H., 2011. The Split-Apply-Combine Strategy for Data Analysis. *Journal of Statistical Software*, 40(1), 1-29. URL <http://www.jstatsoft.org/v40/i01/>.
- Wickham, W., 2009. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York

Wykoff, W.R., 1990. A basal area increment model for individual conifers in northern Rocky mountains. *For. Sci.* 36 (4), 1077–1104

Yang, Y., Monserud, R.A., Huang, S., 2004. An evaluation of diagnostic tests and their roles in validating forest biometric models. *Can. J. For. Res.* 34, 619-629

ANEJOS

Anejo 1: Manual de usuario de Smartelo PC



The Smart Forest Management

www.smartelo.es



Manual de usuario
Smartelo PC v01.1

Bienvenidos

Una de las decisiones de mayor importancia en la gestión selvícola de masas forestales es el señalamiento. En esta etapa, se determina la cantidad y el tipo de árboles que van a permanecer en pie (y por oposición, los que se van a cortar), de manera que se introduzca una mejora del estado selvícola, se incorporen los criterios de conservación de la biodiversidad y se asegure un aprovechamiento sostenible de los bosques.

A lo largo de los últimos años se han creado por toda Europa diferentes Aulas de señalamiento forestal, las cuales son espacios forestales señalizados en los que se han caracterizado, medido, numerado y localizado espacialmente todas las especies arbóreas que los componen. Algunas de las principales aplicaciones de estas aulas de señalamiento se centran en la práctica del señalamiento y mejora en la toma de decisiones (ámbito profesional), estimación de variables dasométricas y dendrométricas in situ (ámbito educativo), la realización de proyectos de investigación y la difusión y transferencia de proyectos de gestión forestal sostenible (ámbito social), entre otras.

Directamente relacionado con estos objetivos nace Smartelo, cuyas versiones actuales son:

1. Smartelo PC: Plataforma que gestiona la gran cantidad de datos de parcelas de señalamiento forestal y permite obtener y disponer de diferentes resultados (dendrométricos, económicos, ecológicos) de cada una de ellas para la mejora en la toma de decisiones en esta importante actividad.
2. Smartelo Portable: Adaptación de Smartelo PC que permite el señalamiento forestal in situ mediante una aplicación adaptada para dispositivos móviles, en la cual se obtiene información en tiempo real del estado del señalamiento en base a los objetivos selvícolas preestablecidos por el usuario.

El diseño e interfaz de Smartelo permite que sea utilizado como gestor de información forestal general, dado que la fuente principal de información que maneja es el inventario forestal. Es por ello que esta herramienta tiene aplicación de investigación en áreas como la gestión forestal sostenible, educación, explotación de recursos forestales, industrias de transformación de la madera, cambio climático, energías renovables (biomasa) o valoración. Con Smartelo se pretende introducir las nuevas tecnologías en el sector forestal y las áreas afines al mismo.

El presente manual se ha desarrollado con el objetivo de acercar al usuario la estructura, funcionamiento y principales características de la versión de escritorio de Smartelo (conocida como Smartelo PC).

Smartelo PC es un libro Excel constituido por 14 hojas principales, más 2 hojas adicionales (Créditos y Ayuda).

El manual que se presenta a continuación expone las principales funciones y características que ofrece Smartelo PC, atendiendo a las diferentes hojas que lo constituyen, siendo estas las siguientes:

1. Inicio
2. Tarifas
3. Coordenadas
4. Árboles
5. Tipificación
6. Precios
7. Crecimientos
8. Ecología
9. Equipos
10. Industrias
11. Biomasa
12. Resultados
13. Resumen
14. Gráficos

1. Hoja INICIO

Es una de las hojas más importantes de Smartelo, ya que en ella han de fijarse los principales parámetros que hacen funcionar el libro. Estos están divididos en los siguientes apartados:

- Información general:

Se han de introducir datos generales como el nombre y superficie del aula de señalamiento, datos económicos como la tasa de actualización, precios del árbol muerto, y otros referidos a aspectos ecológicos y de gestión del aula. Además, de forma automática se obtienen datos referidos al número de árboles (Hoja *Árboles*) y equipos/operadores (Hoja *Equipos*) que participan en la gestión del Aula de Señalamiento.

- Tarifas de cubicación Shaeffer:

Smartelo ofrece la posibilidad de gestionar datos de volumen unitario por árbol (m³), o calcularlo en caso de que no se dispongan de estos datos.

El volumen total por árbol (unitario, en metros cúbicos) es una de las variables principales con las que trabaja Smartelo, ya que la mayoría de resultados que ofrece dependen de ella. Al iniciar Smartelo, debe comprobar si posee este dato en su inventario, o Smartelo debe calcularlo por usted. A continuación se muestran todas las opciones disponibles y la forma de proceder en cada una de ellas:

Opción A: No poseo datos de volumen. Quiero utilizar las tarifas de cubicación que ofrece Smartelo por defecto. Estas tarifas se denominan Schaeffer (más info en hoja *Tarifas*). Para obtener el volumen por este método, seleccione "No" en la hoja *Inicio* y siga las instrucciones indicadas en la ayuda de la hoja *Inicio* y *Tarifas*.

Opción B: No poseo datos de volumen. Deseo utilizar mis propias tarifas de cubicación. Para ello, indicar "No" en la hoja *Inicio* y acceder a la hoja *Árboles*. Situar en la celda P2 (Columna Volumen), escribir la fórmula correspondiente a su tarifa de cubicación y arrastrar hacia abajo para actualizar todas las celdas.

Opción C: Poseo datos de volumen. Seleccionar "Si" en la hoja *Inicio*, y acudir a la hoja *Árboles*. Insertar los datos de Volumen en la columna Volumen (Columna P).

En este apartado han de seleccionarse la mejor tarifa (rápida, lenta o muy lenta), un número de tarifa asociado, y un coeficiente mórfo (recomendado 0,6 para frondosas y 1 para coníferas) para cada especie. La hoja *Tarifas* está diseñada para facilitar la elección de estos parámetros.

Nota: Si se disponen de datos de volumen, se debe marcar "Si" en la hoja Inicio, y por consiguiente no será necesario completar los parámetros de las tarifas de cubicación Schaeffer. Se muestra más información a cerca de la obtención y utilización de esta variable (Volumen total) en la hoja Tarifas.

- Cálculo del precio de consumo (€) por árbol:

Smartelo ofrece la posibilidad de calcular el precio de consumo (€) mediante calidades de troza (A,B,C,D) o mediante volúmenes de Industria de la madera. Estos volúmenes pueden ser calculados mediante aplicaciones diseñadas para tal efecto, como es el caso del complemento de Excel cubiFor .

Lo más recomendable es obtener los precios de consumo divididos por industrias de transformación de la madera, ya que son valores más objetivos y fácilmente más accesibles que las calidades de troza. Es una clasificación más estandarizada y la información que se puede encontrar al respecto es mayor.

- Equipos/Operadores:

Muestran los diferentes equipos u operadores que intervienen y/o toman decisiones de actuación sobre el aula de señalamiento. Para visualizar esta información es necesario hacer click sobre el botón "Extraer".

Nota: Es necesario que la hoja Equipos está adecuadamente rellena para que se puedan visualizar todos ellos en la hoja Inicio.

- Lista de especies:

De igual forma que con los Equipos/Operadores, se debe hacer click en el botón "Extraer" para visualizar las diferentes especies presentes en el aula de señalamiento. Es necesario que en la hoja Árboles exista una relación entre los diferentes árboles y la especie a la que pertenece para que puedan extraerse y visualizarse tales especies en la hoja Inicio.

- Diámetros límite:

Smartelo ofrece una serie de resultados referentes a la evolución del patrimonio dendrométrico y financiero, así como análisis de la masa y otros (ver hoja Resultados). Muchos de esos resultados se muestran clasificados por clase diamétrica o tipo de madera, entre otros parámetros. La determinación de los diferentes tipos de madera (gruesa, media o estrecha) se realiza fijando una serie de diámetros límite (inferior y superior) para cada uno de ellos en la hoja Inicio.

Nota: Todos los pies que posean un diámetro inferior al del mínimo fijado en este apartado, no serán tomados en cuenta en los resultados finales expuestos en la hoja Resultados.



Inicio

Información general

| | |
|------------------------------|-----------|
| Aula de señalamiento | Valdepoza |
| Parcela | A |
| Superficie | 1,0 ha |
| Economía | |
| Fondos | 760 € |
| Tasa de actualización | 4,0% |
| Precio del árbol muerto | 10 €/m3 |
| Ciclo de retorno (evento) | 200 años |
| Ecología | |
| Precio del punto ecológico | 10 € |
| Umbral ecológico | 15 €/m3 |
| Gestión | |
| Rotación de las cortas | 10 años |
| Representación | |
| Rotación del plano (G) | 0 |
| Información principal | |
| Número de árboles | 1181 |
| Número de equipos/operadores | 6 |

Equipos/Operadores

| Nombre |
|--------------------|
| David Martínez |
| Domenico Moretti |
| Floriane Leblanc |
| Anna Meyer |
| Nikos Papadopoulos |
| Emma Taylor |

Extraer

Tarifas de cubrición Schaeffer

| Especie | Tipo de tarifa | Número de tarifa | Coef. Métrico |
|--------------------|----------------|------------------|---------------|
| Quercus pyrenaica | Schl | 9 | 0,6 |
| Pinus sylvestris | Schl | 11 | 1 |
| Pinus nigra | SchTL | 8 | 1 |
| Crataegus monogyna | Schl | 5 | 0,6 |

Indicar si se poseen datos de volumen unitario (m3)

| | |
|---|----|
| ¿posee datos de Volumen (m3) por árbol? | SI |
|---|----|

Indicar cómo desea calcular el precio de consumo (€)

| | |
|--|------------|
| ¿Desea obtener el precio de consumo (€) mediante calidades de troza ó mediante volúmenes de industria? | Industrias |
|--|------------|

Lista de especies

| Especie |
|--------------------|
| Quercus pyrenaica |
| Pinus sylvestris |
| Pinus nigra |
| Crataegus monogyna |

Extraer

Dímetros límite

| Tipo de madera | Inferior | Superior |
|----------------|----------|----------|
| Pequeña | 17,5 | 27,5 |
| Media | 27,5 | 47,5 |
| Gruasa | 47,5 | |

2.Hoja TARIFAS

La hoja *Tarifas* está destinada a facilitar la elección de la tarifa de cubicación Schaeffer más adecuada para cada especie del aula de señalamiento, en el caso de que no se dispongan de datos previos de volumen unitario, o se desee obtener estos datos mediante este método. Para ello, se deben realizar los siguientes pasos:

1. Elegir la especie para la que se desea obtener la tarifa de cubicación Schaeffer más adecuada. Seleccionar tal especie en la lista desplegable situada debajo de la celda *Especie*.
2. Introducir el Volumen medio (*Vmedio*) del Aula de Señalamiento en la celda habilitada para ello. Este volumen es estimado por el operador/gestor para cada especie del aula y servirá de referencia para determinar la mejor tarifa Schaeffer.

Nota: Tanto el diámetro medio (diam) como la mínima diferencia de volumen (%) son calculadas automáticamente. Para que el cálculo del diámetro medio por especie sea efectivo, es necesario que la Hoja Árboles esté convenientemente completa.

Una vez realizado lo anterior, aparecerán reflejadas en color verde las tarifas y el número de tarifa más adecuado para cada especie. Se recomienda elegir una tarifa para la que existan varios números de tarifa marcados y en los que la diferencia de volumen (%) sea menor, con el fin de obtener unos volúmenes unitarios más próximos a la realidad (menor desviación sobre la media). Una vez elegida la tarifa y número más adecuado, se debe proceder a insertar dichos parámetros en la hoja Inicio.

Como se indica en la ayuda de Smartelo, la variable *Volumen total unitario* es fundamental para la obtención de la mayoría de resultados. En el caso de no poseer esta información, Smartelo ofrece dos alternativas posibles:

- Introducción de una tarifa de cubicación definida por el propio usuario. Para ello, escriba su tarifa en forma de fórmula en la columna *Volumen* de la hoja *Árboles*
- Utilización de las tarifas de cubicación Schaeffer. Las tarifas de cubicación Schaeffer son fórmulas matemáticas que proporcionan el volumen unitario en función de dos variables, sean estas:
 - Diámetro medio del árbol a la altura normal (1.3 metros) en centímetros
 - Número de tarifa, el cual es un estándar que indica el volumen (en metros cúbicos) del árbol de 45 centímetros de diámetro

Smartelo ofrece estas tarifas por defecto, ya que posibilitan la determinación del volumen de las principales especies forestales de forma simple y eficaz.

Tan sólo es necesario conocer el dato del diámetro medio de una determinada masa y utilizar una de las 3 tarifas que se proponen (rápida, lenta o muy lenta) en función del ritmo de crecimiento de la especie.

Nota: Es posible que la especie de estudio para la que desea determinar el volumen unitario sea de crecimiento lento, y esta hoja Tarifas le proponga una tarifa Rápida y un número de tarifa 4. Esto es debido al dato de Volumen medio que se introduce como referencia. Ante este hecho, se aconseja tomar siempre la tarifa y el número que posea una menor o menores diferencias de volumen, ya que de esta manera los volúmenes unitarios de cada árbol de esa especie distarán menos del volumen real de cada uno de ellos.



Tarifas de cubicación

| | |
|---------|-------------|
| Especie | Pinus nigra |
|---------|-------------|

| | |
|---------------|-------|
| Volumen (m3) | 0,495 |
| diámetro (cm) | 30,77 |

| | |
|-------------------|------|
| Mínimo diferencia | 0,4% |
|-------------------|------|

TARIFAS DE CUBICACIÓN SCHAEFFER

SchRR (Schaeffer rápido): $5/70000 \cdot (8 \cdot \text{NumTarif}) \cdot (\text{diam} \cdot 5)^2 \cdot (\text{diam} \cdot 10)$

SchRT (Schaeffer lento): $5/90000 \cdot (8 \cdot \text{NumTarif}) \cdot (\text{diam} \cdot 5)^2 \cdot \text{diam}$

SchRTL (Schaeffer muy lento): $5/101250 \cdot (8 \cdot \text{NumTarif}) \cdot \text{diam}^2$

diam - Diámetro medio (cm) de los árboles de la especie seleccionada.

NumTarif - Número de tarifa

| Numtarif | SchRR Varifas (m3) | Varifadón Volumen (%) |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 0,3440 | 30,5% |
| 2 | 0,3822 | 22,8% |
| 3 | 0,4205 | 15,1% |
| 4 | 0,4587 | 7,3% |
| 5 | 0,4969 | 0,4% |
| 6 | 0,5351 | 8,1% |
| 7 | 0,5724 | 15,8% |
| 8 | 0,6116 | 23,6% |
| 9 | 0,6498 | 31,3% |
| 10 | 0,6880 | 39,0% |
| 11 | 0,7263 | 46,7% |
| 12 | 0,7645 | 54,4% |
| 13 | 0,8027 | 62,3% |
| 14 | 0,8409 | 69,9% |
| 15 | 0,8792 | 77,6% |

| Numtarif | SchRT Varifas (m3) | Varifadón Volumen (%) |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 0,3964 | 19,9% |
| 2 | 0,4405 | 11,0% |
| 3 | 0,4845 | 2,1% |
| 4 | 0,5286 | 6,8% |
| 5 | 0,5726 | 15,7% |
| 6 | 0,6166 | 24,6% |
| 7 | 0,6607 | 33,5% |
| 8 | 0,7047 | 42,4% |
| 9 | 0,7488 | 51,3% |
| 10 | 0,7928 | 60,2% |
| 11 | 0,8369 | 69,1% |
| 12 | 0,8809 | 78,0% |
| 13 | 0,9250 | 86,9% |
| 14 | 0,9690 | 95,8% |
| 15 | 1,0131 | 104,7% |

| Numtarif | SchRTL Varifas (m3) | Varifadón Volumen (%) |
|----------|------------------------|-----------------------|
| 1 | 0,4207 | 15,0% |
| 2 | 0,4675 | 5,6% |
| 3 | 0,5142 | 3,6% |
| 4 | 0,5610 | 13,3% |
| 5 | 0,6077 | 22,8% |
| 6 | 0,6545 | 32,2% |
| 7 | 0,7012 | 41,7% |
| 8 | 0,7480 | 51,1% |
| 9 | 0,7947 | 60,6% |
| 10 | 0,8415 | 70,0% |
| 11 | 0,8882 | 79,4% |
| 12 | 0,9350 | 88,9% |
| 13 | 0,9817 | 98,3% |
| 14 | 1,0285 | 107,8% |
| 15 | 1,0752 | 117,2% |

3. Hoja COORDENADAS

La hoja *Coordenadas* está diseñada para satisfacer dos objetivos principales:

1. Introducir los datos de situación correspondientes a las estacas de referencia que componen el Aula de Señalamiento.

Normalmente toda Aula de Señalamiento está formada por 25 estacas de referencia (cuadrícula de 5x5 estacas, con una superficie total de 1 ha).

En esta hoja se requiere la introducción del número de cada una de ellas, así como sus coordenadas X e Y, con el fin de poder representarlas en el plano de situación presente en esta hoja y facilitar una visión general de la composición del Aula de Señalamiento.

2. Representar en un plano de dispersión XY las diferentes especies y estacas que conforman el Aula de Señalamiento. Mediante este plano dinámico es posible visualizar aquellas especies que se deseen pulsando sobre el nombre de cada una de ellas. Existe también la posibilidad de visualizar o no las estacas de referencia.

Nota: Adicionalmente, existe la posibilidad de añadir datos auxiliares referentes a la estructura y situación del aula, tales como la estaca de referencia, azimut y distancia para cada estaca, en el caso de que no se dispongan de coordenadas absolutas y se deseen calcular tales coordenadas XY mediante una fórmula designada por el usuario. Si desea calcular las coordenadas mediante este método, es necesario introducir un valor adicional correspondiente al ángulo de rotación del plano (en grados centesimales) en la hoja Inicio.

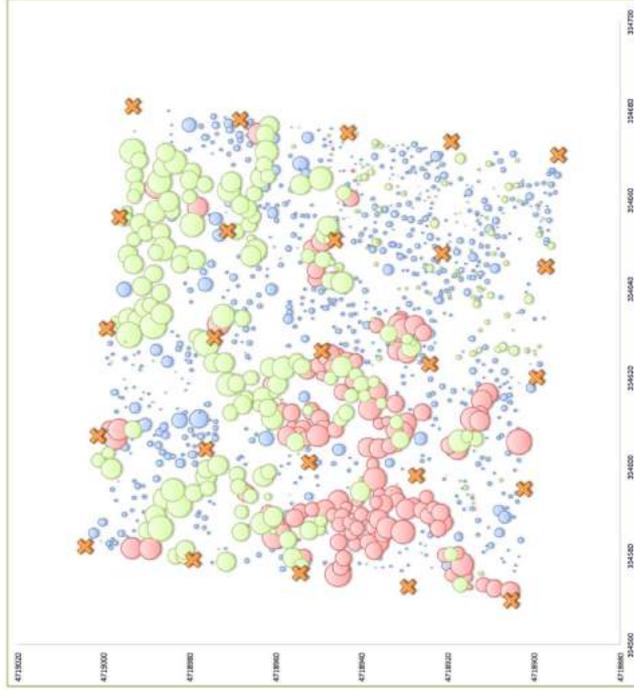


Coordenadas

| Situación del aula de señalamiento | | | | |
|------------------------------------|------------|--------------|---------------|----------------|
| Estrada | Referencia | Admtr (grad) | Distancia (m) | X |
| 11 | 11.0 | 0 | 0 | 354582 4719004 |
| 21 | 11.0 | 100 | 25.00 | 354607 4719001 |
| 31 | 21.0 | 380 | 25.00 | 354631 4718999 |
| 41 | 31.0 | 380 | 25.00 | 354656 4718996 |
| 51 | 41.0 | 380 | 25.00 | 354681 4718993 |
| 52 | 51.0 | 80 | 25.00 | 354678 4718998 |
| 42 | 52.0 | 180 | 25.00 | 354653 4718971 |
| 32 | 42.0 | 180 | 25.00 | 354629 4718974 |
| 22 | 32.0 | 180 | 25.00 | 354604 4718976 |
| 12 | 22.0 | 180 | 25.00 | 354579 4718979 |
| 13 | 12.0 | 80 | 25.00 | 354576 4718954 |
| 23 | 13.0 | 380 | 25.00 | 354601 4718952 |
| 33 | 23.0 | 380 | 25.00 | 354626 4718949 |
| 43 | 33.0 | 380 | 25.00 | 354651 4718946 |
| 53 | 43.0 | 380 | 25.00 | 354675 4718943 |
| 54 | 53.0 | 80 | 25.00 | 354673 4718919 |
| 44 | 54.0 | 180 | 25.00 | 354648 4718921 |
| 34 | 44.0 | 180 | 25.00 | 354623 4718924 |
| 24 | 34.0 | 180 | 25.00 | 354598 4718927 |
| 14 | 24.0 | 180 | 25.00 | 354573 4718929 |
| 15 | 14.0 | 80 | 25.00 | 354570 4718905 |
| 25 | 15.0 | 380 | 25.00 | 354595 4718902 |
| 35 | 25.0 | 380 | 25.00 | 354620 4718899 |
| 45 | 35.0 | 380 | 25.00 | 354645 4718897 |
| 55 | 45.0 | 380 | 25.00 | 354670 4718894 |

Legend

- Quercus pyrenaica
- Pinus sylvestris
- Pinus nigra
- Crataegus monogyna
- Estrada



4.Hoja ÁRBOLES

La hoja *Árboles* contendrá el inventario forestal del Aula de Señalamiento. En ella se puede observar el diseño del inventario con el que trabaja Smartelo. La parte de la izquierda, en verde, está destinada a la inclusión de datos; mientras que la parte de la derecha, en naranja, corresponden a una serie de resultados previos que ofrece Smartelo para cada árbol.

Las variables más representativas a introducir en esta hoja son las siguientes:

- Número de árbol
- Cuadrante: Cada Aula de Señalamiento está formada por 16 cuadrantes (Aula de Señalamiento estándar), los cuales están delimitados por las estacas de referencia. Se recomienda el uso de un SIG para determinar el cuadrante al que pertenece cada árbol del aula de señalamiento.
- Especie
- Diámetro (en centímetros) a la altura normal (1.3 metros) medido en 2 direcciones.
- Altura de diferentes calidades (A,B,C,D; en metros): Corresponde con la altura (desde la base) de una troza que corresponde a una determinada calidad. Por ejemplo, si un pie posee una troza de 4 metros de calidad C (medida desde la base del tronco), se deberá marcar un 4 en la celda correspondiente a la calidad C para ese pie. Este dato es importante para el cálculo del precio de consumo y otros resultados económicos y financieros que ofrece Smartelo.
- Volumen: En caso de que se posea volumen unitario (por árbol), se deberá introducir en esta columna de "Volumen" (en metros cúbicos). En caso contrario, y si no se desea calcular el volumen mediante tarifas de cubicación Schaeffer, se podrá introducir una tarifa o fórmula de cubicación en esta columna, y marcar en la hoja *Inicio* que SI se disponen de datos de volumen.

Más información a cerca de la obtención y utilización de la variable Volumen unitario en la hoja Tarifas y a lo largo del presente manual.

- Muerto, Riesgo de depreciación, Defectos de copa: Se deberá marcar un 1 en caso positivo, o un 0 en caso negativo. Estos valores aplican un porcentaje de reducción sobre el precio de consumo del árbol y otros resultados de carácter económico.

- Códigos ecológicos: Smartelo permite determinar el valor ecológico de cada árbol mediante una nota ecológica. Gracias a esta nota y un precio por punto ecológico (establecido en la hoja Inicio), es posible obtener un precio ecológico o ambiental por árbol y para todo el aula de señalamiento. Esta opción puede ser utilizada para la implementación de pagos por servicios ambientales, o ayudar en la gestión de toma de decisiones, tales como cortar o conservar un pie en función de su precio de explotación, ecológico, actual y potencial, entre otras muchas aplicaciones.
- CoordX y CoordY: Pertenecen a las coordenadas UTM X e Y de cada árbol. En caso de no poseer valores absolutos referentes a las coordenadas X e Y (sólo se poseen datos relativos de azimuth, distancia y estaca de referencia) Smartelo permite introducir una fórmula en estas columnas para calcular dichas coordenadas para cada árbol.

En la parte derecha esta hoja *Árboles* (celdas sombreadas con color naranja) se encuentran los diferentes cálculos que realiza Smartelo. Estos cálculos ofrecen resultados de tipo económico, dendrométrico y ecológico, entre otros. Para más información acerca del significado de los mismos, consulte los comentarios disponibles en cada celda de la hoja *Árboles*.



smartévo



smartévo

Árboles

| Arbol | Cuadrante | Estrata referencia | Asimetr | Distancia | Especie | Diam | Diam | Hv (m) | Ht (m) | Hv (m) | A | B | C | D | Volumen | Muerto | Riesgo depreciación | Defectos copa | Estado | Códigos ecológicos | Coord | Coord |
|-------|-----------|--------------------|---------|-----------|---------------------|------|------|--------|--------|--------|---|---|---|------|---------|--------|---------------------|---------------|--------|--------------------|---------|--------|
| 1 | 13 | 51 | 286,7 | 9,6 | Pinus sp/variatis | 6,9 | 7,2 | 2,9 | 5,5 | 2,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,008 | | | | | ES18 | 4718993 | 354671 |
| 2 | 13 | 51 | 301,1 | 10,14 | Pinus sp/variatis | 45,7 | 44,9 | 21,3 | 11 | 11 | 0 | 0 | 0 | 2,7 | 11 | 1,615 | | | | ES18 | 4718993 | 354671 |
| 3 | 13 | 51 | 292,2 | 12,24 | Pinus sp/variatis | 31,5 | 28,2 | 21,1 | 12,7 | 11 | 0 | 0 | 0 | 6,1 | 0,714 | | | | | ES18 | 4718993 | 354671 |
| 4 | 13 | 41 | 116,9 | 9,8 | Pinus sp/variatis | 30,5 | 30,9 | 20,3 | 14,4 | 14,4 | 0 | 0 | 0 | 14,4 | 0,722 | | | | | ES18 | 4718992 | 354669 |
| 5 | 13 | 41 | 132,2 | 7,33 | Pinus sp/variatis | 28,3 | 27 | 20,8 | 14,4 | 14,4 | 0 | 0 | 0 | 14,8 | 0,606 | | | | | ES18 | 4718992 | 354665 |
| 6 | 13 | 41 | 134,4 | 5,69 | Pinus sp/variatis | 27,4 | 25,3 | 19,8 | 14,6 | 14,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,338 | | | | | ES18 | 4718992 | 354662 |
| 7 | 13 | 41 | 147,8 | 2,68 | Pinus sp/variatis | 21,7 | 22,5 | 19,4 | 15,1 | 15,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,245 | | | | | ES18 | 4718995 | 354657 |
| 8 | 13 | 41 | 150,5 | 1,98 | Pinus sp/variatis | 18,1 | 18,1 | 15,2 | 15,2 | 15,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,175 | | | | | ES18 | 4718995 | 354656 |
| 9 | 13 | 41 | 200,0 | 11,36 | Quercus sp/variatis | 23,1 | 22,1 | 12,1 | 12,1 | 12,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,112 | | | | | ES18 | 4718996 | 354656 |
| 10 | 13 | 41 | 183,3 | 11,76 | Pinus sp/variatis | 30,1 | 27 | 19,2 | 12,1 | 12,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,100 | | | | | ES18 | 4718994 | 354657 |

| Diam | CD | Area normal | Volumen Volumen terfraz | Calidad | Precio consumo | Precio potencial | Ganancia | Tasa de consumo | Nota ecológica | Tasa con riesgo | Ganancia con riesgo | Crecimiento diámetro | Crecimiento volumen | Pup/PU | Poblaciones | Cortado | N° veces seleccionado |
|------|----|-------------|---------------------------|---------|----------------|------------------|----------|-----------------|----------------|-----------------|---------------------|----------------------|---------------------|--------|-------------|---------|-----------------------|
| 50 | 5 | 4000 | 0,005 | D | 0,00 € | 3,400 € | 0,00 € | 4000 | 5,9 | -1% | 3,000 € | 0,3 | 0,07 | 0,0 | 1 | 0 | 1 |
| 49 | 49 | 0,181 | 1,615 | C | 27,27 € | 64,53 € | 2,58 € | 9,3% | 5,5 | 5,1% | 2,48 € | 0,6 | 0,08 | 0,0 | 1 | 0 | 2 |
| 38 | 38 | 0,070 | 0,714 | D | 14,13 € | 7,14 € | 0,29 € | 2,0% | 10,5 | 1,3% | 0,24 € | 0,5 | 0,03 | 0,4 | 1 | 0 | 0 |
| 39 | 39 | 0,075 | 0,733 | D | 14,99 € | 7,49 € | 0,30 € | 2,0% | 10,5 | 1,3% | 0,24 € | 0,5 | 0,03 | 0,4 | 1 | 0 | 0 |
| 37 | 37 | 0,065 | 0,606 | D | 13,97 € | 6,98 € | 0,24 € | 2,0% | 10,5 | 1,3% | 0,24 € | 0,5 | 0,03 | 0,4 | 1 | 0 | 0 |
| 21 | 21 | 0,044 | 0,444 | D | 10,79 € | 5,39 € | 0,24 € | 2,0% | 10,5 | 1,3% | 0,24 € | 0,5 | 0,03 | 0,4 | 1 | 0 | 0 |
| 25 | 25 | 0,055 | 0,528 | D | 10,79 € | 5,39 € | 0,24 € | 2,0% | 10,5 | 1,3% | 0,24 € | 0,5 | 0,03 | 0,4 | 1 | 0 | 0 |
| 20 | 20 | 0,038 | 0,365 | D | 7,14 € | 4,28 € | 0,17 € | 2,4% | 1,9% | 0,01 | 0,14 € | 0,4 | 0,01 | 0,5 | 1 | 0 | 0 |
| 40 | 40 | 0,114 | 1,228 | C | 24,51 € | 36,27 € | 1,45 € | 5,9% | 0 | 2,8% | 1,38 € | 0,6 | 0,06 | 1,4 | 2 | 0 | 1 |
| 20 | 20 | 0,038 | 0,212 | D | 3,12 € | 1,61 € | 0,11 € | 3,0% | 0 | 2,8% | 0,10 € | 0,4 | 0,01 | 0,7 | 2 | 0 | 0 |
| 38 | 38 | 0,090 | 0,890 | D | 12,02 € | 3,96 € | 0,24 € | 2,0% | 0 | 1,5% | 0,18 € | 0,5 | 0,02 | 0,4 | 1 | 0 | 0 |

5. Hoja TIPIFICACIÓN

La hoja *Tipificación* es una de las hojas que están presentes en ambas versiones de Smartelo. En ella encontraremos un resumen con las principales variables de masa que calcula Smartelo para cada cuadrante y especie de cada Aula de Señalamiento. Dichas variables de masa son:

- Densidad (N), en pies por hectárea y en porcentaje
- Volumen (V), en metros cúbicos por hectárea y en porcentaje
- Área basimétrica (G), en metros cuadrados por hectárea y en porcentaje
- Diámetro medio cuadrático (dg), en centímetros
- Altura dominante (Ho), en metros

La versión para dispositivos móviles de Smartelo (conocida como Smartelo Portable) resume la información referente a las anteriores variables de masa del Aula de Señalamiento y permite visualizar tal información mediante una serie de gráficos predeterminados.

Tipificación



| Cuadrante | Densidad (pies/ha) | | | Volumen (m3/ha) | | | Área basimétrica (m2/ha) | | | |
|--------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------------|--------------------------|------------------|-------------------|---------|
| | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica | |
| Total | 139 | 11,8% | 246 | 218,5 | 774 | 65,6% | 378,5 | 111,8 | 42,9 | 14,6% |
| 1 | 896,0 | 3,0% | 208 | 23,2% | 656 | 73,2% | 292,8 | 18,30% | 13,1% | 16,0% |
| 2 | 150 | 17,0% | 288 | 32,1% | 448 | 50,0% | 320,3 | 85,21% | 219,83% | 68,8% |
| 3 | 1072,0 | 6,9% | 56,7% | 11,3% | 352 | 32,8% | 512,9 | 450,71% | 87,9% | 10,2% |
| 4 | 1200,0 | 2,8% | 24,0% | 14,4% | 120,0% | 64,0% | 318,5 | 175,63% | 73,7% | 17,8% |
| 5 | 1296,0 | 4,8% | 3,8% | 1,8% | 10,8% | 86,1% | 230,1 | 14,92% | 23,9% | 40,7% |
| 6 | 880,0 | 2,0% | 23,6% | 13,0% | 36,4% | 40,0% | 405,8 | 132,61% | 32,7% | 246,01% |
| 7 | 944,0 | 6,1% | 44,1% | 22,4% | 23,7% | 30,4% | 443,2 | 303,87% | 68,6% | 116,39% |
| 8 | 1088,0 | 1,2% | 11,8% | 6,4% | 5,9% | 89,6% | 360,8 | 141,16% | 64,7% | 37,88% |
| 9 | 192,0 | 1,6% | 2,7% | 59,5% | 22,4% | 37,8% | 248,2 | 61,86% | 27,1% | 120,59% |
| 10 | 1648,0 | 14,4% | 8,7% | 17,5% | 121,6% | 73,8% | 648,0 | 127,82% | 51,5% | 67,63% |
| 11 | 1280,0 | 3,2% | 3,6% | 5,3% | 41,3% | 75,2% | 389,9 | 38,24% | 9,8% | 31,96% |
| 12 | 880,0 | 1,6% | 1,3% | 4,0% | 33,3% | 78,4% | 305,7 | 18,14% | 5,9% | 227,21% |
| 13 | 1200,0 | 3,2% | 1,5% | 4,3% | 20,1% | 168,0% | 110,9 | 11,98% | 10,8% | 33,81% |
| 14 | 2144,0 | 0 | 0,0% | 288 | 17,3% | 137,6% | 80,1 | 0,00% | 0,0% | 15,90% |
| 15 | 1664,0 | 1,6% | 11,8% | 246 | 22,6% | 774 | 65,6% | 378,5 | 111,8 | 42,9 |
| 16 | 1568,0 | 1,6% | 11,8% | 246 | 22,6% | 774 | 65,6% | 378,5 | 111,8 | 42,9 |
| Total | 1181 | 11,8% | 246 | 218,5 | 774 | 65,6% | 378,5 | 111,8 | 42,9 | 14,6% |

| Cuadrante | Dg (cm) | | | Ho (m) | | |
|--------------|-------------|------------------|-------------------|-------------|------------------|-------------------|
| | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica |
| Total | 28,6 | 38,5 | 36,7 | 20,8 | 21,9 | 20,2 |
| 1 | 27,2 | 31,1 | 25,9 | 17,8 | 19,8 | 17,4 |
| 2 | 31,1 | 29,6 | 31,6 | 21,4 | 21,4 | 15,6 |
| 3 | 39,3 | 28,7 | 32,6 | 18,5 | 20,5 | 10,9 |
| 4 | 28,0 | 31,0 | 26,9 | 19,4 | 21,6 | 15,3 |
| 5 | 39,3 | 30,5 | 30,5 | 21,2 | 21,2 | 18,9 |
| 6 | 39,7 | 30,1 | 34,2 | 19,4 | 21,6 | 15,1 |
| 7 | 35,3 | 20,8 | 20,8 | 18,8 | 17,3 | 18,6 |
| 8 | 41,2 | 35,3 | 35,3 | 19,4 | 19,4 | 14,4 |
| 9 | 40,8 | 29,3 | 29,3 | 18,8 | 18,8 | 20,8 |
| 10 | 27,3 | 14,0 | 14,0 | 12,4 | 10,8 | 11,5 |
| 11 | 34,2 | 26,9 | 26,9 | 17,9 | 19,5 | 15,8 |
| 12 | 22,2 | 31,1 | 25,9 | 17,8 | 19,8 | 17,4 |
| 13 | 39,3 | 28,7 | 32,6 | 18,5 | 20,5 | 10,9 |
| 14 | 28,0 | 31,0 | 26,9 | 19,4 | 21,6 | 15,3 |
| 15 | 39,3 | 30,5 | 30,5 | 21,2 | 21,2 | 18,9 |
| 16 | 40,8 | 29,3 | 29,3 | 18,8 | 17,3 | 18,6 |
| Total | 28,6 | 38,5 | 36,7 | 20,8 | 21,9 | 20,2 |

6. Hoja PRECIOS

La hoja *Precios* es la encargada de recoger la información necesaria para la obtención de los principales resultados económicos y financieros que ofrece Smartelo. Toda la información necesaria para ello está dividida en dos tablas:

En la tabla izquierda se recogen una serie de datos esenciales para la obtención de los resultados económicos y financieros.

En ella se deben insertar los precios unitarios (PU; en €/metro cúbico), para todas las clases diamétricas (CD) y calidades de cada especie que está presente en el Aula de Señalamiento. Este proceso es manual, y es esencial para obtener el precio de consumo, tanto actual como potencial de todos los pies que forman el aula.

La columna llamada PRD% (Porcentaje de Recuperación ante Desastres) corresponde al tanto por uno del precio actual de consumo que se recibirá en caso de desastre con periodo de retorno fijado en la hoja *Inicio* (Tabla de la izquierda, apartado Economía). Smartelo incrementa el precio de consumo según el PRD% fijado para cada especie, calidad y CD.

La tabla derecha recoge información a cerca de los precios unitarios (PU; en €/metro cúbico) de cada especie presente en el aula de señalamiento en función de la industria de transformación de la madera a la que vaya destinada. Las industrias de transformación de la madera con las que es posible trabajar en Smartelo son:

- Trituración
- Apea
- Cánter
- Sierra
- Sierra gruesa
- Chapa

Nota: La tabla de precios para industrias sólo se debe completar si se poseen datos de volúmenes para las mismas, ya que Smartelo calcula los precios de consumo para las diferentes industrias, especies y árboles presentes en el aula de señalamiento. Estos datos de volumen por industria han sido obtenidos con la aplicación cubiFor, y deben ser insertados en la hoja Industrias. En esta misma hoja pueden visualizarse los diferentes resultados y análisis que realiza Smartelo referente al aprovechamiento de la madera en el aula de señalamiento.



Precios

Precios unitarios por especie, calidad y clase diamétrica

| Especie | Calidad | CD | PU (€/m ³) | PRO (t) |
|-------------------|---------|----|------------------------|---------|
| Quercus pyrenaica | A | 5 | 8 | 0,2 |
| Quercus pyrenaica | A | 10 | 8 | 0,2 |
| Quercus pyrenaica | A | 15 | 10 | 0,2 |
| Quercus pyrenaica | A | 20 | 10 | 0,2 |
| Quercus pyrenaica | A | 25 | 25 | 0,2 |
| Quercus pyrenaica | A | 30 | 25 | 0,2 |
| Quercus pyrenaica | A | 35 | 30 | 0,2 |
| Quercus pyrenaica | A | 40 | 30 | 0,2 |
| Quercus pyrenaica | A | 45 | 35 | 0,2 |
| Quercus pyrenaica | A | 50 | 35 | 0,8 |
| Quercus pyrenaica | B | 5 | 10 | 0,8 |
| Quercus pyrenaica | B | 10 | 10 | 0,8 |
| Quercus pyrenaica | B | 15 | 25 | 0,8 |
| Quercus pyrenaica | B | 20 | 25 | 0,8 |
| Quercus pyrenaica | B | 25 | 30 | 0,8 |
| Quercus pyrenaica | B | 30 | 30 | 0,2 |
| Quercus pyrenaica | B | 35 | 35 | 0,2 |
| Quercus pyrenaica | B | 40 | 35 | 0,2 |
| Quercus pyrenaica | B | 45 | 40 | 0,2 |
| Quercus pyrenaica | B | 50 | 40 | 0,2 |

Precios unitarios según la industria de transformación y especie

| Especie | Trituración PU (€/m ³) | Apea PU (€/m ³) | Cáñter PU (€/m ³) | Sierra PU (€/m ³) | Sierra gruesa PU (€/m ³) | Chapa PU (€/m ³) |
|--------------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---|---------------------------------|
| Quercus pyrenaica | 8 | 25 | 20 | 20 | 40 | 10 |
| Pinus sylvestris | 8 | 25 | 20 | 20 | 40 | 10 |
| Pinus nigra | 8 | 25 | 20 | 20 | 40 | 10 |
| Crataegus monogyna | 8 | 25 | 20 | 20 | 40 | 10 |

7. Hoja CRECIMIENTOS

La hoja *Crecimientos* recoge información a cerca de los crecimientos diametrales (en cm/año) para cada especie y clase diamétrica presente en el Aula de Señalamiento.

Estos datos son muy útiles para estimar el volumen y precio de consumo potencial de cada árbol (entre otros muchos resultados que ofrece Smartelo) y pueden ser obtenidos mediante métodos tan variados como observación y medición directa, tablas de producción o ecuaciones de crecimiento, entre otros.

Los valores de crecimiento diametral que solicita Smartelo para realizar los pertinentes cálculos se pueden obtener por diferentes vías. Aquí se proponen dos en especial:

- Cálculo del crecimiento diametral mediante ecuaciones de crecimiento y modelización forestal. El Aula de Señalamiento de Valdepoza (Saldaña, Palencia), cuenta ya con ecuaciones de crecimiento para las tres especies arbóreas principales de la misma, sean estas: *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* y *Quercus pyrenaica*, las cuales se han desarrollado en este trabajo de investigación aplicada.
- Utilización del software de simulación forestal SIMANFOR (Sistema para la Simulación de Alternativas de Manejo Forestal Sostenible) para simular la dinámica del Aula de Señalamiento en el tiempo.

Gracias al constante avance tecnológico y la investigación llevada a cabo por diferentes expertos forestales, hoy en día es posible acceder a una mayor cantidad de información de forma más sencilla, automatizada y rápida.

Nuevas herramientas y aplicaciones informáticas dedicadas a facilitar la toma de decisiones en la gestión forestal sostenible comienzan a estar disponibles gracias a este gran avance y trabajo.

Proyectos de adaptación y mitigación del cambio climático (MDL, REDD, REDD+), diseño, gestión y conservación de Bosques Modelo y territorios climáticamente inteligentes, nuevos métodos de monitoreo, reporte y verificación (MRV) de emisiones o proyectos de implementación de pagos por servicios ecosistémicos son algunos de los principales ejemplos donde la utilización de aplicaciones informáticas como Smartelo y SIMANFOR tienen una gran importancia y aplicación.

SIMANFOR es una aplicación informática para la simulación de alternativas de manejo forestal sostenible que funciona vía Web. Este programa está compuesto por distintos módulos (gestión de inventarios, simulación, predicción y proyección, sistemas de consultas, salidas de simulaciones y sistema de seguridad) y admite diferentes roles para los usuarios: el administrador y responsable de la gestión del programa, los desarrolladores o programadores, los modelizadores o autores de modelos forestales y los usuarios finales.



Crecimientos

| | | Crecimientos diametrales (cm/año) | | | |
|----|--|-----------------------------------|------------------|-------------|-------------------|
| | | Especies | | | |
| | | Quercus pyrenaica | Pinus sylvestris | Pinus nigra | Cataegus monogyna |
| CD | | | | | |
| 5 | | 0,25 | 0,3 | 0,3 | 0,25 |
| 10 | | 0,3 | 0,35 | 0,35 | 0,3 |
| 15 | | 0,35 | 0,4 | 0,4 | 0,35 |
| 20 | | 0,4 | 0,4 | 0,45 | 0,4 |
| 25 | | 0,45 | 0,45 | 0,5 | 0,45 |
| 30 | | 0,5 | 0,5 | 0,55 | 0,45 |
| 35 | | 0,55 | 0,55 | 0,6 | 0,45 |
| 40 | | 0,6 | 0,6 | 0,65 | 0,4 |
| 45 | | 0,55 | 0,55 | 0,7 | 0,35 |
| 50 | | 0,3 | 0,55 | 0,7 | 0,35 |
| 55 | | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,3 |
| 60 | | 0,25 | 0,5 | 0,7 | 0,25 |
| 65 | | 0,25 | 0,45 | 0,65 | 0,2 |
| 70 | | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,2 |
| 75 | | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,2 |
| 80 | | 0,2 | 0,4 | 0,45 | 0,2 |

8. Hoja ECOLOGÍA

Una de las principales novedades que incluye Smartelo es el análisis ecológico del aula de señalamiento. Esta función permite valorar cada árbol del aula dependiendo de su importancia ambiental/ecológica en base a una serie de atributos fijados por el usuario. De esta manera, Smartelo podrá realizar una valoración no sólo económica (referente a la explotación directa de los recursos madereros del aula), sino también ambiental de la misma. Esta opción ofrece una información muy valiosa de cara a la toma de decisiones para diferentes actuaciones (cortar o conservar en función del valor de consumo de cada árbol), así como para su utilización en posibles proyectos MDL, REDD, REDD+ o la implementación de pagos por servicios ecosistémicos en una determinada zona.

La hoja *Ecología* está diseñada para generar los citados códigos singulares en base a una serie de atributos (a elección del gestor). Estos atributos serán evaluados mediante una escala de 0 a 10, en función de la importancia que dé cada gestor a cada uno de ellos para cada código singular. Por defecto, Smartelo trae 4 atributos ecológicos (vegetación, insectos, reptiles y avifauna). Como se ha comentado anteriormente, estos atributos pueden ser cambiados por otros, simplemente modificando el nombre de cada uno de ellos, así como añadir o eliminar los mismos. Una vez que se ha rellenado la información que se requiere (código singular, evaluación de atributos y descripción de cada código), se puede proceder a asignar uno o varios códigos a un determinado árbol en la hoja *Árboles*. La columna habilitada para ello es la denominada *Códigos singulares*.

Podrás encontrar más información a cerca de cómo trabajar con los códigos y atributos ecológicos/singulares dentro de la propia aplicación.



Ecología

| Códigos | Códigos singulares | | | | Descripción |
|---------|--------------------|----------|----------|----------|-----------------------------|
| | Vegetación | Insectos | Reptiles | Avifauna | |
| G1 | 1 | 3 | 2 | 1 | Huecos en tronco |
| G2 | 3 | 4 | 3 | 4 | Nido |
| G3 | 3 | 4 | 3 | 4 | Nido pequeño |
| H1 | 1 | 3 | 2 | 1 | Hongos |
| H2 | 3 | 4 | 3 | 4 | Hábitat y protección |
| H3 | 3 | 4 | 3 | 4 | Fijación CO2 |
| F1 | 2 | 3 | 2 | 1 | Frutos |
| F2 | 4 | 4 | 3 | 1 | Resina |
| F3 | 4 | 4 | 3 | 1 | Árbol singular o monumental |

9. Hoja EQUIPOS

Otro de los puntos interesantes que ofrece Smartelo es la posibilidad de trabajar con distintos equipos o gestores forestales. Esta opción permite obtener diferentes resultados en función de las decisiones que tome cada equipo/gestor. Imaginemos una clase con 20 alumnos, en la cual cada uno tiene unas ideas de actuación diferentes para los mismos pies, o bien están trabajando diferentes pies dentro del mismo aula de señalamiento. Smartelo permite generar un resumen con los resultados (dendrométricos, ecológicos, económicos) de todos ellos, posibilitando la comparación de los mismos mediante un cuadro resumen (Hoja *Resumen*).

De esta manera, la hoja *Equipos* contiene toda la información referente a los distintos equipos/gestores que trabajan con el aula de señalamiento.

La forma de trabajar con esta hoja *Equipos* es la siguiente:

1. En primer lugar se debe introducir el nombre del equipo/gestor en la primera columna, llamada *Nombre*
2. Acto seguido han de anotarse todos los pies que se deseen seleccionar para trabajar con ellos, es decir, aquellos sobre los que se va a actuar, bien porque se deseen cortar, conservar o llevar a cabo cualquier otra actuación de las que aparecen en la tabla de la derecha (*Razones*)
3. Una vez realizado lo anterior, se procederá a actuar sobre cada árbol seleccionado. Este paso consiste en decidir por qué razón se ha seleccionado o se desea trabajar con ese pie. Para ello se debe asignar un valor a la columna *Razón* tomando como referencia la tabla de la derecha, denominada *Razones*
4. Para finalizar, anotar que la última columna, llamada *Razón del equipo* no debe editarse, ya que contiene fórmulas y está automatizada por Smartelo

Nota: El nombre del equipo/gestor debe aparecer en todas las filas donde aparezcan árboles seleccionados por tal equipo/gestor. Se recomienda arrastrar la primera fila hacia abajo, o copiar y pegar dicho nombre hasta contener todos los árboles seleccionados.

Actualización de equipos/operadores en Smartelo:

Smartelo permite visualizar los diferentes resultados por equipo/operador en la hoja *Resultados*.

Estos equipos/operadores pueden sufrir cambios a lo largo del tiempo, por lo que es necesario actualizar esta información para el correcto funcionamiento de la aplicación.

Una vez que se hayan añadido/eliminado equipos/operadores en esta hoja, acuda a la hoja *Inicio* y haga click en el botón *Extraer* de la tabla Equipos/Operadores. Automáticamente se actualizará la lista incluida en esa tabla y podrá proceder con su trabajo. Además, podrá comprobar que la lista desplegable de Equipos/Operadores de la hoja *Resultados* se ha actualizado con los últimos cambios realizados.

Nota: Este mismo procedimiento es necesario realizarlo cada vez que se añaden o eliminen especies en la hoja Árboles, aunque esta vez debe hacer click en el botón Extraer situado en la tabla Especies de la hoja Inicio. Cada vez que su inventario sufra algún tipo de cambio se recomienda realizar esta acción.



Equipos

| Equipos/Operadores | | | |
|--------------------|-----------------|-------|------------------|
| Nombre | Número de árbol | Razón | Razón del equipo |
| David Rodríguez | 6 | 1 | |
| David Rodríguez | 7 | 1 | |
| David Rodríguez | 11 | 7 | |
| David Rodríguez | 13 | 4 | |
| David Rodríguez | 16 | 3 | |
| David Rodríguez | 20 | 4 | |
| David Rodríguez | 22 | 4 | |
| David Rodríguez | 26 | 1 | |
| David Rodríguez | 32 | 4 | |
| David Rodríguez | 37 | 1 | |
| David Rodríguez | 39 | 1 | |

| Razones | |
|---------|----------------|
| Número | Razón |
| 1 | Bifurcado |
| 2 | Caldo |
| 3 | Fraccionado |
| 4 | Torcido |
| 5 | Explotación |
| 6 | De sustitución |
| 7 | Biodiversidad |

10. Hoja INDUSTRIAS

Como se adelantó en la hoja *Precios*, Smartelo permite calcular los diferentes precios de consumo divididos por industrias de transformación de la madera para cada árbol y especie del aula de señalamiento. Esta opción está disponible si se poseen los volúmenes de industria para cada árbol, los cuales pueden ser generados con diferentes aplicaciones informáticas, entre las cuales destacamos cubiFor.

La hoja *Industrias* está dividida en dos partes:

- Industrias (*Parte de la izquierda*):

Está dedicada a insertar los datos pertenecientes a árbol, cuadrante, especie, volumen sin corteza (*Vsc ; Vfuste*) y los volúmenes por industria (obtenidos con cubiFor). Las celdas sombreadas se calculan automáticamente, y dan como resultado el volumen con corteza (primera columna sombreada; dato que se toma de la hoja *Árboles*), y los precios de consumo para cada industria y árbol (celdas de la derecha).

- Resultados Industrias (*Parte de la derecha*):

Zona de la hoja donde se puede visualizar la información y resultados principales referentes tanto a volúmenes como a precios de consumo para cada industria y especie.

Gracias a los marcadores situados en la zona central, se pueden elegir las especies y cuadrantes que se deseen (haciendo click en la tecla Control se pueden seleccionar varios de ellos simultáneamente).

Los gráficos muestran el volumen/precio de consumo por industria y especie en valores absolutos (gráficos centrales), así como el volumen/precio de consumo por industria (gráfico izquierdo) y por especie (gráfico derecho) en tanto por ciento.

11. Hoja BIOMASA

La hoja *Biomasa* está diseñada para analizar el contenido de la misma en el aula de señalamiento. Esta opción de Smartelo permite obtener información de gran importancia e impacto tanto actual como futuro, siendo la cuantificación de carbono, la ayuda en la toma de decisiones en proyectos REDD, REDD+ o MDL o la implementación de pagos por servicios ecosistémicos algunas de las más significativas, entre otras.

Al igual que la hoja *Industrias*, esta hoja está dividida en dos partes:

- Biomasa (*Parte de la izquierda*):

De igual manera que en la hoja *Industrias*, se deben introducir los datos referidos a los árboles que forman el Aula de Señalamiento, junto con el cuadrante y la especie a la que pertenecen.

A continuación se piden los siguientes datos referidos a la biomasa de cada pie, los cuales se pueden obtener mediante la aplicación cubiFor, al igual que los datos obtenidos referidos a cada industria de transformación de la madera. Smartelo utiliza por defecto el formato de datos de biomasa obtenidos de cubiFor, siendo estos:

- B_PM (t)
 - B_Trit (t): Biomasa para industria de trituración
 - B_R>7 (t): Biomasa de ramas de diámetro superior a 7 cm
 - B_2-7 (t): Biomasa de ramas de diámetro entre 2 y 7 cm
 - B_R<2 (t): Biomasa de ramas de diámetro inferior a 2 cm
 - B_Raíz (t): Biomasa de la raíz
- Resultados biomasa (*Parte de la derecha*):

En esta parte de la hoja se muestra una tabla que ofrece resultados totales de biomasa para cada especie y tipo de biomasa. Si lo desea puede filtrar una o varias especies tanto con el filtro situado en la celda con nombre *Especie*, tanto con los marcadores situados justo debajo de la citada tabla.

Situados en la parte derecha de esta tabla hay 3 gráficos dinámicos, los cuales varían en función de los indicado con los marcadores de *Especie* y *Cuadrante*. Estos gráficos muestran información a cerca de:

- Biomasa aérea y subterránea (%)
- Biomasa por especie (%)
- Biomasa por tamaños (%)

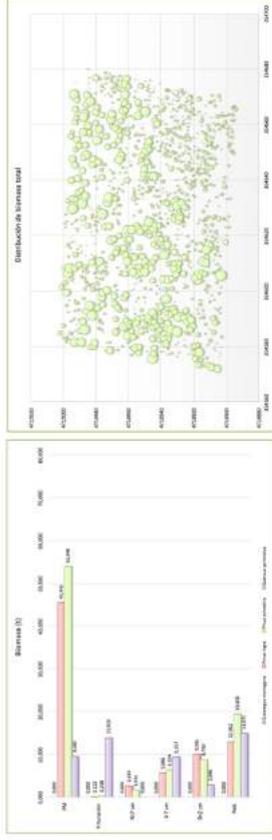
Adicionalmente se puede visualizar un gráfico de barras horizontales que muestra, en valores absolutos (t), la cantidad de biomasa por tamaños y especie. Este gráfico, al igual que los anteriores, es dinámico y varía en función de los marcadores que se hayan marcado referentes a la especie y a los cuadrantes que conforman el aula de señalamiento.

Para finalizar, se presenta un plano general que muestra la disposición de la biomasa total de cada árbol sobre el aula de señalamiento. El tamaño de cada burbuja indica la cantidad de biomasa total de cada árbol. Este gráfico es estático, por lo que es independiente de los marcadores de especie y cuadrante seleccionados, a diferencia de los anteriores.



Biomasa

| Biomasa (t) | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Especie | PM | Tirundación | Ry 7 cm | Ry 10 cm | Ry 12 cm | Ry 15 cm | Ry 20 cm | Ry 25 cm | Ry 30 cm | Total |
| <i>Crataegus monogyna</i> | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 |
| <i>Pinus nigra</i> | 45,443 | 0,122 | 2,634 | 5,666 | 9,981 | 12,962 | 17,681 | 23,952 | 32,952 | 76,81 |
| <i>Pinus sylvestris</i> | 53,946 | 0,248 | 1,611 | 6,324 | 8,790 | 19,409 | 26,313 | 34,909 | 46,313 | 96,33 |
| <i>Quercus pyrenaica</i> | 9,585 | 13,819 | 0,000 | 9,357 | 2,846 | 14,971 | 50,68 | 14,971 | 50,68 | 50,68 |
| Total | 106,97 | 14,29 | 4,25 | 21,35 | 21,62 | 47,34 | 217,81 | 217,81 | 217,81 | 217,81 |
| Baleras y subterráneas | | | | | | | | | | 170,47 |



| Artículo | Cuantares | Especie | Biomasa (t) | | | | | | | | | |
|----------|-----------|--------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|
| | | | R _{PM} (t) | R _{Tir} (t) | R _{R7} (t) | R _{R10} (t) | R _{R12} (t) | R _{R15} (t) | R _{R20} (t) | R _{R25} (t) | R _{R30} (t) | Total |
| 1 | 13 | <i>Quercus pyrenaica</i> | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,004 | 0,001 | 0,005 | 0,005 | 0,013 | 0,013 | 0,013 |
| 2 | 13 | <i>Pinus sylvestris</i> | 0,037 | 0,009 | 0,031 | 0,067 | 0,094 | 0,145 | 0,203 | 0,268 | 0,348 | |
| 3 | 13 | <i>Pinus nigra</i> | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 4 | 13 | <i>Pinus sylvestris</i> | 0,297 | 0,000 | 0,000 | 0,015 | 0,044 | 0,098 | 0,165 | 0,246 | 0,346 | |
| 5 | 13 | <i>Pinus sylvestris</i> | 0,259 | 0,000 | 0,003 | 0,025 | 0,038 | 0,067 | 0,103 | 0,145 | 0,198 | |
| 6 | 13 | <i>Pinus sylvestris</i> | 0,217 | 0,000 | 0,003 | 0,023 | 0,036 | 0,060 | 0,090 | 0,128 | 0,176 | |
| 7 | 13 | <i>Pinus sylvestris</i> | 0,142 | 0,000 | 0,001 | 0,016 | 0,027 | 0,037 | 0,053 | 0,073 | 0,096 | |
| 8 | 13 | <i>Pinus sylvestris</i> | 0,596 | 0,000 | 0,014 | 0,047 | 0,066 | 0,115 | 0,165 | 0,232 | 0,317 | |
| 9 | 13 | <i>Quercus pyrenaica</i> | 0,099 | 0,000 | 0,000 | 0,004 | 0,013 | 0,025 | 0,045 | 0,073 | 0,115 | |
| 10 | 13 | <i>Pinus sylvestris</i> | 0,243 | 0,000 | 0,004 | 0,017 | 0,040 | 0,073 | 0,115 | 0,165 | 0,232 | |

12. Hoja RESULTADOS

Resultados es la primera hoja (salvo biomasa e industrias que dependen de datos muy específicos), donde se pueden visualizar los principales resultados de Smartelo.

Una de las grandes ventajas que posee esta hoja reside en la posibilidad de obtener los diferentes resultados en función del equipo/gestor que seleccionemos en la barra superior (seleccionable junto a *Equipo*) y visualizar en esta hoja únicamente los del equipo/gestor que deseemos. Además, Smartelo permite recoger estos datos en forma de resumen haciendo click en el botón *Archivar*. Una vez hecho esto, todos los datos referentes al equipo seleccionado se podrán visualizar en la hoja *Resumen* de forma rápida y sencilla.

Una vez visualizados y archivados en la hoja *Resultados* todos aquellos equipos/gestores que se deseen, se podrá proceder a comparar los resultados obtenidos en la hoja *Resumen*, y tener una visión más general a cerca del trabajo realizado por cada equipo y de esta manera facilitar la toma de decisiones de actuación en conjunto.

La hoja *Resultados* está dividida en 4 partes, las cuales se presentan a continuación:

1. Evolución del patrimonio dendrométrico y financiero (*Parte superior izquierda*):

- Resultados referentes al estado de la masa en las fases previa y posterior a la corta realizada por el equipo seleccionado, así como la cuantificación de ésta (en número de pies/ha) y su representación gráfica (*información clasificada por clases diamétricas*).
- Resultados referentes al área basimétrica y volumen total en las fases previa, posterior, así como el volumen cortado clasificado por tipos de madera (estrecha, media o gruesa. Ver límites de la hoja Inicio) y calidades de madera (A,B,C,D).
- Resultados económicos referentes al precio de consumo, precio potencial, ganancia y precio de consumo medio. Al igual que en el caso anterior, para las fases de corta, previa y posterior a la misma clasificados por tipos de madera (estrecha, media y gruesa).

2. Análisis de la masa (*Parte superior derecha*):

- Resultados referentes a crecimientos en volumen y área basimétrica, así como otros referidos a la extracción de la masa en tanto por ciento (*¿qué porcentaje de masa ha extraído el equipo seleccionado en base al volumen, área basimétrica, precio de consumo o nota ecológica total?*).

Esta información es completada con la representación gráfica de la distribución de volumen total (valor absoluto; en metros cúbicos) en función del tipo de madera (estrecha, media o gruesa) y calidad para las fases previa y posterior a la corta, así como la tasa de extracción (%) de cada especie y la distribución de especies (%) en el aula de señalamiento tras la corta realizada por el equipo en cuestión.

- Resumen numérico (tanto en valor absoluto como en porcentaje) de las diferentes razones de actuación seleccionadas por cada equipo.

3. Evolución del patrimonio ecológico (*Parte media*):

- Resultados relacionados con la nota ecológica en las fases previa y posterior a la corta, así como esta última.
- Resultados referentes al Índice de Shannon, el cual mide la biodiversidad específica de un determinado área. Este índice está comprendido normalmente entre 0.5 y 5; y aunque la media se encuentra en torno a 2-3, valores menores a 2 son considerados como bajos y superiores a 3 como altos.

4. Gráfico de poblaciones (*Parte inferior*):

Otra de las importantes funciones que realiza Smartelo para facilitar la toma de decisiones y mejorar la gestión de masas forestales reside en este gráfico. Smartelo es capaz de dividir los árboles de la masa en 3 grupos o poblaciones diferentes, en función del estado de madurez en el que se encuentre cada uno de ellos. Para ello se toma en cuenta el resultado del ratio Pup/Pu (*Precio potencial/Precio actual de consumo*) de la hoja *Árboles*. En función del mismo, se clasifican los pies mediante las siguientes poblaciones:

- Árboles maduros (*Población 1*): Pertenecen a esta población todos aquellos pies cuyo precio real de consumo es muy superior al precio potencial de consumo.
- Árboles explotables (*Población 2*): Pertenecen a esta población todos aquellos pies cuyo precio real de consumo sea parecido al precio potencial de consumo. Todos aquellos pies que estén incluidos en esta población son aptos para su explotación en el momento actual.
- Árboles de porvenir (*Población 3*): Pertenecen a esta población todos aquellos pies cuyo precio real de consumo es muy inferior al precio potencial de consumo.

Smartelo permite visualizar mediante el gráfico XY de esta hoja *Resultados* tales poblaciones interactuando con los marcadores situados junto al mismo. Es interesante anotar que los marcadores se actualizan automáticamente en función de la información visualizada en el gráfico, lo cual es una forma directa de visualizar dicha información.

13.Hoja RESUMEN

La hoja *Resumen* está diseñada para visualizar todos los resultados expuestos en la hoja *Resultados* de forma directa y sencilla. Esta información se obtiene seleccionando el equipo deseado en la hoja *Resultados*, y haciendo click en el botón *Archivar*; automáticamente todos los resultados serán enviados a la hoja *Resumen*.



Resumen

| Equipo | Domenico Moretti | Anna Meyer | Florence Leblanc |
|--|------------------|-------------|------------------|
| Pedimondo, desarrollo técnico y financiero | | | |
| Permanencia Global | 345,00 | 440,00 | 316,00 |
| Número de árboles | 240,40 | 431,64 | 231,27 |
| Volumen (m3) | 0,70 | 0,88 | 0,69 |
| VAM (m3) | | | |
| Por hectárea V/ha (m3) | 240,40 | 431,64 | 231,27 |
| | % P | 0,13 | 0,15 |
| | % BV | 0,34 | 0,83 |
| | % GE | 0,02 | 0,02 |
| | % A | 0,00 | 0,00 |
| | % B | 0,00 | 0,00 |
| | % C | 0,26 | 0,26 |
| | % D | 0,74 | 0,74 |
| G/ha (m2) | 27,33 | 36,37 | 26,34 |
| Valor (€/ha) | 4800,60 | 6955,20 | 4622,50 |
| Ganancia (€/ha) | -210,10 | 396,22 | 196,30 |
| | FS | 0,08 | 0,09 |
| | BV | 0,88 | 0,87 |
| | GE | 0,03 | 0,04 |
| Valor potencial (€/ha) | 5252,38 | 7905,61 | 4907,47 |
| Análisis de la masa | | | |
| Incrementos | 115,63 | 119,63 | 118,72 |
| Crec. en V, (m3/rotación) | 13,61 | 13,61 | 13,56 |
| Crec. en G, (m2/rotación) | | | |
| Extracción | | | |
| Global | 23,00 | 23,00 | 23,00 |
| Número de árboles | 17,29 | 17,29 | 17,29 |
| Volumen (m3) | 0,58 | 0,89 | 0,75 |
| VAM (m3) | | | |
| Por hectárea V/ha (m3) | 8,15 | 16,92 | 17,29 |
| G/ha (m2) | 0,91 | 1,86 | 1,89 |
| Corta (€/ha) | -160,80 | 362,20 | 338,50 |
| Ganancia (€/ha) | 5,11 | 18,99 | 16,00 |
| Coef. de aclareo | 0,84 | 1,29 | 1,09 |
| Incremento PU | 0,00 | -0,01 | 0,00 |
| Razones | 0,90 | 0,85 | 0,52 |
| Regeneración | 0,00 | 0,00 | 0,31 |
| Sanitaria | 0,02 | 0,05 | 0,03 |
| Recolección | 0,02 | 0,08 | 0,14 |
| De sustitución | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Diversidad | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| Explotación | 0,00 | 0,03 | 0,00 |
| Evaluación del patrimonio ecológico | | | |
| Nota ecológica | 13,36 | 15,25 | 13,26 |
| Antes | 12,93 | 12,50 | 12,34 |
| Después | 0,89 | 0,89 | 0,89 |
| Indice de Shannon | 0,89 | 0,89 | 0,89 |
| Antes | | | |
| Después | | | |
| Resultado financiero productos madereros (Incluidos los fondos) | | | |
| | 31.228,35 € | 34.521,27 € | 31.228,35 € |

14. Hoja GRÁFICOS

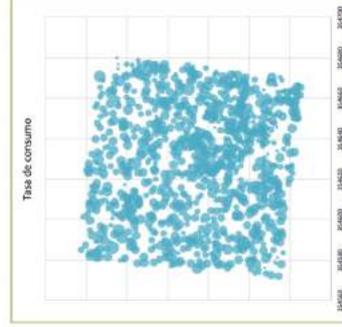
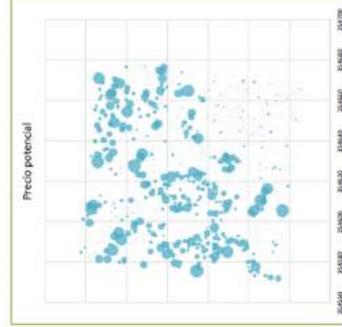
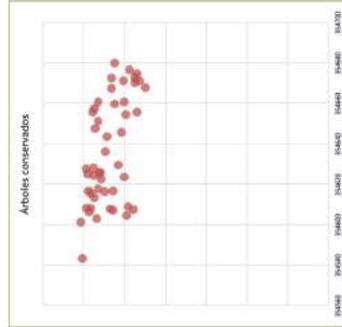
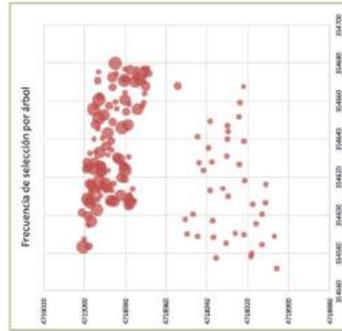
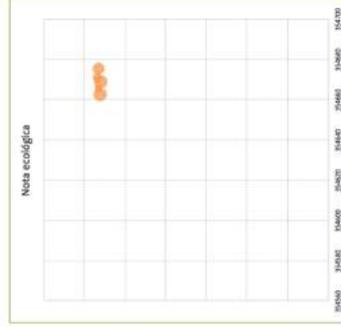
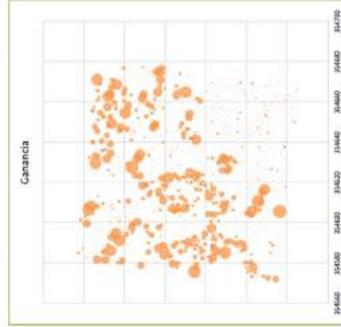
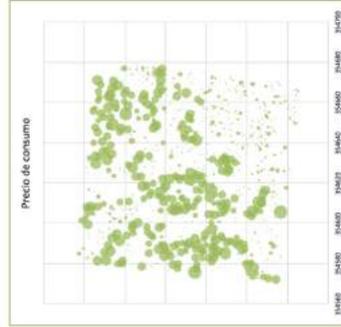
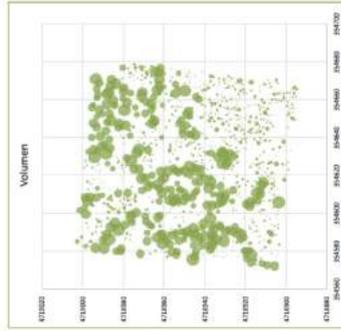
Smartelo permite visualizar toda la información expuesta en la hoja *Resultados* de forma gráfica mediante una serie de gráficos dinámicos, los cuales tienen por eje horizontal las coordenadas X de cada árbol y por eje Y las coordenadas Y de cada árbol dentro del aula de señalamiento. Al igual que con otros gráficos incluidos en Smartelo, el usuario puede interactuar con los mismos mediante los marcadores situados en la parte inferior de la hoja. A continuación se exponen brevemente cada uno de los gráficos presentes en esta hoja:

1. Volumen: Muestra la distribución del volumen total con corteza de cada árbol (en metros cúbicos).
2. Precio de consumo: Muestra la distribución del precio de consumo de cada árbol (en €).
3. Ganancia: Muestra la distribución del incremento del precio de consumo por árbol (en €/año)
4. Nota ecológica: Representa la distribución de los pies con cierta importancia ecológica, es decir, aquellos a los que se ha adjudicado uno o varios códigos ecológicos.
5. Frecuencia de selección por árbol: Indica el número de veces que un árbol ha sido seleccionado en total (por el conjunto de equipos).
6. Árboles conservados: Representa aquellos pies que nunca han sido seleccionados.
7. Precio potencial: Muestra la distribución del precio potencial (€) de cada pie del aula de señalamiento.
8. Tasa de consumo: La tasa es un ratio (%) entre la ganancia (€) y el precio actual de consumo (€). Este gráfico representa la distribución de dicha variable en el aula de señalamiento.

Nota: Cada círculo representa un árbol, siendo el tamaño de los mismos proporcional al valor de la variable representada en cada gráfico.



Gráficos



Anejo 2: Tipificación del Aula de Señalamiento de Valdepoza



The Smart Forest Management

www.smartelo.es



Tipificación del Aula de Señalamiento de
Valdepoza

Bienvenidos

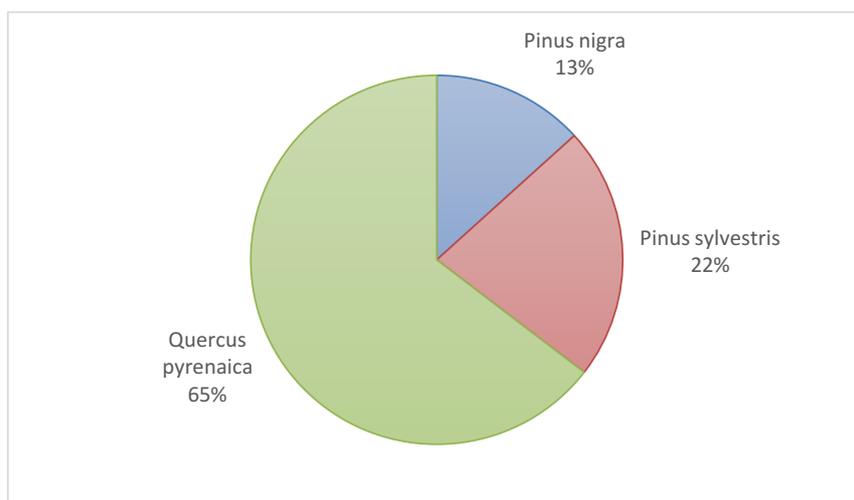
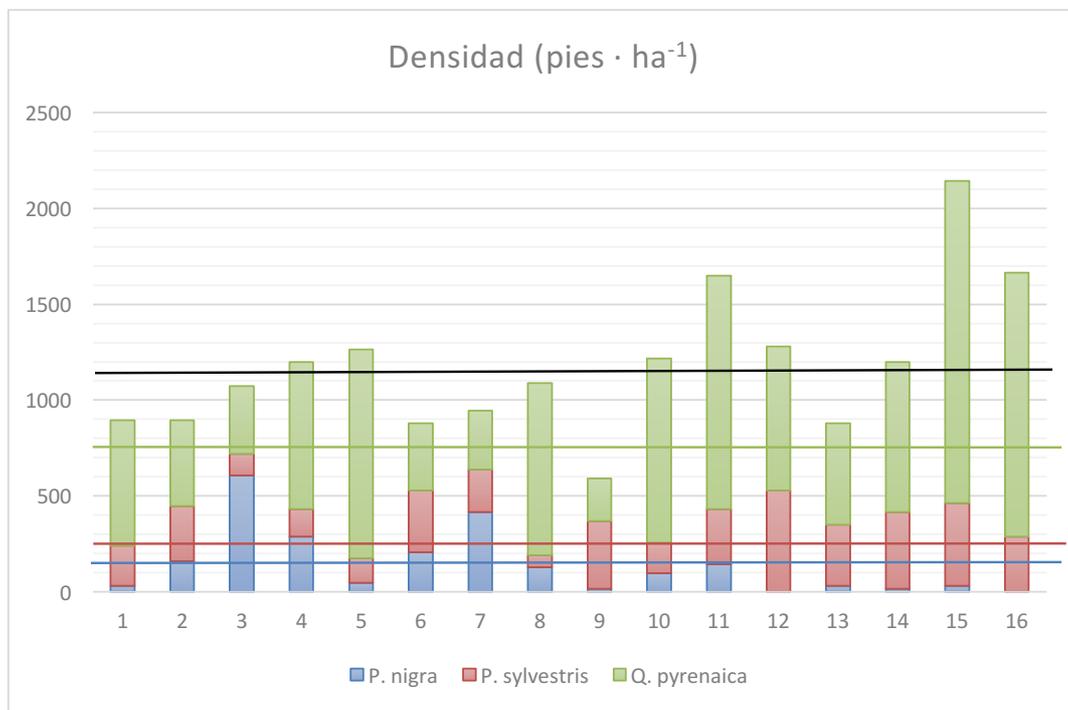
El presente documento “Tipificación del Aula de Señalamiento de Valdepoza” describe la masa del Aula de Señalamiento atendiendo a las variables típicas utilizadas para tal efecto. Sean dichas variables las siguientes:

- (1) Densidad (N, en pies · ha⁻¹)
- (2) Volumen (V, en m³ · ha⁻¹)
- (3) Área basimétrica (G, en m² · ha⁻¹)
- (4) Diámetro medio cuadrático (dg, en cm)
- (5) Altura dominante (Ho, en m)

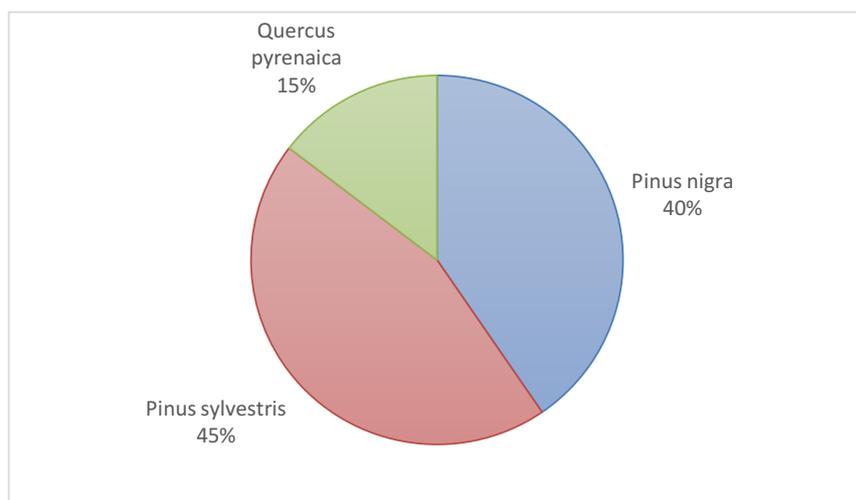
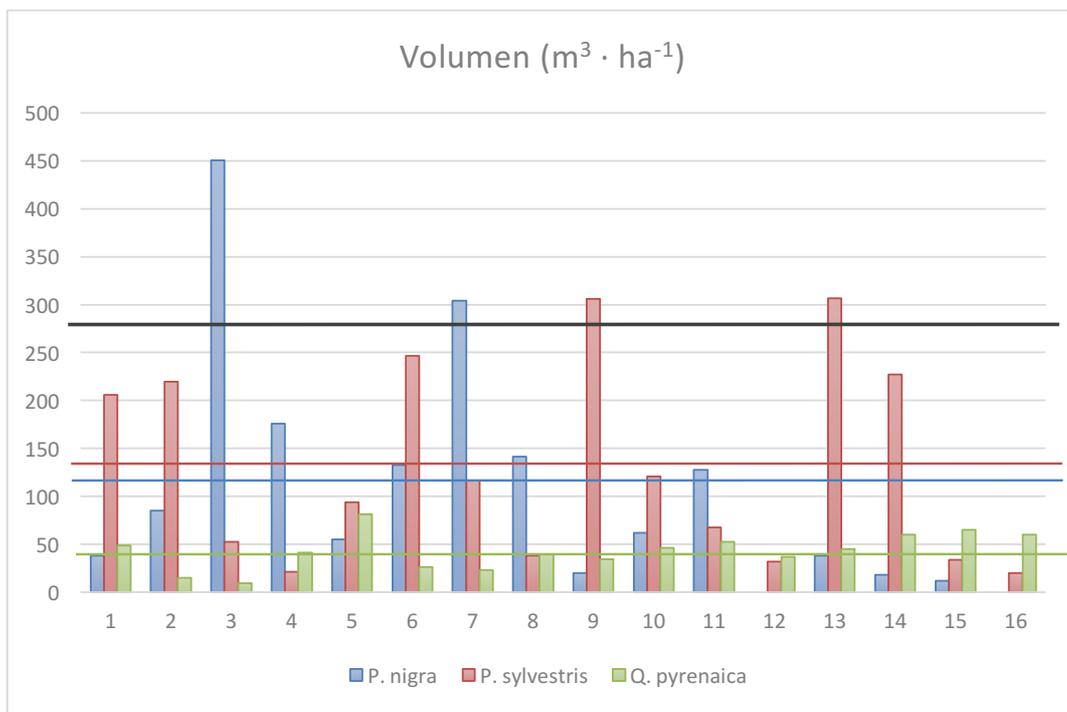
Las anteriores variables de masa están representadas gráficamente y divididas por cada especie y cuadrante del Aula de señalamiento de estudio. Dichos gráficos han sido obtenidos gracias a la versión de escritorio de Smartelo, llamada Smartelo_Portable.

1. Tipificación general del Aula de señalamiento de Valdepoza

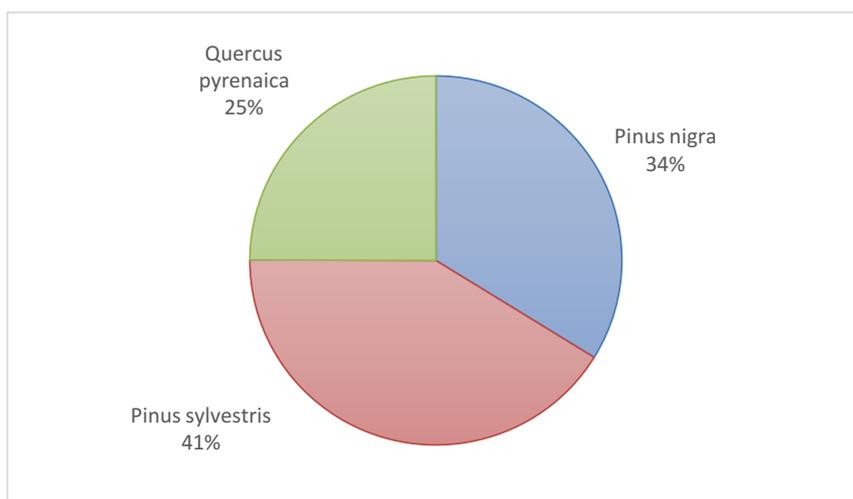
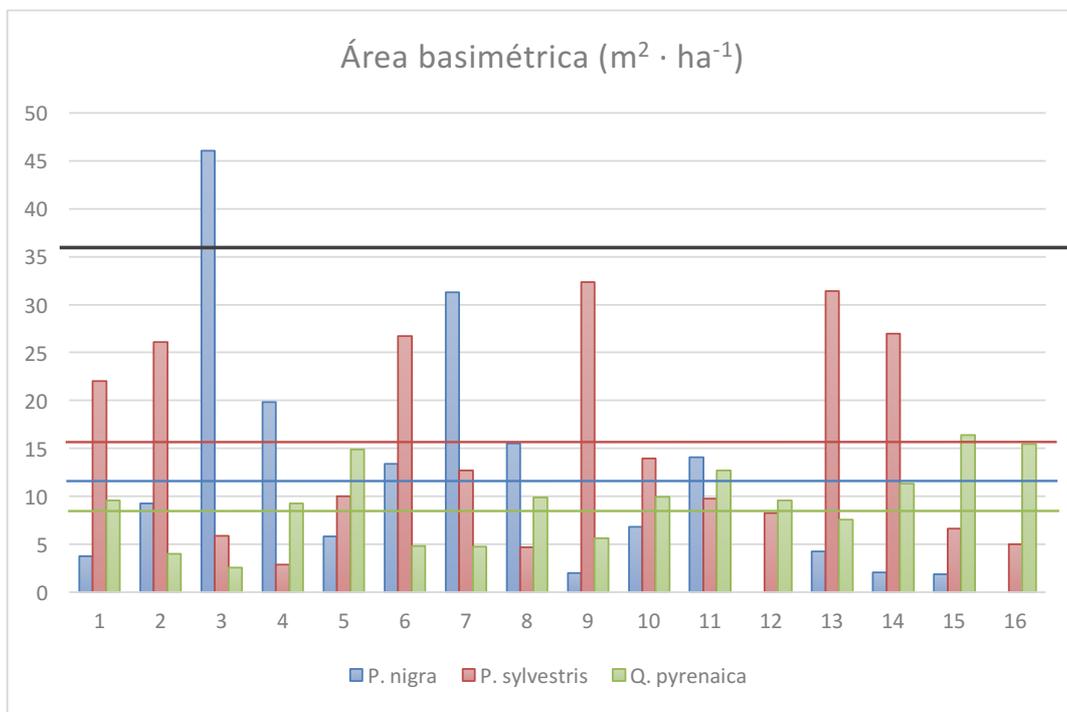
1.1. Densidad (N , pies \cdot ha $^{-1}$)



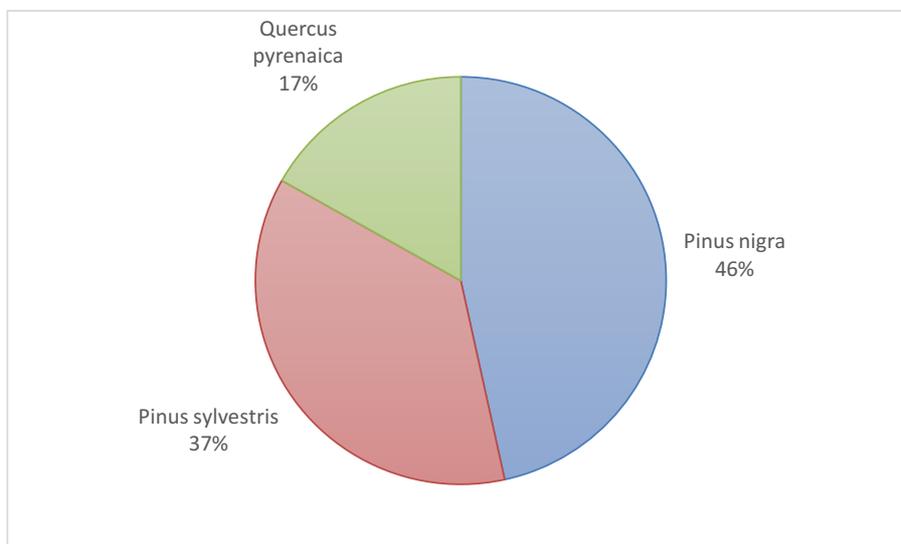
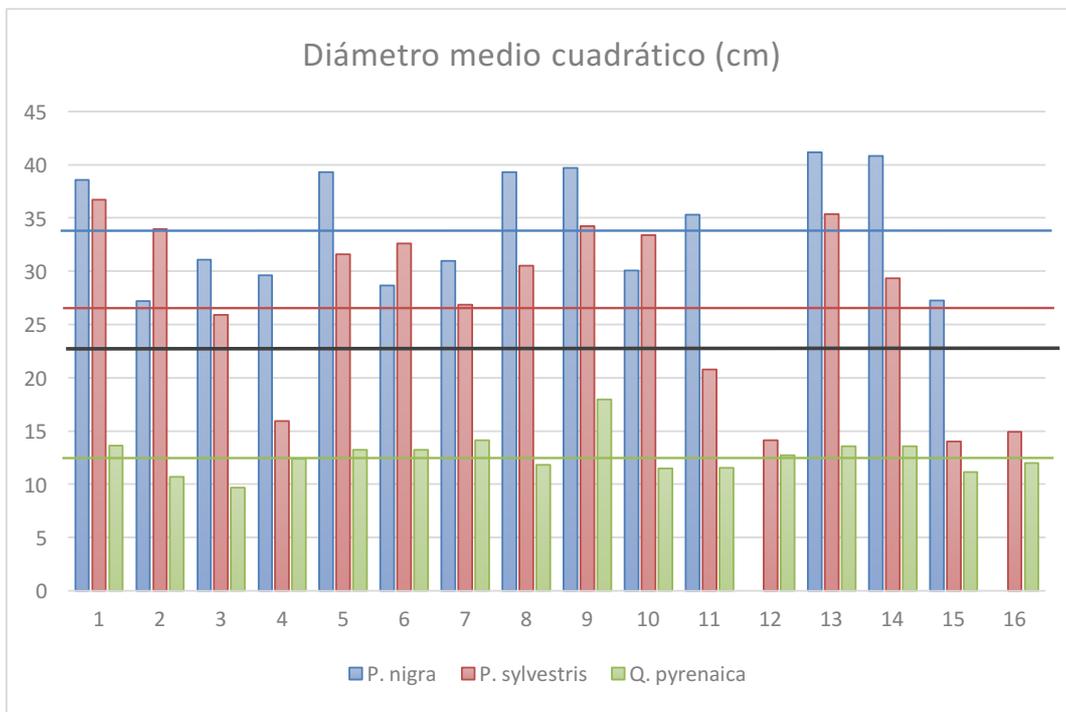
1.2. Volumen ($V, m^3 \cdot ha^{-1}$)



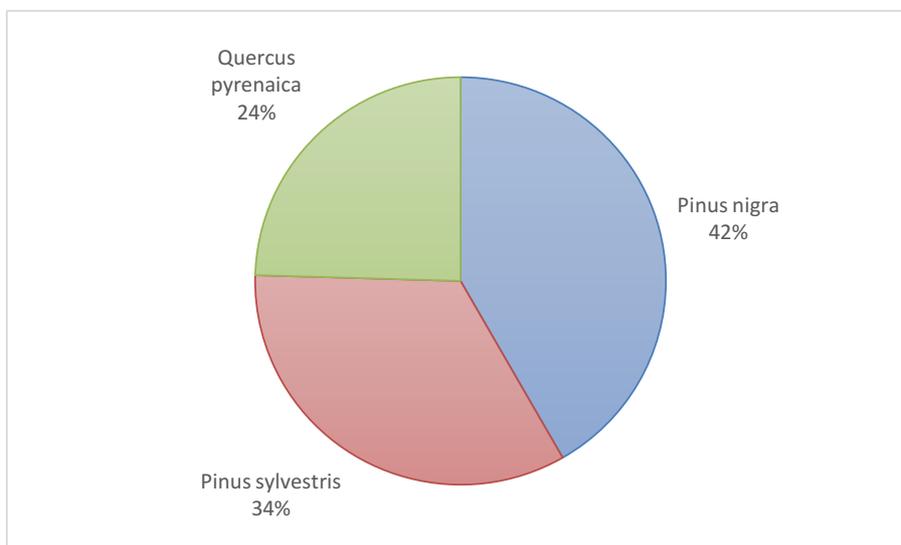
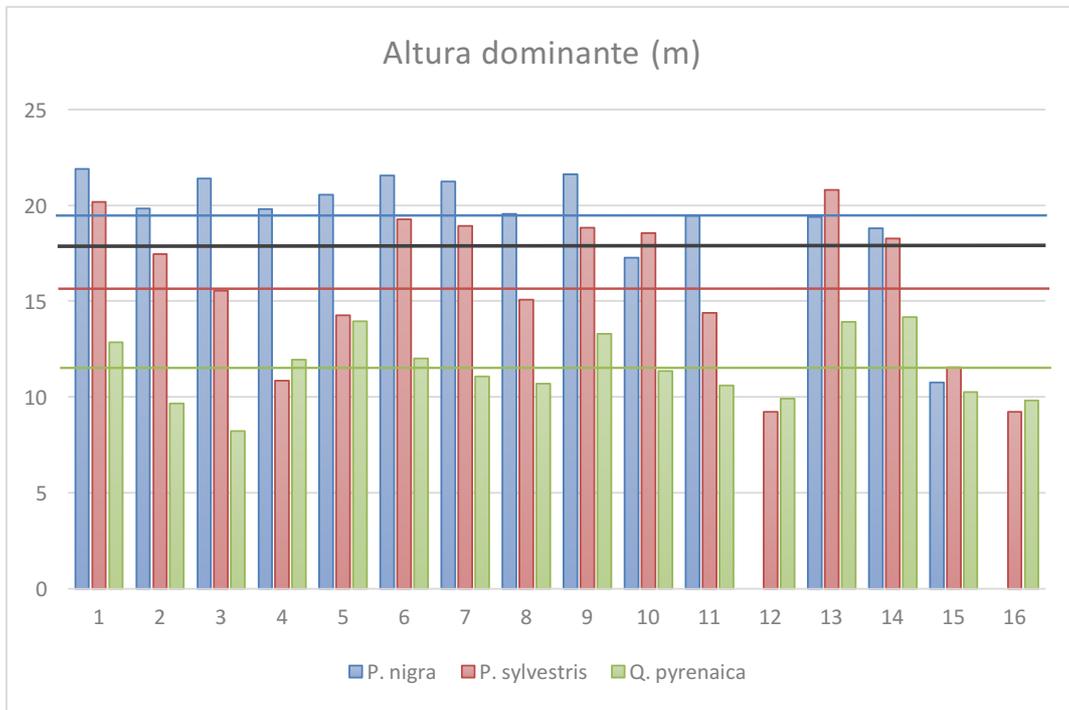
1.3. Área basimétrica ($G, m^2 \cdot ha^{-1}$)



1.4. Diámetro medio cuadrático (dg, cm)

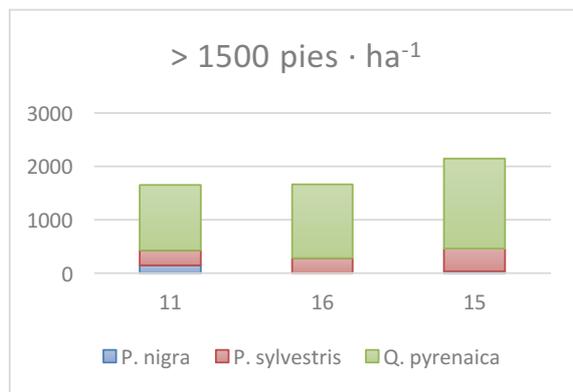
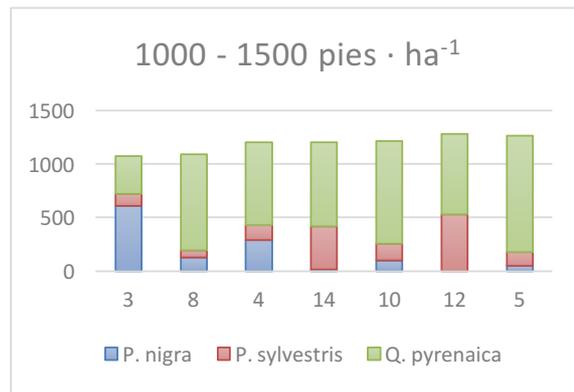
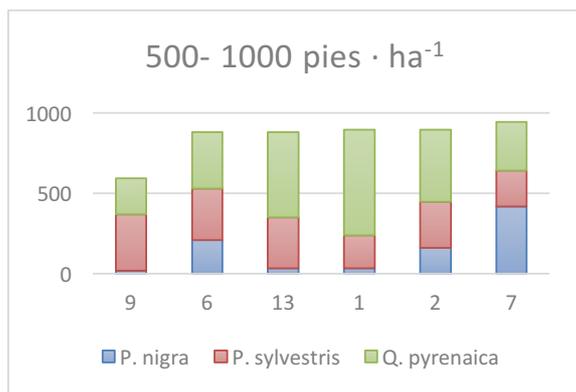


1.5. Altura dominante (Ho, m)

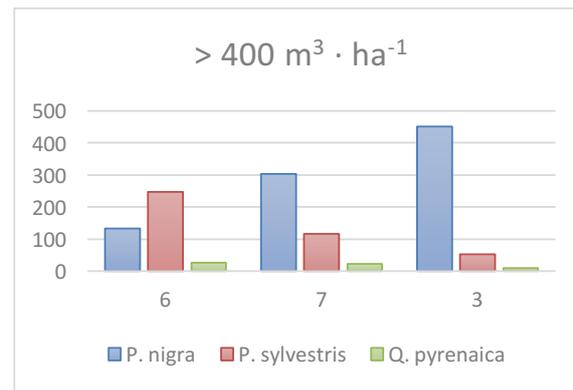
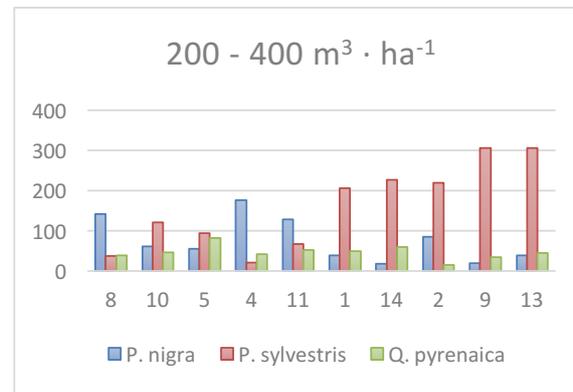
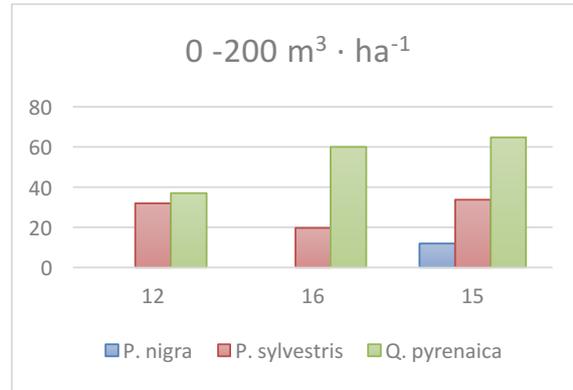


2. Tipificación del Aula de Señalamiento por rangos

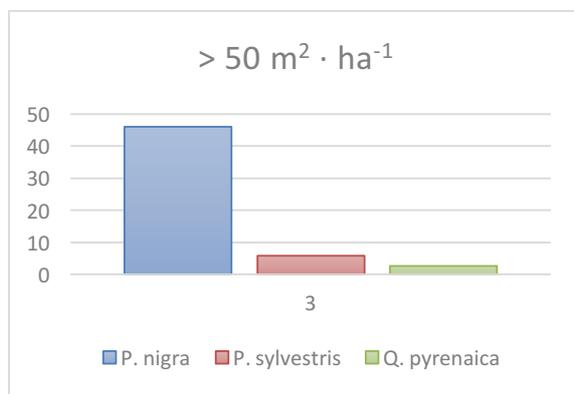
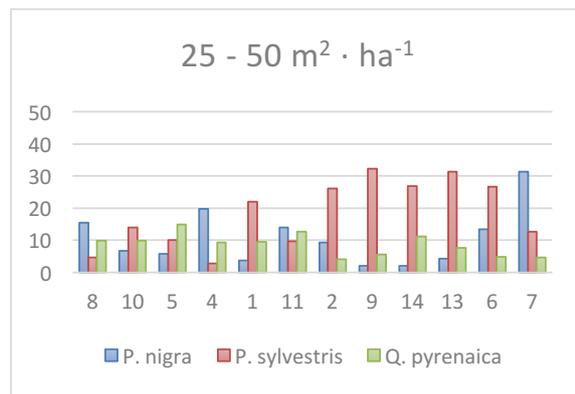
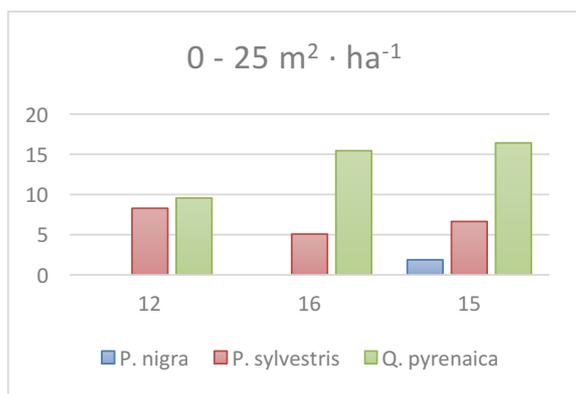
2.1. Densidad (N, pies · ha⁻¹)



2.2. Volumen ($m^3 \cdot ha^{-1}$)



2.3. Área basimétrica ($m^2 \cdot ha^{-1}$)



Anejo 3: Fichas descriptivas de cuadrantes del Aula de Señalamiento de Valdepoza



The Smart Forest Management

www.smartelo.es



Descripción de cuadrantes del Aula de Señalamiento de
Valdepoza

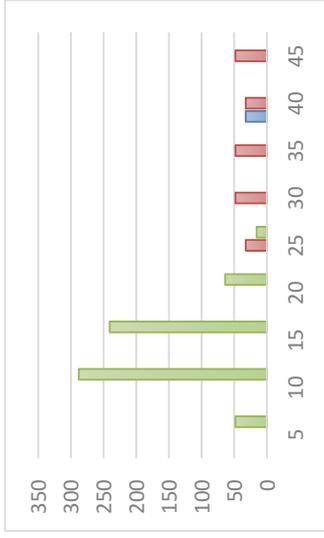
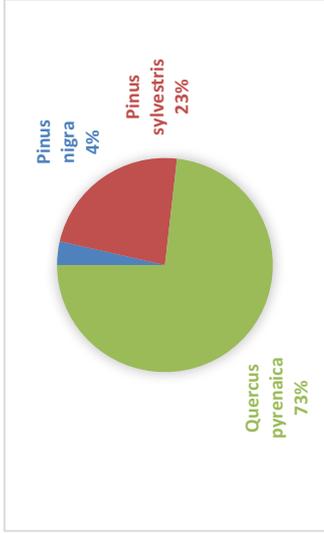
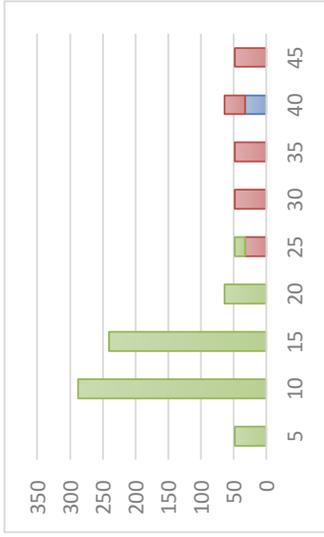
Bienvenidos

El presente anejo contiene las fichas descriptivas de los cuadrantes en los que se divide el Aula de señalamiento de Valdepoza (Saldaña, Palencia). Estas fichas se han diseñado con el fin de disponer de una información más detallada a cerca de los cuadrantes que forman el Aula y complementar la información que ofrece el trabajo en relación a Smartelo. De esta manera, el usuario podrá obtener una visión detallada a cerca de las características de la masa del Aula de señalamiento a distintos niveles, tanto a nivel general como detallada por cuadrantes.

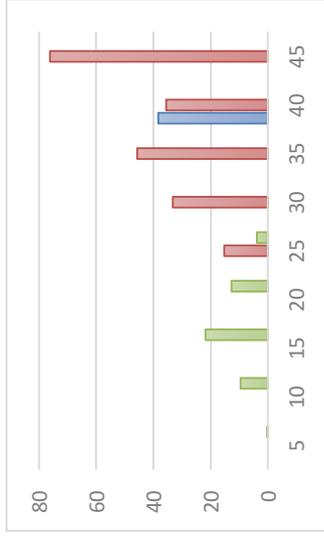
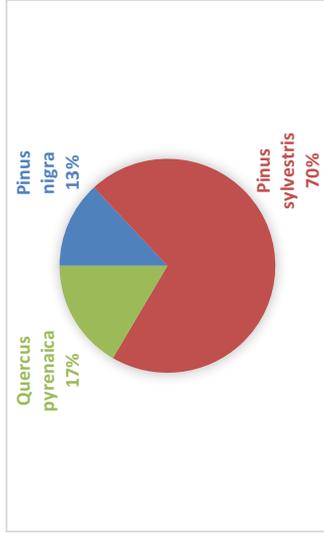
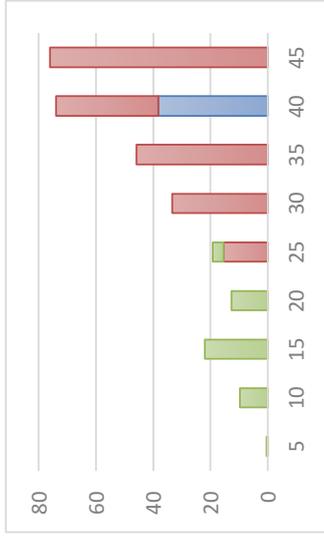
Las fichas que se presentan a continuación contienen la siguiente información de interés:

- Gráficos de densidad ($\text{pies} \cdot \text{ha}^{-1}$), volumen ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) y área basimétrica ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) para cada clase diamétrica y especie del cuadrante. Se dispone de la información de tres formas diferentes:
 - o Gráfico de frecuencias acumuladas
 - o Diagrama de sectores con porcentajes
 - o Gráfico de frecuencias individuales (por especie)
- Plano de localización del cuadrante con la situación y distribución de los diferentes pies dentro del mismo
- Datos referentes a las principales variables de masa, tanto en valor absoluto como en porcentaje, para las distintas especies que están presentes en el cuadrante de estudio

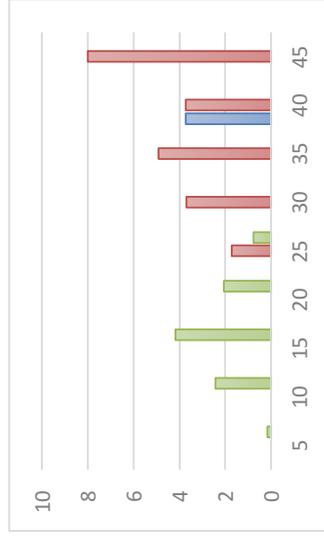
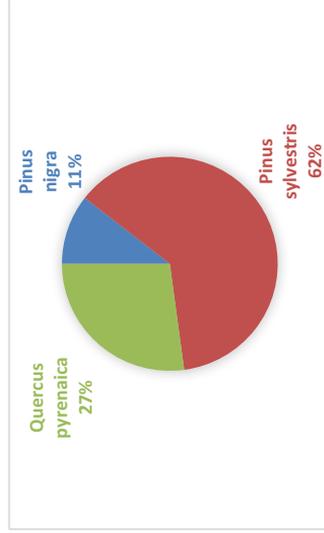
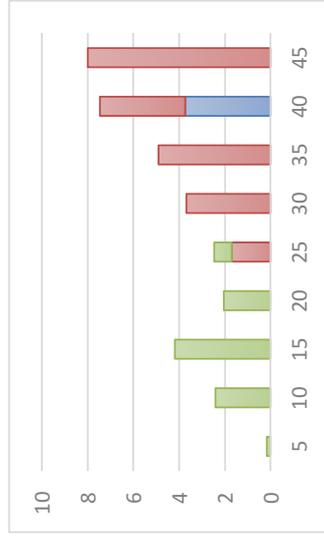
DENSIDAD (pies · ha⁻¹)

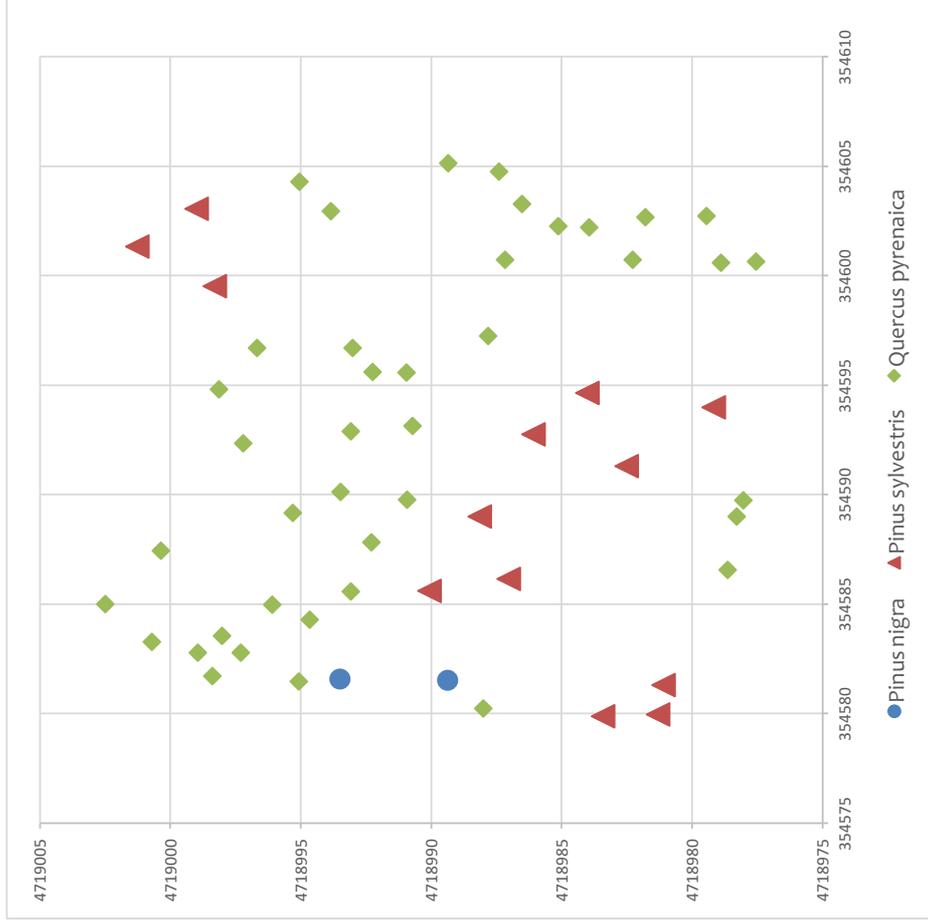


VOLUMEN (m³ · ha⁻¹)

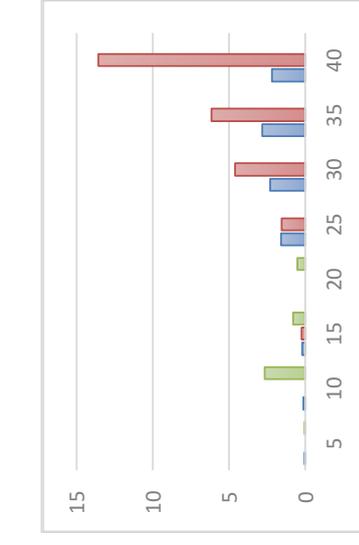
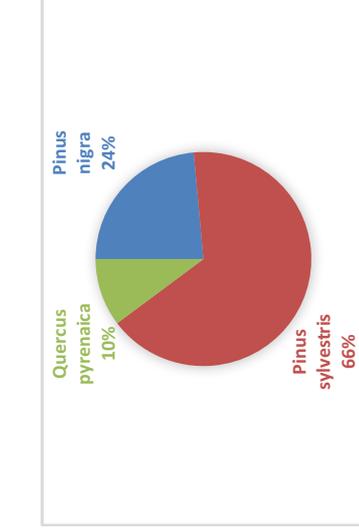
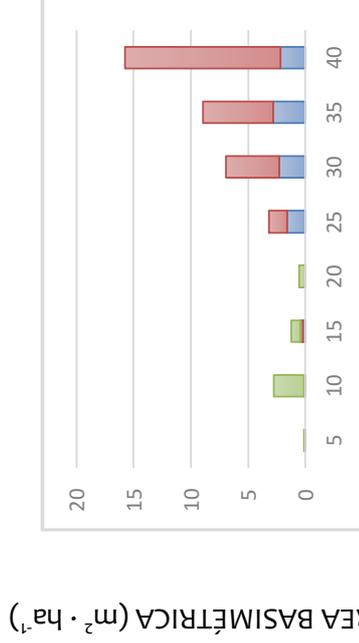
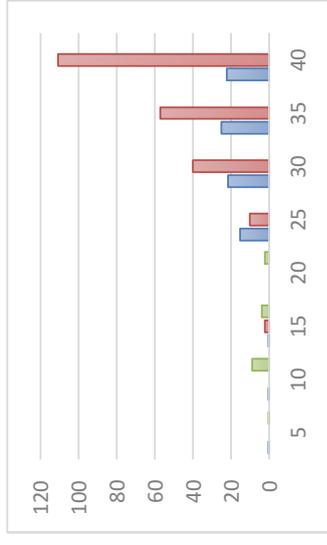
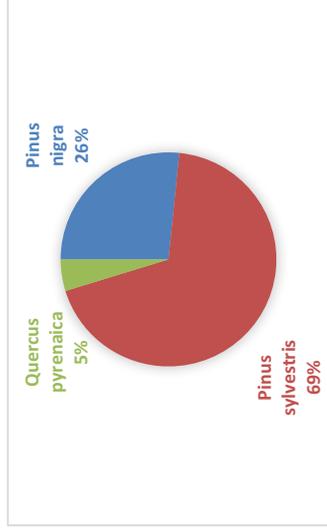
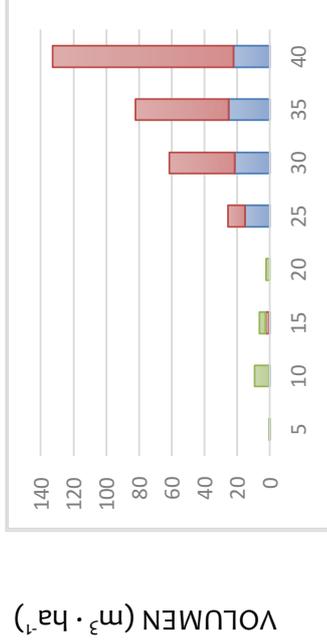
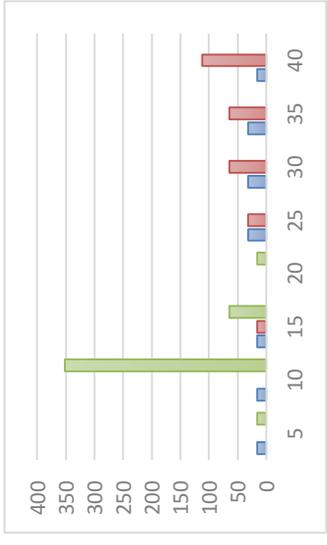
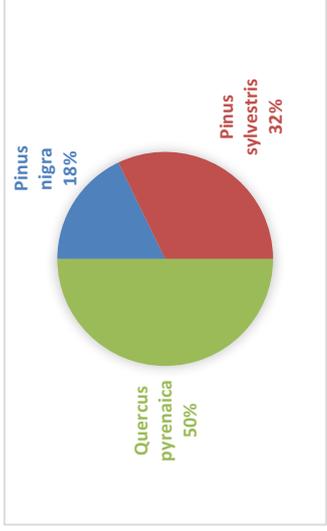
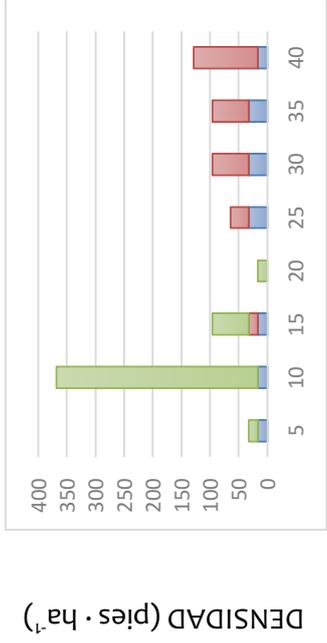


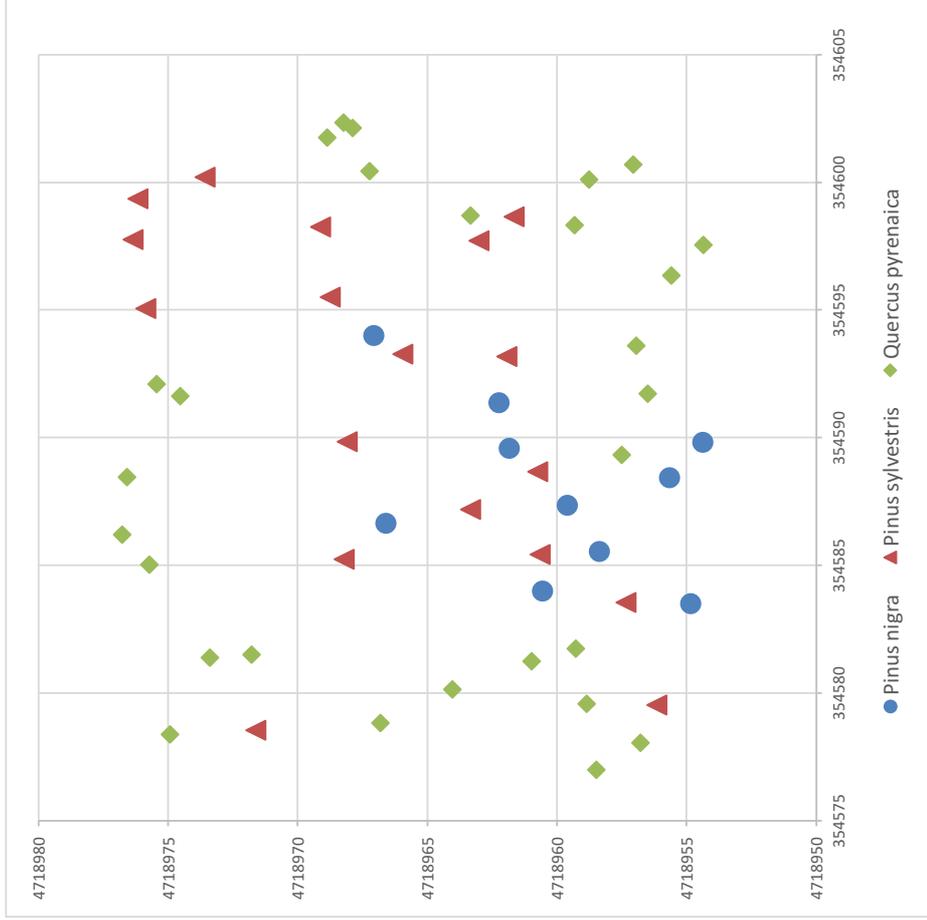
ÁREA BASIMÉTRICA (m² · ha⁻¹)





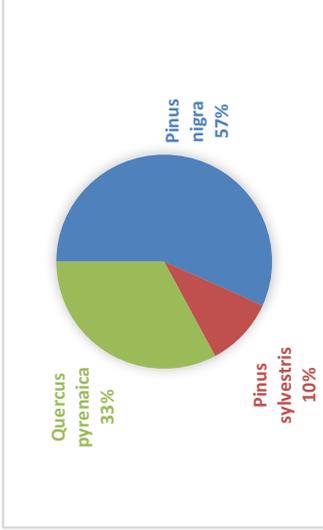
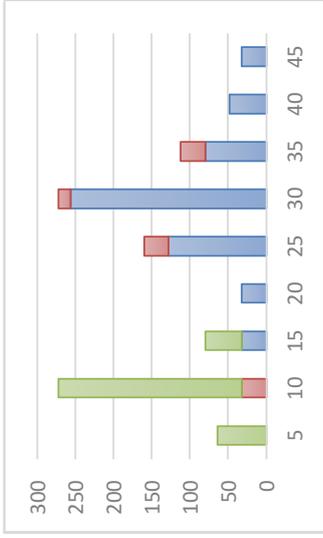
| | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica |
|---|-------------------|------------------|-------------------|
| Densidad (pies · ha ⁻¹) | 32 | 208 | 656 |
| | 3,6% | 23,2% | 73,2% |
| Total | 896 | | |
| Volumen (m ³ · ha ⁻¹) | 38,3 | 206,0 | 48,5 |
| | 13,1% | 70,3% | 16,6% |
| Total | 292,8 | | |
| Área basimétrica (m ² · ha ⁻¹) | 3,7 | 22,0 | 9,6 |
| | 10,6% | 62,3% | 27,1% |
| Total | 35,3 | | |
| Dg (cm) | 38,5 | 36,7 | 13,6 |
| | Total 29,6 | | |
| Ho (m) | 21,9 | 20,2 | 12,8 |
| | Total 20,8 | | |



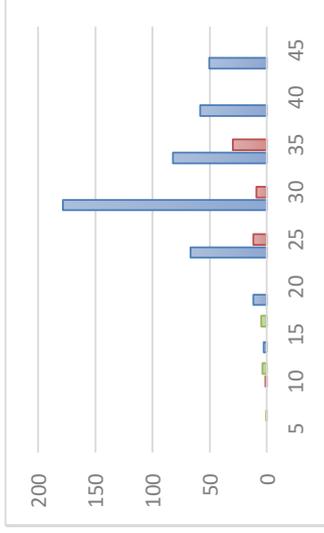
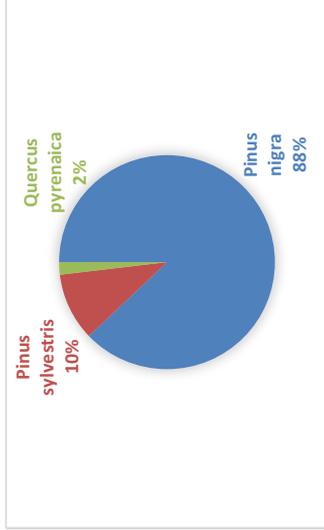
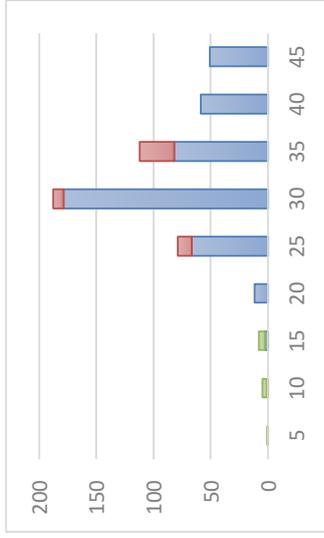


| | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica |
|---|--------------------|------------------|-------------------|
| Densidad (pies · ha ⁻¹) | 160 | 288 | 448 |
| | 17,9% | 32,1% | 50,0% |
| | Total 896 | | |
| Volumen (m ³ · ha ⁻¹) | 85,2 | 219,8 | 15,2 |
| | 26,6% | 68,6% | 4,8% |
| | Total 320,3 | | |
| Área basimétrica (m ² · ha ⁻¹) | 9,3 | 26,1 | 4,0 |
| | 23,6% | 66,2% | 10,2% |
| | Total 39,4 | | |
| Dg (cm) | 27,2 | 34,0 | 10,7 |
| | Total 24,0 | | |
| Ho (m) | 19,8 | 17,4 | 9,7 |
| | Total 17,8 | | |

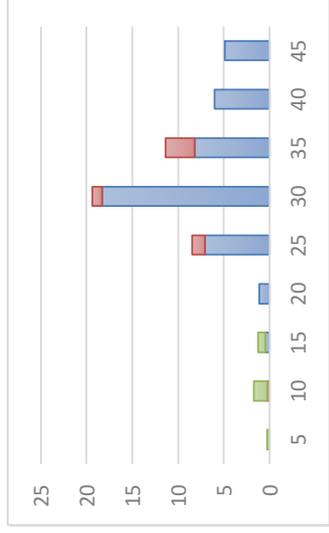
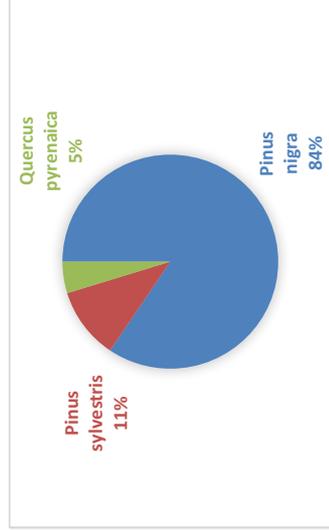
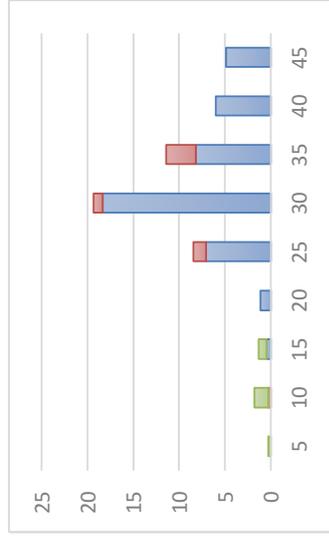
DENSIDAD (pies · ha⁻¹)

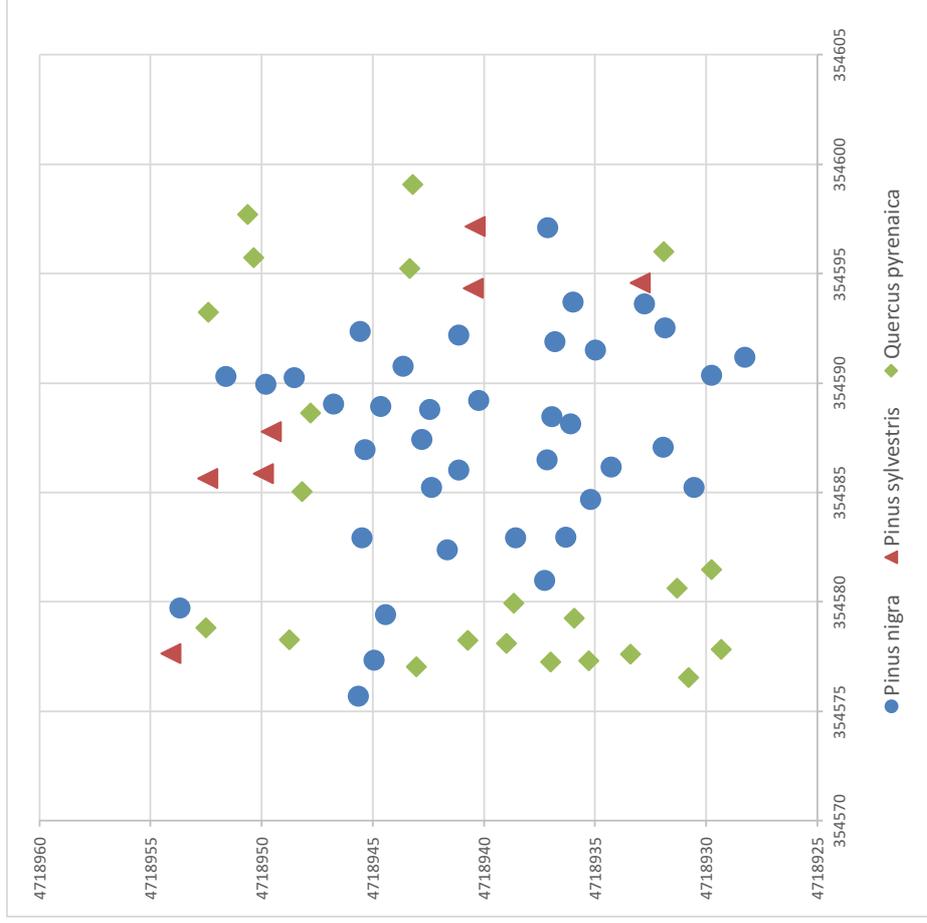


VOLUMEN (m³ · ha⁻¹)

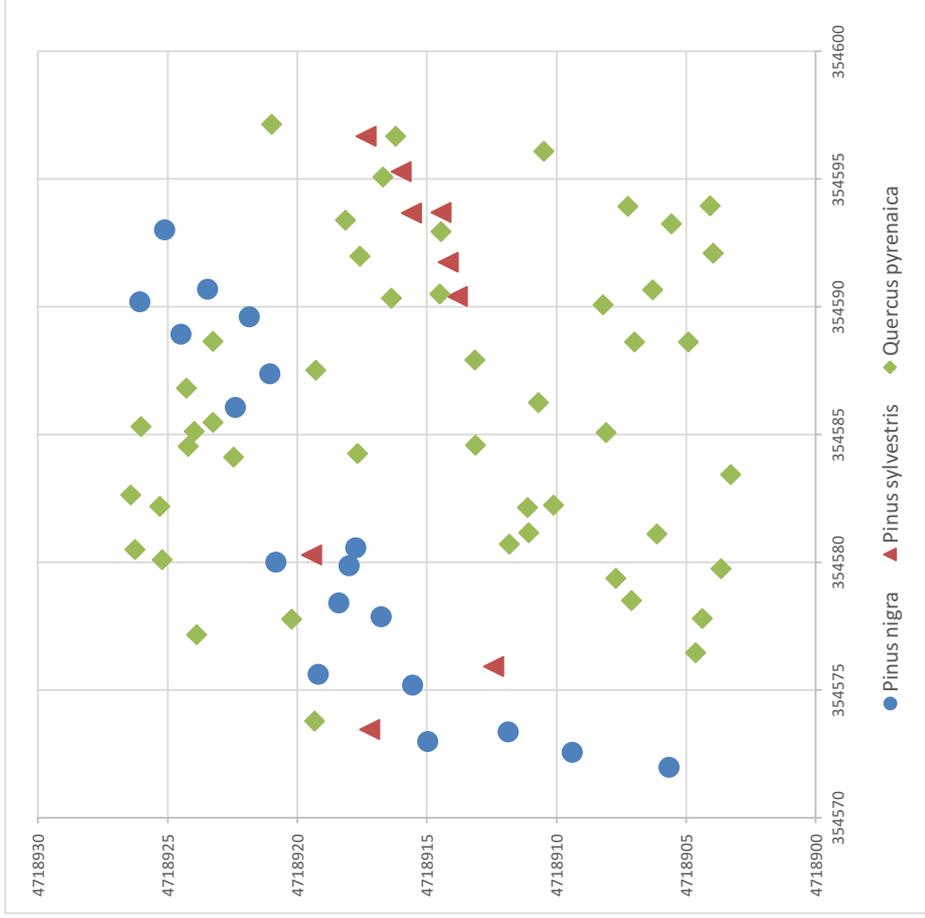


ÁREA BASIMÉTRICA (m² · ha⁻¹)



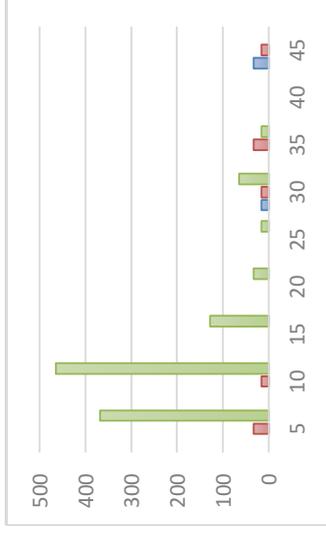
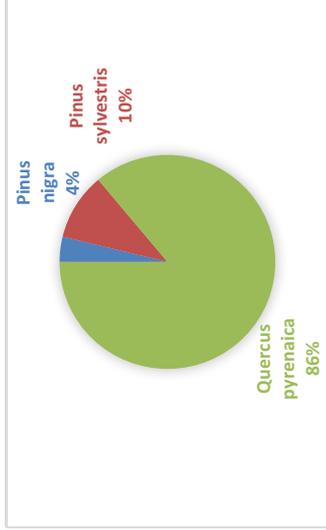
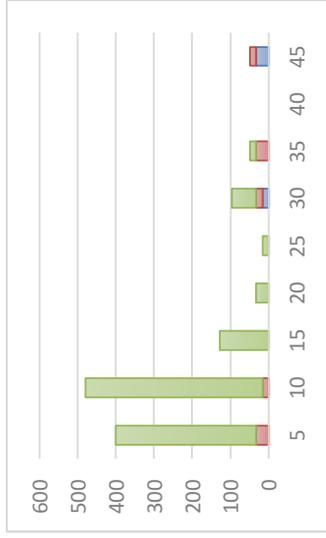


| | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica |
|---|-------------------|------------------|-------------------|
| Densidad (pies · ha ⁻¹) | 608 | 112 | 352 |
| | 56,7% | 10,4% | 32,8% |
| Total 1072 | | | |
| Volumen (m ³ · ha ⁻¹) | 450,7 | 52,5 | 9,6 |
| | 87,9% | 10,2% | 1,9% |
| Total 512,9 | | | |
| Área basimétrica (m ² · ha ⁻¹) | 46,0 | 5,9 | 2,6 |
| | 84,4% | 10,8% | 4,8% |
| Total 54,5 | | | |
| Dg (cm) | 31,1 | 25,9 | 9,7 |
| | Total 22,2 | | |
| Ho (m) | 21,4 | 15,6 | 8,2 |
| | Total 21,4 | | |

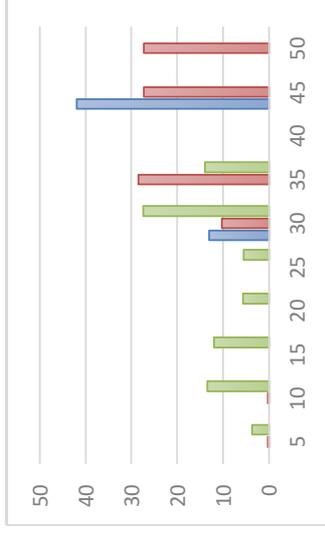
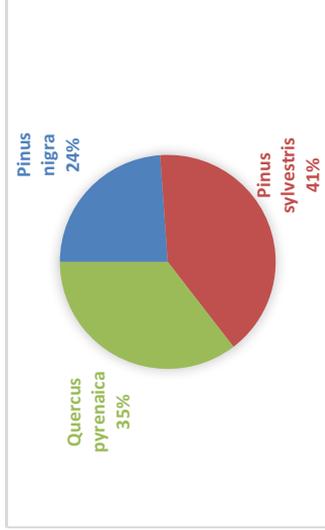
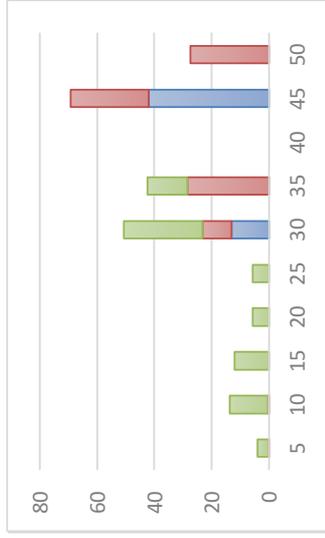


| | <i>Pinus nigra</i> | <i>Pinus sylvestris</i> | <i>Quercus pyrenaica</i> |
|---|--------------------|-------------------------|--------------------------|
| Densidad (pies · ha ⁻¹) | 288 | 144 | 768 |
| | 24,0% | 12,0% | 64,0% |
| | Total 1200 | | |
| Volumen (m ³ · ha ⁻¹) | 175,6 | 21,5 | 41,4 |
| | 73,6% | 9,0% | 17,4% |
| | Total 238,5 | | |
| Área basimétrica (m ² · ha ⁻¹) | 19,8 | 2,9 | 9,3 |
| | 62,0% | 9,0% | 29,0% |
| | Total 32,0 | | |
| Dg (cm) | 29,6 | 15,9 | 12,4 |
| | Total 19,3 | | |
| Ho (m) | 19,8 | 10,9 | 11,9 |
| | Total 19,8 | | |

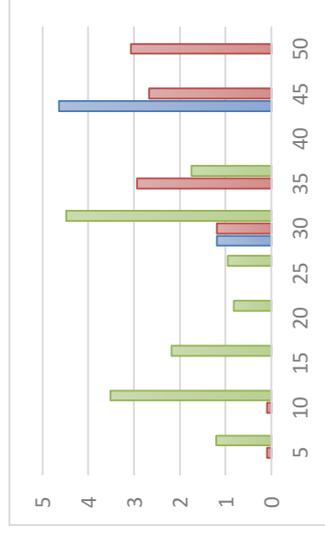
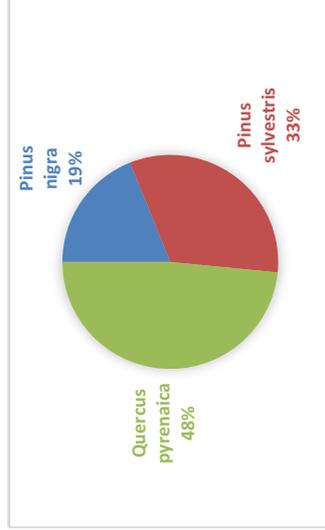
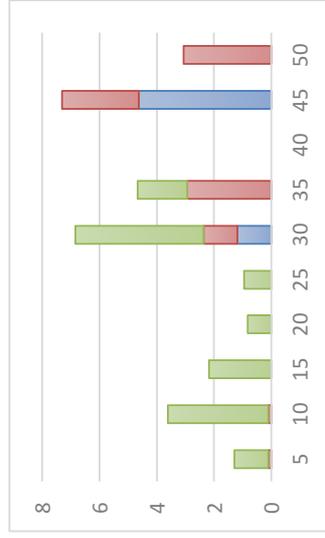
DENSIDAD (pies · ha⁻¹)

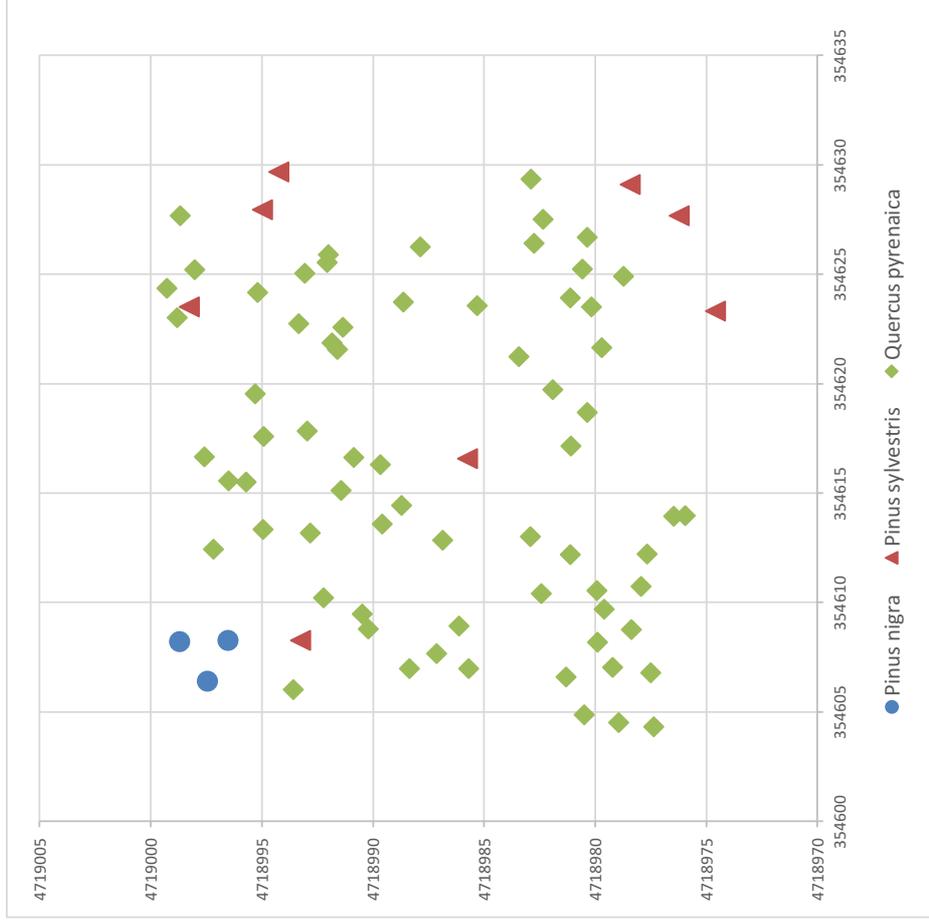


VOLUMEN (m³ · ha⁻¹)



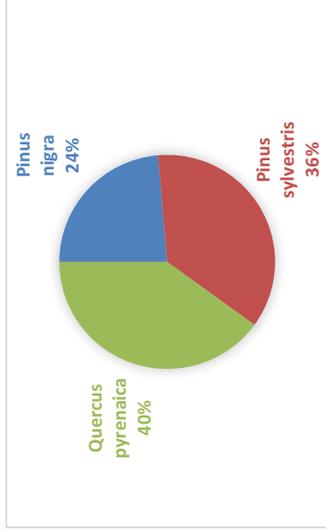
ÁREA BASIMÉTRICA (m² · ha⁻¹)



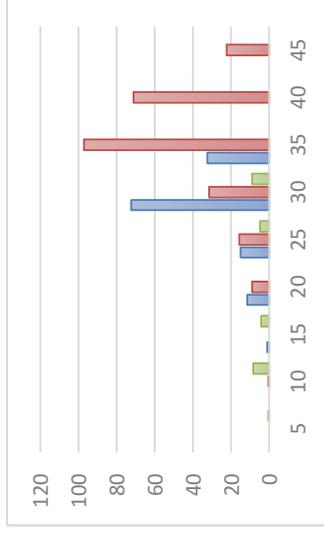
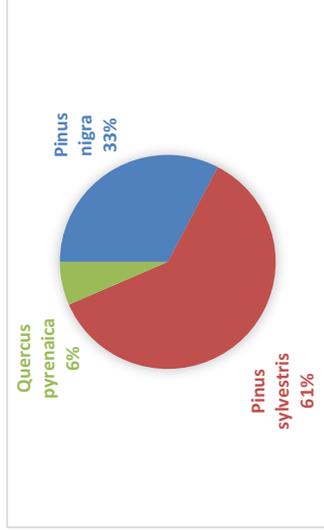
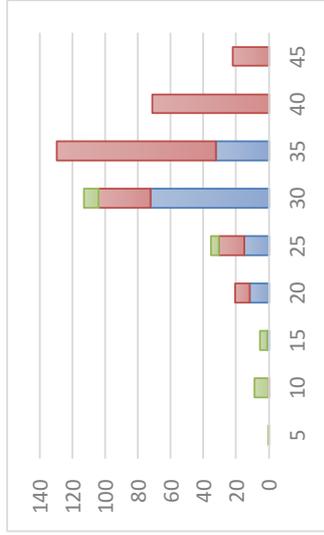


| | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica |
|---|--------------|------------------|-------------------|
| Densidad (pies · ha ⁻¹) | 48 | 128 | 1088 |
| | 3,8% | 10,1% | 86,1% |
| | Total | 1296 | |
| Volumen (m ³ · ha ⁻¹) | 54,9 | 93,6 | 81,5 |
| | 23,9% | 40,7% | 35,4% |
| | Total | 230,5 | |
| Área basimétrica (m ² · ha ⁻¹) | 5,8 | 10,0 | 14,9 |
| | 18,9% | 32,6% | 48,4% |
| | Total | 31,0 | |
| Dg (cm) | 39,3 | 31,6 | 13,2 |
| | Total | 28,0 | |
| Ho (m) | 20,5 | 14,3 | 13,9 |
| | Total | 18,5 | |

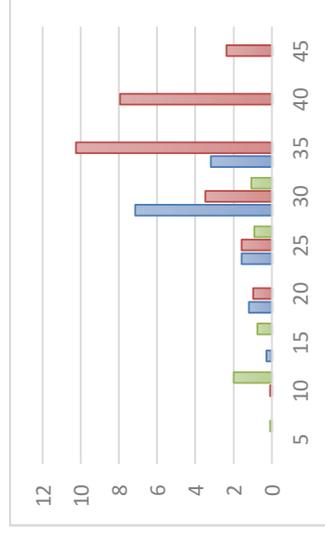
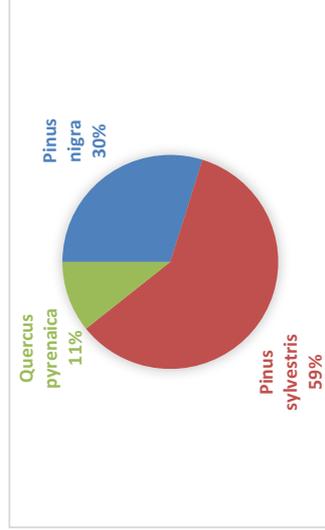
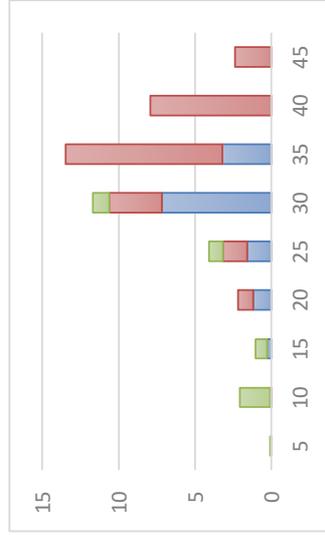
DENSIDAD (pies · ha⁻¹)

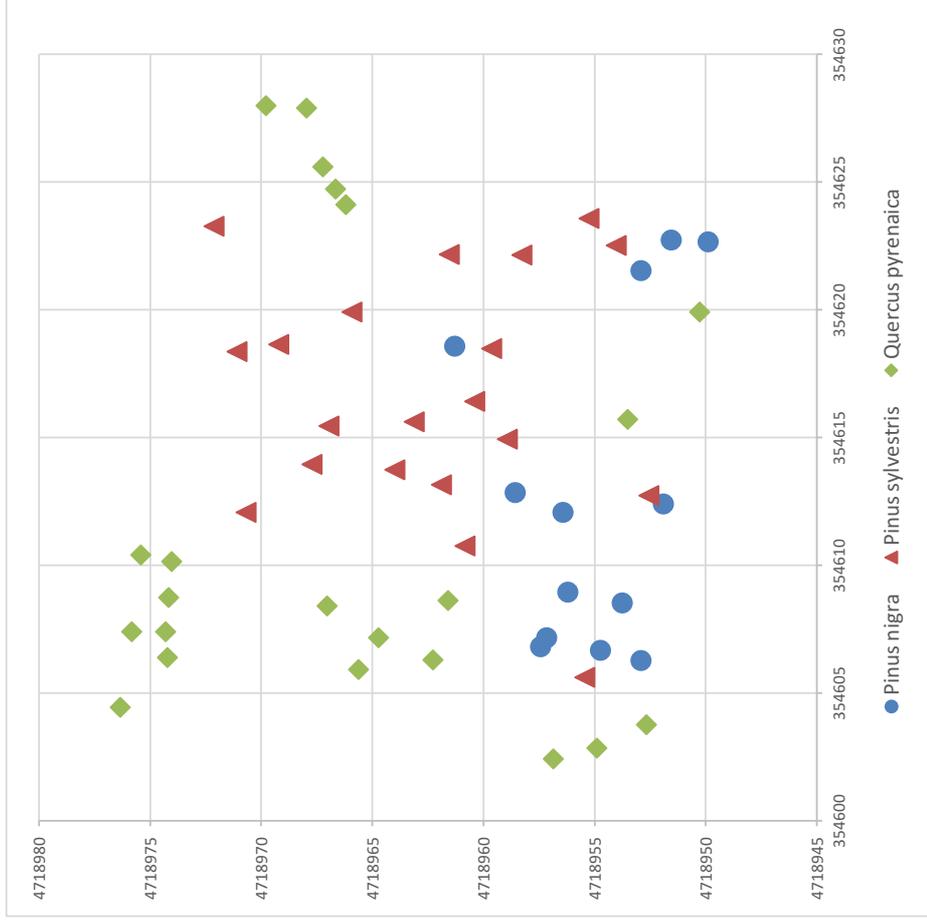


VOLUMEN (m³ · ha⁻¹)



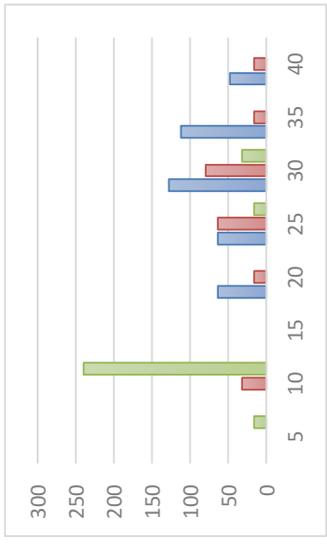
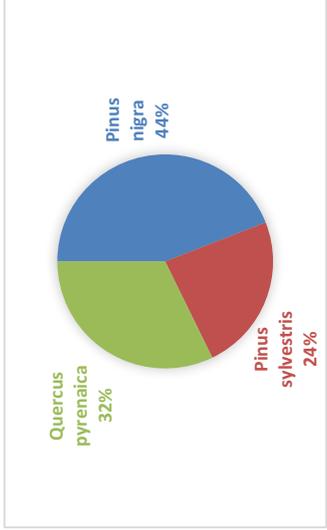
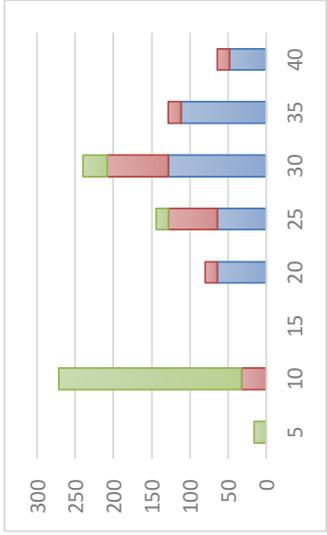
AREA BASIMÉTRICA (m² · ha⁻¹)



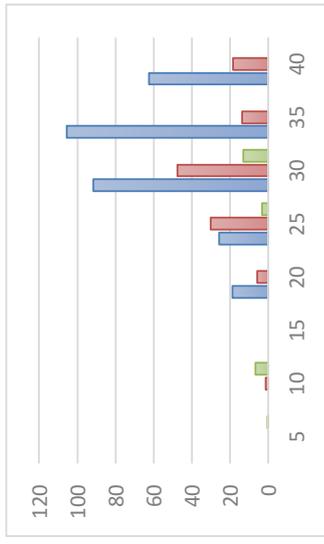
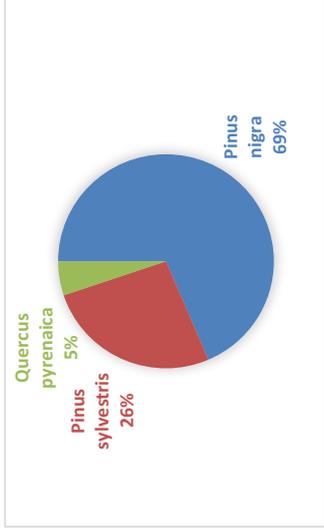
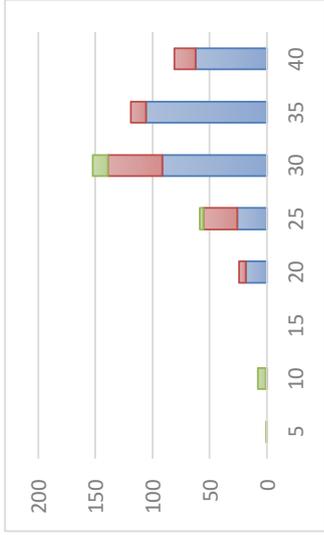


| | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica |
|---|--------------|------------------|-------------------|
| Densidad (pies · ha ⁻¹) | 208 | 320 | 352 |
| | 23,6% | 36,4% | 40,0% |
| | Total | 880 | |
| Volumen (m ³ · ha ⁻¹) | 132,6 | 246,6 | 26,5 |
| | 32,7% | 60,8% | 6,5% |
| | Total | 405,8 | |
| Área basimétrica (m ² · ha ⁻¹) | 13,4 | 26,7 | 4,8 |
| | 29,8% | 59,5% | 10,7% |
| | Total | 45,0 | |
| Dg (cm) | 28,7 | 32,6 | 13,2 |
| | Total | 24,8 | |
| | 21,6 | 19,3 | 12,0 |
| Ho (m) | Total | 19,4 | |

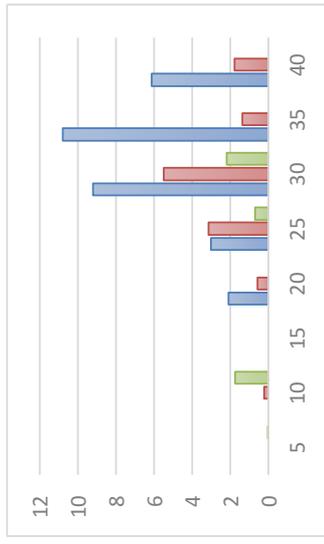
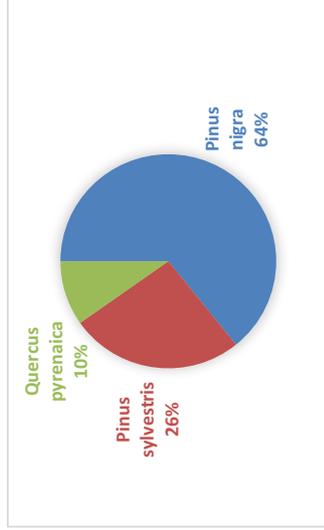
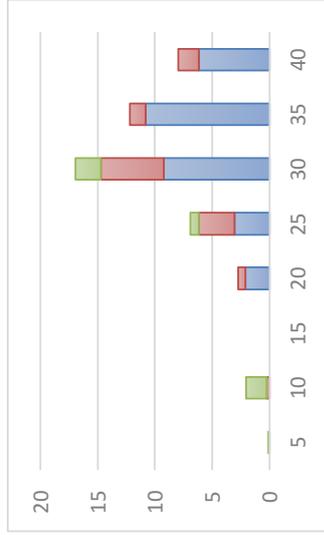
DENSIDAD (pies · ha⁻¹)

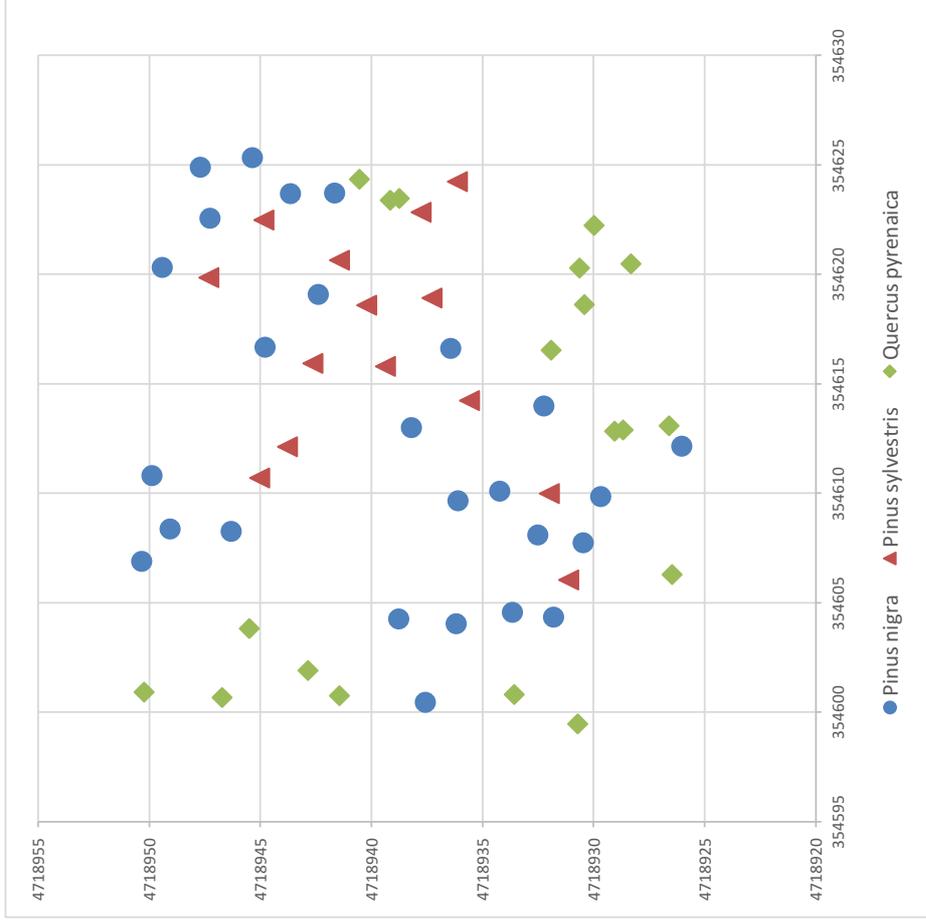


VOLUMEN (m³ · ha⁻¹)



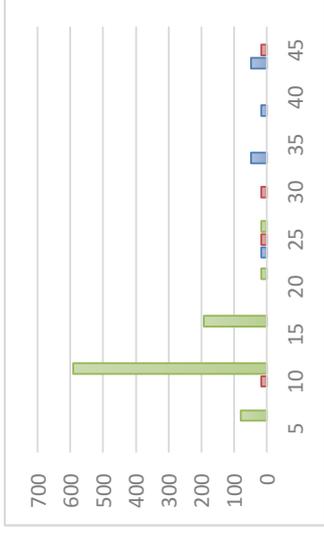
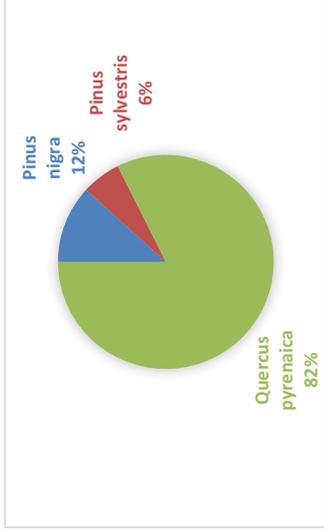
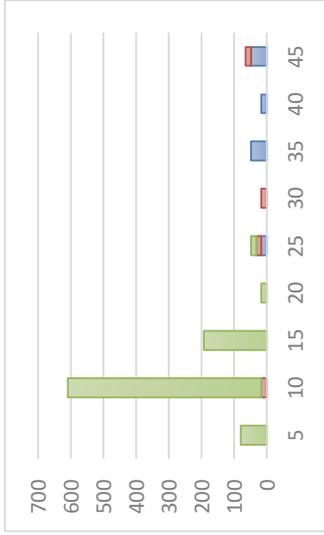
AREA BASIMÉTRICA (m² · ha⁻¹)



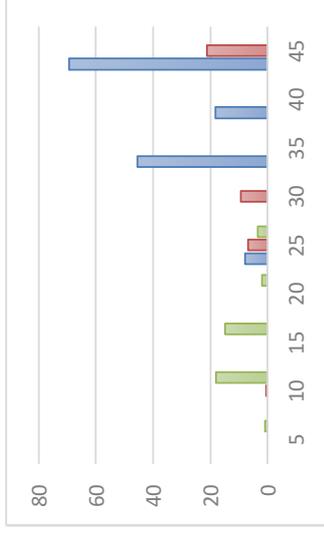
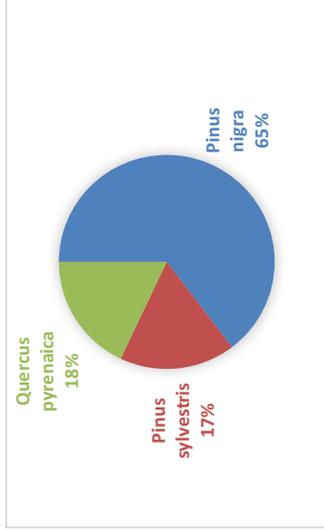
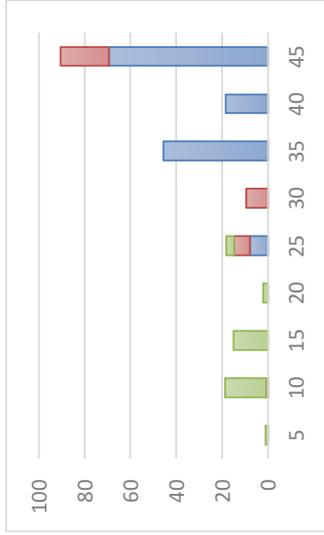


| | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica |
|---|-------------|------------------|-------------------|
| Densidad (pies · ha ⁻¹) | 416 | 224 | 304 |
| | 44,1% | 23,7% | 32,2% |
| | Total 944 | | |
| Volumen (m ³ · ha ⁻¹) | 303,9 | 116,4 | 22,9 |
| | 68,6% | 26,3% | 5,2% |
| | Total 443,2 | | |
| Área basimétrica (m ² · ha ⁻¹) | 31,3 | 12,7 | 4,8 |
| | 64,2% | 26,0% | 9,8% |
| | Total 48,7 | | |
| Dg (cm) | 31,0 | 26,9 | 14,1 |
| | Total 24,0 | | |
| Ho (m) | 21,2 | 18,9 | 11,1 |
| | Total 21,2 | | |

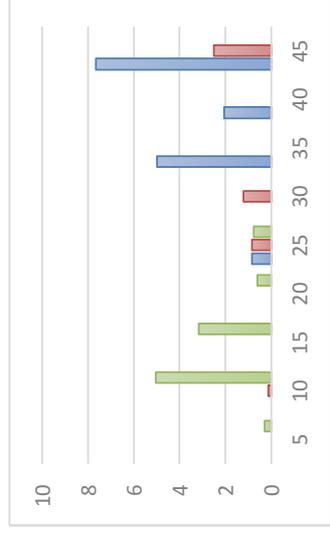
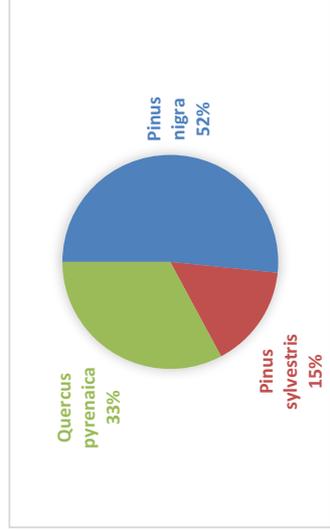
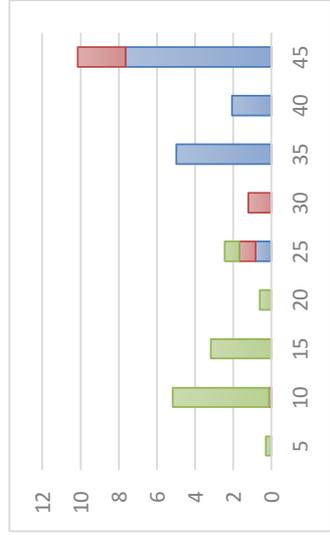
DENSIDAD (pies · ha⁻¹)

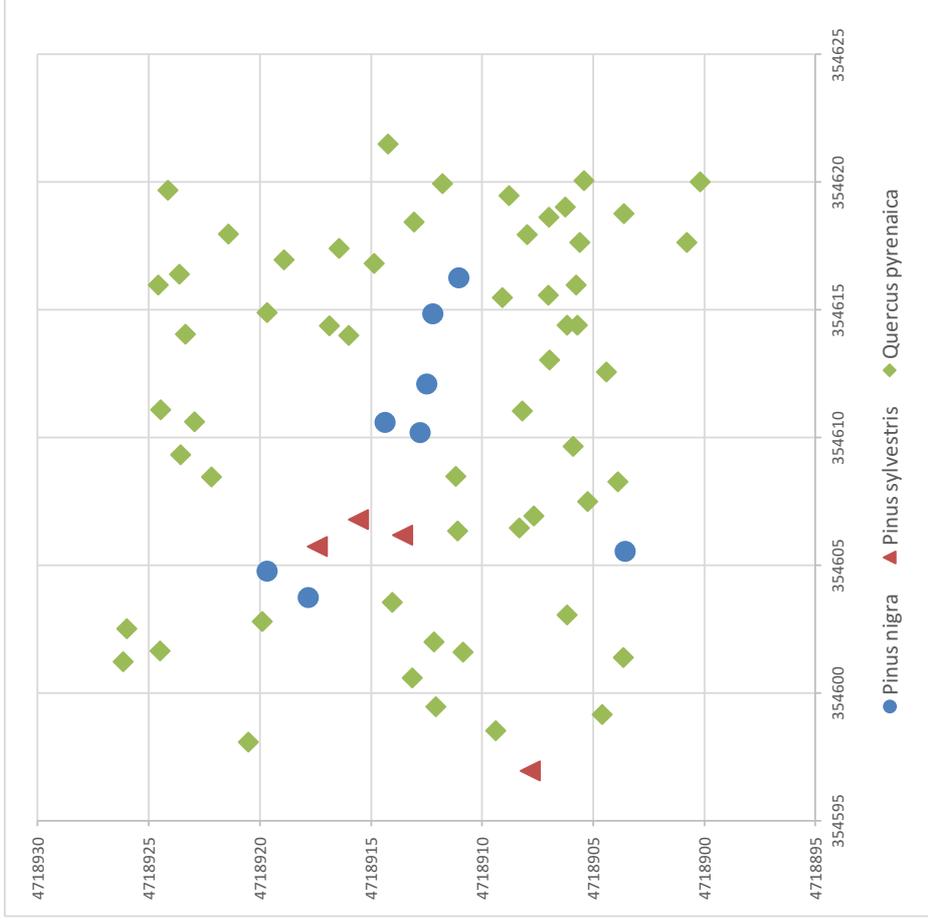


VOLUMEN (m³ · ha⁻¹)



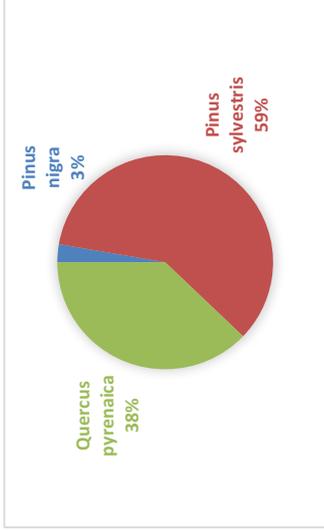
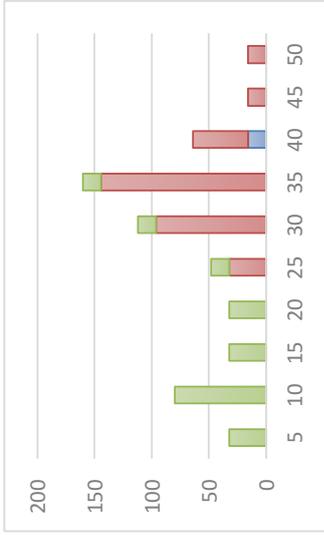
ÁREA BASIMÉTRICA (m² · ha⁻¹)



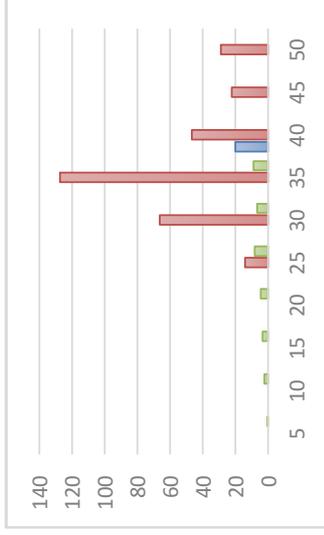
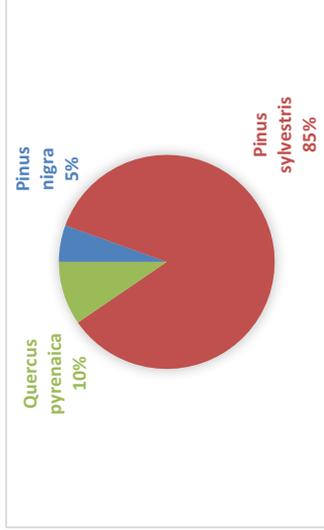
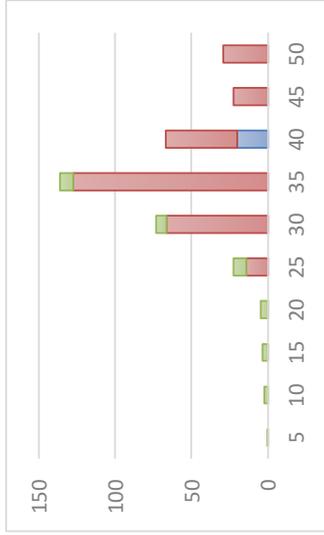


| | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica |
|---|-------------|------------------|-------------------|
| Densidad (pies · ha ⁻¹) | 128 | 64 | 896 |
| | 11,8% | 5,9% | 82,4% |
| | Total 1088 | | |
| Volumen (m ³ · ha ⁻¹) | 141,2 | 37,9 | 39,2 |
| | 64,7% | 17,4% | 18,0% |
| | Total 218,3 | | |
| Área basimétrica (m ² · ha ⁻¹) | 15,5 | 4,7 | 9,9 |
| | 51,6% | 15,6% | 32,8% |
| | Total 30,1 | | |
| Dg (cm) | 39,3 | 30,5 | 11,8 |
| | Total 27,2 | | |
| | 19,5 | 15,1 | 10,7 |
| Ho (m) | Total 19,7 | | |

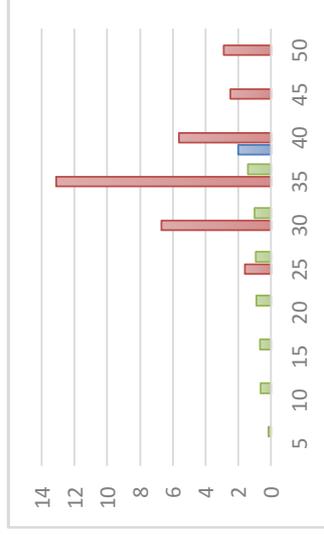
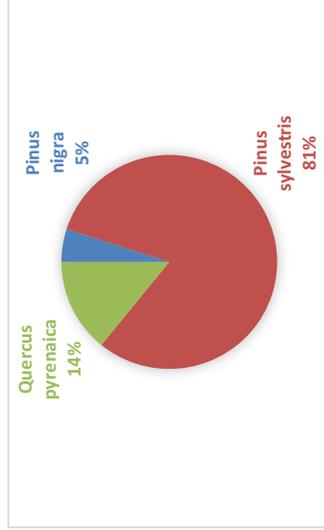
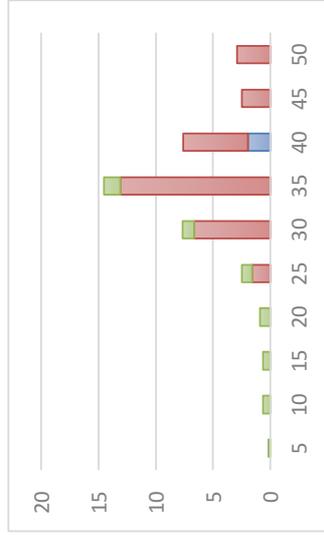
DENSIDAD (pies · ha⁻¹)

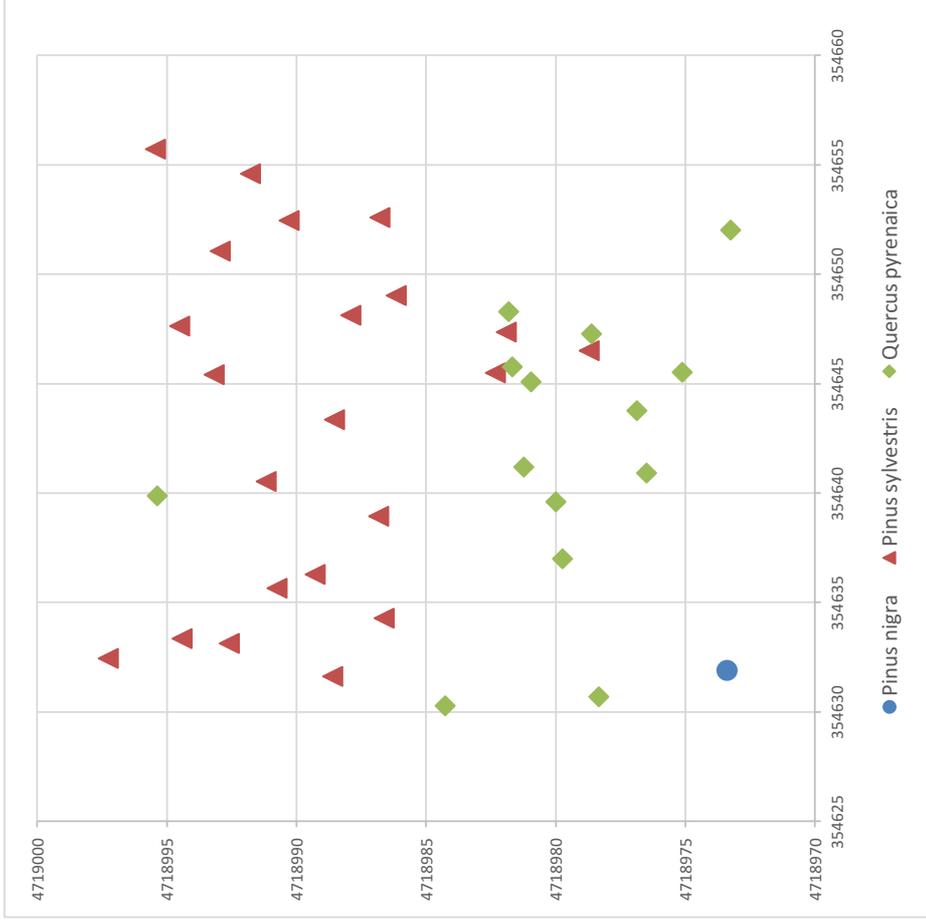


VOLUMEN (m³ · ha⁻¹)



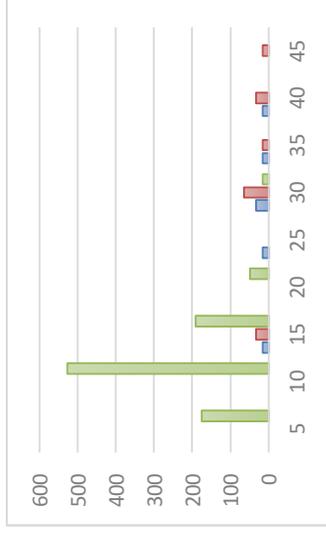
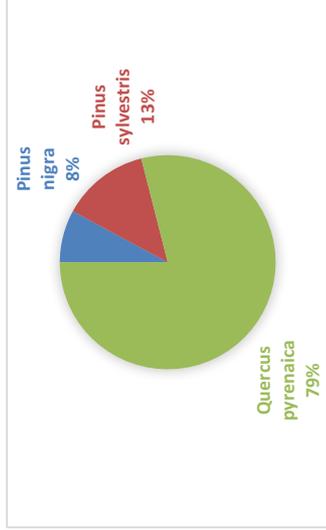
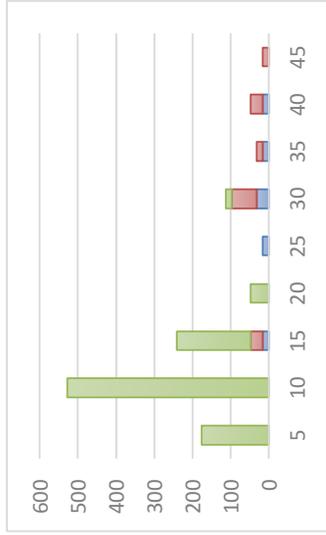
ÁREA BASIMÉTRICA (m² · ha⁻¹)



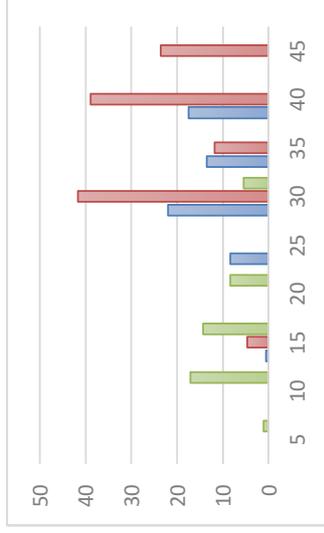
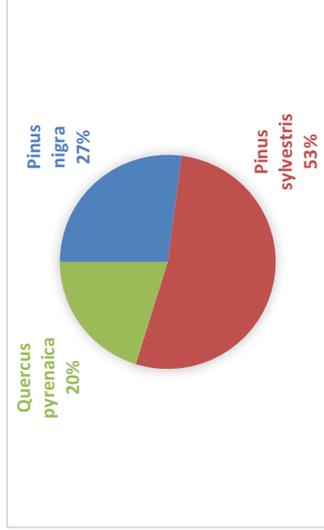
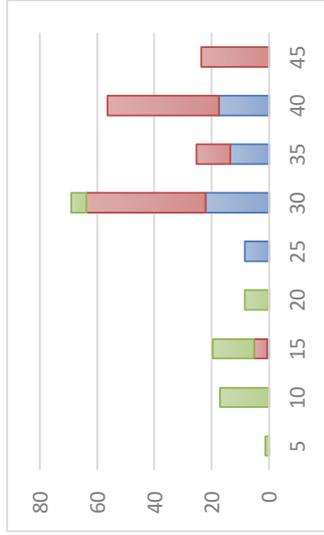


| | <i>Pinus nigra</i> | <i>Pinus sylvestris</i> | <i>Quercus pyrenaica</i> |
|---|--------------------|-------------------------|--------------------------|
| Densidad (pies · ha ⁻¹) | 16 | 352 | 224 |
| | 2,7% | 59,5% | 37,8% |
| | Total | 592 | |
| Volumen (m ³ · ha ⁻¹) | 20,0 | 306,2 | 34,6 |
| | 5,5% | 84,9% | 9,6% |
| | Total | 360,8 | |
| Área basimétrica (m ² · ha ⁻¹) | 2,0 | 32,4 | 5,7 |
| | 5,0% | 80,9% | 14,2% |
| | Total | 40,0 | |
| Dg (cm) | 39,7 | 34,2 | 17,9 |
| | Total | 30,6 | |
| | 21,6 | 18,8 | 13,3 |
| Ho (m) | Total | 19,4 | |

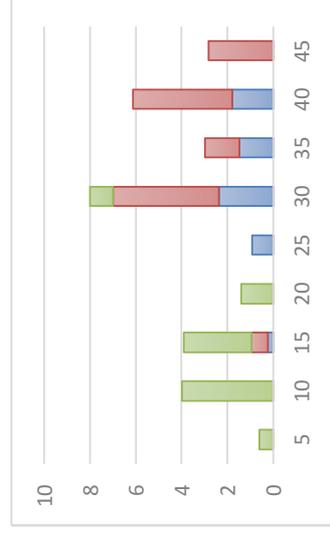
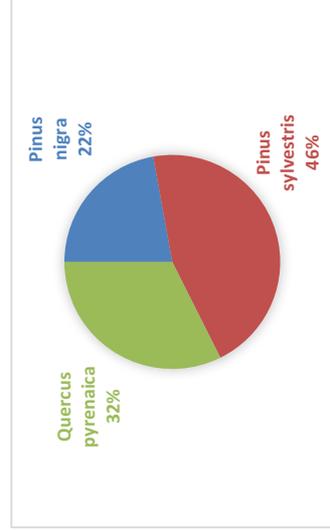
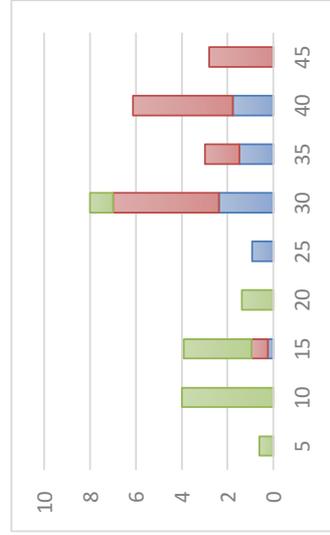
DENSIDAD (pies · ha⁻¹)

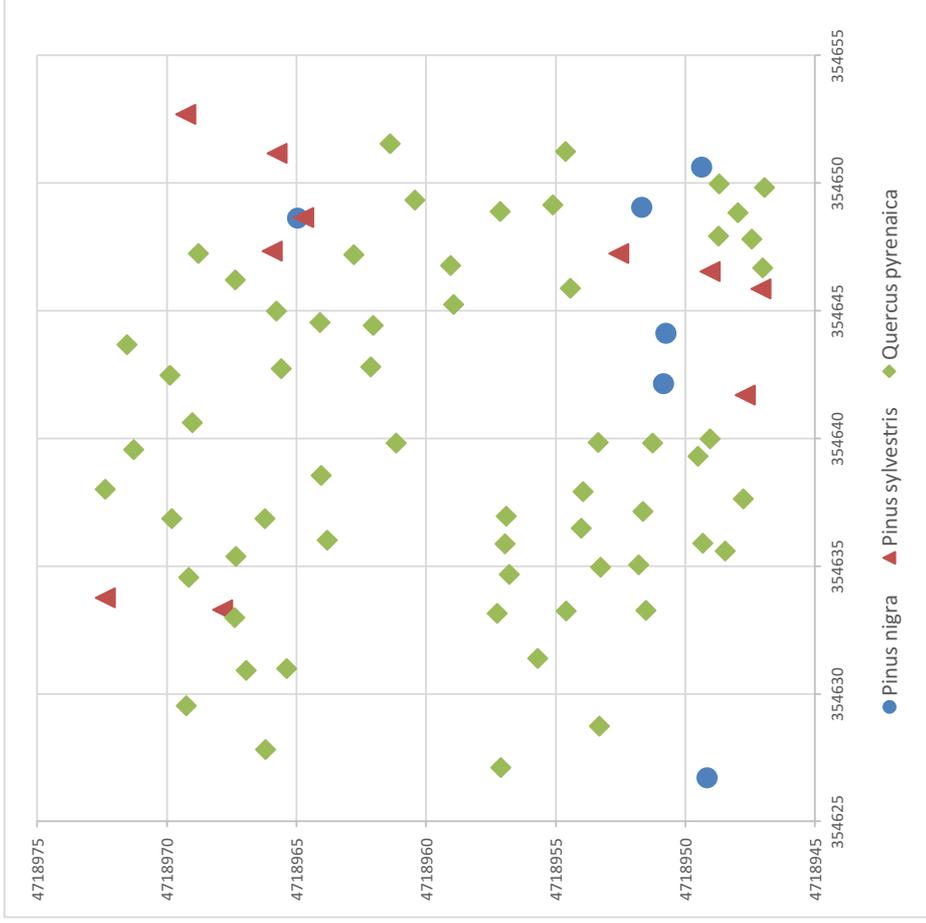


VOLUMEN (m³ · ha⁻¹)



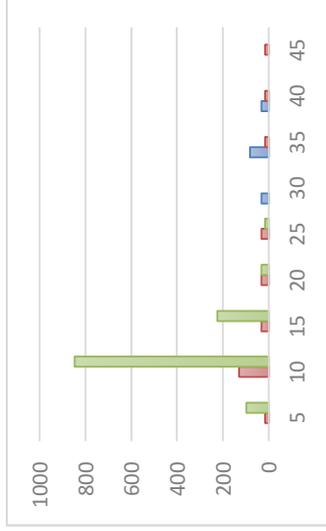
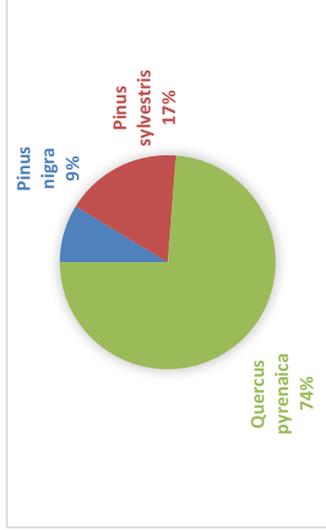
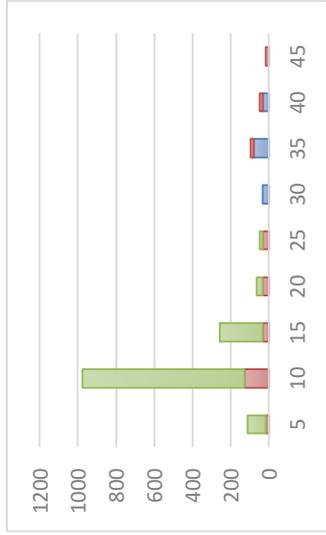
ÁREA BASIMÉTRICA (m² · ha⁻¹)



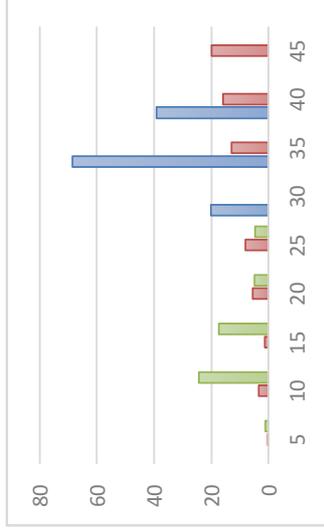
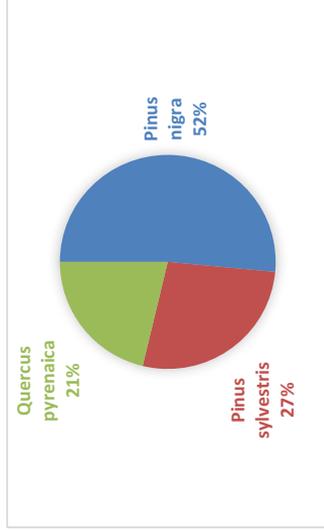
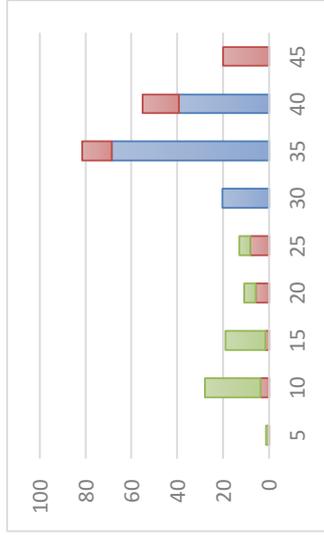


| | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica |
|---|--------------|------------------|-------------------|
| Densidad (pies · ha ⁻¹) | 96 | 160 | 960 |
| | 7,9% | 13,2% | 78,9% |
| | Total | 1216 | |
| Volumen (m ³ · ha ⁻¹) | 61,9 | 120,6 | 46,2 |
| | 27,1% | 52,7% | 20,2% |
| | Total | 228,7 | |
| Área basimétrica (m ² · ha ⁻¹) | 6,8 | 14,0 | 9,9 |
| | 22,2% | 45,5% | 32,4% |
| | Total | 30,7 | |
| Dg (cm) | 30,1 | 33,4 | 11,5 |
| | Total | 25,0 | |
| | 17,3 | 18,6 | 11,3 |
| Ho (m) | Total | 18,8 | |

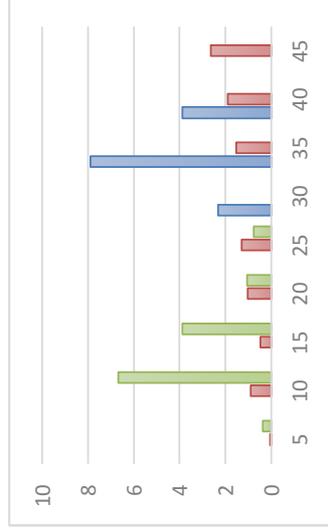
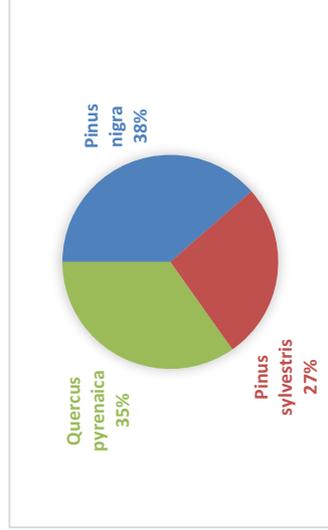
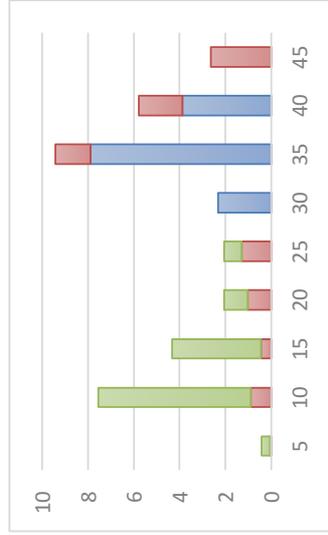
DENSIDAD (pies · ha⁻¹)

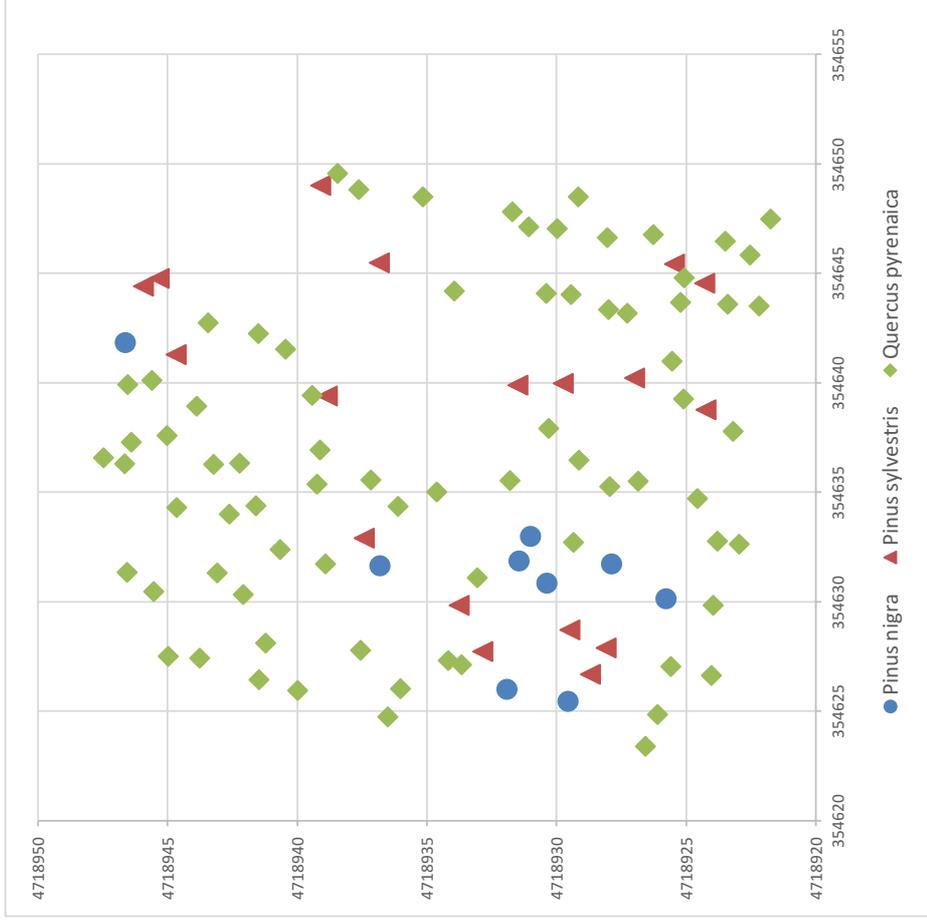


VOLUMEN (m³ · ha⁻¹)



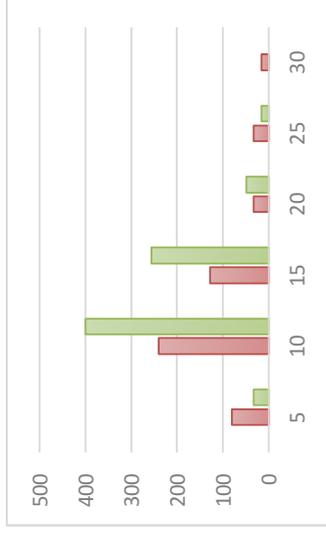
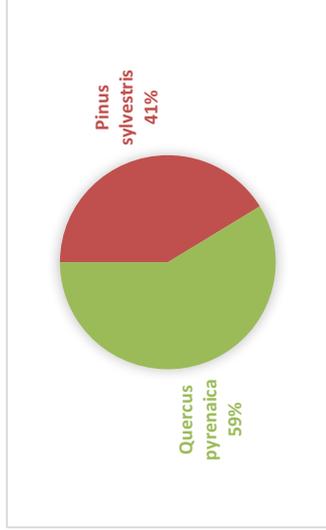
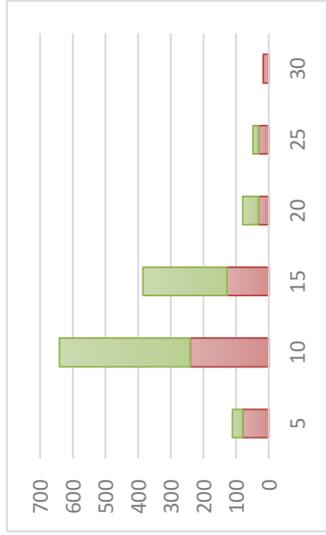
ÁREA BASIMÉTRICA (m² · ha⁻¹)



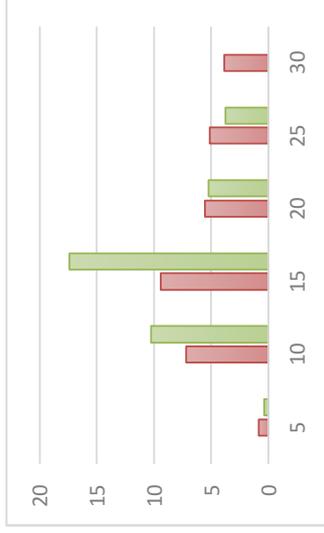
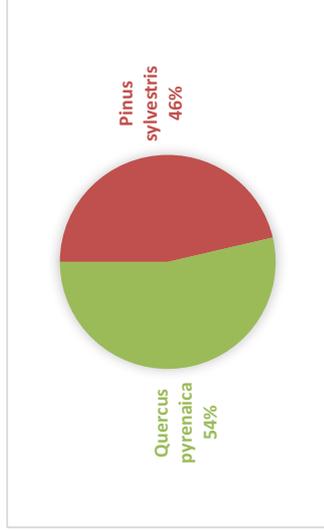
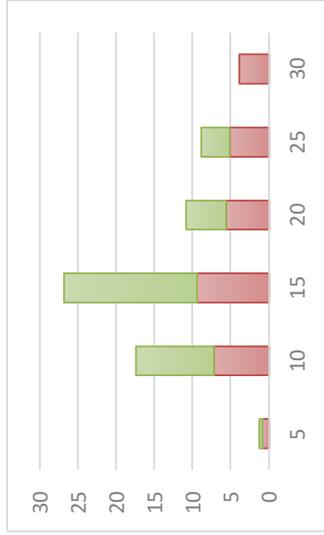


| | <i>Pinus nigra</i> | <i>Pinus sylvestris</i> | <i>Quercus pyrenaica</i> |
|---|--------------------|-------------------------|--------------------------|
| Densidad (pies · ha ⁻¹) | 144 8,7% | 288 17,5% | 1216 73,8% |
| | Total | 1648 | |
| Volumen (m ³ · ha ⁻¹) | 127,8 51,5% | 67,6 27,2% | 52,8 21,3% |
| | Total | 248,3 | |
| Área basimétrica (m ² · ha ⁻¹) | 14,1 38,5% | 9,8 26,7% | 12,7 34,8% |
| | Total | 36,6 | |
| Dg (cm) | 35,3 | 20,8 | 11,5 |
| | Total | 22,6 | |
| Ho (m) | 19,4 | 14,4 | 10,6 |
| | Total | 18,9 | |

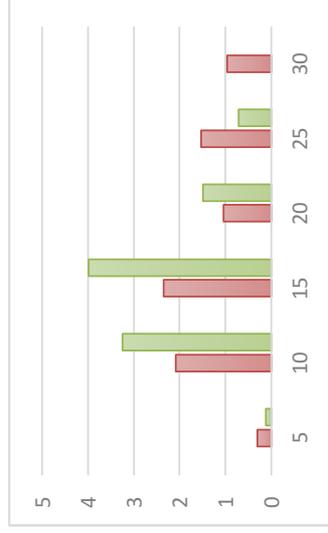
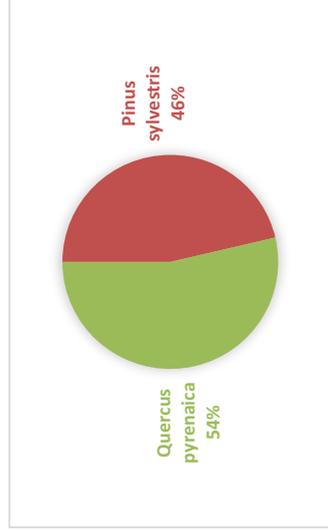
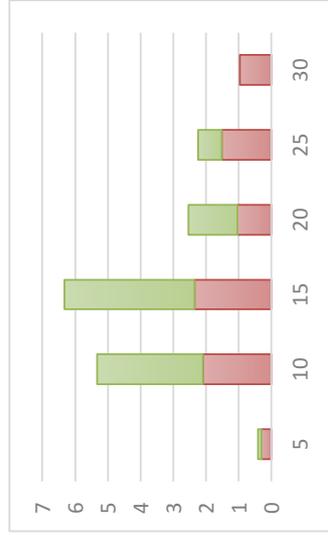
DENSIDAD (pies · ha⁻¹)

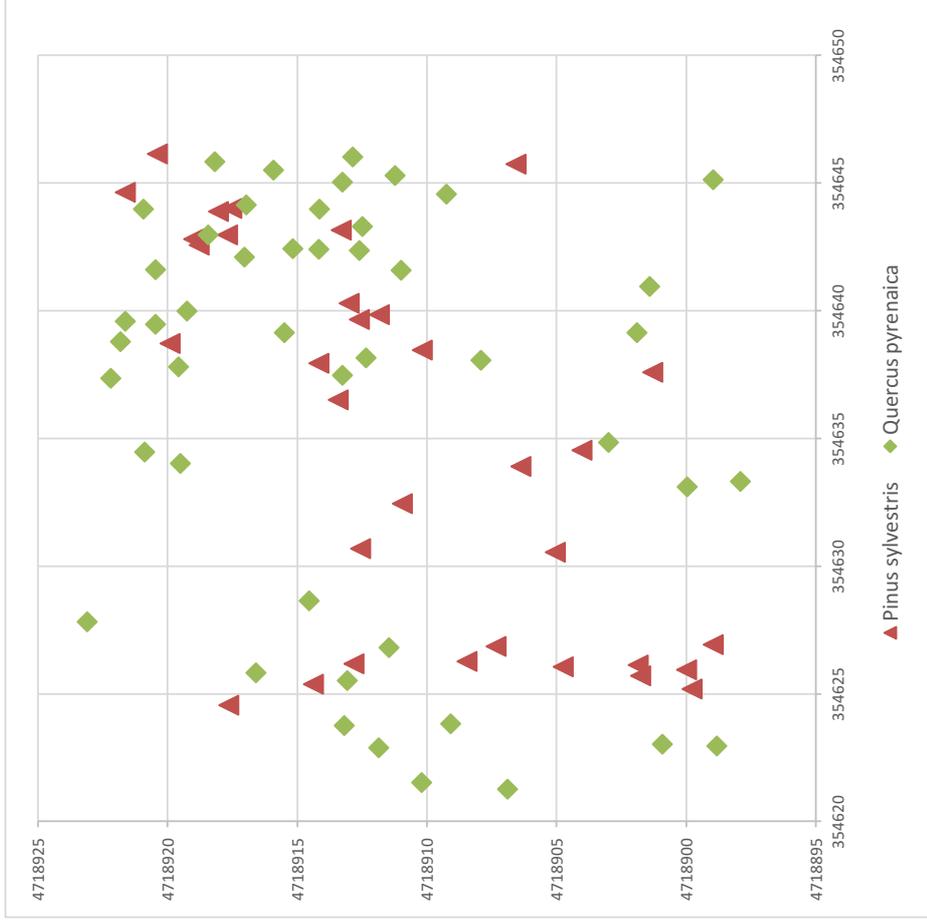


VOLUMEN (m³ · ha⁻¹)



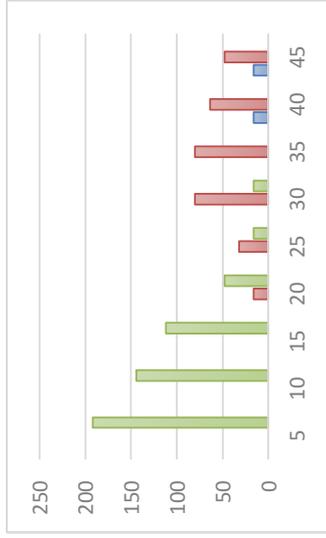
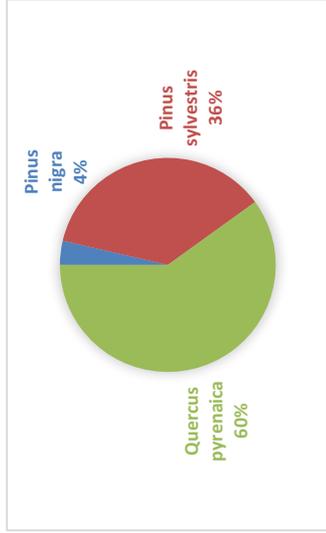
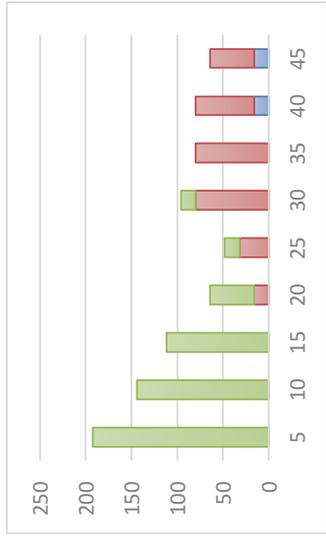
ÁREA BASIMÉTRICA (m² · ha⁻¹)



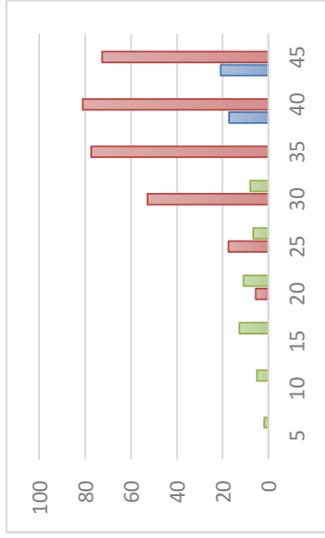
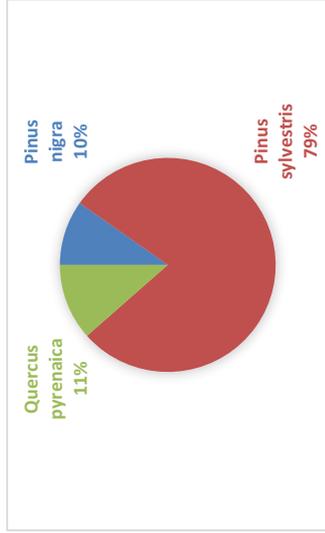
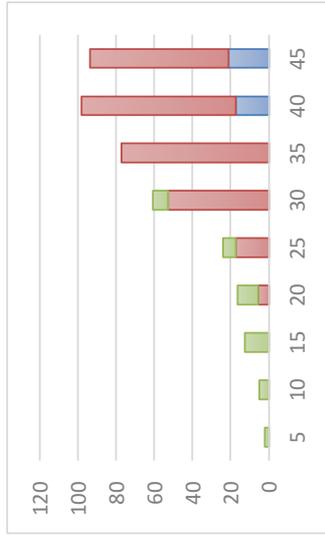


| | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica |
|---|--------------|------------------|-------------------|
| Densidad (pies · ha⁻¹) | | 528 41,3% | 752 58,8% |
| | Total | 1280 | |
| Volumen (m³ · ha⁻¹) | | 32,0 46,4% | 37,0 53,6% |
| | Total | 69,0 | |
| Área basimétrica (m² · ha⁻¹) | | 8,2 46,3% | 9,6 53,7% |
| | Total | 17,8 | |
| Dg (cm) | | 14,1 | 12,7 |
| | Total | 13,4 | |
| Ho (m) | | 9,2 | 9,9 |
| | Total | 9,2 | |

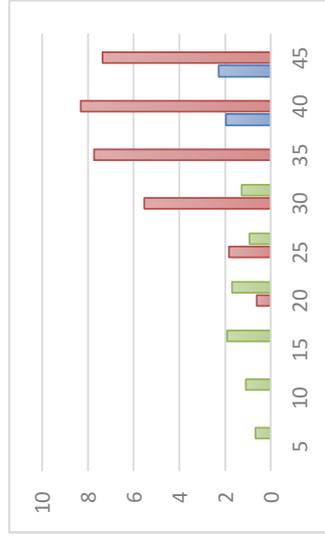
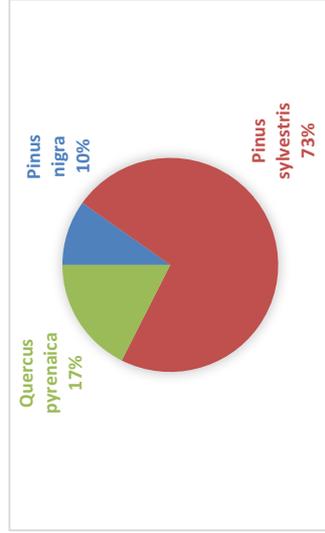
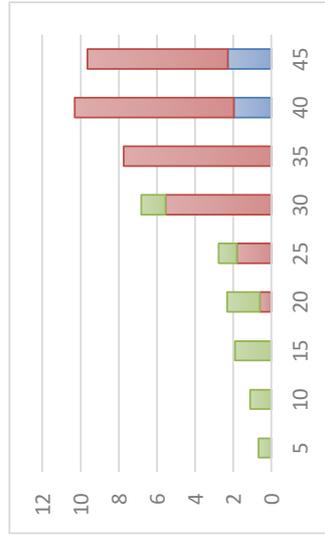
DENSIDAD (pies · ha⁻¹)

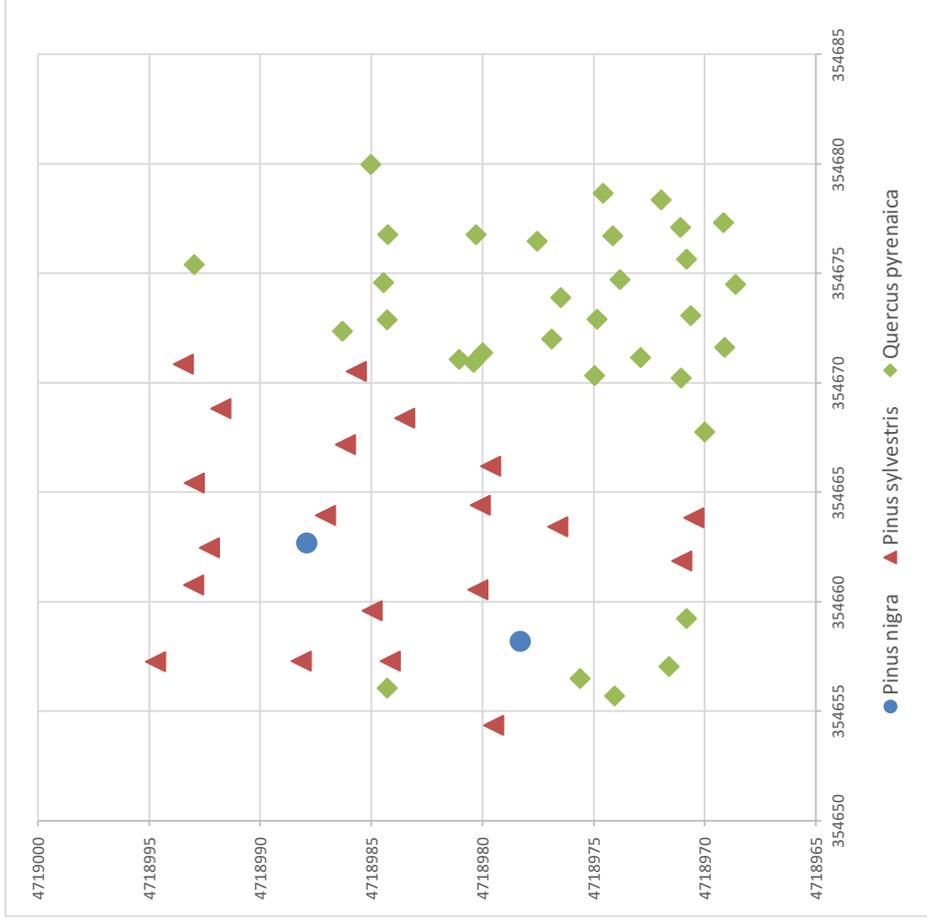


VOLUMEN (m³ · ha⁻¹)



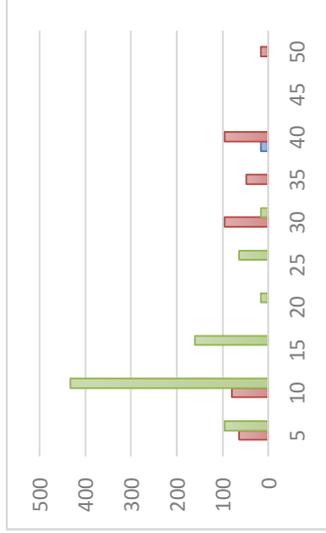
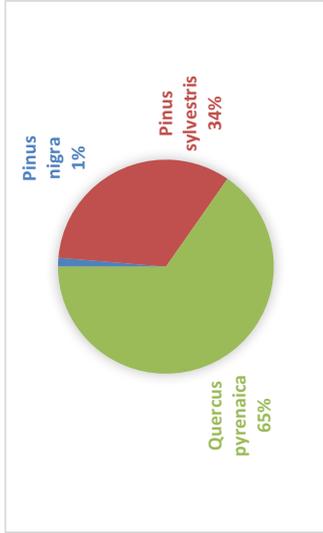
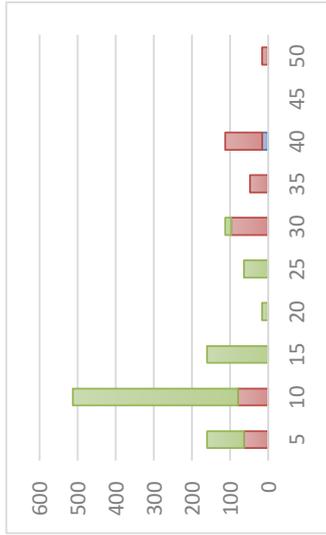
ÁREA BASIMÉTRICA (m² · ha⁻¹)



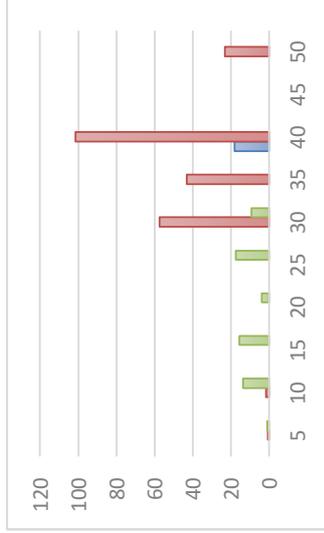
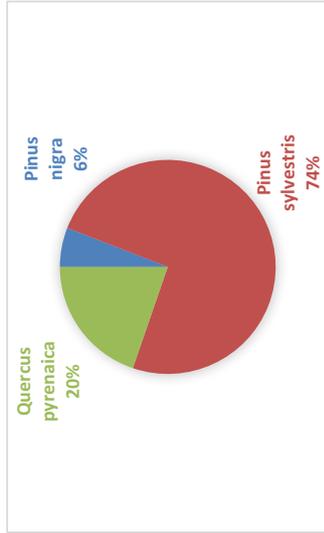
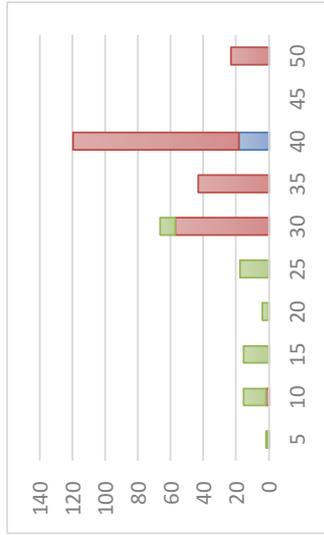


| | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica |
|---|--------------------|------------------|-------------------|
| Densidad (pies · ha ⁻¹) | 32 | 320 | 528 |
| | 3,6% | 36,4% | 60,0% |
| | Total 880 | | |
| Volumen (m ³ · ha ⁻¹) | 38,2 | 306,8 | 45,0 |
| | 9,8% | 78,7% | 11,5% |
| | Total 390,0 | | |
| Área basimétrica (m ² · ha ⁻¹) | 4,3 | 31,4 | 7,6 |
| | 9,8% | 72,6% | 17,6% |
| | Total 43,2 | | |
| Dg (cm) | 41,2 | 35,3 | 13,5 |
| | Total 30,0 | | |
| Ho (m) | 19,4 | 20,8 | 13,9 |
| | Total 20,4 | | |

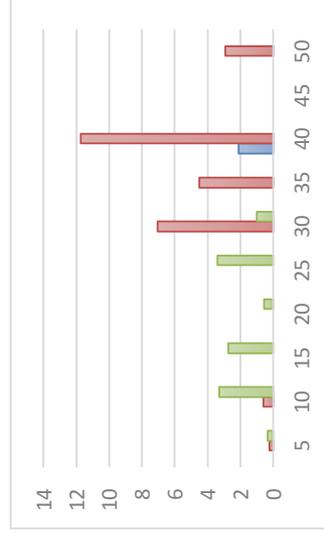
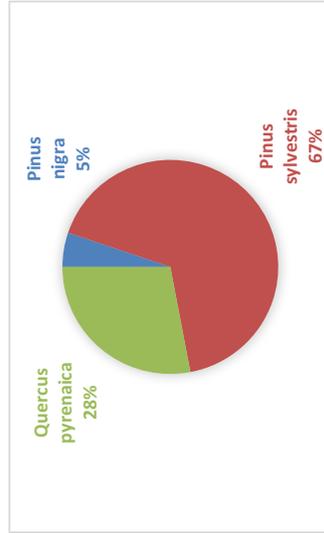
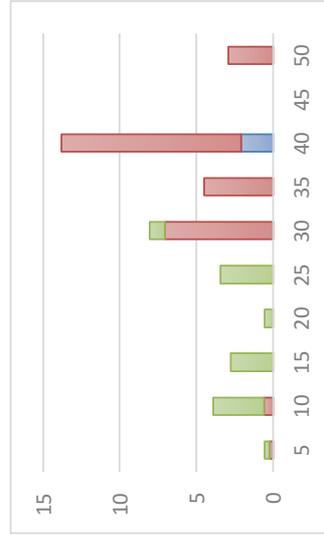
DENSIDAD (pies · ha⁻¹)

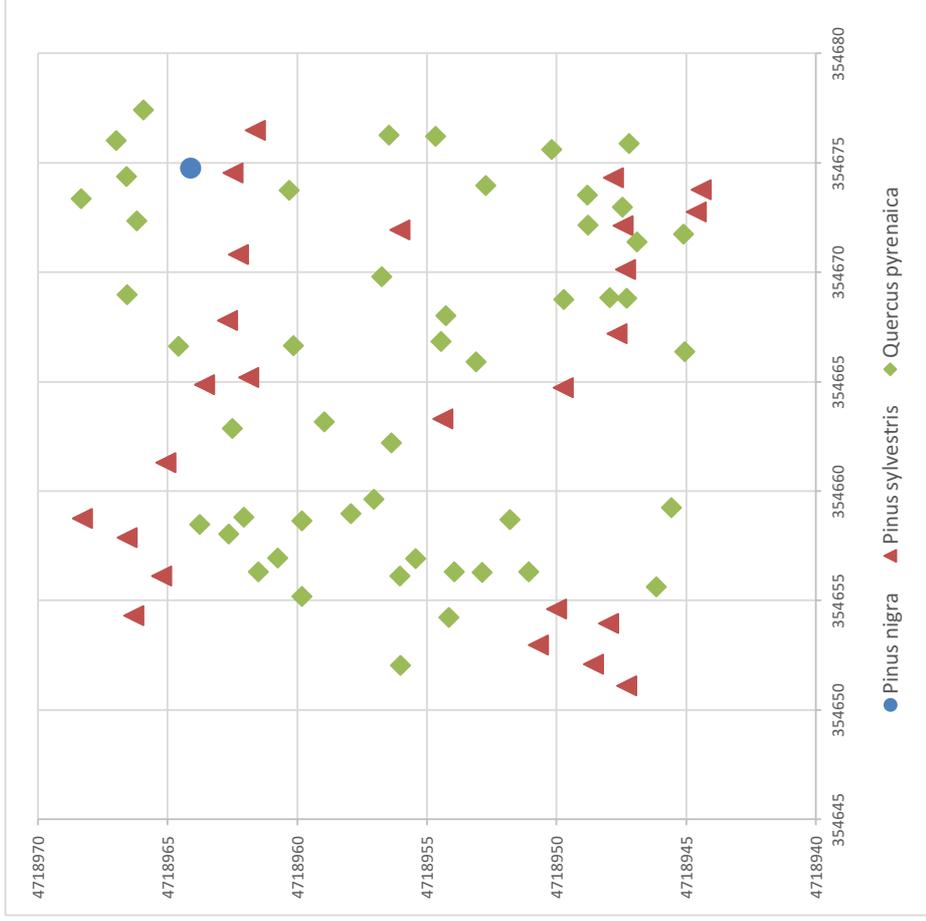


VOLUMEN (m³ · ha⁻¹)



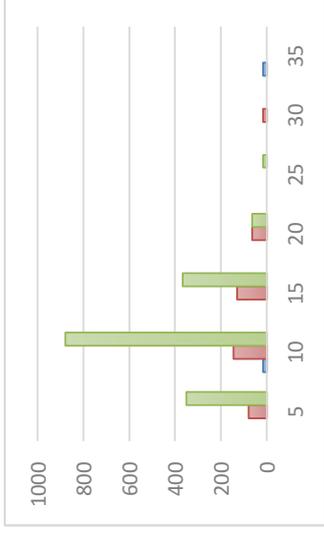
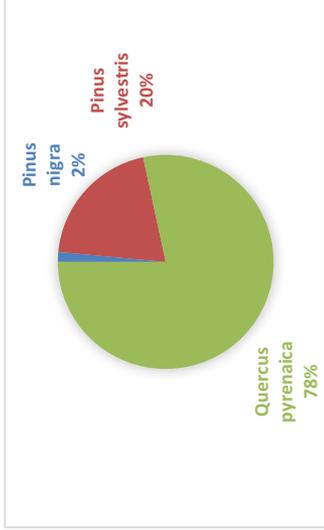
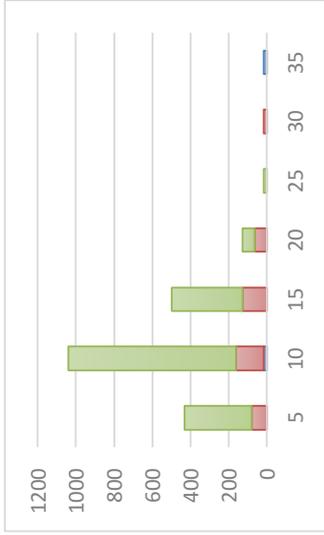
ÁREA BASIMÉTRICA (m² · ha⁻¹)



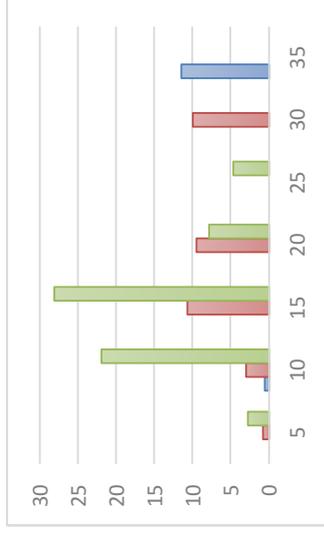
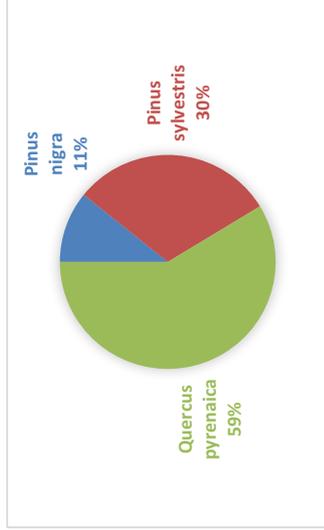
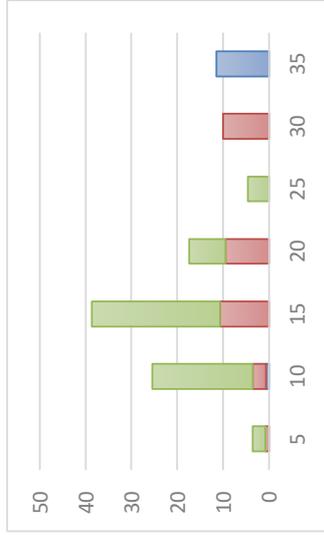


| | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica |
|---|--------------|------------------|-------------------|
| Densidad (pies · ha ⁻¹) | 16 | 400 | 784 |
| | 1,3% | 33,3% | 65,3% |
| | Total | 1200 | |
| Volumen (m ³ · ha ⁻¹) | 18,1 | 227,2 | 60,4 |
| | 5,9% | 74,3% | 19,7% |
| | Total | 305,7 | |
| Área basimétrica (m ² · ha ⁻¹) | 2,1 | 27,0 | 11,3 |
| | 5,2% | 66,8% | 28,0% |
| | Total | 40,4 | |
| Dg (cm) | 40,8 | 29,3 | 13,6 |
| | Total | 27,9 | |
| Ho (m) | 18,8 | 18,3 | 14,2 |
| | Total | 18,3 | |

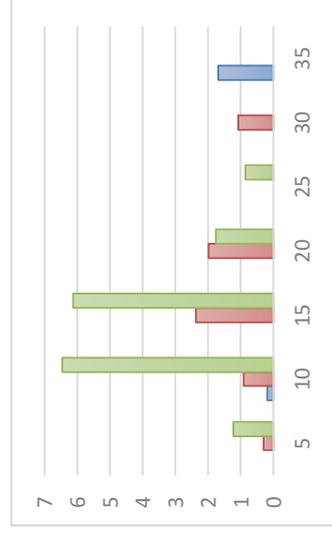
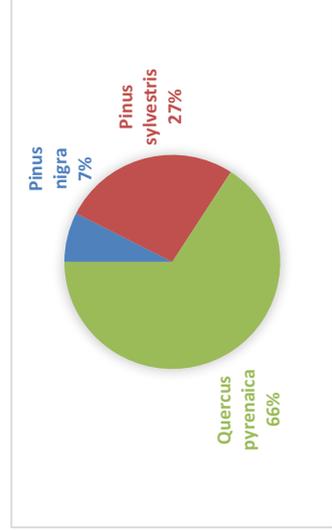
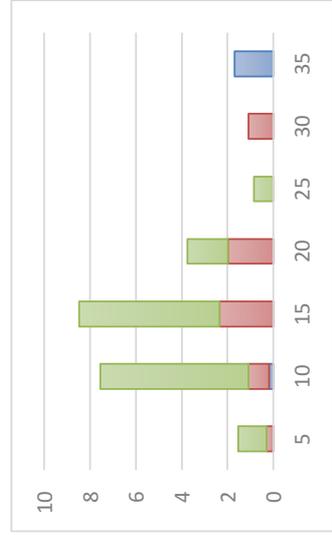
DENSIDAD (pies · ha⁻¹)

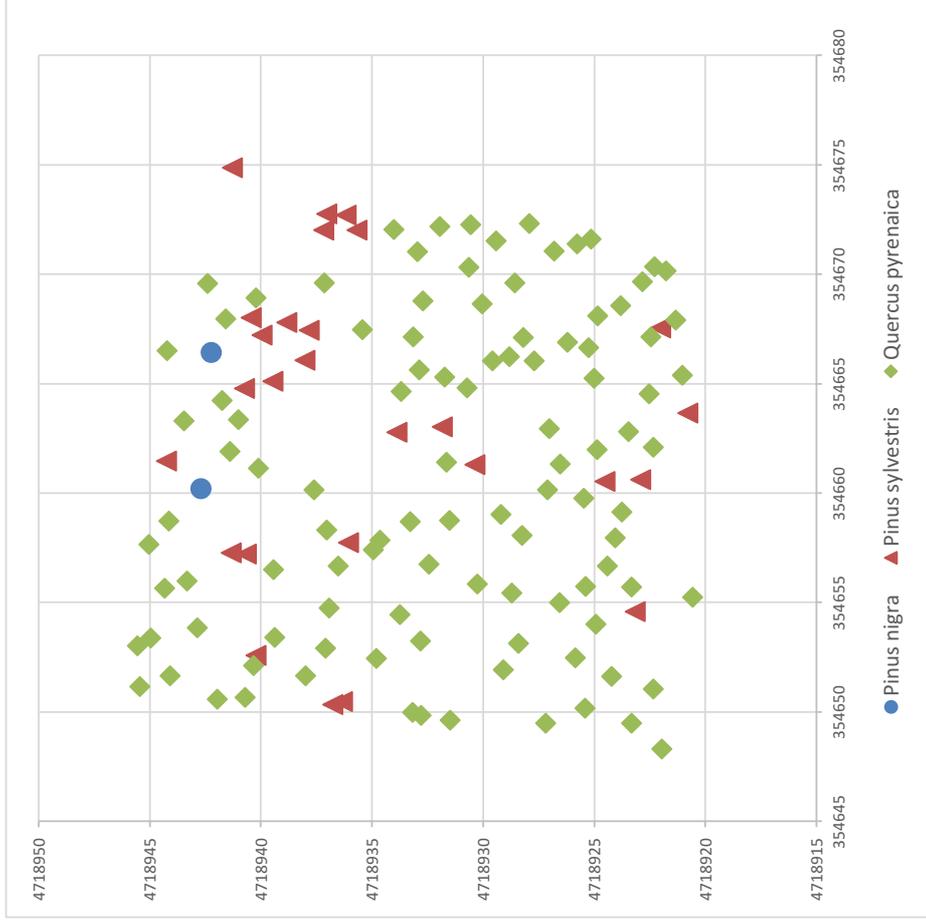


VOLUMEN (m³ · ha⁻¹)



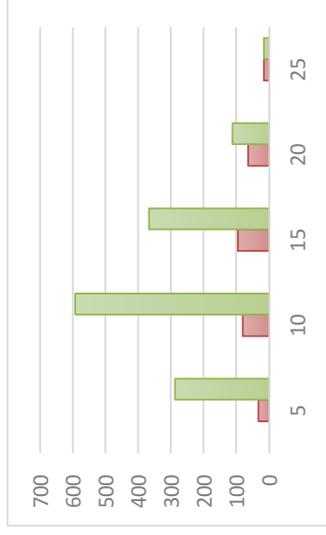
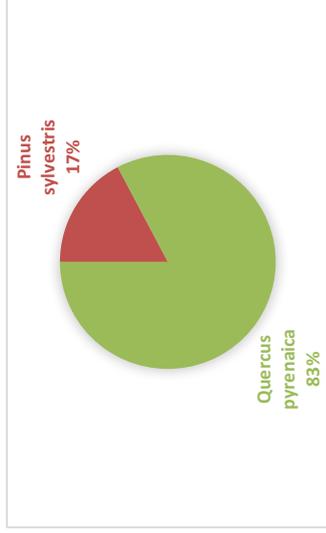
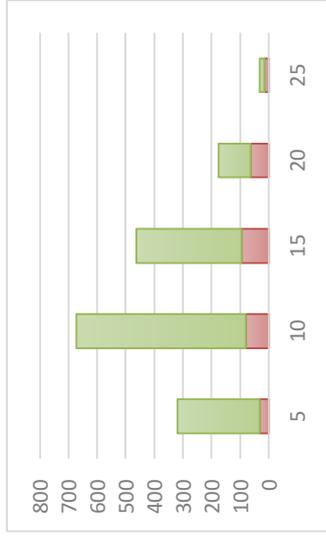
ÁREA BASIMÉTRICA (m² · ha⁻¹)



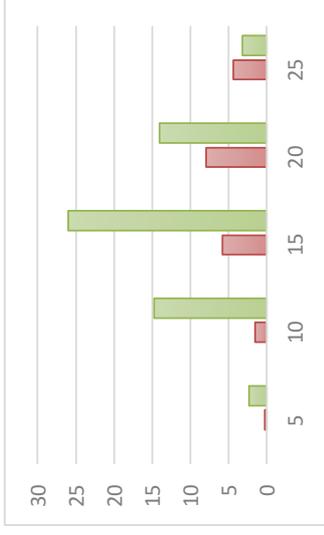
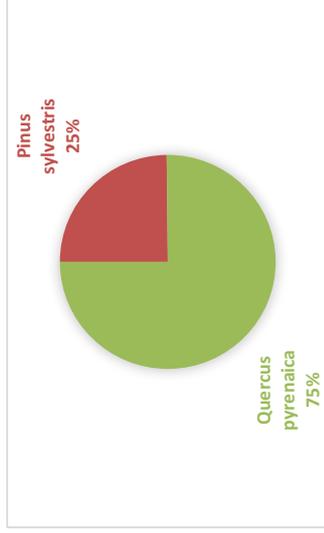
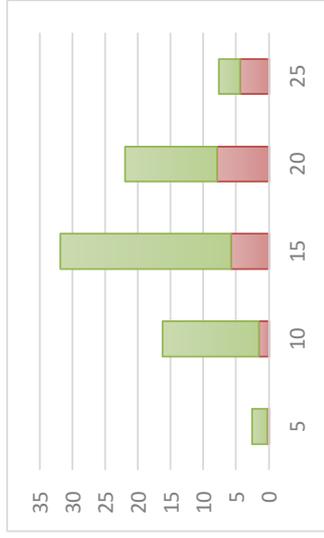


| | <i>Pinus nigra</i> | <i>Pinus sylvestris</i> | <i>Quercus pyrenaica</i> |
|---|--------------------|-------------------------|--------------------------|
| Densidad (pies · ha ⁻¹) | 32 | 432 | 1680 |
| | 1,5% | 20,1% | 78,4% |
| | Total | 2144 | |
| Volumen (m ³ · ha ⁻¹) | 12,0 | 33,8 | 65,0 |
| | 10,8% | 30,5% | 58,7% |
| | Total | 110,8 | |
| Área basimétrica (m ² · ha ⁻¹) | 1,9 | 6,6 | 16,4 |
| | 7,5% | 26,6% | 65,9% |
| | Total | 24,9 | |
| Dg (cm) | 27,3 | 14,0 | 11,2 |
| | Total | 17,5 | |
| | 10,8 | 11,5 | 10,3 |
| Ho (m) | Total | 12,4 | |

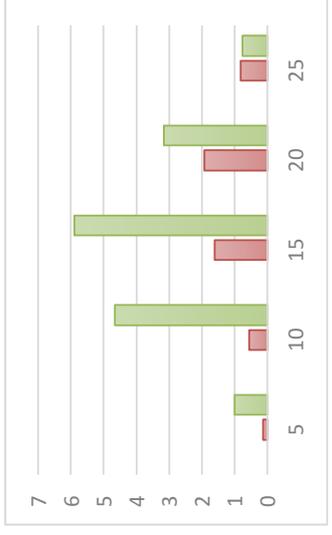
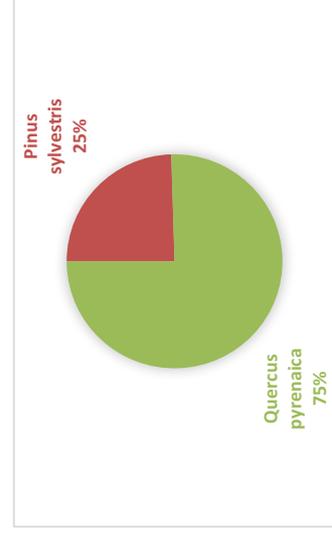
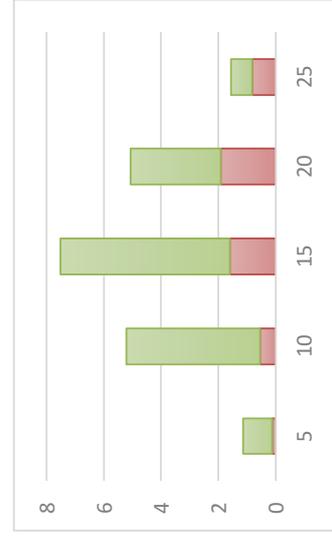
DENSIDAD (pies · ha⁻¹)

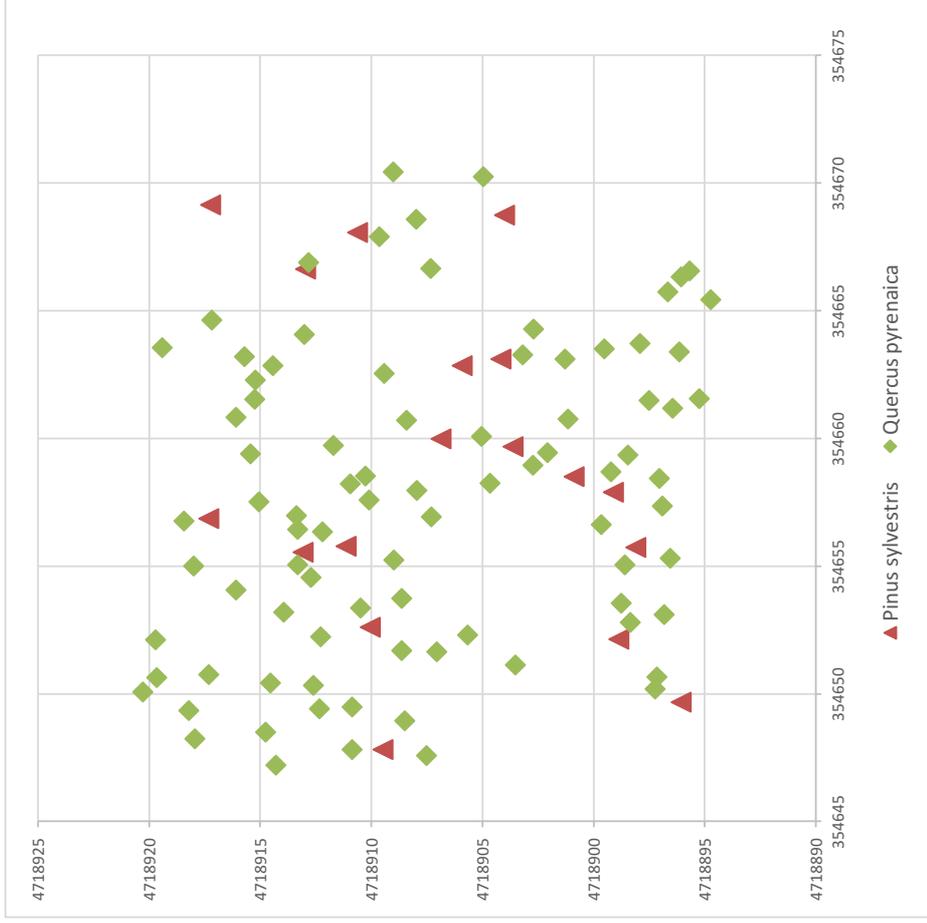


VOLUMEN (m³ · ha⁻¹)



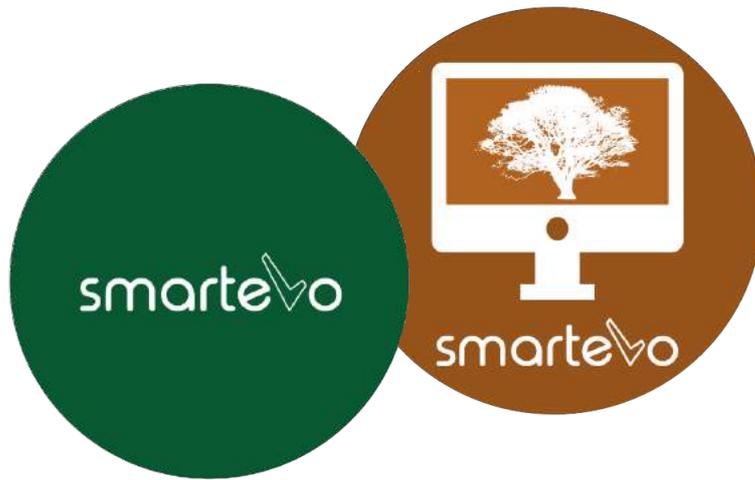
ÁREA BASIMÉTRICA (m² · ha⁻¹)





| | Pinus nigra | Pinus sylvestris | Quercus pyrenaica |
|---|--------------|------------------|-------------------|
| Densidad (pies · ha ⁻¹) | | 288 | 1376 |
| | Total | 17,3% | 82,7% |
| Volumen (m ³ · ha ⁻¹) | | 19,9 | 60,3 |
| | Total | 24,8% | 75,2% |
| Área basimétrica (m ² · ha ⁻¹) | | 5,0 | 15,5 |
| | Total | 24,5% | 75,5% |
| Dg (cm) | | 14,9 | 12,0 |
| | Total | 13,4 | |
| Ho (m) | | 9,2 | 9,8 |
| | Total | 10,2 | |

Anejo 4: Mapa conceptual de Smartelo PC



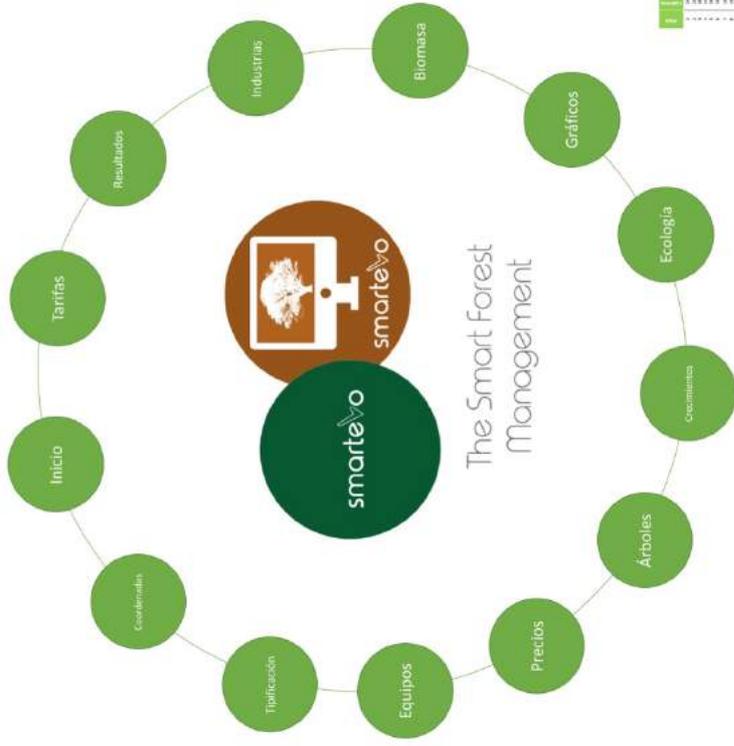
The Smart Forest Management

www.smartelo.es

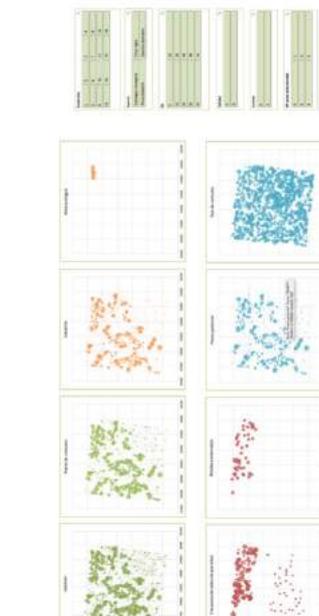
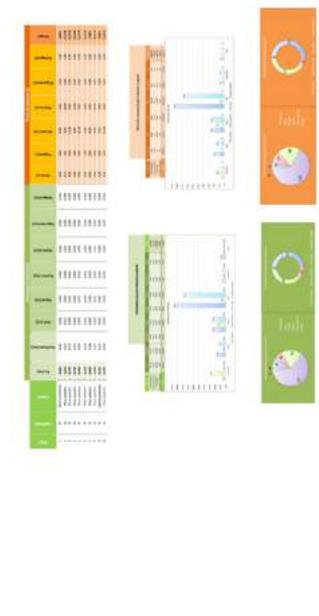


Mapa conceptual de Smartelo PC

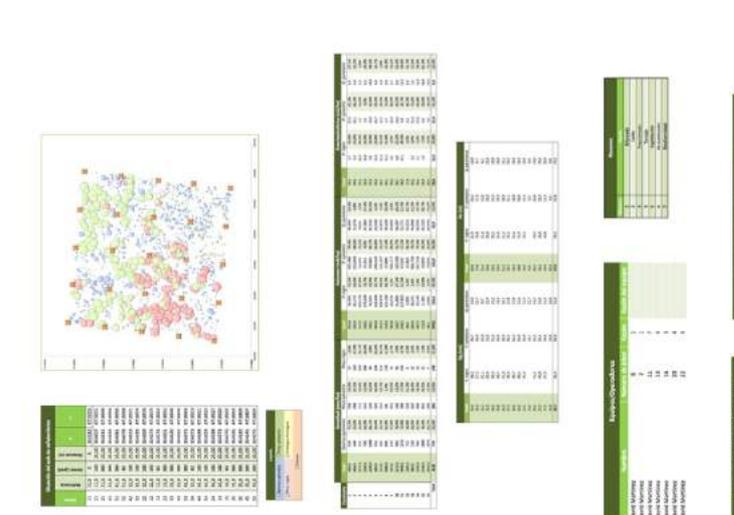
| CATEGORÍA | | CANTIDAD | | VALOR | | |
|-------------|----------|----------|----------------|-------------|----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| 1 | 1000 | kg | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| 2 | 2000 | kg | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| 3 | 3000 | kg | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| 4 | 4000 | kg | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |
| 5 | 5000 | kg | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 |
| 6 | 6000 | kg | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 |
| 7 | 7000 | kg | 7000 | 7000 | 7000 | 7000 |
| 8 | 8000 | kg | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 |
| 9 | 9000 | kg | 9000 | 9000 | 9000 | 9000 |
| 10 | 10000 | kg | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |



| CATEGORÍA | | CANTIDAD | | VALOR | | |
|-------------|----------|----------|----------------|-------------|----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| 1 | 1000 | kg | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| 2 | 2000 | kg | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| 3 | 3000 | kg | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| 4 | 4000 | kg | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |
| 5 | 5000 | kg | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 |
| 6 | 6000 | kg | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 |
| 7 | 7000 | kg | 7000 | 7000 | 7000 | 7000 |
| 8 | 8000 | kg | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 |
| 9 | 9000 | kg | 9000 | 9000 | 9000 | 9000 |
| 10 | 10000 | kg | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |



| CATEGORÍA | | CANTIDAD | | VALOR | | |
|-------------|----------|----------|----------------|-------------|----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| 1 | 1000 | kg | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| 2 | 2000 | kg | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| 3 | 3000 | kg | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| 4 | 4000 | kg | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |
| 5 | 5000 | kg | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 |
| 6 | 6000 | kg | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 |
| 7 | 7000 | kg | 7000 | 7000 | 7000 | 7000 |
| 8 | 8000 | kg | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 |
| 9 | 9000 | kg | 9000 | 9000 | 9000 | 9000 |
| 10 | 10000 | kg | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |



| CATEGORÍA | | CANTIDAD | | VALOR | | |
|-------------|----------|----------|----------------|-------------|----------------|-------------|
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | UNIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
| 1 | 1000 | kg | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| 2 | 2000 | kg | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| 3 | 3000 | kg | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| 4 | 4000 | kg | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 |
| 5 | 5000 | kg | 5000 | 5000 | 5000 | 5000 |
| 6 | 6000 | kg | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 |
| 7 | 7000 | kg | 7000 | 7000 | 7000 | 7000 |
| 8 | 8000 | kg | 8000 | 8000 | 8000 | 8000 |
| 9 | 9000 | kg | 9000 | 9000 | 9000 | 9000 |
| 10 | 10000 | kg | 10000 | 10000 | 10000 | 10000 |

Anejo 5: Mapa conceptual de Smartelo Portable



The Smart Forest Management

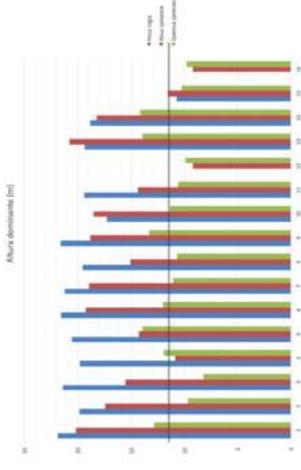
www.smartelo.es



Mapa conceptual de Smartelo Portable



The Smart Forest Management

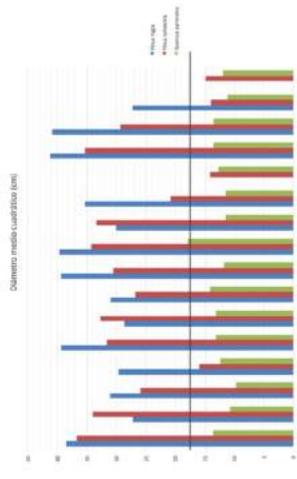


Nombre: David Rodríguez
Fecha: 4/7/16

Cuadrante: 10

| OBJETIVO DE CORTA | |
|------------------------|-------|
| Valor absoluto | % |
| G (m ² /ha) | 30,0% |

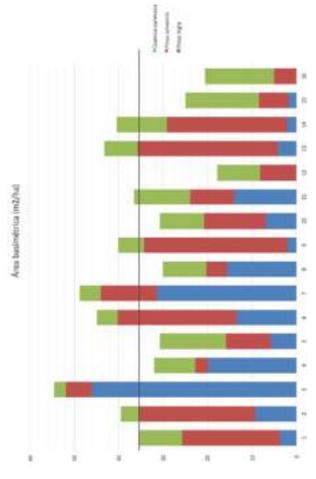
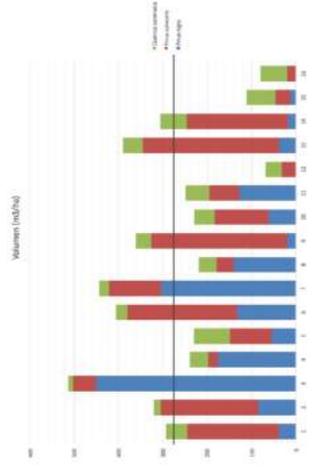
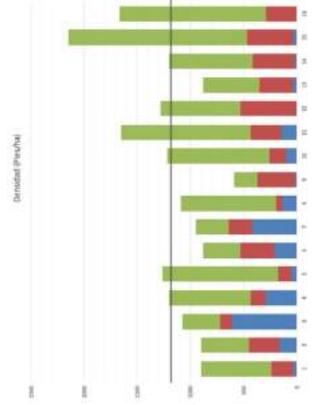
| ACTUAL | |
|----------------|-----|
| Valor absoluto | % |
| 6,25 | 20% |



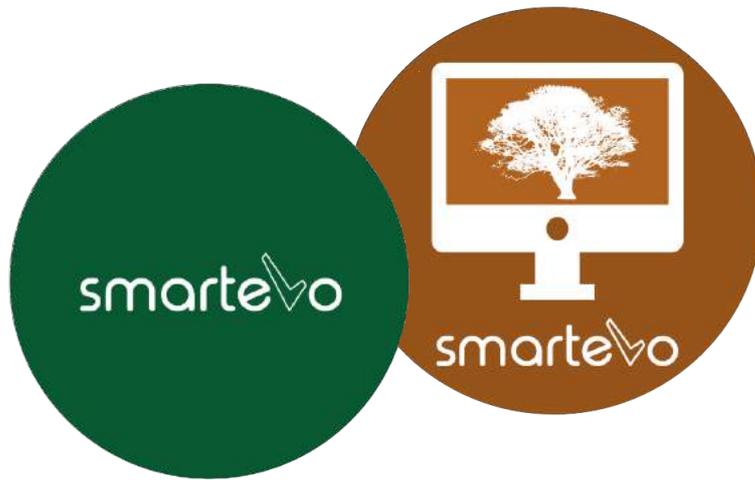
| | Densidad | | | Volumen | | | Área basimétrica | | |
|--------------------------|----------|---------|-----------|----------------|---------|----------------|------------------|---------|----------------|
| | Inicio | Cortado | Remanente | Inicio | Cortado | Remanente | Inicio | Cortado | Remanente |
| | Plas/ha | % | Plas/ha | m ³ | % | m ³ | m ² | % | m ² |
| Cuadrante | 76 | 14% | 65 | 14,29 | 2,93 | 11,36 | 1,92 | 0,39 | 1,53 |
| Total | 1216 | 14% | 1040 | 46,86 | 20% | 181,79 | 31 | 6,25 | 24,50 |
| Pinus nigra | 96 | 9% | 80 | 13,50 | 29% | 48,36 | 7 | 1,49 | 5,33 |
| Pinus sylvestris | 160 | 32% | 128 | 22,78 | 49% | 97,82 | 14 | 2,77 | 11,21 |
| Quercus pyrenaica | 960 | 73% | 832 | 10,58 | 23% | 35,61 | 10 | 1,99 | 7,96 |

| Arbol | Razón | Cuadrante | Especie | Volumen (m ³) | Sr(m ²) |
|-------|-------|-----------|-------------------|---------------------------|---------------------|
| 380 | 3 | 10 | Quercus pyrenaica | 0,080 | 0,017 |
| 381 | 5 | 10 | Quercus pyrenaica | 0,247 | 0,037 |
| 385 | 2 | 10 | Quercus pyrenaica | 0,140 | 0,024 |
| 384 | 2 | 10 | Quercus pyrenaica | 0,041 | 0,009 |
| 389 | 3 | 10 | Quercus pyrenaica | 0,040 | 0,008 |
| 402 | 3 | 10 | Pinus sylvestris | 0,088 | 0,040 |
| 391 | 3 | 10 | Quercus pyrenaica | 0,084 | 0,014 |
| 387 | 6 | 10 | Quercus pyrenaica | 0,020 | 0,003 |
| 394 | 3 | 10 | Quercus pyrenaica | 0,020 | 0,011 |
| 401 | 2 | 10 | Pinus nigra | 0,044 | 0,009 |
| 403 | 3 | 10 | Pinus sylvestris | 0,236 | 0,093 |

| Número | Razones de selección | | | | | |
|--------|----------------------|-------|--------------|---------|------------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Razón | Bifurcado | Caido | Fracccionado | Torcido | Exposición | De sustitución |



Anejo 6: Manejo y presentación de datos de Smartelo con R



The Smart Forest Management

www.smartelo.es



Manejo y presentación de datos de Smartelo con R

```
#Anejo 6. Manejo y presentación de datos de Smartelo con R

##El presente script en R está diseñado como para la gestión y presentación de los
datos resultados que ofrece Smartelo en R.
##El script pretende ser una breve muestra de un proyecto mayor que se desarrollará
en torno al manejo de datos de Aulas de Señalamiento con R

#Instalamos los paquetes necesarios
#install.packages("readxl")
#install.packages("plyr")
#install.packages("ggplot2")
#install.packages("Hmisc")
#install.packages("psych")
#install.packages("gmodels")
#install.packages("corrplot")
#install.packages("PerformanceAnalytics")
#install.packages("lme4")
#install.packages("devtools")
#install.packages("plotly")
#install.packages("data.table")

#Requerimos los paquetes necesarios
packages<-
c("readxl","plyr","ggplot2","Hmisc","pastecs","psych","gmodels","corrplot","Performan
ceAnalytics","lme4","devtools","plotly","data.table")
sapply(packages,require,character.only=TRUE)

#Definimos el directorio de trabajo
setwd("")
dir()

#1)Requerimos y editamos los diferentes data.frames que utilizaremos en este script
(Estacas_Valdepoza e Inventario_Valdepoza)

#1.1)#Creamos y editamos el data.frame Coordinadas_Valdepoza
Estacas_Valdepoza <- read.csv("Estacas_Valdepoza.csv",sep=";",dec="," ,header=TRUE)

#Renombramos las columnas del data.frame
```

```
names(Estacas_Valdepoza) <- c("Estaca", "CoordX", "CoordY")
str(Estacas_Valdepoza)

#Graficamos situación de estacas en Valdepoza
qplot(CoordX, CoordY, data=Estacas_Valdepoza, size=2) + guides(alpha=FALSE) +
guides(size=FALSE) + theme(axis.title.x=element_blank(), axis.title.y=element_blank())

#1.2)#Requerimos y editamos el data.frame Inventario_Valdepoza
#El siguiente data.frame contiene el inventario general del Aula de Señalamiento de
Valdepoza
Inventario_Valdepoza <-
read.csv("Inventario_Valdepoza.csv", sep=";", dec=",", header=TRUE)
str(Inventario_Valdepoza)#Evaluamos la clase de cada elemento

#Cambiamos formato de varias columnas
Inventario_Valdepoza[,c(2,3,10)] <-
lapply(Inventario_Valdepoza[,c(2,3,10)], as.factor)
sapply(Inventario_Valdepoza, class)

#Graficamos localización del Aula de Valdepoza. Tamaño burbuja indica Volumen de cada
árbol
Localizacion_Valdepoza <- ggplot(Inventario_Valdepoza, aes(CoordX, CoordY)) +
geom_point(aes(color=Especie, size=V..m3., alpha=1/2)) + guides(alpha=FALSE) +
guides(size=FALSE) + theme(axis.title.x=element_blank(), axis.title.y=element_blank())
Localizacion_Valdepoza

#Graficamos pies del Inventario_Valdepoza con los cuadrantes del Aula delimitados por
las diferentes estacas
Localizacion_Valdepoza + geom_point(aes(color=Especie, size=V..m3., alpha=1/2)) +
geom_point(data=Estacas_Valdepoza, shape=4, size=5)

#2)Estadística descriptiva para el Aula de Señalamiento de
Valdepoza(Inventario_Valdepoza)##

#2.1)Estadística Descriptiva General#
attach(Inventario_Valdepoza)
```

```
summary(Inventario_Valdepoza)
describe(Inventario_Valdepoza) #Descriptiva utilizando el paquete "Hmisc"
stat.desc(Inventario_Valdepoza)#Descriptiva utilizando el paquete "pastecs"
describe(Inventario_Valdepoza)#Descriptiva utilizando el paquete "psych"
describe.by(Inventario_Valdepoza, Inventario_Valdepoza$Especie)#Descriptiva
utilizando el paquete "psych", agrupando por Especie
describe.by(Inventario_Valdepoza, Inventario_Valdepoza$CD)#Descriptiva utilizando el
paquete "psych", agrupando por CD

#Tablas de frecuencias para los cuadrantes
table(Cuadrante,Especie) #Número de pies de cada especie en cada cuadrante
table(Cuadrante,CD,Especie) #Número de pies de cada clase diamétrica en cada
cuadrante agrupados por especie
table(Cuadrante,CD,Especie)/0.0625 #Número de pies por hectárea de cada clase
diamétrica en cada cuadrante agrupados por especie

#Métodos alternativos para el cálculo de frecuencias para las parcelas
frecVal_Valdepoza <- table(Especie,Cuadrante)
frecVal_Valdepoza

margin.table(frecVal_Valdepoza, 1)# Frecuencias de Especie
margin.table(frecVal_Valdepoza, 2) # Frecuencias de Parcela
margin.table(frecVal_Valdepoza, 2)/0.0625 # DENSIDAD en pies/ha (Frecuencia dividida
por área de cada cuadrante)

prop.table(frecVal_Valdepoza)*100 #Porcentajes totales
prop.table(frecVal_Valdepoza, 1)*100 #Porcentajes por fila (Especie)
prop.table(frecVal_Valdepoza, 2)*100 #Porcentajes por columna (Cuadrante)

#Otra forma de mostrar frecuencias cruzadas
mytable_Valdepoza <- xtabs(~Cuadrante+Especie, data=Inventario_Valdepoza)
ftable(mytable_Valdepoza) # imprimir tabla (frecuencia de pies por Cuadrante y
Especie)
ftable(mytable_Valdepoza)/0.0625 # Tabla de Densidad (pies/ha)

#Obtenención de frecuencias en formato Tabla con el paquete "gmodels"
CrossTable(Cuadrante, Especie)
porcentajes_Valdepoza <- CrossTable(Cuadrante, Especie)
```

```
write.table(porcentajes_Valdepoza, "resumen_Valdepoza.txt", sep="\t") #Guardamos en
formato texto la tabla anterior
```

#2.2) Gráficos

#Frecuencias#

```
ggplot(Inventario_Valdepoza, aes(Especie, fill = Especie)) + geom_bar() +
theme(axis.title.x=element_blank(),axis.title.y=element_blank())#Frecuencia total por
especies
```

```
ggplot(Inventario_Valdepoza, aes(CD, fill=Especie)) + geom_bar(position="dodge") +
theme(axis.title.x=element_blank(),axis.title.y=element_blank())#Frecuencia total por
especie y clase diamétrica (columnas separadas)
```

```
ggplot(Inventario_Valdepoza, aes(CD, fill = Especie) ) + geom_bar() +
theme(axis.title.x=element_blank(),axis.title.y=element_blank())#Frecuencia total por
especie y clase diamétrica (columnas agrupadas)
```

```
ggplot(Inventario_Valdepoza, aes(CD,fill=Especie) ) + geom_bar() + facet_wrap(
facets=~Especie, scale="free_y") +
theme(axis.title.x=element_blank(),axis.title.y=element_blank()) #Frecuencia total
para cada CD agrupadas por especies
```

#Distribución de clases diamétricas#

```
ggplot(Inventario_Valdepoza, aes(Especie, dap..cm., colour=Especie) ) + geom_point()
+ scale_x_discrete(breaks=NULL) + theme(axis.title.x=element_blank()) +
ylab("Diámetro normal (cm)\n")#Distribución de diámetros por Especie (puntos)
```

```
ggplot(Inventario_Valdepoza, aes(Especie, dap..cm., colour=Especie) ) + geom_jitter()
+ scale_x_discrete(breaks=NULL) + theme(axis.title.x=element_blank()) +
ylab("Diámetro normal (cm)\n")#Distribución de diámetros por Especie (jitter)
```

```
ggplot(Inventario_Valdepoza, aes(Especie, dap..cm., colour=Especie)) + geom_point()
+ geom_boxplot() + scale_x_discrete(breaks=NULL) +
theme(axis.title.x=element_blank()) + ylab("Diámetro normal (cm)\n")#Distribución de
diámetros por Especie (boxplot)
```

#Distribución de alturas#

```
ggplot(Inventario_Valdepoza, aes(Especie, Ht..m., colour=Especie) ) + geom_point() +
scale_x_discrete(breaks=NULL) + theme(axis.title.x=element_blank()) + ylab("Altura
total (m)\n")#Distribución de alturas por Especie (puntos)
```

```
ggplot(Inventario_Valdepoza, aes(Especie, Ht..m., colour=Especie) ) + geom_jitter() +
scale_x_discrete(breaks=NULL) + theme(axis.title.x=element_blank()) + ylab("Altura
total (m)\n")#Distribución de alturas por Especie (jitter)
ggplot(Inventario_Valdepoza, aes(Especie, Ht..m., colour=Especie)) + geom_point() +
geom_boxplot() + scale_x_discrete(breaks=NULL) + theme(axis.title.x=element_blank())
+ ylab("Altura total (m)\n")#Distribución de alturas por Especie (boxplot)

#Distribución de volúmenes#
ggplot(Inventario_Valdepoza, aes(Especie, V..m3., colour=Especie) ) + geom_point() +
scale_x_discrete(breaks=NULL) + theme(axis.title.x=element_blank()) + ylab("Volumen
total (m3)\n")#Distribución de volúmenes por Especie (puntos)
ggplot(Inventario_Valdepoza, aes(Especie, V..m3., colour=Especie) ) + geom_jitter() +
scale_x_discrete(breaks=NULL) + theme(axis.title.x=element_blank()) + ylab("Volumen
total (m3)\n")#Distribución de volúmenes por Especie (jitter)
ggplot(Inventario_Valdepoza, aes(Especie, V..m3., colour=Especie)) + geom_point() +
geom_boxplot() + scale_x_discrete(breaks=NULL) + theme(axis.title.x=element_blank())
+ ylab("Volumen total (m3)\n")#Distribución de volúmenes por Especie (boxplot)

#3)Estadística descriptiva para los cuadrantes que forman el Aula de Señalamiento de
Valdepoza

#3.1)Creamos data.frames de cada Cuadrante
C1 <- subset.data.frame(Inventario_Valdepoza,Cuadrante=="1")
C2 <- subset.data.frame(Inventario_Valdepoza,Cuadrante=="2")
C3 <- subset.data.frame(Inventario_Valdepoza,Cuadrante=="3")
C4 <- subset.data.frame(Inventario_Valdepoza,Cuadrante=="4")
C5 <- subset.data.frame(Inventario_Valdepoza,Cuadrante=="5")
C6 <- subset.data.frame(Inventario_Valdepoza,Cuadrante=="6")
C7 <- subset.data.frame(Inventario_Valdepoza,Cuadrante=="7")
C8 <- subset.data.frame(Inventario_Valdepoza,Cuadrante=="8")
C9 <- subset.data.frame(Inventario_Valdepoza,Cuadrante=="9")
C10 <- subset.data.frame(Inventario_Valdepoza,Cuadrante=="10")
C11 <- subset.data.frame(Inventario_Valdepoza,Cuadrante=="11")
C12 <- subset.data.frame(Inventario_Valdepoza,Cuadrante=="12")
C13 <- subset.data.frame(Inventario_Valdepoza,Cuadrante=="13")
C14 <- subset.data.frame(Inventario_Valdepoza,Cuadrante=="14")
C15 <- subset.data.frame(Inventario_Valdepoza,Cuadrante=="15")
```

```
C16 <- subset.data.frame(Inventario_Valdepoza,Cuadrante=="16")

#4.2)Estadística Descriptiva#
#Resumen estadístico para cada cuadrante#
#A partir de este punto se mostrará un ejemplo para la utilización de diferentes
funciones y la obtención de
##resultados para el cuadrante 1. Si desea obtener toda esta información para otro
cuadrante diferente, cambie el data.frame (C1) utilizado por el de interés

#Cuadrante 1#
attach(C1)
summary(C1)
stat.desc(C1)#Descriptiva utilizando el paquete "pastecs"
describe(C1)#Descriptiva utilizando el paquete "psych"
describeBy(C1, C1$Especie)#Descriptiva utilizando el paquete "psych", agrupando por
Especie
describeBy(C1, C1$CD)#Descriptiva utilizando el paquete "psych", agrupando por CD

#Tablas de frecuencias#
frecC1 <- table(CD,Especie)
frecC1 # print table

#Formas alternativas para el cálculo de frecuencias
margin.table(frecC1, 1)# Frecuencias de CD
margin.table(frecC1, 2) # Frecuencias de Especie
margin.table(frecC1,2)/0.0625 # DENSIDAD en pies/ha (Frecuencia dividida por área de
cada cuadrante)

prop.table(frecC1)*100 #Porcentajes totales
prop.table(frecC1, 1)*100 #Porcentajes por fila (CD)
prop.table(frecC1, 2)*100 #Porcentajes por columna (Especie)

table(Cuadrante,CD,Especie)
with(P1,table(Cuadrante,CD,Especie))#Misma tabla utilizando la función with
CuaCDEsp1 <- as.data.frame(table(Cuadrante,CD,Especie))#Transformamos la tabla
cruzada en data.frame
names(CuaCDEsp1) <- c("Cuadrante","CD","Especie","Pies")
```

CuaCDEsp1

#4.3)Gráficos

#Localización general del Aula de Señalamiento

```
Localizacion_Valdepoza <- ggplot(Inventario_Valdepoza,aes(CoordX,CoordY)) +  
geom_point(aes(color=Especie,size=V..m3.,alpha=1/2)) + guides(alpha=FALSE) +  
guides(size=FALSE) + theme(axis.title.x=element_blank(),axis.title.y=element_blank())  
Localizacion_Valdepoza
```

#Cuadrante 1#

```
LocalizacionC1 <- ggplot(C1,aes(CoordX,CoordY,label=Arbol)) + guides(alpha=FALSE) +  
guides(size=FALSE) + theme(axis.title.x=element_blank(),axis.title.y=element_blank())  
LocalizacionC1 +geom_point(aes(color=Especie,shape=Especie,size=(V..m3.))) +  
geom_text(vjust = 0, nudge_y = 0.5) #Número de árbol y diferentes formas y colores  
por especie  
LocalizacionC1 + geom_label(aes(fill = Especie), colour = "white", fontface =  
"bold")#Número de árbol y colores por especie (con etiquetas)  
LocalizacionC1 + geom_label(aes(fill = CD), colour = "white", fontface = "bold") +  
scale_colour_brewer(palette="Greens") #Número de árbol y colores por clase diamétrica  
(con etiquetas)
```

```
LocalizacionC1 <- ggplot(C1,aes(CoordX,CoordY,label=CD))
```

```
LocalizacionC1 + geom_label(aes(fill = Especie), colour = "white", fontface =  
"bold") + scale_colour_brewer() #Clase diamétrica y colores por especie (con  
etiquetas)
```

#Frecuencias#

```
ggplot(C1, aes(Especie, fill = Especie ) ) + geom_bar()+ guides(alpha=FALSE) +  
guides(size=FALSE) + theme(axis.title.x=element_blank(),axis.title.y=element_blank())  
#Frecuencia total por especies  
ggplot(C1, aes(x = factor(""), fill = Especie) ) + geom_bar()+ guides(alpha=FALSE)  
+ guides(size=FALSE) +  
theme(axis.title.x=element_blank(),axis.title.y=element_blank())#Frecuencia total por  
especies (sobre el 100%)
```

```

ggplot(C1, aes(x = factor(""), fill = Especie) ) + geom_bar() + coord_polar(theta =
"y") + scale_x_discrete("")+ guides(alpha=FALSE) + guides(size=FALSE) +
theme(axis.title.x=element_blank(),axis.title.y=element_blank())#Diagrama de sectores
ggplot(C1, aes(CD, fill=Especie)) + geom_bar(position="dodge")+ guides(alpha=FALSE)
+ guides(size=FALSE) +
theme(axis.title.x=element_blank(),axis.title.y=element_blank())#Frecuencia total por
especie y clase diamétrica (columnas separadas)
ggplot(C1, aes(CD, fill = Especie) ) + geom_bar() + guides(alpha=FALSE) +
guides(size=FALSE) +
theme(axis.title.x=element_blank(),axis.title.y=element_blank())#Frecuencia total por
especie y clase diamétrica (columnas agrupadas)
ggplot(C1, aes(CD,fill=Especie) ) + geom_bar() + facet_grid(Especie ~ .) +
guides(alpha=FALSE) + guides(size=FALSE) +
theme(axis.title.x=element_blank(),axis.title.y=element_blank()) #Frecuencia total
para cada CD agrupadas por especies

#Distribución de clases diamétricas#
ggplot(C1, aes(Especie, dap..cm., colour=Especie) ) + geom_point() +
scale_x_discrete(breaks=NULL) + theme(axis.title.x=element_blank()) + ylab("Diámetro
normal (cm)\n")#Distribución de diámetros por Especie (puntos)
ggplot(C1, aes(Especie, dap..cm., colour=Especie) ) + geom_jitter() +
scale_x_discrete(breaks=NULL) + theme(axis.title.x=element_blank()) + ylab("Diámetro
normal (cm)\n")#Distribución de diámetros por Especie (jitter)
ggplot(C1, aes(Especie, dap..cm., colour=Especie)) + geom_point() + geom_boxplot() +
scale_x_discrete(breaks=NULL) + theme(axis.title.x=element_blank()) + ylab("Diámetro
normal (cm)\n")#Distribución de diámetros por Especie (boxplot)

#Distribución de alturas#
ggplot(C1, aes(Especie, Ht..m., colour=Especie) ) + geom_point() +
scale_x_discrete(breaks=NULL) + theme(axis.title.x=element_blank()) + ylab("Altura
total (m)\n")#Distribución de alturas por Especie (puntos)
ggplot(C1, aes(Especie, Ht..m., colour=Especie) ) + geom_jitter() +
scale_x_discrete(breaks=NULL) + theme(axis.title.x=element_blank()) + ylab("Altura
total (m)\n")#Distribución de alturas por Especie (jitter)
ggplot(C1, aes(Especie, Ht..m., colour=Especie)) + geom_point() + geom_boxplot() +
scale_x_discrete(breaks=NULL) + theme(axis.title.x=element_blank()) + ylab("Altura
total (m)\n")#Distribución de alturas por Especie (boxplot)

```

```
#Distribución de volúmenes#
ggplot(C1, aes(Especie, V..m3., colour=Especie) ) + geom_point() +
scale_x_discrete(breaks=NULL) + theme(axis.title.x=element_blank()) + ylab("Volumen
total (m3)\n")#Distribución de volúmenes por Especie (puntos)
ggplot(C1, aes(Especie, V..m3.,colour=Especie) ) + geom_jitter() +
scale_x_discrete(breaks=NULL) + theme(axis.title.x=element_blank()) + ylab("Volumen
total (m3)\n")#Distribución de volúmenes por Especie (jitter)
ggplot(C1, aes(Especie, V..m3., colour=Especie)) + geom_point() + geom_boxplot() +
scale_x_discrete(breaks=NULL) + theme(axis.title.x=element_blank()) + ylab("Volumen
total (m3)\n")#Distribución de volúmenes por Especie (boxplot)

#5)Tipificación del Aula de Señalamiento. Cálculo de variables de masa#
#A lo largo de este punto se crearán una serie de data.frames auxiliares
#Se recomienda correr todo el script este punto 5, y al finalizar consultar los
data.frame propuestos
#5.1)Tipificación para Inventario_Valdepoza
Tipificación_Valdepoza <- Inventario_Valdepoza[,c(1,2,4,9,11,13,14)] #Preparamos
data.frame para tipificación

##5.1.1)Cálculo de diámetros y áreas basimétricas
area<-25*25#[m2]#Este es el área de cada cuadrante del Aula de Señalamiento de
Valdepoza
Tipificación_Valdepoza$dap..m. <- with(Tipificación_Valdepoza,
dap..cm./100,na.rm=TRUE)#[m]
Tipificación_Valdepoza$dap..m2. <-with(Tipificación_Valdepoza,dap..m.^2)#[m^2]
Tipificación_Valdepoza$G <-with(Tipificación_Valdepoza,g..m2.*10000/area)#[m^2/ha]
str(Tipificación_Valdepoza)

#5.1.2)Cálculo del BAL (m2/ha)
BAL_Valdepoza<-
Tipificación_Valdepoza[,c('Arbol','Cuadrante','dap..m.','Ht..m.','g..m2.')]
BAL_Valdepoza<-BAL_Valdepoza[with(BAL_Valdepoza,order(g..m2.,decreasing=TRUE)),]
BAL_Valdepoza$BAL<-BAL_Valdepoza$g..m2.
BAL_Valdepoza <- as.data.frame(transform(BAL_Valdepoza,BAL = ave(BAL_Valdepoza$BAL,
FUN = cumsum)))

Tipificación_Valdepoza <- merge(Tipificación_Valdepoza,BAL_Valdepoza,by="Arbol")
Tipificación_Valdepoza <- Tipificación_Valdepoza[,c(1:10,15)]
```

```

colnames(Tipificación_Valdepoza)<-
c('Arbol','Cuadrante','Especie','dap..cm.','Ht..m.','g..m2.','V..m3.','dap..m.','dap.
.m2.','G','BAL')

#5.1.3) Creamos los data.frames que contendrán la tipificación del Aula de Valdepoza
por cuadrante y especie
Tipificación_Cuadrante<-ddply(Tipificación_Valdepoza,c('Cuadrante'),summarise,
dap..m. = mean(dap..m.,na.rm=TRUE),dap..m2. = mean(dap..m2.,na.rm=TRUE), G =
sum(G,na.rm=TRUE), Ht..m.= mean(Ht..m.,na.rm=TRUE),V..m3.=sum(V..m3.,na.rm=TRUE))
Tipificación_Especie<-ddply(Tipificación_Valdepoza,c('Especie'),summarise, dap..m. =
mean(dap..m.,na.rm=TRUE),dap..m2. = mean(dap..m2.,na.rm=TRUE), G = sum(G,na.rm=TRUE),
Ht..m.= mean(Ht..m.,na.rm=TRUE),V..m3.=sum(V..m3.,na.rm=TRUE))

freq_Cua<- data.frame(table(Tipificación_Valdepoza$Cuadrante)) #Número de pies en
cada cuadrante
freq_Esp<- data.frame(table(Tipificación_Valdepoza$Especie)) #Número de pies por
especie

Tipificación_Cuadrante<-
merge(Tipificación_Cuadrante,freq_Cua,by.x='Cuadrante',by.y='Var1')
Tipificación_Especie<-
merge(Tipificación_Especie,freq_Esp,by.x='Especie',by.y='Var1')

Tipificación_Cuadrante[, 'N']<-with(Tipificación_Cuadrante,floor(Freq*10^4/area)) #ver
ceiling
Tipificación_Especie[, 'N']<-with(Tipificación_Especie,floor(Freq*10^4/area)) #ver
ceiling

Tipificación_Cuadrante[, 'dg_m']<-
with(Tipificación_Cuadrante,100*(dap..m2./Freq)*0.5,na.rm=TRUE)
Tipificación_Especie[, 'dg_m']<-
with(Tipificación_Especie,100*(dap..m2./Freq)*0.5,na.rm=TRUE)

Tipificación_Cuadrante[, 'V'] <-
with(Tipificación_Cuadrante,10^4*Tipificación_Cuadrante$V..m3./area,na.rm=TRUE)
Tipificación_Especie[, 'V'] <-
with(Tipificación_Especie,10^4*Tipificación_Especie$V..m3./area,na.rm=TRUE)

```

```
##5.1.4) Cálculo de alturas medias y de árboles dominantes
assman<-area*100/10^4# número de individuos dominantes por parcela según Assman
hd_Valdepoza<-Tipificación_Valdepoza[,c('Arbol','Cuadrante','dap..m.','Ht..m.')]
hd_Valdepoza<-
hd_Valdepoza[with(hd_Valdepoza,order(Cuadrante,dap..m.,decreasing=TRUE)),]

hd_fun<-function(hd_Valdepoza){mean(hd_Valdepoza[1:assman,'Ht..m.'])}

hd_summ<-
ddply(hd_Valdepoza,.(hd_Valdepoza$Cuadrante),function(Tipificación_Valdepoza)hd_fun(T
ipificación_Valdepoza))
colnames(hd_summ)<-c('Cuadrante','Ho_m')

##5.1.5) Cálculo de los diámetros de dominantes
dA_Valdepoza<-Tipificación_Valdepoza[,c('Arbol','Cuadrante','dap..m.','g..m2.')]
dA_Valdepoza<-
dA_Valdepoza[with(dA_Valdepoza,order(Cuadrante,g..m2.,decreasing=TRUE)),]

dA_fun<-function(dA_Valdepoza){mean(dA_Valdepoza[1:assman,'dap..m.'],na.omit=TRUE)}

dA_summ<-
ddply(dA_Valdepoza,.(dA_Valdepoza$Cuadrante),function(Tipificación_Valdepoza)dA_fun(T
ipificación_Valdepoza))
colnames(dA_summ)<-c('Cuadrante','Do_m')

dAsumm<-merge(hd_summ,dA_summ)
Tipificación_AulaValdepoza<-merge(Tipificación_Cuadrante,dAsumm)
Tipificación_AulaValdepoza$dg <-
200*sqrt(Tipificación_AulaValdepoza$G/Tipificación_AulaValdepoza$N/pi)

##5.1.6) Índice de Reineke (SDI:Stand Densuty Index)
Tipificación_AulaValdepoza[, 'SDI']<-
with(Tipificación_AulaValdepoza,Tipificación_AulaValdepoza$N*(25/Tipificación_AulaVal
depoza$dg)^-1.5,na.rm=TRUE)

write.table(Tipificación_AulaValdepoza,'Tipificación_AulaValdepoza.txt',col.names=TRU
E,row.names=FALSE) #Extraer Tipificación en formato texto
```

#Se recomienda consultar los siguientes data.frames:

```
##Tipificación_AulaValdepoza: Tipificación del Aula de Señalamiento de
Valdepoza por cuadrantes
##Tipificación_Especie: Tipificación del Aula de Señalamiento de Valdepoza por
especie
##Tipificación_Valdepoza: Inventario del Aula con la variable de competencia
BAL (m2/ha) correspondiente a cada árbol
```

Anejo 7: Análisis estadístico. Ajuste y evaluación de las ecuaciones de crecimiento diametral con R

```
##Anejo 6.Análisis estadístico. Ajuste y evaluación de las ecuaciones de crecimiento
diametral para Pinus nigra, Pinus sylvestris y Quercus pyrenaica en el Aula de
Señalamiento de Valdepoza##

#El presente script en R muestra los pasos seguidos para ajustar y evaluar las
ecuaciones de crecimiento diametral desarrolladas en el Capítulo II del presente
trabajo con el programa estadístico R.

#Requerimos paquetes que utilizaremos a lo largo del script
packages<-
c("readxl","plyr","ggplot2","Hmisc","pastecs","psych","gmodels","corrplot","Performa
nceAnalytics","lme4","devtools","plotly","data.table","MASS")
sapply(packages,require,character.only=TRUE)

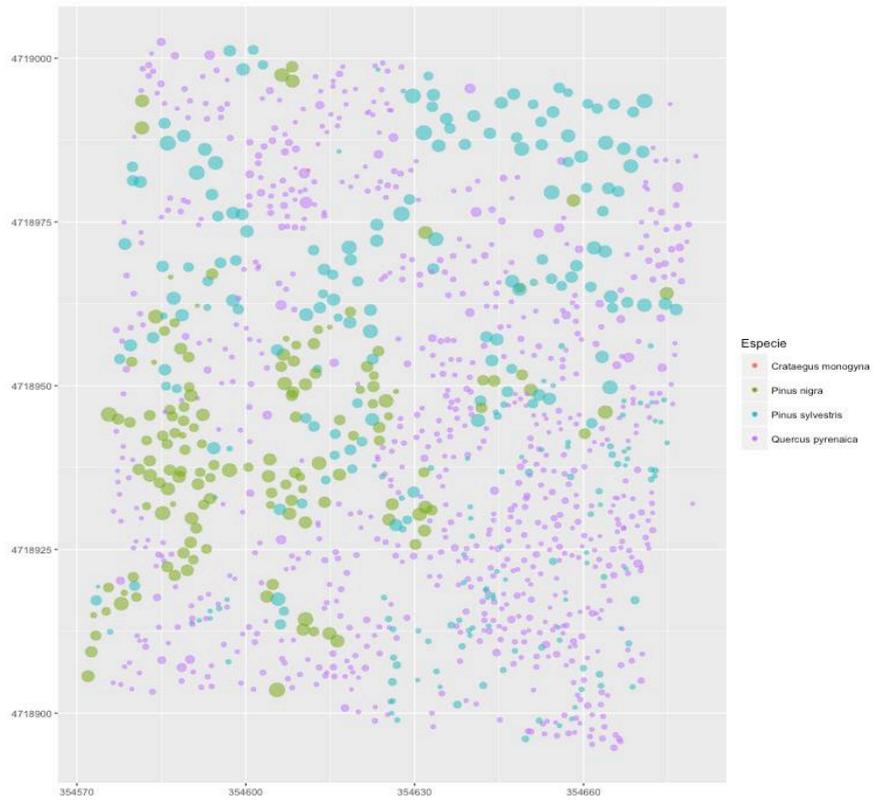
#Definimos el directorio de trabajo
setwd("")
dir()

#1)Requerimos las distintas bases de datos que utilizaremos en la creación y análisis
de las ecuaciones de crecimiento diametral
#1.1)#Requerimos y editamos el data.frame Inventario_Valdepoza
#El siguiente data.frame contiene el inventario general del Aula de Señalamiento de
Valdepoza
Inventario_Valdepoza <-
read.csv("Inventario_Valdepoza.csv",sep=";",dec=".",header=TRUE)
str(Inventario_Valdepoza)#Evaluamos la clase de cada elemento

#Cambiamos formato de varias columnas
Inventario_Valdepoza[,c(2,3,10)] <-
lapply(Inventario_Valdepoza[,c(2,3,10)],as.factor)
sapply(Inventario_Valdepoza,class)

#Graficamos localización del Aula de Valdepoza. Tamaño burbuja indica Volumen de cada
árbol
Localizacion_Valdepoza <- ggplot(Inventario_Valdepoza,aes(CoordX,CoordY)) +
geom_point(aes(color=Especie,size=V..m3.,alpha=1/2)) + guides(alpha=FALSE) +
guides(size=FALSE)
```

Localizacion_Valdepoza



#1.3) Creamos el data.frame nigra, el cual contiene los anchos de anillo de los árboles pertenecientes a la especie data_ecuaciones nigra seleccionados para la realización del presente estudio

```
nigra <- read.csv("nigra_Growths2.csv", sep=";", dec=".", header=TRUE)
head(nigra)
str(nigra)
nigra[,3] <- as.factor(nigra[,3]) #Cambiamos formato de la tercera columna (variable
Parcela)
```

#1.4) Creamos el data.frame `sylves`, el cual contiene los anchos de anillo de los árboles pertenecientes a la especie `data_ecuaciones sylvestris` seleccionados para la realización del presente estudio

```
sylves <- read.csv("sylves_Growths2.csv", sep=";", dec=",", header=TRUE)
str(sylves)
sylves[,3] <- as.factor(sylves[,3]) #Cambiamos formato de la tercera columna
(variable "Parcela")
```

#1.5) Creamos el data.frame `sylves`, el cual contiene los anchos de anillo de los árboles pertenecientes a la especie `Quercus pyrenaica` seleccionados para la realización del presente estudio

```
pyrenaica <- read.csv("pyrenaica_Growths2.csv", sep=";", dec=",", header=TRUE)
str(pyrenaica)
pyrenaica[,3] <- as.factor(pyrenaica[,3]) #Cambiamos formato de la tercera columna
(variable "Parcela")
```

#Creamos el data.frame `data_ecuaciones`, para calcular diferentes variables conjuntas comunes a las tres especies

```
data_ecuaciones <- rbind(sylves, nigra)
data_ecuaciones <- rbind(data_ecuaciones, pyrenaica)
head(data_ecuaciones)
```

#Creamos y añadimos nuevas variables, las cuales evaluaremos posteriormente para incluirlas o no en las ecuaciones de crecimiento:

```
data_ecuaciones[, "dap.dg"] <-
  ifelse(data_ecuaciones[, "Parcela"] == "1", data_ecuaciones$dap_2015/32.186,
  ifelse(data_ecuaciones[, "Parcela"] == "2", data_ecuaciones$dap_2015/28.114,
  ifelse(data_ecuaciones[, "Parcela"] == "3", data_ecuaciones$dap_2015/12.238,
  ifelse(data_ecuaciones[, "Parcela"] == "4", data_ecuaciones$dap_2015/20.796,
  ifelse(data_ecuaciones[, "Parcela"] == "5", data_ecuaciones$dap_2015/27.204, data_e
cuaciones$dap_2015/27.692))))))
```

```
data_ecuaciones[, "BAL.dap"] <-  
with(data_ecuaciones, data_ecuaciones$BAL / data_ecuaciones$dap_2015, na.rm=TRUE)  
  
data_ecuaciones[, "Icv"] <- with(data_ecuaciones, (data_ecuaciones$Ht -  
data_ecuaciones$Hbc) / data_ecuaciones$Ht, na.rm=TRUE)  
  
data_ecuaciones[, "log.i2015.2010"] <-  
with(data_ecuaciones, log(data_ecuaciones$i2015.2010), na.rm=TRUE)  
  
data_ecuaciones[, "log.dap_2015"] <-  
with(data_ecuaciones, log(data_ecuaciones$dap_2015), na.rm=TRUE)  
  
data_ecuaciones[, "log.dap.dg"] <-  
with(data_ecuaciones, log(data_ecuaciones$dap.dg), na.rm=TRUE)  
  
data_ecuaciones[, "log.Icv"] <-  
with(data_ecuaciones, log(data_ecuaciones$Icv), na.rm=TRUE)  
  
data_ecuaciones[, "dap_2015.m"] <-  
with(data_ecuaciones, data_ecuaciones$dap_2015 / 100, na.rm=TRUE)  
  
data_ecuaciones[, "Ce"] <-  
with(data_ecuaciones, data_ecuaciones$Ht / data_ecuaciones$dap_2015.m, na.rm=TRUE)  
  
data_ecuaciones <- data_ecuaciones[, c(1, 2, 3, 14, 16:21, 23:35)]  
  
#2) Estadística descriptiva para los datos utilizados en la creación de las ecuaciones  
de crecimiento##  
#2.1) Estadística Descriptiva General#  
attach(data_ecuaciones)  
summary(data_ecuaciones)  
describe(data_ecuaciones) #Descriptiva utilizando el paquete "Hmisc"  
stat.desc(data_ecuaciones) #Descriptiva utilizando el paquete "pastecs"  
describe(data_ecuaciones) #Descriptiva utilizando el paquete "psych"  
describe.by(data_ecuaciones, data_ecuaciones$Especie) #Descriptiva utilizando el  
paquete "psych", agrupando por Especie
```

```
#Tablas de frecuencias de especies por parcela de estudio
table(Parcela,Especie)

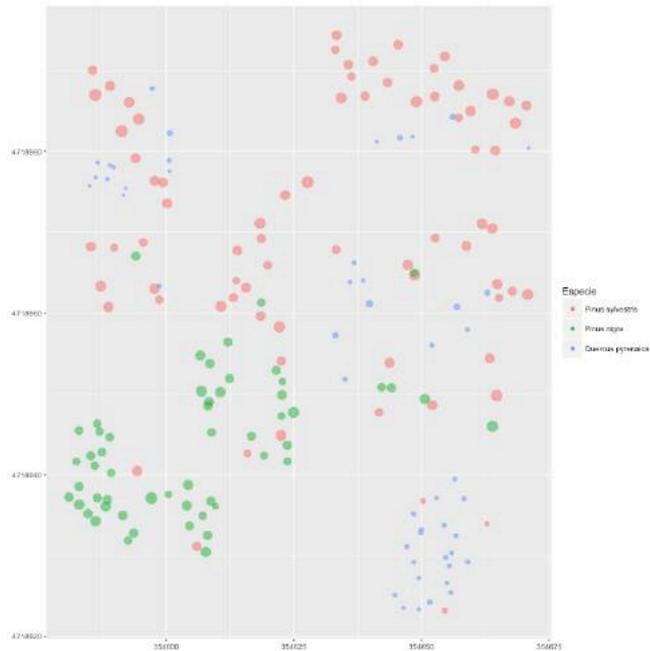
#Métodos alternativos para el cálculo de frecuencias para las parcelas
frecVal_Valdepoza <- table(Especie,Parcela)
frecVal_Valdepoza

margin.table(frecVal_Valdepoza, 1)# Frecuencias de cada especie en total
margin.table(frecVal_Valdepoza, 2) # Número de pies por parcela

prop.table(frecVal_Valdepoza)*100 #Porcentajes totales
prop.table(frecVal_Valdepoza, 1)*100 #Porcentajes por fila (Especie)
prop.table(frecVal_Valdepoza, 2)*100 #Porcentajes por columna (Parcela)

#Obtener frecuencias en formato Tabla con el paquete "gmodels"
CrossTable(Parcela, Especie)
porcentajes_Valdepoza <- CrossTable(Parcela, Especie)
write.table(porcentajes_Valdepoza, "resumen_Valdepoza.txt", sep="\t") #Guardamos en
formato texto la tabla anterior para abrirla con Excel

#2.2)Gráficos
#Localización de parcelas de estudio#
Localizacion_Parcels <- ggplot(data_ecuaciones,aes(CoordX,CoordY)) +
geom_point(aes(color=Especie,size=V,alpha=1/2)) + guides(alpha=FALSE) +
guides(size=FALSE)
Localizacion_Parcels
```

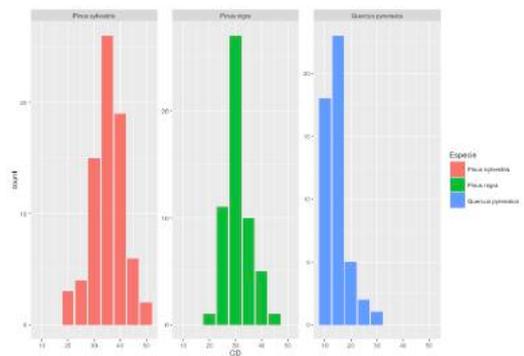
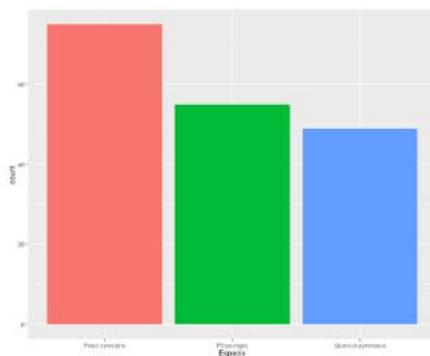


#Frecuencias#

```
ggplot(data_ecuaciones, aes(Especie, fill = Especie)) + geom_bar() #Frecuencia total de especies en el Aula
```

```
ggplot(data_ecuaciones, aes(CD, fill = Especie) ) + geom_bar() #Distribución de frecuencias de CD en Valdepoza
```

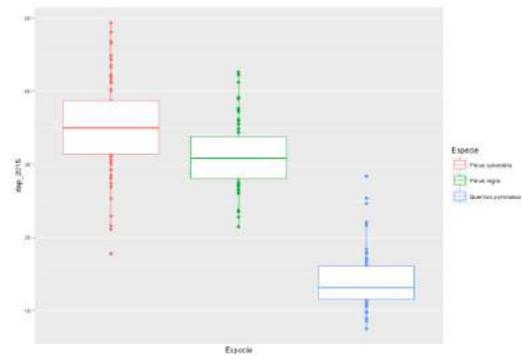
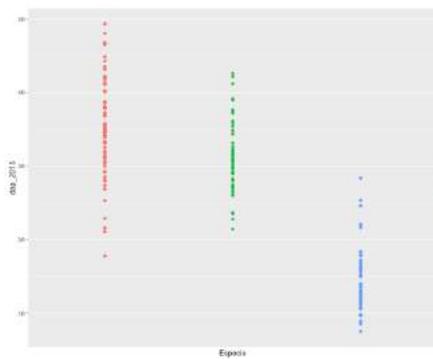
```
ggplot(data_ecuaciones, aes(CD, fill=Especie) ) + geom_bar() + facet_wrap(facets=~Especie, scale="free_y")
```



Alumno: DIEGO RODRÍGUEZ DE PRADO
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS
 Titulación de: MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

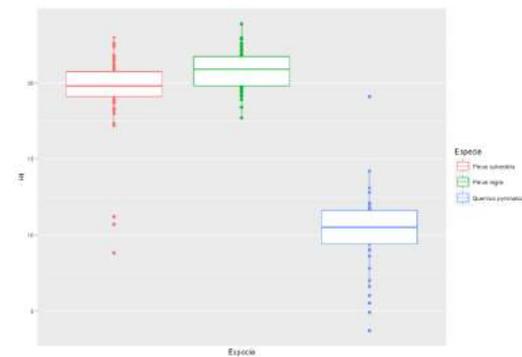
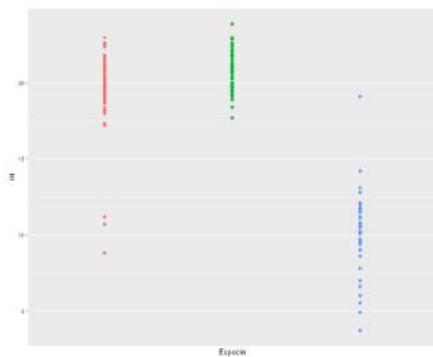
#Distribución de clases diamétricas#

```
ggplot(data_ecuaciones, aes(Especie, dap_2015, colour=Especie) ) + geom_point() +
scale_x_discrete(breaks=NULL)#Distribución de diámetros por Especie (puntos)
ggplot(data_ecuaciones, aes(Especie, dap_2015,colour=Especie) ) + geom_jitter() +
scale_x_discrete(breaks=NULL)#Distribución de diámetros por Especie (jitter)
ggplot(data_ecuaciones, aes(Especie, dap_2015, colour=Especie)) + geom_point() +
geom_boxplot() + scale_x_discrete(breaks=NULL)#Distribución de diámetros por Especie
(boxplot)
```



#Distribución de alturas#

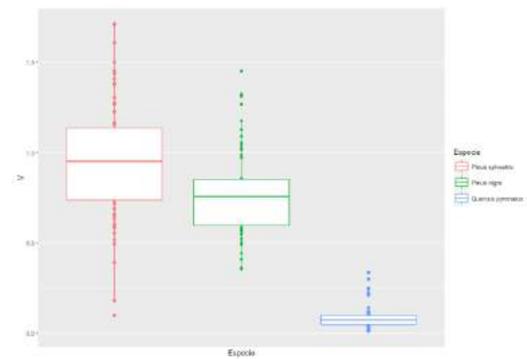
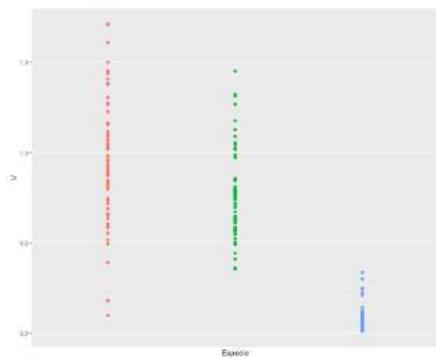
```
ggplot(data_ecuaciones, aes(Especie, Ht, colour=Especie) ) + geom_point() +
scale_x_discrete(breaks=NULL)#Distribución de alturas por Especie (puntos)
ggplot(data_ecuaciones, aes(Especie, Ht,colour=Especie) ) + geom_jitter() +
scale_x_discrete(breaks=NULL)#Distribución de alturas por Especie (jitter)
ggplot(data_ecuaciones, aes(Especie, Ht, colour=Especie)) + geom_point() +
geom_boxplot() + scale_x_discrete(breaks=NULL)#Distribución de alturas por Especie
(boxplot)
```



Alumno: DIEGO RODRÍGUEZ DE PRADO
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS
 Titulación de: MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

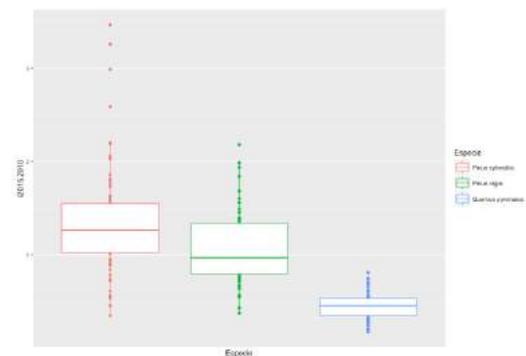
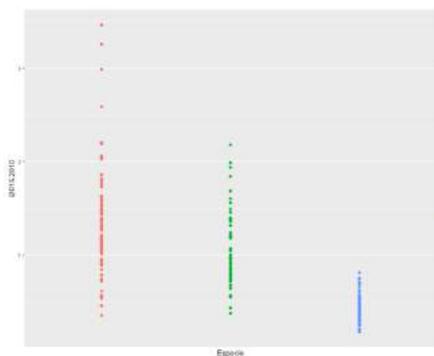
```
#Distribución de volúmenes#
```

```
ggplot(data_ecuaciones, aes(Especie, V, colour=Especie) ) + geom_point() +  
scale_x_discrete(breaks=NULL)#Distribución de volúmenes por Especie (puntos)  
ggplot(data_ecuaciones, aes(Especie, V,colour=Especie) ) + geom_jitter() +  
scale_x_discrete(breaks=NULL)#Distribución de volúmenes por Especie (jitter)  
ggplot(data_ecuaciones, aes(Especie, V, colour=Especie)) + geom_point() +  
geom_boxplot() + scale_x_discrete(breaks=NULL)#Distribución de volúmenes por Especie  
(boxplot)
```



```
#Distribución de id5#
```

```
ggplot(data_ecuaciones, aes(Especie, i2015.2010, colour=Especie) ) + geom_point() +  
scale_x_discrete(breaks=NULL)#Distribución de volúmenes por Especie (puntos)  
ggplot(data_ecuaciones, aes(Especie, i2015.2010,colour=Especie) ) + geom_jitter() +  
scale_x_discrete(breaks=NULL)#Distribución de volúmenes por Especie (jitter)  
ggplot(data_ecuaciones, aes(Especie, i2015.2010, colour=Especie)) + geom_point() +  
geom_boxplot() + scale_x_discrete(breaks=NULL)#Distribución de volúmenes por Especie  
(boxplot)
```



#Las anteriores estadísticas y gráficas pueden ser obtenidas para cada parcela y Especie

#Ya que para el desarrollo de las ecuaciones de crecimiento será necesario llevar a cabo un análisis exploratorio de los datos, comenzaremos por crear los data.frames que utilizaremos para el ajuste de las ecuaciones, para posteriormente diseñar, ajustar y evaluar cada una de las ecuaciones.

```
###Ecuación de crecimiento diametral para Pinus nigra###
```

```
#Creamos el data.frame nigra_model, el cual utilizaremos para crear la ecuación de crecimiento diametral de Pinus nigra
```

```
nigra_model <- subset.data.frame(data_ecuaciones,Especie=="Pinus nigra")
nigra_model <- nigra_model[,c(1,4:10,13,15:23)] #Tomamos las variables de clase numérico que serán candidatas en la creación de la ecuación de crecimiento
```

```
#1)Análisis exploratorio de los datos para Pinus nigra
```

```
#1.1)Estadística Descriptiva
```

```
attach(nigra_model)
summary(nigra_model)
describe(nigra_model) #Descriptiva utilizando el paquete "Hmisc"
stat.desc(nigra_model)#Descriptiva utilizando el paquete "pastecs"
describe(nigra_model)#Descriptiva utilizando el paquete "psych"
```

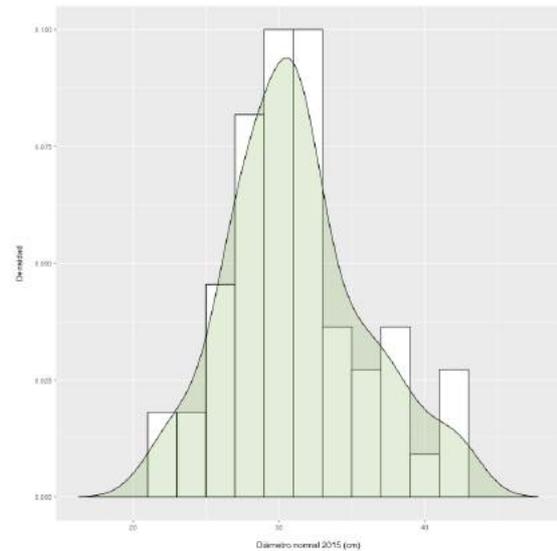
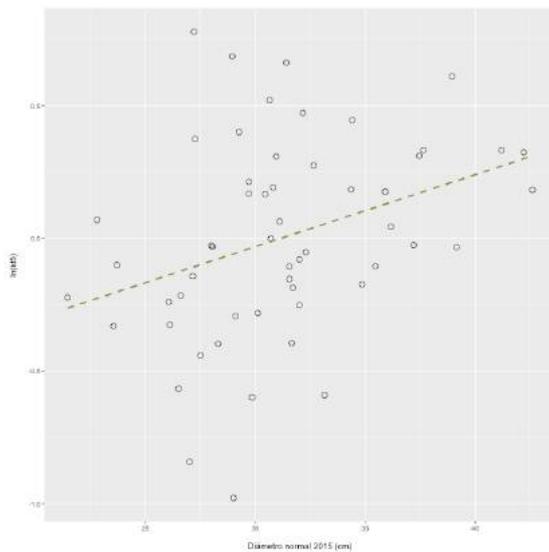
```
#1.2)Gráficos exploratorios
```

```
#Se omite el graficar todas las variables independientes candidatas. En este caso se representa la variable "dap_2015" (diámetro normal en el año 2015).
```

```
#Si se desean obtener los gráficos exploratorios para otra variable, se deberá cambiar el nombre de dap_2015 por la variable deseada
```

```
ggplot(nigra_model, aes(x=dap_2015, y=i2015.2010)) + geom_point(shape=1) +
geom_smooth(method=lm,se=FALSE)
ggplot(nigra_model, aes(x=nigra_model$dap_2015, y=nigra_model$log.i2015.2010)) +
geom_point(shape=1,size=3) +
geom_smooth(se=FALSE,colour="#80911A",alpha=0.1,linetype=2,method = "lm") +
xlab("\nDiámetro normal 2015 (cm)") + ylab("ln(id5)\n")
Nd <- density(nigra_model$dap_2015)
```

```
ggplot(nigra_model,aes(x=nigra_model$dap_2015)) +
geom_histogram(aes(y=..density..),binwidth=2,colour="black", fill="white") +
geom_density(fill = "#66A61E", alpha = 0.2) + xlim(range(Nd$x))
```



#1.3)Análisis de correlación##

#Preparamos el data.frame de Valdepoza para poder realizar el siguiente estudio de correlación

```
Ncor <- cor(nigra_model,use="complete.obs")
Ncor
```

#Representación de correlaciones y otras estadísticas con el paquete

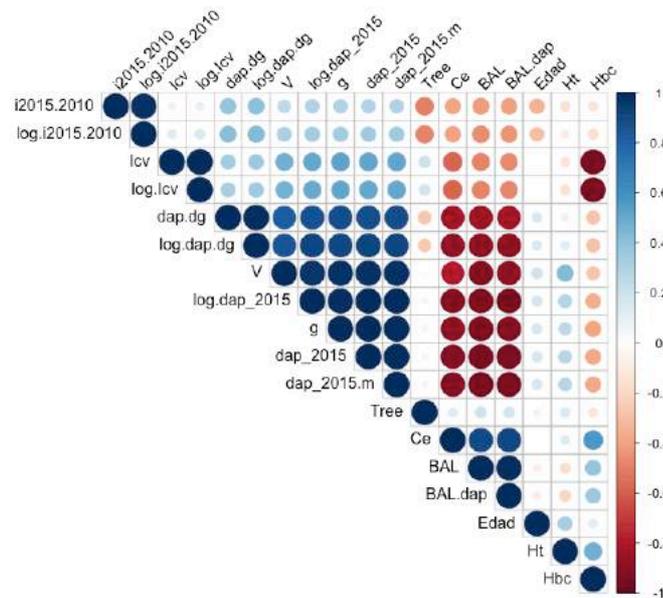
"PerformanceAnalytics"

```
chart.Correlation(nigra_model, histogram=TRUE, pch=10)
pairs(nigra_model)
pairs(nigra_model,panel=panel.smooth)
```

#Correlación y p-values utilizando el paquete Hmisc

```
rcorr(as.matrix(nigra_model), type="pearson") #Método correlación de Pearson
rcorr(as.matrix(nigra_model), type="spearman") #Método correlación de Spearman
```

```
#Visualizamos las correlaciones con el paquete "corrplot"
corrplot(Ncor, type="full", order="hclust", tl.col="black", tl.srt=45)
corrplot(Ncor, type="upper", order="hclust", tl.col="black", tl.srt=45)
```



#2)Selección de variables y creación de la ecuación de crecimiento para Pinus nigra

#2.1)Selección de variables por el método paso a paso (stepwise)

```
str(nigra_model)
fitN <- lm(log.i2015.2010 ~ dap_2015 + dap_2015^2 + i2015.2010 + Ht + Hbc + g + V +
BAL+ Edad + dap.dg + BAL.dap + Icv,data=nigra_model)
step <- stepAIC(fitN, direction="both")
```

#2.2)Tras probar con diferentes combinaciones de variables significativas, ajustamos el siguiente modelo

```
modelN <- lm(log(i2015.2010) ~ BAL.dap + Edad, data = nigra_model)
```

```
summary(modelN)
AIC(modelN)

Call:
lm(formula = log(i2015.2010) ~ BAL.dap + Edad, data = nigra_model)

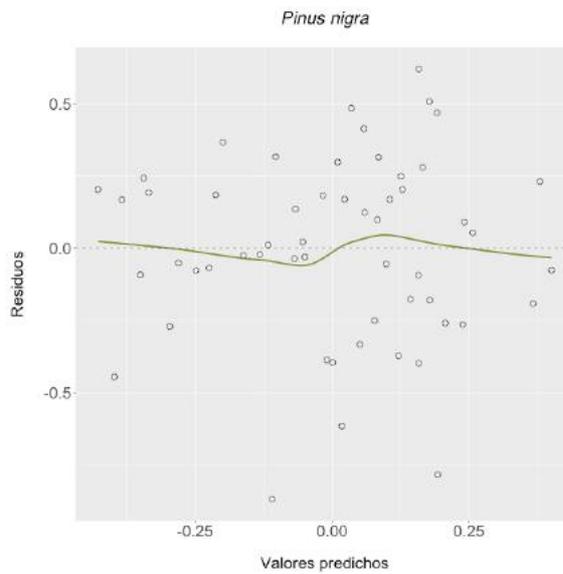
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.86881 -0.18511  0.01156  0.20361  0.62119

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  3.96028    1.27426   3.108 0.003052 **
BAL.dap      -0.22720    0.05665  -4.010 0.000195 ***
Edad         -0.06846    0.02357  -2.904 0.005393 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3209 on 52 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3023, Adjusted R-squared:  0.2754
F-statistic: 11.26 on 2 and 52 DF,  p-value: 8.626e-05
```

```
#3)Evaluación del modelo y cumplimiento de los supuestos básicos de las regresiones
lineales
#Para poder generalizar un modelo de regresión debemos comprobar los supuestos del
modelo,
#Empezamos analizando gráficamente los supuestos
```

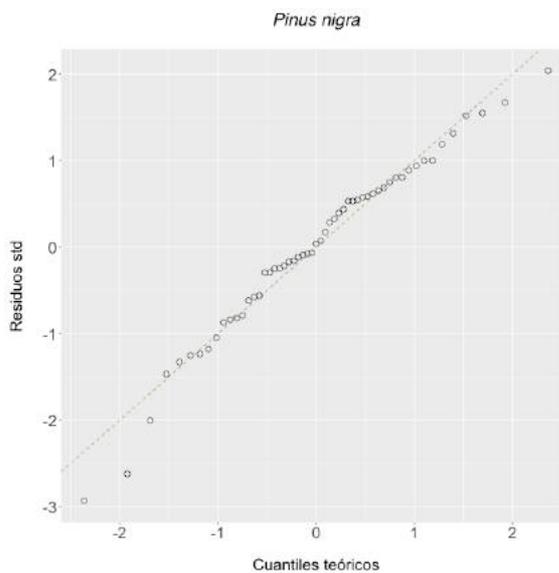
```
plot(modelN, which = 1, pch = 20)
#Este primer gráfico enfrenta los errores residuales frente a sus valores ajustados.
Los residuos deben estar distribuidos al azar alrededor
de la línea horizontal que representa un error residual de cero; es decir, no debe
haber una tendencia clara en la distribución de puntos.
#Una tendencia en la variabilidad de los residuos sugiere que la varianza está
relacionada con la media, violando el supuesto de varianza constante.
```



```
plot(modelN, which = 2, pch = 20)
```

#En este gráfico los residuos tipificados se trazan contra los cuantiles de una distribución normal estándar.

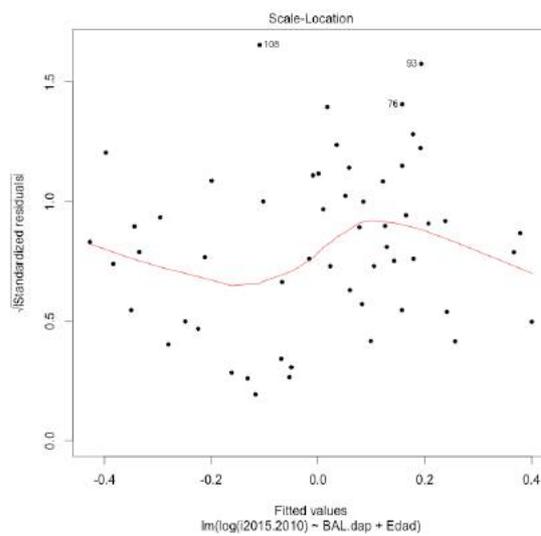
#Si los residuos se distribuyen normalmente los datos se deben situar a lo largo de la línea.



```
plot(modelN, which = 3, pch = 20)
```

#El tercero es el gráfico escala-ubicación en el que los residuos están estandarizados por sus desviaciones estándar estimadas.

#Esta gráfica se utiliza para detectar si la difusión de los residuos es constante en el rango de valores ajustados.

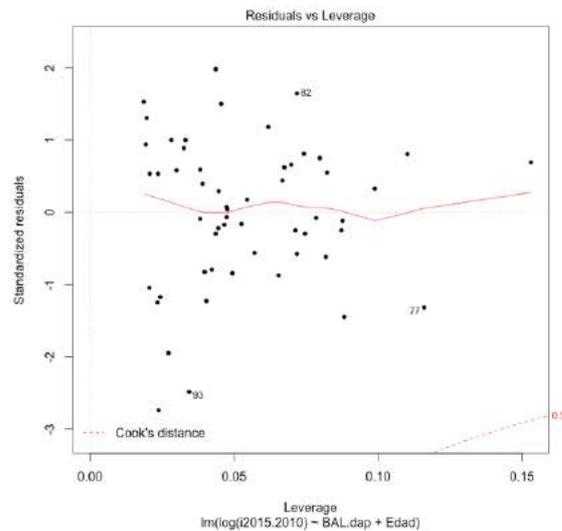


```
plot(modelN, which = 5, pch = 20)
```

#Finalmente el cuarto gráfico muestra el valor leverage de cada punto, la medida de su importancia en la determinación del modelo de regresión.

#Están representados los datos que ejercen mayor influencia. Distancias pequeñas significan que la eliminación de la observación tiene poco efecto

#sobre los resultados de la regresión y distancias mayores a 1 son sospechosas, sugieren la presencia de un posible valor atípico o de un modelo pobre.



#En general, parece que nuestro modelo no se violan ninguno de los supuestos.

#Pasamos ahora a estudiar el modelo analíticamente, para ello obtenemos los residuos, los valores ajustados y estadísticos del modelo

```
nigra_model$fitted.modelN <- fitted(modelN)
nigra_model$residuals.modelN <- residuals(modelN)
nigra_model$rstudent.modelN <- rstudent(modelN)
```

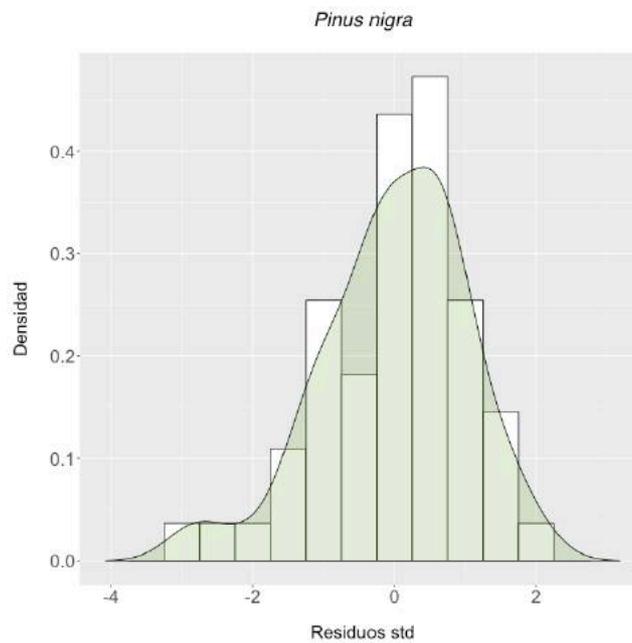
##Evaluación del supuesto de normalidad

#En el gráfico Q-Q plot que vimos antes sugería falta de normalidad en los datos. Lo comprobamos mediante el test de Kolmogorov-Smirnov

```
ks.test(nigra_model$rstudent.modelN, "pnorm")
hist(nigra_model$rstudent.modelN, xlab = "residuos", main = "Histograma residuos")
```

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

```
data: nigra_model$rstudent.modelN
D = 0.092882, p-value = 0.6948
alternative hypothesis: two-sided
```



#El p-valor para el contraste de normalidad es mayor que 0.05 ($p = 0,6948$) y además el histograma se parece a una distribución normal (curva en forma campana) entonces no hay problemas de normalidad.

```
##Evaluación del supuesto de heterocedasticidad##  
#install.packages("lmtest")  
require(lmtest)  
bptest(modelN, studentize = TRUE, data = nigra_model)
```

studentized Breusch-Pagan test

```
data: modelN  
BP = 3.1402, df = 2, p-value = 0.208
```

#Significación $p = 0,208$, mayor de 0.05 , por lo que podemos decir que la varianza es constante a lo largo de la muestra y no hay problemas de heterocedasticidad a priori.

##Análisis de multicolinealidad

#Estimaremos el Factor de Inflación de Varianza (FIV) para evaluar la multicolinealidad en el modelo: indica si el predictor tiene una fuerte #relación lineal con otro predictor y es el que vamos a calcular con R. Aunque no existen reglas generales se tienen los siguientes criterios:
#Un VIF > 10 es causa de preocupación.
#Si VIF es sustancialmente mayor que 1 entonces la regresión puede verse perjudicada.
#Tolerancia = $1/VIF$ debajo de 0.1 indica un problema serio.
#Tolerancia debajo de 0.2 indica un problema potencial.

```
vif(modelN)
```

```
sqrt(vif(modelN)) > 2
```

```
      BAL.dap      Edad  
1.008904 1.008904
```

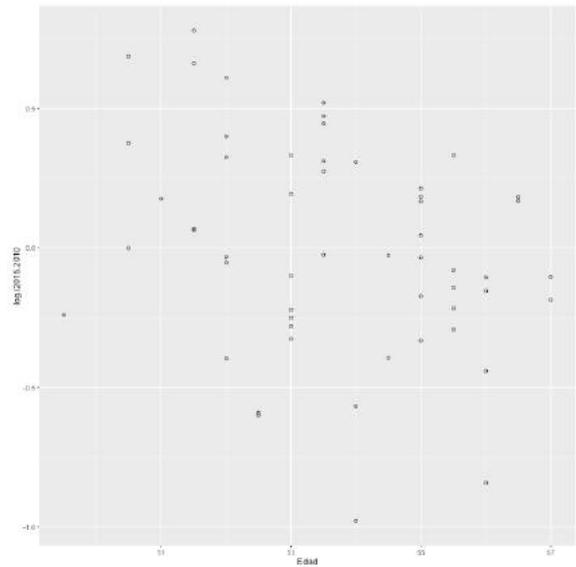
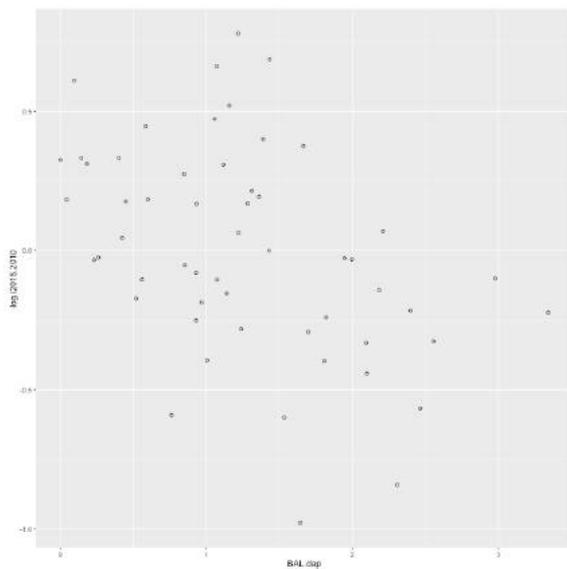
#Nuestro modelo no presenta problemas de multicolinealidad.

##Análisis de casos atípicos##

#Podemos encontrar los valores atípicos observando grandes diferencias entre los datos muestrales y los datos ajustados por el modelo, es decir, #estudiando los residuos.
#Si el modelo se ajusta bien a los datos muestrales entonces todos los residuos serán pequeños, mientras que si el ajuste del modelo es pobre #los residuos serán grandes. Además, si algún caso sobresale por tener un gran residuo este podría ser entonces un valor atípico.

#Vemos gráficamente la relación entre la variable dependiente ($\log(i2015.2010)$) y las variables independientes del modelo (BAL.dap) y Edad

```
ggplot(nigra_model, aes(x=BAL.dap, y=log.i2015.2010)) + geom_point(shape=1)
#Scatterplot BAL.dap ~ i2015-2010
ggplot(nigra_model, aes(x=Edad, y=log.i2015.2010)) + geom_point(shape=1)
#Scatterplot Edad ~ i2015-2010
```



#Llevamos a cabo el test de Bonferroni para comprobar los valores atípicos

```
#install.packages("car")
require(car)
outlierTest(modelN)
```

```
No Studentized residuals with Bonferonni p < 0.05
Largest |rstudent|:
rstudent unadjusted p-value Bonferonni p
108 -2.933644 0.0050092 0.27551
```

#Obtenemos que la observación 108 puede ser un atípico.

```
##Análisis de la influencia
#Con este análisis pretendemos ver si hay alguna observación que es demasiado
influyente sobre los coeficientes del modelo,
#nos ayuda a determinar si el modelo de regresión es estable a lo largo de la muestra
o si está perjudicado por unos pocos casos influyentes.
inflN <- influence.measures(modelN)
summary(inflN)
```

```
Potentially influential observations of
lm(formula = log(i2015.2010) ~ BAL.dap + Edad, data = nigra_model) :
```

| | dfb.1_ | dfb.BAL. | dfb.Edad | dffit | cov.r | cook.d | hat |
|-----|--------|----------|----------|-------|--------|--------|------|
| 93 | -0.27 | 0.25 | 0.25 | -0.50 | 0.75_* | 0.07 | 0.03 |
| 96 | 0.00 | 0.27 | -0.01 | 0.29 | 1.22_* | 0.03 | 0.15 |
| 108 | 0.09 | -0.21 | -0.09 | -0.46 | 0.68_* | 0.06 | 0.02 |

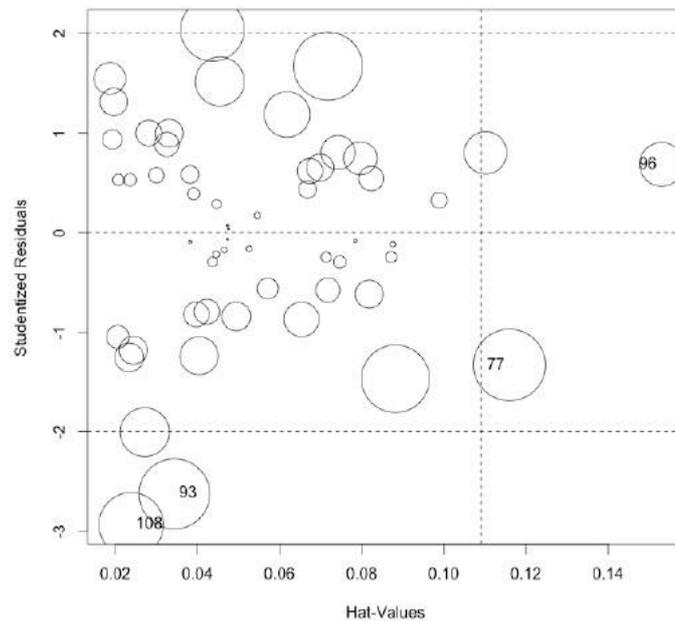
```
#Analizamos la tabla resumen:
##la primera columna indica el índice de las observaciones potencialmente
influyentes.
##las columnas que comienzan con dfb proporcionan las observaciones potencialmente
influyentes sobre cada uno de los coeficientes del modelo.
##la columna dffits identifica las observaciones influyentes según el estadístico
DFFITS.
##la columna cov.r muestra las observaciones potencialmente influyentes según el
estadístico COVRATIO.
##la columna cook.d proporciona la distancia de Cook .
##la última columna presenta las observaciones que pueden resultar influyentes según
los leverages.
##En cada columna el asterisco señala si realmente la observación puede ser
influyente. En este caso tenemos que las observaciones 9,13,39,42 y 69
#resultan influyentes con el estadístico cov.r, y la 7 para los leverages.
```

```
#Lo estudiamos gráficamente. En el primer gráfico se muestra mediante círculos de
distinto tamaño la influencia que cada punto ejerce sobre el modelo
```

#y en el segundo están representadas en orden ascendente las distancias de Cooks.

```
influencePlot(modelN, id.n = 2)
```

| | StudRes | Hat | CookD |
|-----|------------|------------|------------|
| 77 | -1.3295427 | 0.11598016 | 0.07617989 |
| 93 | -2.6235189 | 0.03438560 | 0.07339618 |
| 96 | 0.6864489 | 0.15304587 | 0.02867450 |
| 108 | -2.9336435 | 0.02384211 | 0.06112649 |

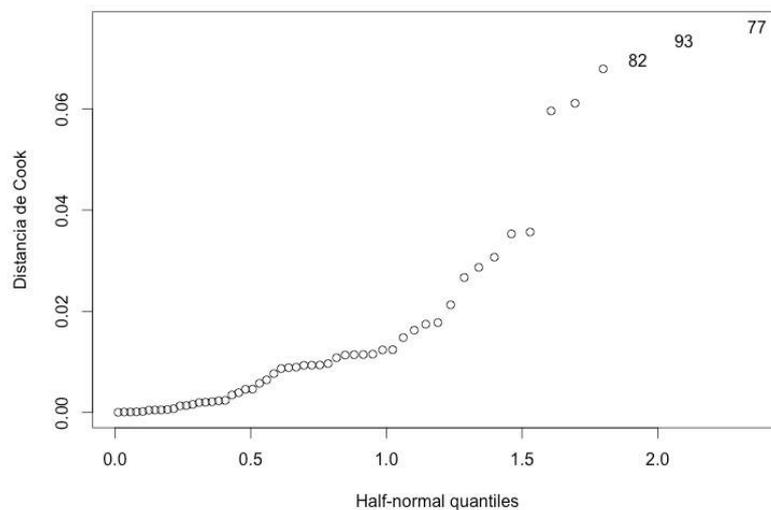


#En este primer gráfico vemos que las medidas más influyentes son la 77,93,96 y 108.

Vemos el gráfico de las distancias de Cook.

```
#install.packages("faraway")
require(faraway)
cook <- cooks.distance(modelN)
labels <- rownames(nigra_model)
```

```
halfnorm(cook, 3, labs = labels, ylab = "Distancia de Cook")
cook <- cooks.distance(modelN)
significativas <- cook>1
significativas
```



```
#En este gráfico volvemos a obtener que entre los puntos más influyentes están la
observación 77, seguido de la 93 y 82, pero como en ningún caso esta distancia
#es mayor que 1, pues para el valor más elevado es 0.06, podemos afirmar que ninguno
de ellos es un caso atípico y no es necesario eliminarlos
#del modelo
```

```
#La forma habitual de proceder es eliminar dichas observaciones del modelo y comenzar
de nuevo todo el proceso, sin embargo como el modelo
#cumple todas las hipótesis, eliminar dichas observaciones podría provocar que el
nuevo modelo fuera incorrecto y tuviéramos que volver
#al modelo anterior.
```

#A partir de ahora, se muestra la continuación del script para la creación y evaluación de las ecuaciones de crecimiento para *Pinus sylvestris* y *Quercus pyrenaica*.

Se prescinde mostrar los gráficos, ya que se ha mostrado un ejemplo completo para la especie *Pinus nigra*. Los resultados de los correspondientes test y análisis realizados sí que podrán ser consultados a continuación.

```
###Ecuación de crecimiento diametral para Pinus sylvestris###
```

```
#Creamos el data.frame nigra_model, el cual utilizaremos para crear la ecuación de crecimiento diametral de Pinus nigra
```

```
sylves_model <- subset.data.frame(data_ecuaciones,Especie=="Pinus sylvestris")
sylves_model <- sylves_model[,c(1,4:10,13,15:23)] #Tomamos las variables de clase numérico que serán candidatas en la creación de la ecuación de crecimiento
```

```
#1)Análisis exploratorio de los datos para Pinus nigra
```

```
#1.1)Estadística Descriptiva
```

```
attach(sylves_model)
summary(sylves_model)
describe(sylves_model) #Descriptiva utilizando el paquete "Hmisc"
stat.desc(sylves_model)#Descriptiva utilizando el paquete "pastecs"
describe(sylves_model)#Descriptiva utilizando el paquete "psych"
```

```
#1.2)Gráficos exploratorios
```

```
#Se omite el graficar todas las variables independientes candidatas. En este caso se representa la variable "dap_2015" (diámetro normal en el año 2015).
```

```
#Si se desean obtener los gráficos exploratorios para otra variable, se deberá cambiar el nombre de dap_2015 por la variable deseada
```

```
ggplot(sylves_model, aes(x=dap_2015, y=i2015.2010)) + geom_point(shape=1) +
geom_smooth(method=lm, se=FALSE)
ggplot(sylves_model, aes(sylves_model$Especie,sylves_model$dap_2015)) + geom_point()
+ geom_boxplot() + scale_x_discrete(breaks=NULL)#Distribución de alturas por Especie
(boxplot)
Sd <- density(sylves_model$dap_2015)
```

```

ggplot(sylves_model,aes(x=sylves_model$dap_2015)) +
geom_histogram(aes(y=..density..),binwidth=2,colour="black", fill="white") +
geom_density(fill = "#66A61E", alpha = 0.2) + xlim(range(Sd$x))

#1.3)Análisis de correlación##
#Preparamos el data.frame de Valdepoza para poder realizar el siguiente estudio de
correlación
Scor <- cor(sylves_model,use="complete.obs")
Scor

#Representación de correlaciones y otras estadísticas con el paquete
"PerformanceAnalytics"
chart.Correlation(sylves_model, histogram=TRUE, pch=10)
pairs(sylves_model)
pairs(sylves_model,panel=panel.smooth)

#Correlación y p-values utilizando el paquete Hmisc
rcorr(as.matrix(sylves_model), type="pearson") #Método correlación de Pearson
rcorr(as.matrix(sylves_model), type="spearman") #Método correlación de Spearman

#Visualizamos las correlaciones con el paquete "corrplot"
corrplot(Scor, type="full", order="hclust", tl.col="black", tl.srt=45)
corrplot(Scor, type="upper", order="hclust", tl.col="black", tl.srt=45)

#2)Selección de variables y creación de la ecuación de crecimiento para Pinus
sylvestris
#2.1)Selección de variables por el método paso a paso (stepwise)
str(sylves_model)
fitS <- lm(log.i2015.2010 ~ dap_2015 + dap_2015^2 + i2015.2010 + Ht + Hbc + g + V +
BAL+ Edad + dap.dg + BAL.dap + Icv,data=sylves_model)
step <- stepAIC(fitS, direction="both")

#2.2)Tras probar con diferentes combinaciones de variables significativas, ajustamos
el siguiente modelo
modelS <- lm(log(i2015.2010) ~ BAL.dap + Edad, data = sylves_model)

```

Alumno: DIEGO RODRÍGUEZ DE PRADO
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS
 Titulación de: MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

```
summary(modelS)  
AIC(modelS)
```

Call:

```
lm(formula = log(i2015.2010) ~ BAL.dap + Edad, data = sylves_model)
```

Residuals:

```
      Min       1Q   Median       3Q      Max  
-1.34792 -0.17742  0.01368  0.23420  0.64930
```

Coefficients:

```
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)  
(Intercept)  1.832505   0.342070   5.357 9.68e-07 ***  
BAL.dap      -0.341389   0.083774  -4.075 0.000117 ***  
Edad         -0.027179   0.006603  -4.116 0.000101 ***  
---
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3578 on 72 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.3474, Adjusted R-squared: 0.3293

F-statistic: 19.17 on 2 and 72 DF, p-value: 2.121e-07

#3)Evaluación del modelo y cumplimiento de los supuestos básicos de las regresiones lineales

#Para poder generalizar un modelo de regresión debemos comprobar los supuestos del modelo,

#Empezamos analizando gráficamente los supuestos

```
plot(modelS, which = 1, pch = 20)
```

#Este primer gráfico enfrenta los errores residuales frente a sus valores ajustados.

El residuos deben estar distribuidos al azar alrededor

#de la línea horizontal que representa un error residual de cero; es decir, no debe haber una tendencia clara en la distribución de puntos.

#Una tendencia en la variabilidad de los residuos sugiere que la varianza está relacionada con la media, violando el supuesto de varianza constante.

```
plot(modelS, which = 2, pch = 20)
```

#En este gráfico los residuos tipificados se trazan contra los cuantiles de una distribución normal estándar.

#Si los residuos se distribuyen normalmente los datos se deben situar a lo largo de la línea.

```
plot(modelS, which = 3, pch = 20)
```

#El tercero es el gráfico escala-ubicación en el que los residuos están estandarizados por sus desviaciones estándar estimadas.

#Esta gráfica se utiliza para detectar si la difusión de los residuos es constante en el rango de valores ajustados.

```
plot(modelS, which = 5, pch = 20)
```

#Finalmente el cuarto gráfico muestra el valor leverage de cada punto, la medida de su importancia en la determinación del modelo de regresión.

#Están representados los datos que ejercen mayor influencia. Distancias pequeñas significan que la eliminación de la observación tiene poco efecto

#sobre los resultados de la regresión y distancias mayores a 1 son sospechosas, sugieren la presencia de un posible valor atípico o de un modelo pobre.

#En general, parece que en nuestro modelo no se violan ninguno de los supuestos.

#Pasamos ahora a estudiar el modelo analíticamente, para ello obtenemos los residuos, los valores ajustados y estadísticos del modelo

```
sylves_model$fitted.modelS <- fitted(modelS)
```

```
sylves_model$residuals.modelS <- residuals(modelS)
```

```
sylves_model$rstudent.modelS <- rstudent(modelS)
```

```
##Evaluación del supuesto de normalidad
```

```
#En el gráfico Q-Q plot que vimos antes sugería falta de normalidad en los datos. Lo
comprobamos mediante el test de Kolmogorov-Smirnof
ks.test(sylves_model$rstudent.modelS, "pnorm")
hist(sylves_model$rstudent.modelS, xlab = "residuos", main = "Histograma residuos")
```

```
One-sample Kolmogorov-Smirnov test
```

```
data: sylves_model$rstudent.modelS
D = 0.10168, p-value = 0.3937
alternative hypothesis: two-sided
```

#El p-valor para el contraste de normalidad es mayor que 0.05 ($p = 0,3937$) y además el histograma se parece a una distribución normal (curva en forma campana) entonces no hay problemas de normalidad.

```
##Evaluación del supuesto de heterocedasticidad##
#install.packages("lmtest")
require(lmtest)
bptest(modelS, studentize = TRUE, data = sylves_model)
```

```
studentized Breusch-Pagan test
```

```
data: modelS
BP = 2.8414, df = 2, p-value = 0.2415
```

#Significación $p = 0,2415$, mayor de 0.05, por lo que podemos decir que la varianza es constante a lo largo de la muestra y no hay problemas de heterocedasticidad a priori, aunque el valor obtenido es muy próximo al límite de 0.05

```
##Análisis de multicolinealidad

#Estimaremos el Factor de Inflación de Varianza (FIV) para evaluar la
#multicolinealidad en el modelo: indica si el predictor tiene una fuerte
#relación lineal con otro predictor y es el que vamos a calcular con R. Aunque no
#existen reglas generales se tienen los siguientes criterios:
#Un VIF > 10 es causa de preocupación.
#Si VIF es sustancialmente mayor que 1 entonces la regresión puede verse perjudicada.
#Tolerancia = 1/VIF debajo de 0.1 indica un problema serio.
#Tolerancia debajo de 0.2 indica un problema potencial.
#install.packages("faraway")
require(faraway)
vif(modelS)
sqrt(vif(modelS)) > 2

                BAL.dap      Edad
                1.015838 1.015838

#Nuestro modelo no presenta problemas de multicolinealidad.

##Análisis de casos atípicos##

#Podemos encontrar los valores atípicos observando grandes diferencias entre los
#datos muestrales y los datos ajustados por el modelo, es decir,
#estudiando los residuos.
#Si el modelo se ajusta bien a los datos muestrales entonces todos los residuos serán
#pequeños, mientras que si el ajuste del modelo es pobre
#los residuos serán grandes. Además, si algún caso sobresale por tener un gran
#residuo este podría ser entonces un valor atípico.

#Vemos gráficamente la relación entre la variable dependiente (log(i2015.2010)) y las
#variables independientes del modelo (BAL.dap) y Edad)
ggplot(sylves_model, aes(x=BAL.dap, y=log.i2015.2010)) + geom_point(shape=1)
#Scatterplot BAL.dap ~ i2015-2010
ggplot(sylves_model, aes(x=Edad, y=log.i2015.2010)) + geom_point(shape=1)
#Scatterplot Edad ~ i2015-2010
```

```
#Llevamos a cabo el test de Bonferroni para comprobar los valores atípicos
#install.packages("car")
require(car)
outlierTest(models)
```

```
          rstudent unadjusted p-value Bonferonni p
39 -4.240105          6.6237e-05      0.0049678
```

```
#Obtenemos que la observación 39 puede ser un atípico.
```

```
##Análisis de la influencia
```

```
#Con este análisis pretendemos ver si hay alguna observación que es demasiado
influyente sobre los coeficientes del modelo,
#nos ayuda a determinar si el modelo de regresión es estable a lo largo de la muestra
o si está perjudicado por unos pocos casos influyentes.
```

```
inflS <- influence.measures(models)
summary(inflS)
```

```
Potentially influential observations of
lm(formula = log(i2015.2010) ~ BAL.dap + Edad, data = sylves_model) :
```

| | dfb.1_ | dfb.BAL. | dfb.Edad | dffit | cov.r | cook.d | hat |
|----|--------|----------|----------|---------|--------|--------|--------|
| 1 | 0.02 | 0.00 | -0.02 | 0.02 | 1.53_* | 0.00 | 0.32_* |
| 2 | 0.03 | 0.00 | -0.03 | 0.03 | 1.48_* | 0.00 | 0.29_* |
| 3 | 0.13 | -0.03 | -0.12 | 0.14 | 1.27_* | 0.01 | 0.18_* |
| 7 | -0.10 | -0.26 | 0.13 | -0.29 | 1.16_* | 0.03 | 0.12_* |
| 9 | 0.04 | 0.19 | -0.06 | 0.20 | 1.22_* | 0.01 | 0.16_* |
| 28 | -0.02 | -0.04 | 0.00 | -0.26 | 0.87_* | 0.02 | 0.01 |
| 39 | 0.06 | 0.43 | -0.19 | -0.67_* | 0.54_* | 0.12 | 0.02 |
| 42 | 0.05 | -0.05 | -0.08 | -0.32 | 0.80_* | 0.03 | 0.01 |
| 69 | 0.17 | -0.06 | -0.20 | -0.35 | 0.85_* | 0.04 | 0.02 |

Alumno: DIEGO RODRÍGUEZ DE PRADO
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS
 Titulación de: MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

```
#Analizamos la tabla resumen:
##la primera columna indica el índice de las observaciones potencialmente
influyentes.
##las columnas que comienzan con dfb proporcionan las observaciones potencialmente
influyentes sobre cada uno de los coeficientes del modelo.
##la columna dffits identifica las observaciones influyentes según el estadístico
DFFITS.
##la columna cov.r muestra las observaciones potencialmente influyentes según el
estadístico COVRATIO.
##la columna cook.d proporciona la distancia de Cook .
##la última columna presenta las observaciones que pueden resultar influyentes según
los leverages.
##En cada columna el asterisco señala si realmente la observación puede ser
influyente. En este caso tenemos que las observaciones 1,2,3,7,9,28,39,42,69.
#resultan influyentes con el estadístico cov.r, y la 39 para dffit.

#Lo estudiamos gráficamente. En el primer gráfico se muestra mediante círculos de
distinto tamaño la influencia que cada punto ejerce sobre el modelo
#y en el segundo están representadas en orden ascendente las distancias de Cooks.
influencePlot(modelS, id.n = 2)
```

```
#En este primer gráfico vemos que las medidas más influyentes son la 77,93,96 y 108.
Vemos el gráfico de las distancias de Cook.
```

```
cook <- cooks.distance(modelS)
labels <- rownames(sylves_model)
halfnorm(cook, 3, labs = labels, ylab = "Distancia de Cook")
cook <- cooks.distance(modelN)
significativas <- cook>1
significativas
```

| | StudRes | Hat | CookD |
|----|-------------|------------|--------------|
| 1 | 0.02704640 | 0.31792415 | 0.0001152546 |
| 2 | 0.04520404 | 0.29475078 | 0.0002886737 |
| 39 | -4.24010457 | 0.02430870 | 0.1208171956 |
| 42 | -2.66255852 | 0.01460289 | 0.0322883527 |
| 69 | -2.36605664 | 0.02143423 | 0.0384202851 |

```
#En este gráfico volvemos a obtener que entre los puntos más influyentes están la
observación 39, seguido de la 69 y 54, pero como en ningún caso esta distancia
#es mayor que 1, pues para el valor más elevado es 0.12, podemos afirmar que ninguno
de ellos es un caso atípico y no es necesario eliminarlos
#del modelo
```

```
##DESARROLLO DEL MODELO modelS2 (sin outliers, con data=sylves_model2)##
```

```
# Creamos una nueva columna (outs), en la cual aparecerá "1" si el residuo supera las
2 desviaciones estándar, y "0" en caso contrario
sylves_model1$Outs<-ifelse(abs(sylves_model1$residuals)>3, 1, 0)
```

```
#La única observación que posee más de 3 desviaciones estándar es la 39, lo cual
confirma los resultados de los test anteriores.
#Creamos de esta manera un nuevo data.frame (sylves_model2), sin esta observación
```

```
#Creamos nuevo data.frame sin los outliers
sylves_model2<-sylves_model1[!sylves_model1$Outs,]
```

```
#Ajustamos el modelo con esta nueva base de datos
modelS2 <- lm(log.i2015.2010 ~ BAL.dap + Edad, data = sylves_model2)
summary(modelS2)#R2:0,3965 #AIC:47,14
AIC(modelS2)
```

```
Call:
lm(formula = log.i2015.2010 ~ BAL.dap + Edad, data = sylves_model2)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.92536 -0.19994  0.02763  0.22933  0.62142
```

Coefficients:

```
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.814509   0.307737   5.896 1.15e-07 ***
BAL.dap      -0.373748   0.075744  -4.934 5.12e-06 ***
Edad         -0.026073   0.005946  -4.385 3.94e-05 ***
```

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3218 on 71 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.4131, Adjusted R-squared: 0.3965

F-statistic: 24.98 on 2 and 71 DF, p-value: 6.1e-09

#Evaluación del nuevo modelo modelS2 y cumplimiento de los supuestos básicos de las regresiones lineales

#Para poder generalizar un modelo de regresión debemos comprobar los supuestos del modelo,

#Empezamos analizando gráficamente los supuestos

```
plot(modelS2, which = 1, pch = 20)
```

#Este primer gráfico enfrenta los errores residuales frente a sus valores ajustados.

El residuo debe estar distribuido al azar alrededor

#de la línea horizontal que representa un error residual de cero; es decir, no debe haber una tendencia clara en la distribución de puntos.

#Una tendencia en la variabilidad de los residuos sugiere que la varianza está relacionada con la media, violando el supuesto de varianza constante.

```
plot(modelS2, which = 2, pch = 20)
```

#En este gráfico los residuos tipificados se trazan contra los cuantiles de una distribución normal estándar.

#Si los residuos se distribuyen normalmente los datos se deben situar a lo largo de la línea.

```
plot(modelS2, which = 3, pch = 20)
```

#El tercero es el gráfico escala-ubicación en el que los residuos están estandarizados por sus desviaciones estándar estimadas.

#Esta gráfica se utiliza para detectar si la difusión de los residuos es constante en el rango de valores ajustados.

```
plot(modelS2, which = 5, pch = 20)
```

#Finalmente el cuarto gráfico muestra el valor leverage de cada punto, la medida de su importancia en la determinación del modelo de regresión.

#Están representados los datos que ejercen mayor influencia. Distancias pequeñas significan que la eliminación de la observación tiene poco efecto

#sobre los resultados de la regresión y distancias mayores a 1 son sospechosas, sugieren la presencia de un posible valor atípico o de un modelo pobre.

#En general, parece que en nuestro modelo no se violan ninguno de los supuestos.

#Pasamos ahora a estudiar el modelo analíticamente, para ello obtenemos los residuos, los valores ajustados y estadísticos del modelo

```
sylves_model2$fitted.modelS2 <- fitted(modelS2)
```

```
sylves_model2$residuals.modelS2 <- residuals(modelS2)
```

```
sylves_model2$rstudent.modelS2 <- rstudent(modelS2)
```

##Evaluación del supuesto de normalidad

#En el gráfico Q-Q plot que vimos antes sugería falta de normalidad en los datos. Lo comprobamos mediante el test de Kolmogorov-Smirnov

```
ks.test(sylves_model2$rstudent.modelS2, "pnorm")
```

```
hist(sylves_model2$rstudent.modelS2, xlab = "residuos", main = "Histograma  
residuos")
```

```
One-sample Kolmogorov-Smirnov test
```

```
data: sylves_model2$rstudent.modelS2
```

```
D = 0.088378, p-value = 0.5791
```

```
alternative hypothesis: two-sided
```

#El p-valor para el contraste de normalidad es mayor que 0.05 ($p = 0,5791$) y además el histograma se parece a una distribución normal (curva en forma campana) entonces no hay problemas de normalidad.

```
##Evaluación del supuesto de heterocedasticidad##
#install.packages("lmtest")
require(lmtest)
bptest(modelS2, studentize = TRUE, data = sylves_model2)
```

studentized Breusch-Pagan test

```
data: modelS2
BP = 4.0241, df = 2, p-value = 0.1337
```

#Significación $p = 0,1337$, mayor de 0.05, por lo que podemos decir que la varianza es constante a lo largo de la muestra y no hay problemas de heterocedasticidad a priori, aunque el valor obtenido es muy próximo al límite de 0.05

```
##Análisis de multicolinealidad
```

```
#Estimaremos el Factor de Inflación de Varianza (FIV) para evaluar la
#multicolinealidad en el modelo: indica si el predictor tiene una fuerte
#relación lineal con otro predictor y es el que vamos a calcular con R. Aunque no
#existen reglas generales se tienen los siguientes criterios:
#Un VIF > 10 es causa de preocupación.
#Si VIF es sustancialmente mayor que 1 entonces la regresión puede verse perjudicada.
#Tolerancia = 1/VIF debajo de 0.1 indica un problema serio.
#Tolerancia debajo de 0.2 indica un problema potencial.
#install.packages("faraway")
require(faraway)
vif(modelS2)
sqrt(vif(modelS2)) > 2
```

```
BAL.dap    Edad
1.016797  1.016797
```

```
#Nuestro modelo no presenta problemas de multicolinealidad.
```

```
##Análisis de casos atípicos##
```

```
#Podemos encontrar los valores atípicos observando grandes diferencias entre los
datos muestrales y los datos ajustados por el modelo, es decir,
#estudiando los residuos.
```

```
#Si el modelo se ajusta bien a los datos muestrales entonces todos los residuos serán
pequeños, mientras que si el ajuste del modelo es pobre
```

```
#los residuos serán grandes. Además, si algún caso sobresale por tener un gran
residuo este podría ser entonces un valor atípico.
```

```
#Vemos gráficamente la relación entre la variable dependiente (log(i2015.2010)) y las
variables independientes del modelo (BAL.dap) y Edad)
```

```
ggplot(sylves_model2, aes(x=BAL.dap, y=log.i2015.2010)) + geom_point(shape=1)
```

```
#Scatterplot BAL.dap ~ i2015-2010
```

```
ggplot(sylves_model2, aes(x=Edad, y=log.i2015.2010)) + geom_point(shape=1)
```

```
#Scatterplot Edad ~ i2015-2010
```

```
#Llevamos a cabo el test de Bonferroni para comprobar los valores atípicos
```

```
#install.packages("car")
```

```
require(car)
```

```
outlierTest(modelS2)
```

```
No Studentized residuals with Bonferonni p < 0.05
```

```
Largest |rstudent|:
```

```
rstudent unadjusted p-value Bonferonni p
```

```
42 -3.062946          0.0031096      0.23011
```

```
#Obtenemos que la observación 42 puede ser un atípico.

##Análisis de la influencia
#Con este análisis pretendemos ver si hay alguna observación que es demasiado
influyente sobre los coeficientes del modelo,
#nos ayuda a determinar si el modelo de regresión es estable a lo largo de la muestra
o si está perjudicado por unos pocos casos influyentes.
inflS <- influence.measures(modelS2)
summary(inflS)

#Analizamos la tabla resumen:

##la primera columna indica el índice de las observaciones potencialmente
influyentes.
##las columnas que comienzan con dfb proporcionan las observaciones potencialmente
influyentes sobre cada uno de los coeficientes del modelo.
##la columna dffits identifica las observaciones influyentes según el estadístico
DFFITS.
##la columna cov.r muestra las observaciones potencialmente influyentes según el
estadístico COVRATIO.
##la columna cook.d proporciona la distancia de Cook .
##la última columna presenta las observaciones que pueden resultar influyentes según
los leverages.
##En cada columna el asterisco señala si realmente la observación puede ser
influyente. En este caso tenemos que las observaciones 1,2,3,7,9,28,42,69.
#resultan influyentes con el estadístico cov.r, pero ninguna observación resulta
significativa para dffit.
```

Potentially influential observations of
lm(formula = log.i2015.2010 ~ BAL.dap + Edad, data = sylves_model2) :

| | dfb.1_ | dfb.BAL. | dfb.Edad | dffit | cov.r | cook.d | hat |
|---|--------|----------|----------|-------|--------|--------|--------|
| 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.53_* | 0.00 | 0.32_* |
| 2 | 0.02 | 0.00 | -0.02 | 0.02 | 1.48_* | 0.00 | 0.29_* |
| 3 | 0.13 | -0.03 | -0.12 | 0.13 | 1.27_* | 0.01 | 0.18_* |
| 7 | -0.10 | -0.25 | 0.13 | -0.29 | 1.16_* | 0.03 | 0.12_* |

Alumno: DIEGO RODRÍGUEZ DE PRADO
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación de: MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

```

9  0.06  0.26  -0.09  0.28  1.21_*  0.03  0.16_*
28 -0.02 -0.04  -0.01  -0.30  0.81_*  0.03  0.01
42  0.05 -0.05  -0.09  -0.37  0.73_*  0.04  0.01
69  0.20 -0.07  -0.23  -0.40  0.79_*  0.05  0.02

```

#Lo estudiamos gráficamente. En el primer gráfico se muestra mediante círculos de distinto tamaño la influencia que cada punto ejerce sobre el modelo

#y en el segundo están representadas en orden ascendente las distancias de Cooks.

```
influencePlot(modelS2, id.n = 2)
```

```

          StudRes      Hat      CookD
1  0.006386271 0.31794572 6.427878e-06
2  0.036879678 0.29475789 1.921906e-04
42 -3.062946024 0.01476479 4.191633e-02
69 -2.723766515 0.02161769 5.011070e-02

```

#En este primer gráfico vemos que las medidas más influyentes son la 1,2,42 y 69. Vemos el gráfico de las distancias de Cook.

```

cook <- cooks.distance(modelS2)
labels <- rownames(sylves_model2)
halfnorm(cook, 3, labs = labels, ylab = "Distancia de Cook")
cook <- cooks.distance(modelN)
significativas <- cook>1
significativas

```

#En este gráfico volvemos a obtener que entre los puntos más influyentes están la observación 69, seguido de la 42 y 54, pero como en ningún caso esta distancia #es mayor que 1, pues para el valor más elevado es 0.05, podemos afirmar que ninguno de ellos es un caso atípico y no es necesario eliminarlos #del modelo

#La forma habitual de proceder es eliminar dichas observaciones del modelo y comenzar de nuevo todo el proceso, sin embargo como el modelo

```
#cumple todas las hipótesis, eliminar dichas observaciones podría provocar que el
nuevo modelo fuera incorrecto y tuviéramos que volver
#al modelo anterior.De esta manera aquí finaliza la creación y evaluación de la
ecuación de crecimiento diametral para Pinus sylvestris.

###Ecuación de crecimiento diametral para Quercus pyrenaica###

#Creamos el data.frame pyrenaica_model, el cual utilizaremos para crear la ecuación
de crecimiento diametral de Quercus pyrenaica
pyrenaica_model <- subset.data.frame(data_ecuaciones,Especie=="Quercus pyrenaica")
pyrenaica_model <- pyrenaica_model[,c(1,4:10,15:23)] #Tomamos las variables de clase
numérico que serán candidatas en la creación de la ecuación de crecimiento

#1)Análisis exploratorio de los datos para Pinus nigra
#1.1)Estadística Descriptiva
attach(pyrenaica_model)
summary(pyrenaica_model)
describe(pyrenaica_model) #Descriptiva utilizando el paquete "Hmisc"
stat.desc(pyrenaica_model)#Descriptiva utilizando el paquete "pastecs"
describe(pyrenaica_model)#Descriptiva utilizando el paquete "psych"
#1.2)Gráficos exploratorios
#Se omite el graficar todas las variables independientes candidatas. En este caso se
representa la variable "dap_2015" (diámetro normal en el año 2015).
#Si se desean obtener los gráficos exploratorios para otra variable, se deberá
cambiar el nombre de dap_2015 por la variable deseada
ggplot(pyrenaica_model, aes(x=dap_2015, y=i2015.2010)) + geom_point(shape=1) +
geom_smooth(method=lm, se=FALSE)
ggplot(pyrenaica_model, aes(pyrenaica_model$Especie,pyrenaica_model$dap_2015)) +
geom_point() + geom_boxplot() + scale_x_discrete(breaks=NULL)#Distribución de alturas
por Especie (boxplot)
Qd <- density(pyrenaica_model$dap_2015)
ggplot(pyrenaica_model, aes(x=pyrenaica_model$dap_2015)) +
geom_histogram(aes(y=..density..),binwidth=2,colour="black", fill="white") +
geom_density(fill = "#66A61E", alpha = 0.2) + xlim(range(Qd$x))

#1.3)Análisis de correlación##
```

Alumno: DIEGO RODRÍGUEZ DE PRADO
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación de: MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

```
#Preparamos el data.frame de Valdepoza para poder realizar el siguiente estudio de
correlación
Qcor <- cor(pyrenaica_model)
Qcor

#Representación de correlaciones y otras estadísticas con el paquete
"PerformanceAnalytics"
chart.Correlation(pyrenaica_model, histogram=TRUE, pch=10)
pairs(pyrenaica_model)
pairs(pyrenaica_model, panel=panel.smooth)

#Correlación y p-values utilizando el paquete Hmisc
rcorr(as.matrix(pyrenaica_model), type="pearson") #Método correlación de Pearson
rcorr(as.matrix(pyrenaica_model), type="spearman") #Método correlación de Spearman

#Visualizamos las correlaciones con el paquete "corrplot"
corrplot(Qcor, type="full", order="hclust", tl.col="black", tl.srt=45)
corrplot(Qcor, type="upper", order="hclust", tl.col="black", tl.srt=45)

#2)Selección de variables y creación de la ecuación de crecimiento para Quercus
pyrenaica
#2.1)Selección de variables por el método paso a paso (stepwise)
str(pyrenaica_model)
fitQ <- lm(log.i2015.2010 ~ dap_2015 + dap_2015^2 + i2015.2010 + Ht + Hbc + g + V +
BAL + dap.dg + BAL.dap + Icv, data=pyrenaica_model)
step <- stepAIC(fitQ, direction="both")

#2.2)Tras probar con diferentes combinaciones de variables significativas, ajustamos
el siguiente modelo
modelQ <- lm(log(i2015.2010) ~ BAL.dap + Ht, data = pyrenaica_model)
summary(modelQ) #R2=0.3436 AIC=23.6417
AIC(modelQ)

Call:
lm(formula = log(i2015.2010) ~ BAL.dap + Ht, data = pyrenaica_model)
```

Alumno: DIEGO RODRÍGUEZ DE PRADO
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación de: MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES

Residuals:

| Min | 1Q | Median | 3Q | Max |
|---------|---------|---------|--------|--------|
| -0.5455 | -0.2084 | -0.0548 | 0.2382 | 0.6349 |

Coefficients:

| | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t) | |
|-------------|----------|------------|---------|----------|-----|
| (Intercept) | -0.98518 | 0.23554 | -4.183 | 0.000128 | *** |
| BAL.dap | -0.09524 | 0.02726 | -3.493 | 0.001066 | ** |
| Ht | 0.03593 | 0.01916 | 1.875 | 0.067095 | . |

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.293 on 46 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.3709, Adjusted R-squared: 0.3436

F-statistic: 13.56 on 2 and 46 DF, p-value: 2.347e-05

#3)Evaluación del modelo y cumplimiento de los supuestos básicos de las regresiones lineales

#Para poder generalizar un modelo de regresión debemos comprobar los supuestos del modelo,

#Empezamos analizando gráficamente los supuestos

```
plot(modelQ, which = 1, pch = 20)
```

#Este primer gráfico enfrenta los errores residuales frente a sus valores ajustados.

El residuos deben estar distribuidos al azar alrededor

#de la línea horizontal que representa un error residual de cero; es decir, no debe haber una tendencia clara en la distribución de puntos.

#Una tendencia en la variabilidad de los residuos sugiere que la varianza está relacionada con la media, violando el supuesto de varianza constante.

```
plot(modelQ, which = 2, pch = 20)
```

#En este gráfico los residuos tipificados se trazan contra los cuantiles de una distribución normal estándar.

#Si los residuos se distribuyen normalmente los datos se deben situar a lo largo de la línea.

```
plot(modelQ, which = 3, pch = 20)
#El tercero es el gráfico escala-ubicación en el que los residuos están
estandarizados por sus desviaciones estándar estimadas.
#Esta gráfica se utiliza para detectar si la difusión de los residuos es constante en
el rango de valores ajustados.

plot(modelQ, which = 5, pch = 20)
#Finalmente el cuarto gráfico muestra el valor leverage de cada punto, la medida de
su importancia en la determinación del modelo de regresión.
#Están representados los datos que ejercen mayor influencia. Distancias pequeñas
significan que la eliminación de la observación tiene poco efecto
#sobre los resultados de la regresión y distancias mayores a 1 son sospechosas,
sugieren la presencia de un posible valor atípico o de un modelo pobre.

#En general, parece que en nuestro modelo no se violan ninguno de los supuestos.
#Pasamos ahora a estudiar el modelo analíticamente, para ello obtenemos los residuos,
los valores ajustados y estadísticos del modelo
pyrenaica_model$fitted.modelQ <- fitted(modelQ)
pyrenaica_model$residuals.modelQ <- residuals(modelQ)
pyrenaica_model$rstudent.modelQ <- rstudent(modelQ)

##Evaluación del supuesto de normalidad
#En el gráfico Q-Q plot que vimos antes sugería falta de normalidad en los datos. Lo
comprobamos mediante el test de Kolmogorov-Smirnov
ks.test(pyrenaica_model$rstudent.modelQ, "pnorm")
hist(pyrenaica_model$rstudent.modelQ, xlab = "residuos", main = "Histograma
residuos")
```

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

```
data: pyrenaica_model$rstudent.modelQ
D = 0.085624, p-value = 0.8351
alternative hypothesis: two-sided
```

#El p-valor para el contraste de normalidad es mayor que 0.05 ($p = 0,8351$) y además el histograma se parece a una distribución normal (curva en forma campana) entonces no hay problemas de normalidad.

```
##Evaluación del supuesto de heterocedasticidad##
#install.packages("lmtest")
require(lmtest)
bptest(modelQ, studentize = TRUE, data = pyrenaica_model)
```

studentized Breusch-Pagan test

```
data: modelQ
BP = 3.346, df = 2, p-value = 0.1877
```

#Significación $p = 0,1877$, mayor de 0.05, por lo que podemos decir que la varianza es constante a lo largo de la muestra y no hay problemas de heterocedasticidad a priori, aunque el valor obtenido es muy próximo al límite de 0.05

```
##Análisis de multicolinealidad
```

```
#Estimaremos el Factor de Inflación de Varianza (FIV) para evaluar la
#multicolinealidad en el modelo: indica si el predictor tiene una fuerte
#relación lineal con otro predictor y es el que vamos a calcular con R. Aunque no
#existen reglas generales se tienen los siguientes criterios:
#Un VIF > 10 es causa de preocupación.
#Si VIF es sustancialmente mayor que 1 entonces la regresión puede verse perjudicada.
#Tolerancia = 1/VIF debajo de 0.1 indica un problema serio.
#Tolerancia debajo de 0.2 indica un problema potencial.
#install.packages("faraway")
require(faraway)
vif(modelQ)
sqrt(vif(modelQ)) > 2
```

```
BAL.dap      Ht
1.254405 1.254405
```

```
#Nuestro modelo no presenta problemas de multicolinealidad.
```

```
##Análisis de casos atípicos##
```

```
#Podemos encontrar los valores atípicos observando grandes diferencias entre los
datos muestrales y los datos ajustados por el modelo, es decir,
#estudiando los residuos.
```

```
#Si el modelo se ajusta bien a los datos muestrales entonces todos los residuos serán
pequeños, mientras que si el ajuste del modelo es pobre
#los residuos serán grandes. Además, si algún caso sobresale por tener un gran
residuo este podría ser entonces un valor atípico.
```

```
#Vemos gráficamente la relación entre la variable dependiente (log(i2015.2010)) y las
variables independientes del modelo (BAL.dap) y Ht)
```

```
ggplot(pyrenaica_model, aes(x=BAL.dap, y=log.i2015.2010)) + geom_point(shape=1)
#Scatterplot BAL.dap ~ i2015-2010
ggplot(pyrenaica_model, aes(x=Ht, y=log.i2015.2010)) + geom_point(shape=1)
#Scatterplot Edad ~ i2015-2010
```

```
#Llevamos a cabo el test de Bonferroni para comprobar los valores atípicos
#install.packages("car")
require(car)
outlierTest(modelQ)
```

```
No Studentized residuals with Bonferonni p < 0.05
Largest |rstudent|:
rstudent unadjusted p-value Bonferonni p
133 2.361242      0.022604      NA
```

```
#Obtenemos que la observación 133 puede ser un atípico.

##Análisis de la influencia
#Con este análisis pretendemos ver si hay alguna observación que es demasiado
influyente sobre los coeficientes del modelo,
#nos ayuda a determinar si el modelo de regresión es estable a lo largo de la muestra
o si está perjudicado por unos pocos casos influyentes.
inflQ <- influence.measures(modelQ)
summary(inflQ)

                Potentially influential observations of
lm(formula = log(i2015.2010) ~ BAL.dap + Ht, data = pyrenaica_model) :

      dfb.1_ dfb.BAL. dfb.Ht dffit cov.r  cook.d hat
147 -0.29  -0.06    0.34 -0.44  1.20_*  0.06  0.17
177  0.52  -0.25   -0.58 -0.60  1.57_*  0.12  0.35_*

#Analizamos la tabla resumen:

##la primera columna indica el índice de las observaciones potencialmente
influyentes.
##las columnas que comienzan con dfb proporcionan las observaciones potencialmente
influyentes sobre cada uno de los coeficientes del modelo.
##la columna dffits identifica las observaciones influyentes según el estadístico
DFFITS.
##la columna cov.r muestra las observaciones potencialmente influyentes según el
estadístico COVRATIO.
##la columna cook.d proporciona la distancia de Cook .
##la última columna presenta las observaciones que pueden resultar influyentes según
los leverages.
##En cada columna el asterisco señala si realmente la observación puede ser
influyente. En este caso tenemos que las observaciones 147 y 177.
#resultan influyentes con el estadístico cov.r.

#Lo estudiamos gráficamente. En el primer gráfico se muestra mediante círculos de
distinto tamaño la influencia que cada punto ejerce sobre el modelo
#y en el segundo están representadas en orden ascendente las distancias de Cooks.
influencePlot(modelQ, id.n = 2)
```

| | StudRes | Hat | CookD |
|-----|------------|------------|------------|
| 133 | 2.3612417 | 0.07371933 | 0.13452915 |
| 140 | -1.9904623 | 0.08035370 | 0.10841039 |
| 147 | -0.9804425 | 0.16696746 | 0.06427746 |
| 177 | -0.8133660 | 0.35018792 | 0.11972123 |

#En este primer gráfico vemos que las medidas más influyentes son la 133,140,147 y 177. Vemos el gráfico de las distancias de Cook.

```
cook <- cooks.distance(modelQ)
labels <- rownames(pyrenaica_model)
halfnorm(cook, 3, labs = labels, ylab = "Distancia de Cook")
cook <- cooks.distance(modelQ)
significativas <- cook>1
significativas
```

#En este gráfico volvemos a obtener que entre los puntos más influyentes están la observación 133, seguida de la 177 y 140, pero como en ningún caso esta distancia es mayor que 1, pues para el valor más elevado es 0.12, podemos afirmar que ninguno de ellos es un caso atípico y no es necesario eliminarlos del modelo

```
##Mejora del modelo para Quercus pyrenaica. DESARROLLO DEL MODELO modelQ2 (sin outliers, con data=pyrenaica_model2)##
```

Creamos una nueva columna (outs), en la cual aparecerá "1" si el residuo supera las 2 desviaciones estándar, y "0" en caso contrario

```
pyrenaica_model$Outs<-ifelse(abs(pyrenaica_model$rstudent.modelQ)>3, 1, 0)
```

#La única observación que posee más de 3 desviaciones estándar es la 133, lo cual confirma los resultados de los test anteriores.

#Creamos de esta manera un nuevo data.frame (pyrenaica_model2), sin esta observación

```
#Creamos nuevo data.frame sin los outliers
```

```

pyrenaica_model2<-pyrenaica_model[!pyrenaica_model$Outs,]

#Ajustamos el modelo con esta nueva base de datos
modelQ2 <- lm(log.i2015.2010~ BAL.dap + Ht, data = pyrenaica_model2)
summary(modelQ2)#R2:0,4076 #AIC:18,71
AIC(modelQ2)

Call:
lm(formula = log.i2015.2010 ~ BAL.dap + Ht, data = pyrenaica_model2)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.52959 -0.21181 -0.04543  0.24692  0.48745

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -1.02675    0.22533  -4.557 3.96e-05 ***
BAL.dap     -0.10391    0.02626  -3.957 0.000266 ***
Ht          0.04065    0.01838   2.212 0.032102 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2794 on 45 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4328, Adjusted R-squared:  0.4076
F-statistic: 17.17 on 2 and 45 DF, p-value: 2.88e-06

#Evaluación del nuevo modelo modelS2 y cumplimiento de los supuestos básicos de las
regresiones lineales

#Para poder generalizar un modelo de regresión debemos comprobar los supuestos del
modelo,
#Empezamos analizando gráficamente los supuestos

plot(modelQ2, which = 1, pch = 20)

```

#Este primer gráfico enfrenta los errores residuales frente a sus valores ajustados. El residuo debe estar distribuido al azar alrededor de la línea horizontal que representa un error residual de cero; es decir, no debe haber una tendencia clara en la distribución de puntos.
#Una tendencia en la variabilidad de los residuos sugiere que la varianza está relacionada con la media, violando el supuesto de varianza constante.

```
plot(modelQ2, which = 2, pch = 20)
```

#En este gráfico los residuos tipificados se trazan contra los cuantiles de una distribución normal estándar.
#Si los residuos se distribuyen normalmente los datos se deben situar a lo largo de la línea.

```
plot(modelQ2, which = 3, pch = 20)
```

#El tercero es el gráfico escala-ubicación en el que los residuos están estandarizados por sus desviaciones estándar estimadas.
#Esta gráfica se utiliza para detectar si la difusión de los residuos es constante en el rango de valores ajustados.

```
plot(modelQ2, which = 5, pch = 20)
```

#Finalmente el cuarto gráfico muestra el valor leverage de cada punto, la medida de su importancia en la determinación del modelo de regresión.
#Están representados los datos que ejercen mayor influencia. Distancias pequeñas significan que la eliminación de la observación tiene poco efecto sobre los resultados de la regresión y distancias mayores a 1 son sospechosas, sugieren la presencia de un posible valor atípico o de un modelo pobre.

#En general, parece que en nuestro modelo no se violan ninguno de los supuestos.

#Pasamos ahora a estudiar el modelo analíticamente, para ello obtenemos los residuos, los valores ajustados y estadísticos del modelo

```
pyrenaica_model2$fitted.modelQ2 <- fitted(modelQ2)  
pyrenaica_model2$residuals.modelQ2 <- residuals(modelQ2)  
pyrenaica_model2$rstudent.modelQ2 <- rstudent(modelQ2)
```

```
##Evaluación del supuesto de normalidad
#En el gráfico Q-Q plot que vimos antes sugería falta de normalidad en los datos. Lo
comprobamos mediante el test de Kolmogorov-Smirnof
ks.test(pyrenaica_model2$rstudent.modelQ2, "pnorm")
hist(pyrenaica_model2$rstudent.modelQ2, xlab = "residuos", main = "Histograma
residuos")
```

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

```
data: pyrenaica_model2$rstudent.modelQ2
D = 0.095894, p-value = 0.7333
alternative hypothesis: two-sided
```

#El p-valor para el contraste de normalidad es mayor que 0.05 ($p = 0,7333$) y además el histograma se parece a una distribución normal (curva en forma campana) entonces no hay problemas de normalidad.

```
##Evaluación del supuesto de heterocedasticidad##
#install.packages("lmtest")
require(lmtest)
bptest(modelQ2, studentize = TRUE, data = pyrenaica_model2)
```

studentized Breusch-Pagan test

```
data: modelQ2
BP = 2.7916, df = 2, p-value = 0.2476
```

#Significación $p = 0,2476$, mayor de 0.05, por lo que podemos decir que la varianza es constante a lo largo de la muestra y no hay problemas de heterocedasticidad a priori, aunque el valor obtenido es muy próximo al límite de 0.05

```
##Análisis de multicolinealidad
```

```
#Estimaremos el Factor de Inflación de Varianza (FIV) para evaluar la
#multicolinealidad en el modelo: indica si el predictor tiene una fuerte
#relación lineal con otro predictor y es el que vamos a calcular con R. Aunque no
#existen reglas generales se tienen los siguientes criterios:
#Un VIF > 10 es causa de preocupación.
#Si VIF es sustancialmente mayor que 1 entonces la regresión puede verse perjudicada.
#Tolerancia = 1/VIF debajo de 0.1 indica un problema serio.
#Tolerancia debajo de 0.2 indica un problema potencial.
#install.packages("faraway")
require(faraway)
vif(modelQ2)
sqrt(vif(modelQ2)) > 2
```

| BAL.dap | Ht |
|----------|----------|
| 1.224317 | 1.224317 |

```
#Nuestro modelo no presenta problemas de multicolinealidad.
##Análisis de casos atípicos##
```

```
#Podemos encontrar los valores atípicos observando grandes diferencias entre los
#datos muestrales y los datos ajustados por el modelo, es decir,
#estudiando los residuos.
#Si el modelo se ajusta bien a los datos muestrales entonces todos los residuos serán
#pequeños, mientras que si el ajuste del modelo es pobre
#los residuos serán grandes. Además, si algún caso sobresale por tener un gran
#residuo este podría ser entonces un valor atípico.
```

```
#Vemos gráficamente la relación entre la variable dependiente (log(i2015.2010)) y las
#variables independientes del modelo (BAL.dap) y Edad)
ggplot(pyrenaica_model2, aes(x=BAL.dap, y=log.i2015.2010)) + geom_point(shape=1)
#Scatterplot BAL.dap ~ i2015-2010
ggplot(pyrenaica_model2, aes(x=Ht, y=log.i2015.2010)) + geom_point(shape=1)
#Scatterplot Edad ~ i2015-2010
```

```
#Llevamos a cabo el test de Bonferroni para comprobar los valores atípicos
#install.packages("car")
require(car)
outlierTest(modelQ2)

      No Studentized residuals with Bonferonni p < 0.05
      Largest |rstudent|:
      rstudent unadjusted p-value Bonferonni p
140 -2.045778          0.046784          NA

#Obtenemos que la observación 140 puede ser un atípico.

##Análisis de la influencia
#Con este análisis pretendemos ver si hay alguna observación que es demasiado
influyente sobre los coeficientes del modelo,
#nos ayuda a determinar si el modelo de regresión es estable a lo largo de la muestra
o si está perjudicado por unos pocos casos influyentes.
inflQ <- influence.measures(modelQ2)
summary(inflQ)

      Potentially influential observations of
lm(formula = log.i2015.2010 ~ BAL.dap + Ht, data = pyrenaica_model2) :

      dfb.1_ dfb.BAL. dfb.Ht dffit cov.r  cook.d hat
147 -0.24 -0.06  0.27 -0.36  1.25_*  0.04  0.18
177  0.64 -0.29 -0.71 -0.73  1.55_*  0.18  0.35_*

#Analizamos la tabla resumen:

##la primera columna indica el índice de las observaciones potencialmente
influyentes.
##las columnas que comienzan con dfb proporcionan las observaciones potencialmente
influyentes sobre cada uno de los coeficientes del modelo.
##la columna dffits identifica las observaciones influyentes según el estadístico
DFFITS.
```

```
##la columna cov.r muestra las observaciones potencialmente influyentes según el
estadístico COVRATIO.
##la columna cook.d proporciona la distancia de Cook .
##la última columna presenta las observaciones que pueden resultar influyentes según
los leverages.
##En cada columna el asterisco señala si realmente la observación puede ser
influyente. En este caso tenemos que las observaciones 147 y 177.
#resultan influyentes con el estadístico cov.r, pero ninguna observación resulta
significativa para dffit.
```

```
#Lo estudiamos gráficamente. En el primer gráfico se muestra mediante círculos de
distinto tamaño la influencia que cada punto ejerce sobre el modelo
#y en el segundo están representadas en orden ascendente las distancias de Cooks.
influencePlot(modelQ2, id.n = 2)
```

| | StudRes | Hat | CookD |
|-----|------------|------------|------------|
| 139 | -1.9048986 | 0.07235805 | 0.08914013 |
| 140 | -2.0457783 | 0.08070835 | 0.11438255 |
| 147 | -0.7656832 | 0.17738700 | 0.04253188 |
| 177 | -0.9896053 | 0.35222683 | 0.17758322 |

```
#En este primer gráfico vemos que las medidas más influyentes son la 139,140,147 y 177.
Vemos el gráfico de las distancias de Cook.
```

```
cook <- cooks.distance(modelQ2)
labels <- rownames(pyrenaica_model2)
halfnorm(cook, 3, labs = labels, ylab = "Distancia de Cook")
cook <- cooks.distance(modelQ)
significativas <- cook>1
significativas
```

```
#En este gráfico volvemos a obtener que entre los puntos más influyentes están la
observación 134, seguido de la 178 y 141, pero como en ningún caso esta distancia
#es mayor que 1, pues para el valor más elevado es 0.12, podemos afirmar que ninguno
de ellos es un caso atípico y no es necesario eliminarlos
#del modelo
```

#La forma habitual de proceder es eliminar dichas observaciones del modelo y comenzar de nuevo todo el proceso, sin embargo como el modelo
#cumple todas las hipótesis, eliminar dichas observaciones podría provocar que el nuevo modelo fuera incorrecto y tuviéramos que volver
#al modelo anterior. De esta manera aquí finaliza la creación y evaluación de la ecuación de crecimiento diametral para *Pinus sylvestris*.

#A continuación se muestra la estadística descriptiva correspondiente a las bases de datos con las que se han desarrollado las ecuaciones de crecimiento diametral presentadas en este trabajo.

Estadística descriptiva para *Pinus nigra*

| | n | mean | sd | median | trimmed | mad | min | max | range | skew | kurtosis | se |
|----------------|----|-------|-------|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|------|
| dap_2015 | 55 | 31,22 | 4,73 | 30,80 | 31,01 | 4,15 | 21,45 | 42,60 | 21,15 | 0,44 | -0,11 | 0,64 |
| i2015.2010 | 55 | 1,07 | 0,40 | 0,97 | 1,04 | 0,34 | 0,38 | 2,18 | 1,80 | 0,71 | 0,07 | 0,05 |
| Ht | 55 | 20,82 | 1,29 | 20,90 | 20,81 | 1,48 | 17,70 | 23,90 | 6,20 | 0,03 | -0,48 | 0,17 |
| Hbc | 55 | 12,48 | 2,22 | 12,80 | 12,50 | 1,93 | 7,90 | 17,40 | 9,50 | -0,12 | -0,38 | 0,30 |
| g | 55 | 0,08 | 0,02 | 0,07 | 0,08 | 0,02 | 0,04 | 0,14 | 0,11 | 0,81 | 0,28 | 0,00 |
| V | 55 | 0,78 | 0,25 | 0,76 | 0,76 | 0,22 | 0,36 | 1,45 | 1,09 | 0,72 | 0,08 | 0,03 |
| BAL | 55 | 35,78 | 18,44 | 35,48 | 35,81 | 20,49 | 0,00 | 71,68 | 71,68 | -0,03 | -0,76 | 2,49 |
| Edad | 55 | 53,66 | 1,86 | 53,50 | 53,70 | 2,22 | 49,50 | 57,00 | 7,50 | -0,11 | -0,93 | 0,25 |
| dap.dg | 55 | 1,17 | 0,23 | 1,14 | 1,15 | 0,18 | 0,77 | 2,05 | 1,27 | 1,36 | 2,61 | 0,03 |
| BAL,dap | 55 | 1,25 | 0,77 | 1,16 | 1,22 | 0,83 | 0,00 | 3,34 | 3,34 | 0,46 | -0,32 | 0,10 |
| lcv | 55 | 0,40 | 0,09 | 0,40 | 0,40 | 0,09 | 0,24 | 0,62 | 0,38 | 0,52 | -0,35 | 0,01 |
| log.i2015_2010 | 55 | 0,00 | 0,38 | -0,03 | 0,01 | 0,36 | -0,98 | 0,78 | 1,76 | -0,20 | -0,20 | 0,05 |
| log,dap_2015 | 55 | 3,43 | 0,15 | 3,43 | 3,43 | 0,14 | 3,07 | 3,75 | 0,69 | 0,03 | -0,17 | 0,02 |
| log.dap_dg | 55 | 0,14 | 0,19 | 0,13 | 0,13 | 0,17 | -0,26 | 0,72 | 0,97 | 0,66 | 0,83 | 0,03 |
| log.lcv | 55 | -0,94 | 0,23 | -0,91 | -0,94 | 0,21 | -1,41 | -0,48 | 0,93 | 0,04 | -0,63 | 0,03 |
| dap_2015.m | 55 | 0,31 | 0,05 | 0,31 | 0,31 | 0,04 | 0,21 | 0,43 | 0,21 | 0,44 | -0,11 | 0,01 |
| Ce | 55 | 68,01 | 9,81 | 67,52 | 67,86 | 10,07 | 46,71 | 93,29 | 46,57 | 0,21 | -0,39 | 1,32 |

Estadística descriptiva para *Pinus sylvestris*

| | n | mean | sd | median | trimmed | mad | min | max | range | skew | kurtosis | se |
|----------------|----|-------|-------|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|------|
| dap_2015 | 74 | 35,18 | 6,29 | 34,95 | 35,28 | 5,49 | 17,80 | 49,35 | 31,55 | -0,18 | 0,12 | 0,73 |
| i2015.2010 | 74 | 1,36 | 0,58 | 1,27 | 1,30 | 0,39 | 0,45 | 3,46 | 3,01 | 1,37 | 2,66 | 0,07 |
| Ht | 74 | 19,65 | 2,33 | 19,85 | 19,91 | 1,11 | 8,80 | 23,00 | 14,20 | -2,57 | 8,94 | 0,27 |
| Hbc | 74 | 12,23 | 2,63 | 12,60 | 12,47 | 1,93 | 3,60 | 17,20 | 13,60 | -1,05 | 1,71 | 0,31 |
| g | 74 | 0,10 | 0,03 | 0,10 | 0,10 | 0,03 | 0,02 | 0,19 | 0,17 | 0,37 | -0,03 | 0,00 |
| V | 74 | 0,94 | 0,33 | 0,94 | 0,94 | 0,31 | 0,10 | 1,71 | 1,61 | -0,01 | 0,16 | 0,04 |
| BAL | 74 | 20,82 | 13,67 | 21,26 | 20,42 | 15,80 | 0,00 | 49,84 | 49,84 | 0,17 | -1,00 | 1,59 |
| Edad | 74 | 51,78 | 6,39 | 53,50 | 52,81 | 2,97 | 22,00 | 58,50 | 36,50 | -3,07 | 10,91 | 0,74 |
| dap.dg | 74 | 1,35 | 0,33 | 1,31 | 1,32 | 0,33 | 0,84 | 2,31 | 1,47 | 0,70 | -0,15 | 0,04 |
| BAL.dap | 74 | 0,65 | 0,50 | 0,59 | 0,61 | 0,54 | 0,00 | 2,18 | 2,18 | 0,74 | 0,03 | 0,06 |
| lcv | 74 | 0,38 | 0,09 | 0,37 | 0,38 | 0,09 | 0,23 | 0,65 | 0,42 | 0,74 | 0,14 | 0,01 |
| log.i2015.2010 | 74 | 0,22 | 0,41 | 0,24 | 0,23 | 0,31 | -0,79 | 1,24 | 2,03 | -0,14 | 0,36 | 0,05 |
| log.dap_2015 | 74 | 3,54 | 0,19 | 3,55 | 3,56 | 0,15 | 2,88 | 3,90 | 1,02 | -0,85 | 1,30 | 0,02 |
| log.dap.dg | 74 | 0,27 | 0,24 | 0,27 | 0,27 | 0,26 | -0,17 | 0,84 | 1,01 | 0,24 | -0,67 | 0,03 |
| log.lcv | 74 | -0,99 | 0,24 | -1,00 | -0,99 | 0,23 | -1,46 | -0,43 | 1,03 | 0,18 | -0,46 | 0,03 |
| dap_2015.m | 74 | 0,35 | 0,06 | 0,35 | 0,35 | 0,05 | 0,18 | 0,49 | 0,32 | -0,18 | 0,12 | 0,01 |
| Ce | 74 | 57,07 | 9,52 | 57,26 | 56,85 | 9,85 | 38,19 | 84,72 | 46,53 | 0,28 | 0,09 | 1,11 |

Estadística descriptiva para *Quercus pyrenaica*

| | n | mean | sd | median | trimmed | mad | min | max | range | skew | kurtosis | se |
|----------------|----|-------|-------|--------|---------|-------|-------|--------|-------|-------|----------|------|
| dap_2015 | 48 | 14,44 | 4,39 | 13,35 | 13,94 | 3,56 | 7,55 | 28,40 | 20,85 | 1,18 | 1,33 | 0,63 |
| i2015.2010 | 48 | 0,45 | 0,15 | 0,45 | 0,45 | 0,14 | 0,18 | 0,81 | 0,63 | 0,34 | -0,55 | 0,02 |
| Ht | 48 | 10,26 | 2,45 | 10,50 | 10,33 | 1,63 | 3,70 | 19,10 | 15,40 | 0,16 | 2,92 | 0,35 |
| Hbc | 48 | 5,61 | 1,69 | 5,60 | 5,68 | 1,19 | 0,00 | 9,00 | 9,00 | -1,00 | 3,08 | 0,24 |
| g | 48 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,06 | 0,06 | 1,93 | 3,81 | 0,00 |
| V | 48 | 0,09 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,04 | 0,01 | 0,34 | 0,33 | 1,70 | 2,43 | 0,01 |
| BAL | 48 | 29,23 | 17,29 | 35,96 | 29,85 | 18,08 | 2,82 | 48,65 | 45,82 | -0,21 | -1,74 | 2,50 |
| dap.dg | 48 | 0,85 | 0,39 | 0,87 | 0,84 | 0,54 | 0,23 | 1,47 | 1,23 | 0,04 | -1,52 | 0,06 |
| BAL.dap | 48 | 2,32 | 1,72 | 1,78 | 2,21 | 1,87 | 0,16 | 6,36 | 6,20 | 0,52 | -0,94 | 0,25 |
| lcv | 48 | 0,46 | 0,15 | 0,46 | 0,45 | 0,10 | 0,22 | 1,00 | 0,78 | 1,76 | 5,16 | 0,02 |
| log.i2015.2010 | 48 | -0,85 | 0,36 | -0,79 | -0,83 | 0,33 | -1,72 | -0,21 | 1,51 | -0,43 | -0,35 | 0,05 |
| log.dap_2015 | 48 | 2,63 | 0,28 | 2,59 | 2,62 | 0,26 | 2,02 | 3,35 | 1,32 | 0,39 | -0,01 | 0,04 |
| log.dap.dg | 48 | -0,29 | 0,53 | -0,14 | -0,26 | 0,61 | -1,45 | 0,38 | 1,83 | -0,42 | -1,17 | 0,08 |
| log.lcv | 48 | -0,83 | 0,30 | -0,78 | -0,82 | 0,21 | -1,53 | 0,00 | 1,53 | 0,11 | 1,39 | 0,04 |
| dap_2015.m | 48 | 0,14 | 0,04 | 0,13 | 0,14 | 0,04 | 0,08 | 0,28 | 0,21 | 1,18 | 1,33 | 0,01 |
| Ce | 48 | 73,88 | 17,81 | 72,81 | 73,98 | 14,56 | 38,14 | 113,35 | 75,21 | 0,05 | -0,59 | 2,57 |

Anejo 8: Material fotográfico

Anejo 8: Material fotográfico

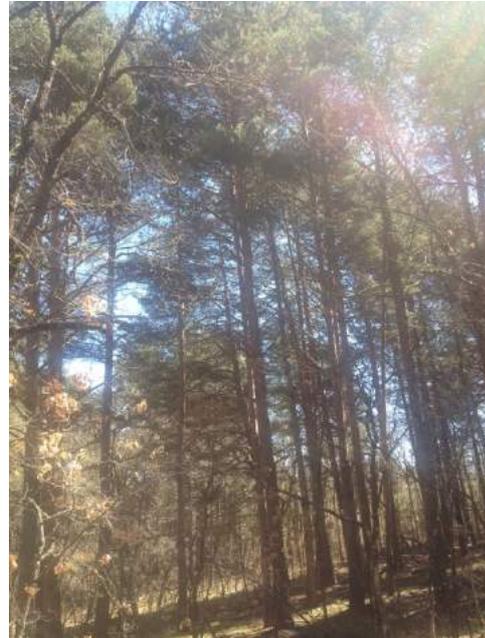


Ilustración 1. Aula de Señalamiento de Valdepoza (Saldaña, Palencia) en la zona superior; extracción de muestras con barrena Pressler y numeración de las mismas para su traslado a laboratorio, en la parte inferior.



Ilustración 2. Secado al aire, organización por parcelas, lijado, y aspecto final de las muestras.

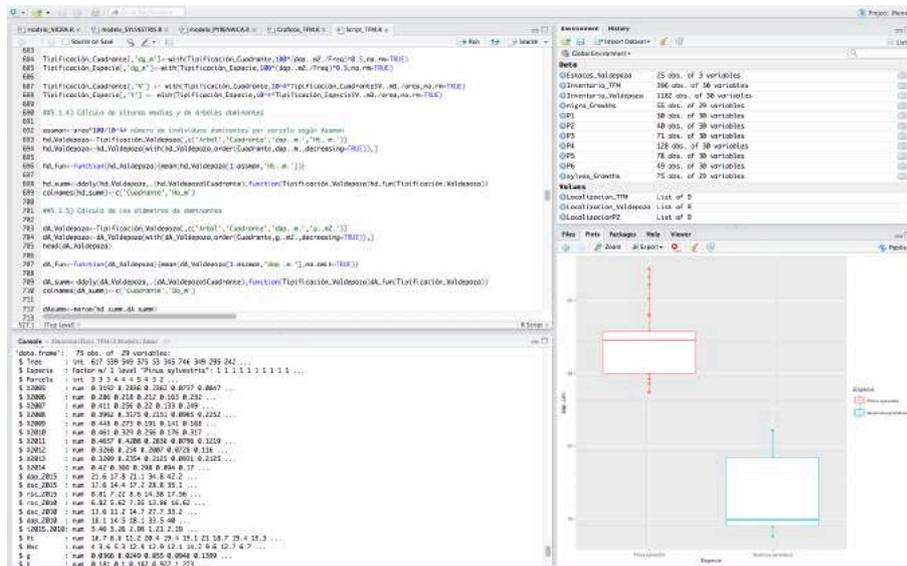
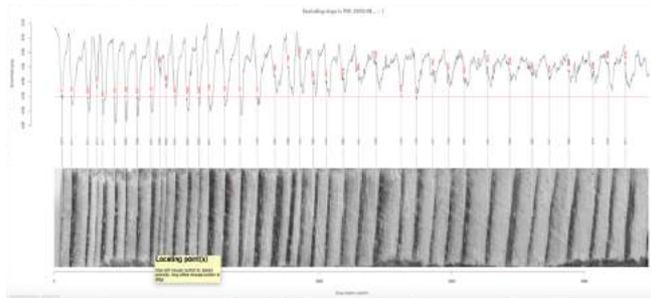


Ilustración 3. Escaneado, datación y medición de anchos de anillo, en la parte superior; procesado de los datos y creación de los modelos, en la parte inferior.

Alumno: DIEGO RODRÍGUEZ DE PRADO
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS
 Titulación de: MASTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA DE MONTES