

UNIVERSIDAD DE OVIEDO

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS MAPAS  
FORESTALES DE ESPAÑA A ESCALA 1:200.000,  
1:50.000 Y 1:25.000 PARA LAS PRINCIPALES  
ESPECIES FORESTALES EN GALICIA**

**Trabajo fin de máster**

**Autor: Diego Martínez Huerta**

**Tutor: Prof. Dr. D Pedro Álvarez Álvarez**

**Julio de 2013**

## Resumen

El Mapa Forestal de España (MFE) es una herramienta fundamental en diversos campos relacionados con el medioambiente (incendios forestales, cambio climático, sumideros de CO<sub>2</sub>, usos de suelo y ordenación del territorio). Se analiza aquí la evolución en Galicia de la superficie de *Castanea sativa*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* y *Quercus pyrenaica* en los tres Mapas Forestales (MFE200, MFE50 y MFE25) disponibles en formato digital hoy en día, así como la evolución del estado de la masa de *Pinus pinaster* y *Pinus sylvestris* en el MFE50 y MFE25.

## Abstract

The Forest Map of Spain is an essential tool in several areas related with the environment (forestal fires, climate change, CO<sub>2</sub> sinks and territory management). We analyze the change of the surface in Galicia for *Castanea sativa*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* and *Quercus pyrenaica* in the three maps which are available in digital format (MFE200, MFE50 and MFE25). We also include the evolution of the age classes for *Pinus pinaster* and *Pinus sylvestris* in MFE50 and MFE25.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 El concepto de Mapa Forestal	2
1.2 Marco legal	3
1.3 Antecedentes: Evolución del Mapa Forestal en España	3
1.3.1 Mapa Forestal de España a escala 1:400.000 (MFE400). Luis Ceballos	7
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>10</b>
<b>3. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>12</b>
3.1 Material objeto del estudio	13
3.1.1 Mapa Forestal de España a escala 1:200.000 (MFE200)	13
3.1.2 Mapa Forestal de España a escala 1:50.000 (MFE50)	14
3.1.3 Mapa Forestal de España a escala 1:25.000 (MFE25)	16
3.2 Metodología empleada	18
3.3 Tratamiento estadístico de los datos	19
3.3.1 ANOVA de un factor	20

3.3.2	Prueba de Levene	20
3.3.3	Test de Games-Howell	21
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>22</b>
4.1	Análisis descriptivo	23
4.1.1	<i>Castanea sativa</i>	23
4.1.2	<i>Pinus pinaster</i>	24
4.1.3	<i>Pinus sylvestris</i>	25
4.1.4	<i>Quercus pyrenaica</i>	26
4.2	Comparación estadística de los resultados obtenidos en el MFE200, MFE50 y MFE25	27
4.2.1	<i>Castanea sativa</i>	27
4.2.2	<i>Pinus pinaster</i>	29
4.2.3	<i>Pinus sylvestris</i>	31
4.2.4	<i>Quercus pyrenaica</i>	33
4.3	Comparación del estado de la masa en el MFE50 y en el MFE25 para <i>Pinus pinaster</i> y <i>Pinus sylvestris</i>	36
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>38</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>40</b>



# 1.- INTRODUCCIÓN



## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 El concepto de Mapa Forestal**

El Mapa Forestal de España (MFE) es la cartografía básica forestal a nivel estatal, que recoge la distribución de los ecosistemas forestales españoles.

El MFE es fruto de un proyecto continuo de actualización periódica que comenzó en el siglo pasado (Mapa Forestal de España a escala 1:200.000), y constituyó posteriormente la primera cartografía de vegetación digital continua con información temática forestal homogénea para todo el territorio nacional (Mapa Forestal de España a escala 1:50.000), y que continúa en la actualidad con la elaboración del Mapa Forestal de España a escala 1:25.000. El MFE contiene información relativa a los siguientes elementos:

- Lista patrón de las especies forestales.
- Distribución de los usos del suelo principalmente forestales.
- Identificación y distribución de las especies arbóreas principales, incluyendo parámetros tales como su estado de desarrollo y ocupación.
- Información de formaciones desarboladas.

Es una herramienta muy valiosa en múltiples campos que tienen el territorio rural como su ámbito de trabajo (incendios forestales, estudios de carbono, usos del suelo y ordenación del territorio, inventarios de hábitat y especies, lucha contra la erosión y desertificación, etc.).

En su consecución sigue un modelo conceptual de usos de suelo jerarquizados, desarrollados en clases forestales, y cuyos datos resultantes se estructuran en información cartográfica con geometría de polígonos y base de datos alfanumérica asociada. Utiliza una



metodología de trabajo basada en la fotointerpretación sobre ortofoto de alta resolución, y proporciona información detallada del tipo estructural o uso principal de cada tesela (unidad de terreno que presenta una ocupación del suelo con estructura homogénea), del grado de cobertura y de las principales especies arbóreas cartografiadas. El Mapa Forestal de España a escala 1:25.000, actualmente en ejecución, se irá editando por Comunidades Autónomas según vaya finalizándose. La información del MFE es pública, y es distribuida por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

### ***1.2 Marco Legal***

- *Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes, modificada por la Ley 10/2006, de 28 de abril. Art. 28: “Estadística Forestal”.*

Establece el Mapa Forestal de España como base cartográfica del Inventario Forestal Nacional y determina que el MFE sea un proyecto continuo con periodicidad al menos decenal así como que su elaboración se haga aplicando criterios y metodología comunes para todo el territorio español. Dicho carácter homogéneo permite obtener datos comparativos entre diferentes momentos y territorios y ser fuente para la elaboración de informes, tanto nacionales como internacionales.

- *Real Decreto 556/2011, de 20 de abril, para el desarrollo del Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad.*

Se describe en el anexo I (ficha 1.f) y se considera como componente fundamental en el anexo III.

### ***1.3 Antecedentes: Evolución histórica del Mapa Forestal en España***

Los comienzos de la cartografía forestal comienzan con la aparición en España de la figura del Ingeniero de Montes. En 1852 se creaba una de las primeras comisiones de ingenieros destinadas al reconocimiento forestal del territorio. Su objetivo principal era





propiedad forestal y agrícola, descripción del estado, calidad, especies y extensión de los bosques, caracterización de los terrenos incultos, de los pastizales y de las localidades agrícolas y el establecimiento de las correspondientes zonas y regiones.

Cartográficamente, la Comisión del Mapa Forestal debía presentar sus resultados a escala 1:200.000 para los mapas dasográficos provinciales, a 1:500.000 para los mapas forestales peninsulares y a 1:1.000.000 para otros mapas de contenido diverso. Debían acompañarse de las correspondientes memorias, entre ellas una de tipo general descriptiva del territorio desde el punto de vista geográfico, botánico y agrícola y otra en la que se expusiera un plan de repoblación general del país. Finalmente la comisión fue disuelta en 1887 debido a rencillas de diversa índole.

Previamente a la Comisión de Mapa Forestal surge la Comisión de la Flora Forestal (1867), cuyo cometido inicial fue el de verificar los estudios preparatorios y recoger los datos necesarios para la redacción de una flora forestal española. Tras varios años de excursiones por prácticamente la totalidad de la península se formó un magnífico herbario y se tomaron datos referentes a la distribución, cultivo y aprovechamiento de las especies leñosas. Los resultados quedaron recogidos en sendas memorias que reunían los recorridos, publicadas en 1870 y 1872. La base material de conocimiento se proyectó posteriormente en la elaboración de un libro que reunía la descripción detallada de nuestras especies forestales. El primer tomo apareció publicado en 1883, saliendo el segundo en 1890, junto con un atlas que representaban a las principales especies forestales.

A comienzos del siglo XX se crea el Instituto Central de Experimentación Técnico Forestal (1907) donde se pudieron continuar desarrollando trabajos relacionados con la construcción del mapa forestal iniciados en siglo anterior por la Comisión del Mapa Forestal.

Es de gran importancia la aparición de un nuevo proyecto de instituto forestal, el Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias que retoma las actividades de las extinguidas Comisiones de Flora y Mapa Forestal. Sin embargo los objetivos serían muy diferentes, mientras que los de las comisiones estaban muy ligados a la defensa de la

propiedad estatal de los montes, los propugnados por este instituto estaban enfocados a la optimización en el aprovechamiento de los recursos. De ahí que los trabajos realizados no sólo traten de identificar las existencias sino de localizar también los espacios cuyos caracteres de vegetación y potencial ecológico les convierten en susceptibles de ser reforestados. Cabe destacar en este sentido los estudios de la flora y vegetación forestal de las provincias de Cádiz (Figura 2), Málaga y Sevilla llevados a cabo por Ceballos, así como un mapa de la provincia de Huelva (Bolaños), inédito y del que no se llegó a publicar y el mapa de la provincia de Lérida (Jordán de Uries) publicado en 1951.

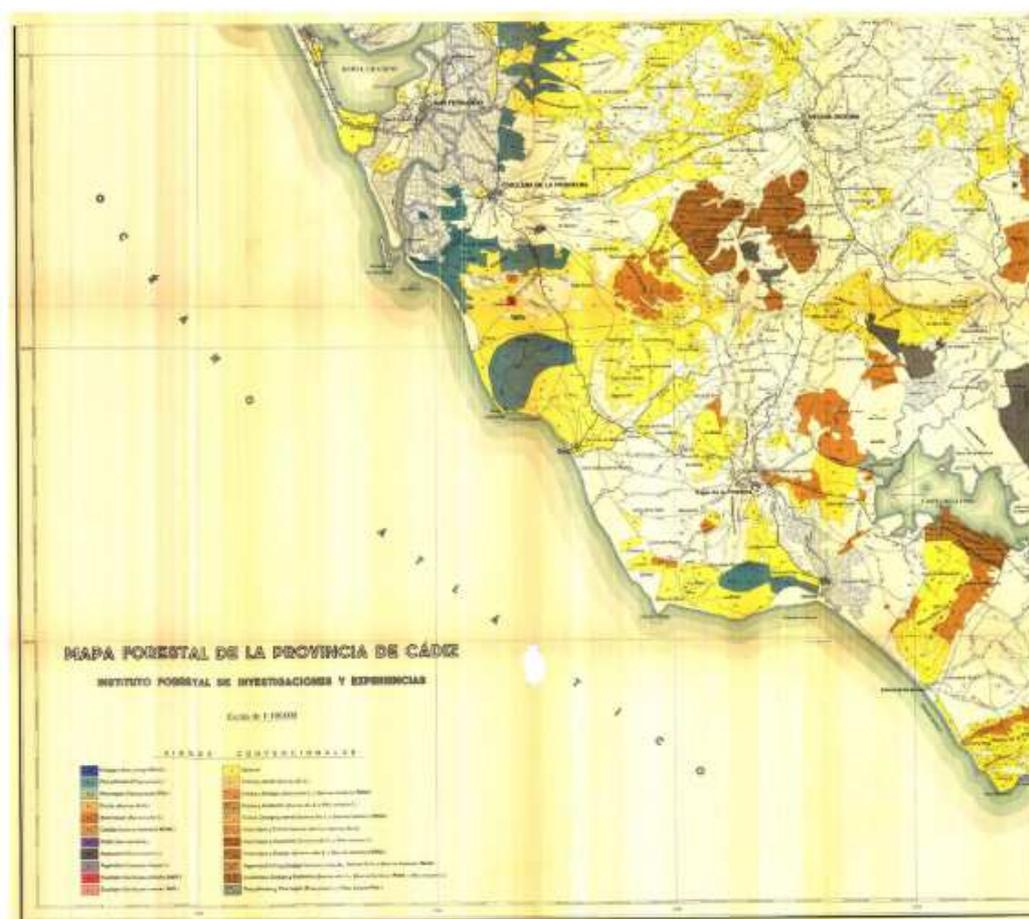


Figura 2. Mapa forestal de la provincia de Cádiz.

Por tanto la labor cartográfica del instituto comenzada en los años veinte, es un precedente de lo que será el definitivo mapa forestal de 1966. Aunque en esta fase inicial, se



abordó el trabajo a escala 1:100.000, ya que al ser trabajos de ámbito provincial ofrece mayores posibilidades de concreción.

### ***1.3.1 Mapa Forestal de España a escala 1:400.000 (MFE400). Luis Ceballos***

En 1959 la Dirección General de Montes decide poner en marcha un proyecto para elaborar un mapa forestal de España, con el compromiso de estar listo y editado en el VI Congreso Mundial Forestal que se iba a celebrar en Madrid en junio de 1966. Con la experiencia lograda en la realización de los mapas forestales de Málaga y Cádiz, Luis Ceballos es el principal impulsor, gracias al cual España pasó de carecer del mismo a tener el mejor.

Los objetivos iniciales fueron:

- Mostrar el enorme trabajo realizado con las repoblaciones según el Plan de Repoblaciones elaborado en 1939 y demostrar así que las expectativas se habían superado con creces.
- Plantear que en el caso de que las masas no coincidieran con los criterios fitogeográficos en los que se basa la obra, sería porque se trataba de masas artificiales fruto de la labor del hombre en su tarea de reconstrucción de la cubierta vegetal.
- Mostrar a la comunidad científica mundial que España era por entonces un país eminentemente forestal y con una gran variedad de tipos de bosques que podían ser mejorados.

El mapa se publicó a escala 1:400.000 siguiendo la distribución de hojas a esta escala del Mapa Topográfico Nacional. La razón de que se utilizara dicha escala fue para que pudiera formar un panel representativo (3,00 x 2,25 m.). Se trabajó sobre mapas topográficos a escala 1:200.000, para ser reducidos después a la escala final. Se utilizaron, cuando se pudo,



hojas del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000, así como las fotografías aéreas del llamado vuelo americano del año 1956.

Concretar la escala significa conocer la superficie mínima representable, conocida como tesela. Y a la escala de reducción elegida no podrían ser representadas más que de forma simbólica las unidades de vegetación de superficie inferior a 20 o 30 ha. En consecuencia, algunas unidades de vegetación que interesaban de forma especial a Ceballos, como las formaciones lineales de bordes de carreteras y caminos o el arbolado disperso en las áreas de cultivo, pequeños bosquetes o incluso la vegetación de ribera quedaron fuera del mapa.

En total son 20 hojas, en las que aparece la distribución de las principales especies forestales arbóreas españolas. Además de las hojas a escala 1:400.000 se incluyeron pequeños mapas de distribución (a escala 1:4.000.000) de cada una de las especies consideradas objeto de la leyenda del mapa. Un elemento de valor añadido es la indicación del origen en el caso de las masas artificiales, lo que hoy es una herramienta eficaz para todos los estudios de genética forestal. Acompañando a las hojas se incluyó una memoria que contenía informaciones relativas a cada especie ilustradas con una foto, un mapa general de su distribución mundial y una tabla de datos climáticos de estaciones donde vegetan.

La principal novedad de esta cartografía es que se convirtió en una fuente valiosa al recoger la distribución de los bosques espontáneos, distinguiéndolos de las repoblaciones realizadas en las décadas anteriores. Esta enorme precisión se consiguió gracias a que para su elaboración se utilizó la fotografía aérea antes mencionada.

El trabajo se organizó de forma provincial, contando con una media de dos meses por provincia, en los que se realizaba un reconocimiento in situ, completando esa información con la obtenida en las oficinas de los distritos forestales y con el testimonio de guardas y técnicos. Los trabajos de campo se iniciaron en agosto de 1959 y se prolongaron durante dos años.



Con la llegada de las nuevas tecnologías se digitalizó décadas después para disponer de la información en un formato vectorial para poder ser así utilizado en un Sistema de Información Geográfica, haciéndolo compatible con otras capas de información.



## **2.- OBJETIVOS**



## **2. OBJETIVOS**

Los objetivos que se pretenden alcanzar con el presente estudio son:

- Conocer y manejar la información en formato digital de los Mapas Forestales de España a escala 1:200.000, 1:50.000 y 1:25.000.
- Comparar la superficie de las teselas en Galicia de *Castanea sativa*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* y *Quercus pyrenaica* en los tres Mapas Forestales (MFE200, MFE50 y MFE25).
- Observar la evolución de los diferentes parámetros incluidos a lo largo de la elaboración de los sucesivos Mapas Forestales de España.
- Determinar la influencia de la escala en relación a la utilización de los Mapas Forestales de España para proyectos de diversa índole.



## **3.- MATERIAL Y MÉTODOS**



### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1 Material objeto del estudio**

El material utilizado se corresponde con los archivos de tipo shape pertenecientes a los Mapas Forestales de España a escala 1:200.000 (MFE200), 1:50.000 (MFE50) y 1:25.000 (MFE25). Estos archivos fueron facilitados por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente que es el organismo que se encarga de su publicación y distribución.

##### **3.1.1 Mapa Forestal de España a escala 1:200.000 (MFE200)**

El Mapa Forestal de España a escala 1:200.000 (MFE200), se inicia en 1985 y contempla algo más de 5.500 especies entre arbóreas, arbustivas y herbáceas, introduciendo conceptos novedosos, como es el nivel de madurez, que hacen de esta cartografía la principal capa de la representación de la vegetación natural del país.

Para la hechura del mapa, se fotointerpretaron las distintas formaciones forestales sobre las fotos aéreas del vuelo nacional de 1.985 del I.G.N, siendo complementadas con numerosas visitas a campo. En el año 1991 se comenzó a elaborar la versión digital; la metodología fue la de transferir las teselas a mapas de escala 1:50.000, siendo posteriormente digitalizados, y plasmándose el contenido de los datos originales de campo en una base alfanumérica completa.

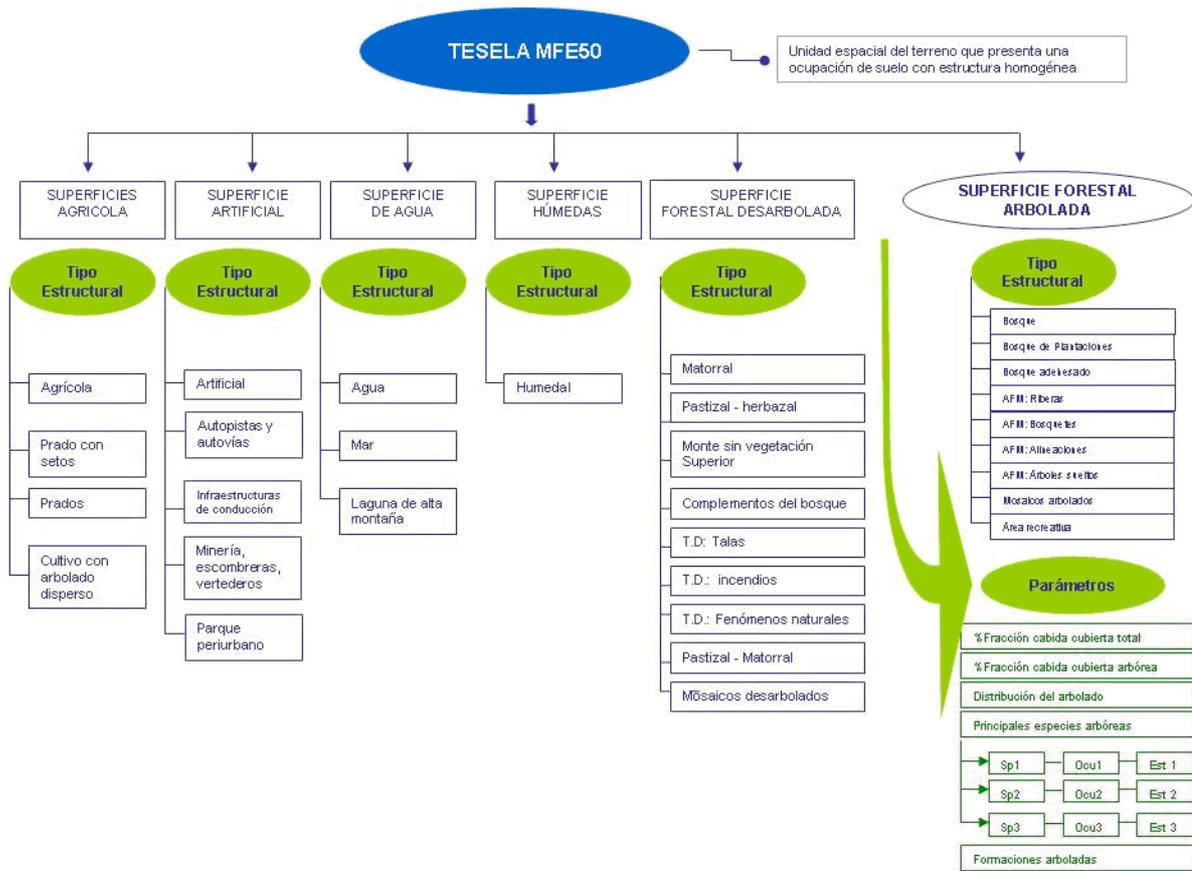
Una vez concluido el MFE200, se procedió a confeccionar el Mapa Forestal a escala 1:1.000.000 (MFE1000) por síntesis de las informaciones contenidas en el anterior. Con una estructura similar a las hojas 1:200.000, para su elaboración ha habido que integrar teselas próximas, codificadas bajo rótulos más generales, manteniendo las áreas de distribución de los distintos tipos estructurales potenciales. Este nuevo mapa proporciona una visión global de la variabilidad de la cubierta vegetal de España que posee un extraordinario valor de análisis.

### **3.1.2 Mapa Forestal de España a escala 1:50.000 (MFE50)**

El Mapa Forestal de España a escala 1:50.000 (MFE50) es fruto de un proyecto continuo de actualización periódica y uso multidisciplinar, y fue desarrollado entre los años 1998 y 2007 por el Banco de Datos de la Naturaleza del Ministerio de Medio Ambiente, constituyendo la cartografía oficial de la situación de las masas forestales en España.

Su modelo de datos es jerarquizado (Figura 3), desagregando los usos del suelo, las distintas clases forestales y para cada una de ellas, prestando especial atención a las especies arbóreas.

El MFE50 constituye desde su inicio la cartografía base del Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3). A partir de los datos de las especies del MFE50 se han definido unas formaciones arboladas con objeto de caracterizar las masas.



**Figura 3.** Modelo conceptual de datos del MFE50.

La precisión cartográfica es la de un mapa a escala 1:50.000, siendo, de modo general, el tamaño mínimo de las teselas no arboladas de 6,25 ha y de 2,5 ha el de las arboladas. Para estas últimas el mapa ofrece información de hasta tres especies arbóreas indicando para cada una de ellas su estado de desarrollo y ocupación dentro de la tesela.

Por último el mapa también ofrece información de la distribución espacial del arbolado dentro de la tesela.

Su elaboración se llevó a cabo en tres fases:



➤ ***Fotointerpretación***

Para su confección se ha utilizado una metodología basada en la digitalización de los "tipos estructurales", o formaciones naturales y artificiales existentes, basándose en fotointerpretación sobre imagen digital, siendo la más utilizada la ortofoto del proyecto OLISTAT.

➤ ***Comprobación en campo***

Se comprobaron en campo un porcentaje de las teselas fotointerpretadas (un 20% aproximadamente). En esta muestra se incluyen todas aquellas que presentaban dudas en su fotointerpretación (visita obligatoria) y un conjunto de teselas de comprobación.

➤ ***Control de calidad***

Por último se llevó a cabo el control de calidad de las provincias del MFE50, indicando si disponen sólo de control de calidad interno por la empresa ejecutora del proyecto o también han sido controladas por otra empresa independiente.

### ***3.1.3 Mapa Forestal de España a escala 1:25.000 (MFE25)***

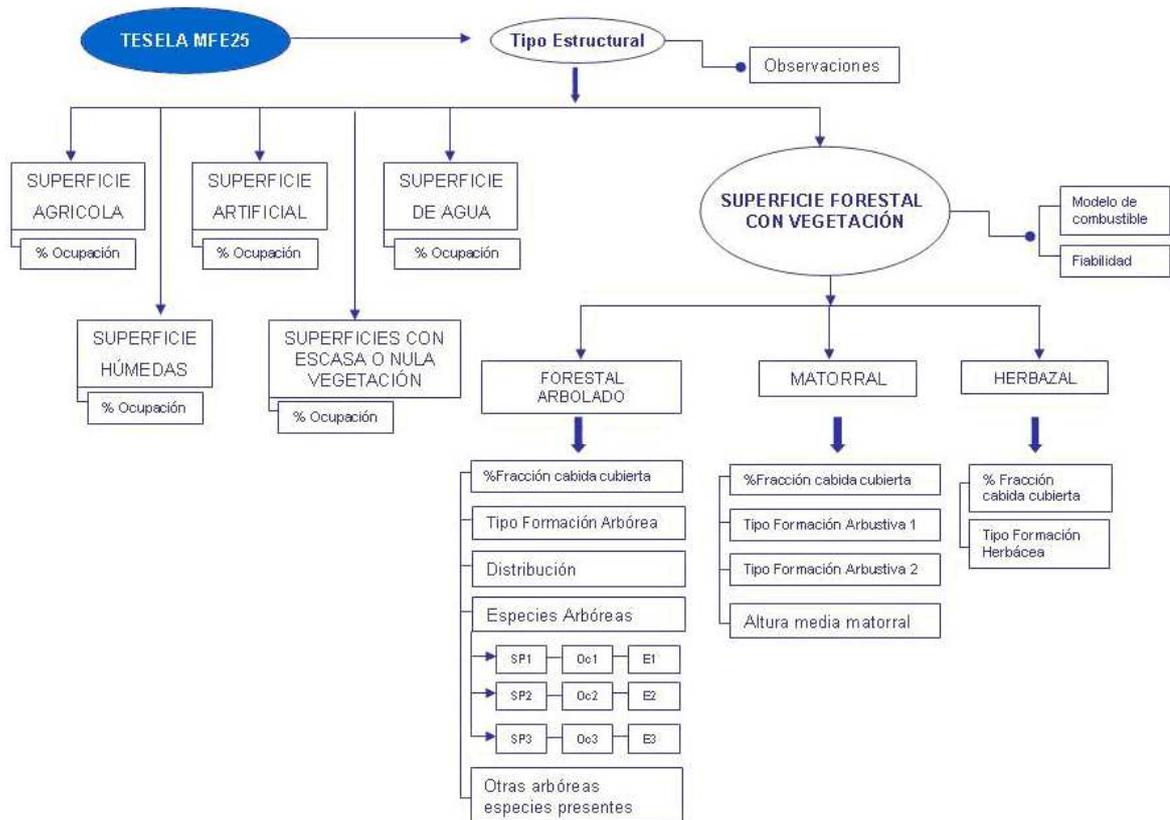
El Mapa Forestal de España a escala 1:25.000, está pendiente de editarse. Está siendo ejecutando por provincias y debido a su periodicidad decenal se establece que sea publicado según vaya concluyendo dicha ejecución durante el intervalo 2007-2017. No obstante debido a la rápida evolución de las masas en el norte de España está previsto revisarlo cada 5 años.

La fotointerpretación y digitalización se realiza sobre ortofotos digitales suministradas por el PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea).

El MFE25, es la cartografía base del Cuarto Inventario Forestal Nacional (IFN4) y cuenta con dos cualidades que le dotan de un gran valor; por un lado su carácter periódico lo

que permite evaluar los cambios en el tiempo, y por otro, el contar con una metodología común para toda España, lo que permite obtener datos comparables en todo el territorio nacional.

El modelo de datos del MFE25 (Figura 4) es jerarquizado, desagregando los usos del suelo, las distintas clases forestales y para cada una de ellas, prestando especial atención a las especies arbóreas. Dicho modelo es compatible con la asignación de coberturas y usos del suelo definidos en el proyecto SIOSE. (Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España) y presenta varias novedades reseñables; por una parte se enriquecen los parámetros ya estudiados en el MFE50, y por otra se incluyen otros parámetros como modelos de combustible y estudios de vegetación arbustiva. Además, una vez definidas las formaciones arboladas para el MFE50, también se incorporan al MFE25, permitiendo obtener datos según esta clasificación.



**Figura 4.** Modelo conceptual de datos del MFE25.



### 3.2 Metodología empleada

Una vez obtenidos los archivos shape correspondientes a Galicia de los MFE200, MFE50 y MFE25 se dispone a trabajar con ellos en ArcGis (ESRI® ArcMap™ 10.0).

En primer lugar se define el sistema de coordenadas:

- Datum ED50.
- Elipsoide Internacional 1924-HAYFORD 1909.
- Proyección UTM Zona 29.

Posteriormente se calcula la geometría de las teselas en este caso su superficie en hectáreas añadiendo para ello un nuevo campo a la tabla y se lleva a cabo una selección por atributos en los tres mapas, en la que se extraen por separado la información en la que las especies objeto del estudio (*Castanea sativa*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* y *Quercus pyrenaica*) son la especie principal de la tesela. Para ello se considera que la especie principal es aquella cuya ocupación es igual o superior al 80%. Cada selección realizada se guarda como un archivo de tipo shape.

Finalmente se exporta la información contenida en la tabla de atributos de cada selección como archivo de tipo Excel. Estos archivos de Excel serán posteriormente volcados a los programas estadísticos.

En la comparación de los estados de la masa de los mapas MFE50 y MFE25 para las especies *Pinus pinaster* y *Pinus sylvestris* en primer lugar se llevaron a cabo sendas intersecciones de mapas utilizando los archivos shape anteriormente guardados. Al observar que la mayoría de las teselas resultado de la intersección estaban en Orense se realizó un “clip” utilizando el shape de la provincia de Orense.



Los estados de la masa son:

- *Replado*: Estado de una población desde su nacimiento (de semilla) o brote (de cepa o raíz) hasta que se tocan las partes aéreas de los pies contiguos.
- *Monte bravo*: Estado de la masa en su primera juventud, esto es, desde que empiezan a tocarse las copas nuevas de las plantas hasta alcanzar el estado de latizal.
- *Latizal*: Estado de masa arbórea a partir de los 8-10 metros de talla y hasta llegar al estado de fustal.
- *Fustal*: Estado de superior desarrollo de los montes arbolados.

### 3.3 Tratamiento estadístico de los datos

El análisis estadístico de los datos obtenidos se ha llevado a cabo con ayuda de los paquetes estadísticos STATGRAPHICS Centurion XV versión 15.02.06 © y IBM® SPSS® Statistics 20.

En primer lugar, se procede a realizar un análisis estadístico descriptivo de la variable superficie para cada especie correspondiente a los tres mapas forestales estudiados.

Para observar si existen diferencias significativas entre las medias de las muestras de los tres mapas forestales se lleva a cabo un ANOVA de un factor. Dicha prueba nos permite averiguar si las medias comparadas son iguales o no, pero no sabemos en concreto donde se encuentran esas diferencias. Para saber que media difiere de que otra se realiza un análisis post-hoc controlando de esa forma la tasa de error al efectuar varios contrastes utilizando las mismas medias. Asumiendo la no homogeneidad de las varianzas poblacionales, corroborado por la Prueba de Levene, se lleva a cabo el test de Games-Howell con el fin de concretar que medias difieren de que otras.



Cada tipo de análisis, está debidamente acompañado de los correspondientes gráficos y del texto que proporciona el programa; como una ayuda a la interpretación de los resultados.

Finalmente, señalar que para el proceso estadístico se ha fijado un nivel de confianza del 95%.

### **3.3.1 ANOVA de un factor**

El análisis de varianza (ANOVA) de un factor sirve para comparar varios grupos en una variable cuantitativa. Se utiliza cuando nos encontramos en el planteamiento más de dos muestras independientes.

Se trata de una generalización de la prueba de la T para dos muestras independientes en el caso de diseños con más de dos muestras, ya que al utilizar la T de Student para más de dos muestras aumentan mucho las posibilidades de rechazar la Hipótesis nula de no diferencia cuando es verdadera (error tipo I).

El análisis de varianza se basa en que la variabilidad total de la muestra puede descomponerse en la variabilidad debida a las diferencias entre grupos y a la debida a la diferencia dentro de los grupos. A partir de este supuesto, el análisis de varianza proporciona, para contrastar la Hipótesis nula de igualdad de medias entre los grupos, el estadístico F (compara la variabilidad debida a las diferencias entre grupos con la debida a las diferencias dentro de los grupos). Cuanto mayor sea el valor de F y menor su significación, más probabilidad de que existan diferencias significativas entre los grupos. En consecuencia si el p-valor asociado al estadístico es menor que 0,05, rechazaremos la Hipótesis nula de igualdad de medias.

### **3.3.2 Prueba de Levene**

La prueba de Levene permite contrastar la Hipótesis nula de homogeneidad de varianzas de la variable dependiente de los diferentes grupos. Si el p-valor asociado al



estadístico de contraste es menor que 0,05 rechazaríamos la Hipótesis nula de igualdad de varianzas.

### 3.3.3 Test de Games-Howell

El test de Games-Howell se ha empleado una vez rechazada la hipótesis general del ANOVA de que todas las medias son iguales para averiguar que medias en concreto difieren de que otras.

Este método se utiliza cuando se tienen muestras de diferente tamaño y no se puede asegurar que las varianzas de las poblaciones a las que pertenecen las muestras sean iguales.

Se basa en la distribución del rango studentizado y en un estadístico T en el que, tras estimar las varianzas poblacionales suponiendo que son distintas, se corrigen los datos mediante la siguiente ecuación:

$$\text{grados de libertad} = \frac{\left[ \left( \frac{\sigma_i^2}{n_i} \right) + \left( \frac{\sigma_k^2}{n_k} \right) \right]^2}{\frac{\left( \frac{\sigma_i^2}{n_i} \right)^2}{n_i - 1} + \frac{\left( \frac{\sigma_k^2}{n_k} \right)^2}{n_k - 1}}$$

Cuando el p-valor es inferior a 0,05, se acepta que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de ambos grupos, por lo que los grupos de datos, en este caso, se comportan de manera diferente. Sin embargo si el p-valor obtenido es superior a 0,05, no se puede rechazar la hipótesis de que los dos grupos de datos tienen la misma media y no existe una diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95%.



## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis descriptivo

En este apartado se presenta una tabla-resumen de los principales parámetros estadísticos de las especies descritas (*Castanea sativa*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* y *Quercus pyrenaica*) en relación a los tres mapas forestales objeto del estudio. Complementando a este resumen se presenta un diagrama de caja-bigotes para así observar el comportamiento de los datos procedentes de los tres mapas (MFE200, MFE50 y MFE25).

#### 4.1.1 *Castanea sativa*

En la presente tabla (Tabla 1) se detallan los siguientes parámetros descriptivos: media, mediana, desviación estándar, coeficientes de variación, valor mínimo, valor máximo y rango para la especie *Castanea sativa* en relación a los tres mapas forestales objeto del estudio.

	Nº	Media	Mediana	Desviación estándar	Coficiente de variación (%)	Mínimo	Máximo	Rango
MFE200	73	200,854	123,799	253,699	126,310	0,032	1.350,060	1.350,030
MFE50	315	43,672	18,710	75,760	173,477	0,170	739,160	738,990
MFE25	406	20,039	7,476	33,407	166,711	0,170	257,655	257,485

Tabla 1. Principales parámetros estadísticos para *Castanea sativa*.

En el diagrama de caja-bigotes (Gráfico 1) se observa el comportamiento de los datos procedentes de los tres mapas forestales. Por efecto de la escala los datos procedentes de MFE200 están acotados en un rango superior que los del MFE50 y MF25. Al aumentar la escala, aumenta la precisión y por tanto habrá un mayor número de teselas con menor superficie.

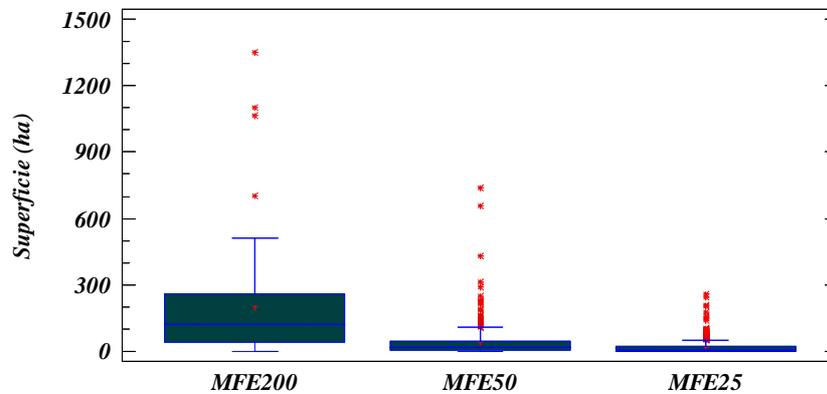


Gráfico 1. Diagrama de caja-bigotes; comparación de la superficie en ha de las teselas para el MFE200, MFE50 y MFE25 (*Castanea sativa*).

#### 4.1.2 *Pinus pinaster*

En la presente tabla (Tabla 2) se detallan los siguientes parámetros descriptivos: media, mediana, desviación estándar, coeficientes de variación, valor mínimo, valor máximo y rango para la especie *Pinus pinaster* en relación a los tres mapas forestales objeto del estudio.

	Nº	Media	Mediana	Desviación estándar	Coficiente de variación (%)	Mínimo	Máximo	Rango
MFE200	50	305,803	167,140	479,709	156,868	4,720	2.744,580	2.739,860
MFE50	4440	42,338	19,520	73,352	173,253	0,000	1.058,450	1.058,450
MFE25	4835	23,317	9,085	41,823	179,363	0,082	562,394	562,312

Tabla 2. Principales parámetros estadísticos para *Pinus pinaster*.

En el diagrama de caja-bigotes (Gráfico 2) se observa el comportamiento de los datos procedentes de los tres mapas forestales. Por efecto de la escala los datos procedentes de MFE200 están acotados en un rango superior que los del MFE50 y MFE25. Al aumentar la

escala, aumenta la precisión y por tanto habrá un mayor número de teselas con menor superficie.

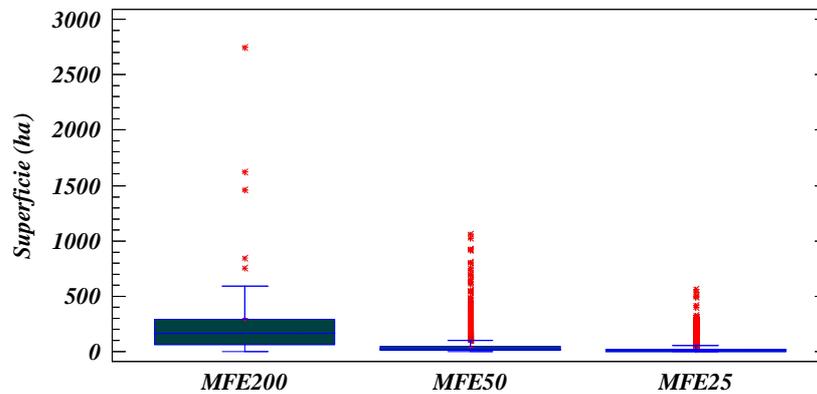


Gráfico 2. Diagrama de caja-bigotes; comparación de la superficie en ha de las teselas para el MFE200, MFE50 y MFE25 (*Pinus pinaster*).

#### 4.1.3 *Pinus sylvestris*

En la presente tabla (Tabla 3) se detallan los siguientes parámetros descriptivos: media, mediana, desviación estándar, coeficientes de variación, valor mínimo, valor máximo y rango para la especie *Pinus sylvestris* en relación a los tres mapas forestales objeto del estudio.

	Nº	Media	Mediana	Desviación estándar	Coficiente de variación (%)	Mínimo	Máximo	Rango
MFE200	61	299,012	151,297	418,103	13,828	0,429	2810	2.809,570
MFE50	857	34,846	19,050	52,285	150,046	0,000	806,930	806,930
MFE25	1190	25,462	11,967	40,015	157,155	0,003	395,218	395,215

Tabla 3. Principales parámetros estadísticos para *Pinus sylvestris*.

En el diagrama de caja-bigotes (Gráfico 3) se observa el comportamiento de los datos procedentes de los tres mapas forestales. Por efecto de la escala los datos procedentes de

MFE200 están acotados en un rango superior que los del MFE50 y MFE25. Al aumentar la escala, aumenta la precisión y por tanto habrá un mayor número de teselas con menor superficie.

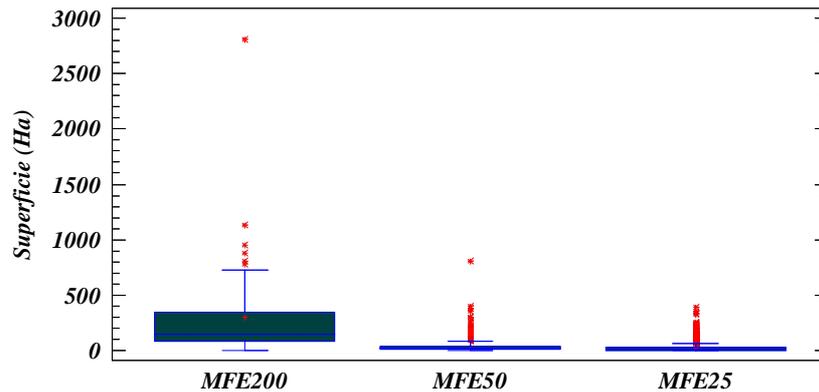


Gráfico 3. Diagrama de caja-bigotes; comparación de la superficie en ha de las teselas para el MFE200, MFE50 y MFE25 (*Pinus sylvestris*).

#### 4.1.4 *Quercus pyrenaica*

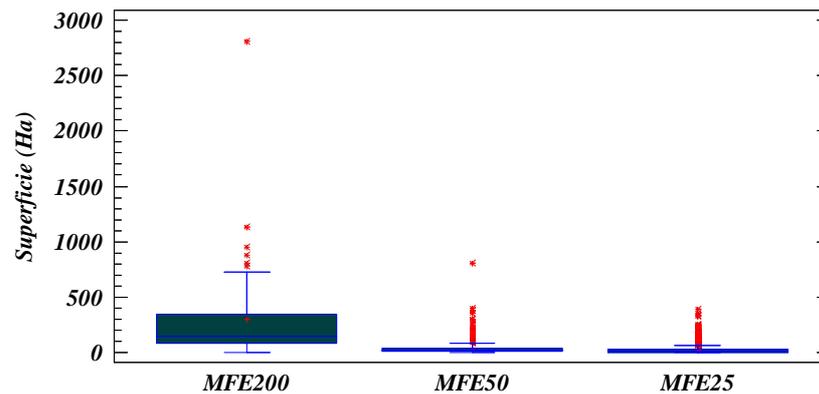
En la presente tabla (Tabla 4) se detallan los siguientes parámetros descriptivos: media mediana, desviación estándar, coeficientes de variación, valor mínimo, valor máximo y rango para la especie *Quercus pyrenaica* en relación a los tres mapas forestales objeto del estudio.

	Nº	Media	Mediana	Desviación estándar	Coficiente de variación (%)	Mínimo	Máximo	Rango
MFE200	55	437,100	269,895	529,941	121,240	1,767	2.743,860	2.742,100
MFE50	650	41,681	21,835	67,492	161,925	0,190	840,210	840,020
MFE25	1261	17,596	6,497	34,528	196,225	0,670	484,443	483,773

Tabla 4. Principales parámetros estadísticos para *Quercus pyrenaica*.

En el diagrama de caja-bigotes (Gráfico 4) se observa el comportamiento de los datos procedentes de los tres mapas forestales. Por efecto de la escala los datos procedentes de

MFE200 están acotados en un rango superior que los del MFE50 y MFE25. Al aumentar la escala, aumenta la precisión y por tanto habrá un mayor número de teselas con menor superficie.



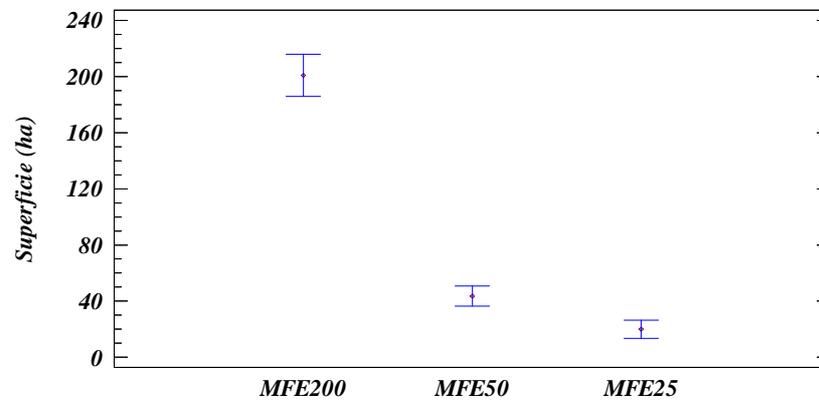


Gráfico 5. Superficie media de la tesela en ha para el MFE200, MFE50 y MFE25 (*Castanea sativa*).

Para ver si existe una diferencia estadísticamente significativa en la superficie media de las teselas de *Castanea sativa* en los tres mapas forestales objeto del estudio se lleva a cabo un ANOVA de un factor (Tabla 5).

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P-valor
Inter-grupos	2,025E6	2	1,012E6	116,320	0,000
Intra-grupos	6,888E6	791	8.708,470		
Total	8,914E6	793			

Tabla 5. ANOVA de un factor para las teselas de *Castanea sativa*.

En el ANOVA de un factor, al obtener un p-valor inferior al 0,05, nos indica que hay diferencias significativas entre las medias de la superficie de las teselas de *Castanea sativa* de los tres mapas forestales a un nivel de confianza del 95%.

En la Tabla 6, se lleva a cabo la prueba de Levene con el fin de contrastar que las varianzas poblacionales de los datos procedentes de los tres mapas forestales en relación a la superficie de las teselas de *Castanea sativa* son iguales.

<i>Estadístico de Levene</i>	<i>GI1</i>	<i>GI2</i>	<i>P-valor</i>
135,783	2	791	0,000

**Tabla 6.** Prueba de Levene para las teselas de *Castanea sativa*.

En la prueba de Levene, al obtener un p-valor inferior a 0,05, se puede concluir que las varianzas de la variable superficie de la tesela de *Castanea sativa* para los tres mapas forestales no son iguales.

En la Tabla 6 se realiza el test de Games-Howell en relación a la superficie de las teselas de *Castanea sativa* para los tres mapas forestales con el fin de determinar si las medias son significativamente diferentes unas de otras.

		<i>Diferencia de medias</i>	<i>Error típico</i>	<i>P-valor</i>	<i>Intervalo de confianza al 95%</i>	
					<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>
<i>MFE200</i>	<i>MFE50</i>	157,182	29,998	0,000	85,452	228,912
	<i>MFE25</i>	180,815	29,739	0,000	109,654	251,976
<i>MFE50</i>	<i>MFE200</i>	-157,182	29,998	0,000	-228,912	-85,452
	<i>MFE25</i>	23,632	4,579	0,000	12,861	34,404
<i>MFE25</i>	<i>MFE200</i>	-180,815	29,739	0,000	-251,976	-109,654
	<i>MFE50</i>	-23,632	4,579	0,000	-34,404	-12,861

**Tabla 6.** Test de Games-Howell para las teselas de *Castanea sativa*.

En el Test de Games-Howell, al obtener un p-valor inferior a 0,05, podemos concluir que las medias de la superficie de las teselas de *Castanea sativa* de los tres mapas forestales son significativamente diferentes unas de otras a un nivel de confianza del 95%.

#### **4.2.2 *Pinus pinaster***

A continuación se presenta un gráfico de medias (Gráfico 6), en el que se observan los valores medios de la superficie de las teselas de *Pinus pinaster* para cada mapa y los intervalos de confianza del 95% obtenidos por el método de LSD. La superficie media de la tesela es de 305,803 ha en el MFE200, 42,338 ha en el MFE50 y 23,317 ha en el MFE25.

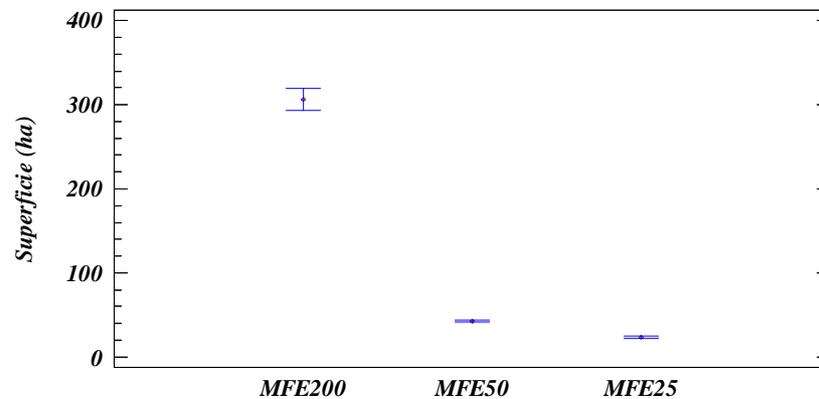


Gráfico 6. Superficie media de la tesela en ha para el MFE200, MFE50 y MFE25 (*Pinus pinaster*).

Para ver si existe una diferencia estadísticamente significativa en la superficie media de las teselas de *Pinus pinaster* en los tres mapas forestales objeto del estudio se lleva a cabo un ANOVA de un factor (Tabla 7).

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P-valor
Inter-grupos	4,554E6	2	2,277E6	486,680	0,000
Intra-grupos	4,361E7	9322	4678,830		
Total	4,817E7	9324			

Tabla 7. ANOVA de un factor para las teselas de *Pinus pinaster*.

En el ANOVA de un factor, al obtener un p-valor inferior al 0,05, nos indica que hay diferencias significativas entre las medias de la superficie de las teselas de *Pinus pinaster* de los tres mapas forestales a un nivel de confianza del 95%.

En la Tabla 8, se lleva a cabo la prueba de Levene con el fin de contrastar que las varianzas poblacionales de los datos procedentes de los tres mapas forestales en relación a la superficie de las teselas de *Pinus pinaster* son iguales.

<i>Estadístico de Levene</i>	<i>G11</i>	<i>G12</i>	<i>P-valor</i>
572,098	2	9322	0,000

**Tabla 8.** Prueba de Levene para las teselas de *Pinus pinaster*.

En la prueba de Levene, al obtener un p-valor inferior a 0,05, se puede concluir que las varianzas de la variable superficie de la tesela de *Pinus pinaster* para los tres mapas forestales no son iguales.

En la Tabla 9 se realiza el test de Games-Howell en relación a la superficie de las teselas de *Pinus pinaster* para los tres mapas forestales con el fin de determinar si las medias son significativamente diferentes unas de otras.

		<i>Diferencia de medias</i>	<i>Error típico</i>	<i>P-valor</i>	<i>Intervalo de confianza al 95%</i>	
					<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>
<i>MFE200</i>	<i>MFE50</i>	263,464	67,850	0,001	99,479	427,450
	<i>MFE25</i>	282,485	67,843	0,000	118,513	446,457
<i>MFE50</i>	<i>MFE200</i>	-263,464	67,850	0,001	-427,450	-99,479
	<i>MFE25</i>	19,020	1,254	0,000	16,080	21,961
<i>MF25</i>	<i>MFE200</i>	-282,485	67,843	0,000	-446,457	-118,513
	<i>MFE50</i>	-19,020	1,254	0,000	-21,961	-16,080

**Tabla 9.** Test de Games-Howell para las teselas de *Pinus pinaster*.

En el Test de Games-Howell, al obtener un p-valor inferior a 0,05, podemos concluir que las medias de la superficie de las teselas de *Pinus pinaster* de los tres mapas forestales son significativamente diferentes unas de otras a un nivel de confianza del 95%.

### 4.2.3 *Pinus sylvestris*

A continuación se presenta un gráfico de medias (Gráfico 7), en el que se observan los valores medios de la superficie de las teselas de *Pinus sylvestris* para cada mapa y los intervalos de confianza del 95% obtenidos por el método de LSD. La superficie media de la tesela es de 299,012 ha en el MFE200, 34,846 ha en el MFE50 y 25,462 ha en el MFE25.

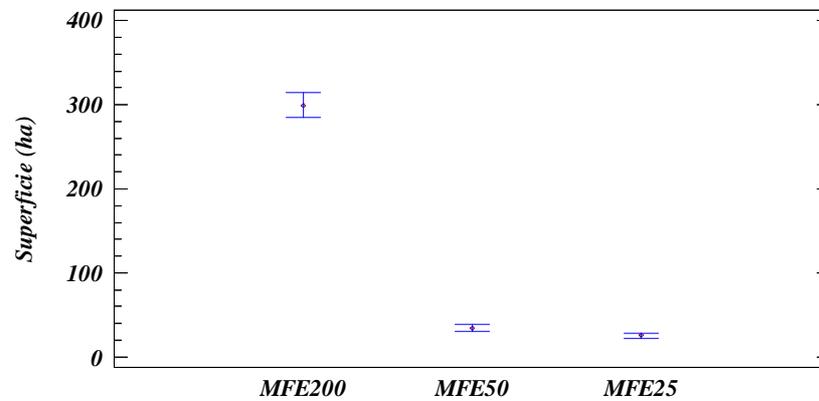


Gráfico 7. Superficie media de la tesela en ha para el MFE200, MFE50 y MFE25 (*Pinus sylvestris*).

Para ver si existe una diferencia estadísticamente significativa en la superficie media de las teselas de *Pinus sylvestris* en los tres mapas forestales objeto del estudio se lleva a cabo un ANOVA de un factor (Tabla 10).

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P-valor
Inter-grupos	4,349E6	2	2,174E6	310,760	0,000
Intra-grupos	1,473E7	2105	6.998,850		
Total	1,908E7	2107			

Tabla 10. ANOVA de un factor para las teselas de *Pinus sylvestris*.

En el ANOVA de un factor, al obtener un p-valor inferior al 0,05, nos indica que hay diferencias significativas entre las medias de la superficie de las teselas de *Pinus sylvestris* de los tres mapas forestales a un nivel de confianza del 95%.

En la Tabla 11, se lleva a cabo la prueba de Levene con el fin de contrastar que las varianzas poblacionales de los datos procedentes de los tres mapas forestales en relación a la superficie de las teselas de *Pinus sylvestris* son iguales.

<i>Estadístico de Levene</i>	<i>G11</i>	<i>G12</i>	<i>P-valor</i>
338.325	2	2105	0,000

**Tabla II.** Prueba de Levene para las teselas de *Pinus sylvestris*.

En la prueba de Levene, al obtener un p-valor inferior a 0,05, se puede concluir que las varianzas de la variable superficie de la tesela de *Pinus sylvestris* para los tres mapas forestales no son iguales.

En la Tabla 12 se realiza el test de Games-Howell en relación a la superficie de las teselas de *Pinus sylvestris* para los tres mapas forestales con el fin de determinar si las medias son significativamente diferentes unas de otras.

		<i>Diferencia de medias</i>	<i>Error típico</i>	<i>P-valor</i>	<i>Intervalo de confianza al 95%</i>	
					<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>
<i>MFE200</i>	<i>MFE50</i>	264,165	53,562	0,000	135,451	392,880
	<i>MFE25</i>	273,549	53,545	0,000	144,872	402,227
<i>MFE50</i>	<i>MFE200</i>	-264,165	53,562	0,000	-392,880	-135,451
	<i>MFE25</i>	9,383	2,129	0,000	4,387	14,380
<i>MFE25</i>	<i>MFE200</i>	-273,549	53,545	0,000	-402,227	-144,872
	<i>MFE50</i>	-9,383	2,129	0,000	-14,380	-4,387

**Tabla 12.** Test de Games-Howell para las teselas de *Pinus sylvestris*.

En el Test de Games-Howell, al obtener un p-valor inferior a 0,05, podemos concluir que las medias de la superficie de las teselas de *Pinus sylvestris* de los tres mapas forestales son significativamente diferentes unas de otras a un nivel de confianza del 95%.

#### 4.2.4 *Quercus pyrenaica*

A continuación se presenta un gráfico de medias (Gráfico 8), en el que se observan los valores medios de la superficie de las teselas de *Quercus pyrenaica* para cada mapa y los intervalos de confianza del 95% obtenidos por el método de LSD. La superficie media de la tesela es de 437,1 ha en el MFE200, 41,681 ha en el MFE50 y 17,596 ha en el MFE25.

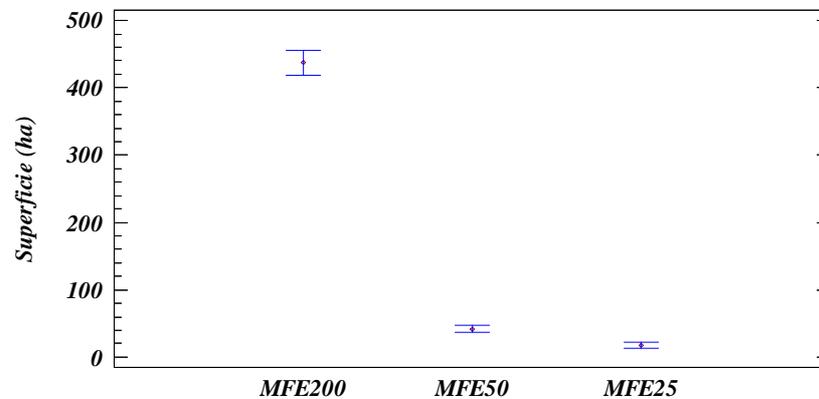


Gráfico 8. Superficie media de la tesela en ha para el MFE200, MFE50 y MFE25 (*Quercus pyrenaica*).

Para ver si existe una diferencia estadísticamente significativa en la superficie media de las teselas de *Quercus pyrenaica* en los tres mapas forestales objeto del estudio se lleva a cabo un ANOVA de un factor (Tabla 13).

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P-valor
Inter-grupos	9,293E6	2	4,646E6	464,810	0,000
Intra-grupos	1,962E7	1963	9.996,840		
Total	2,891E7	1965			

Tabla 13. ANOVA de un factor para las teselas de *Quercus pyrenaica*.

En el ANOVA de un factor, al obtener un p-valor inferior al 0,05, nos indica que hay diferencias significativas entre las medias de la superficie de las teselas de *Quercus pyrenaica* de los tres mapas forestales a un nivel de confianza del 95%.

En la Tabla 14, se lleva a cabo la prueba de Levene con el fin de contrastar que las varianzas poblacionales de los datos procedentes de los tres mapas forestales en relación a la superficie de las teselas de *Quercus pyrenaica* son iguales.

<i>Estadístico de Levene</i>	<i>G11</i>	<i>G12</i>	<i>P-valor</i>
485,811	2	1963	0,000

**Tabla 14.** Prueba de Levene para las teselas de *Quercus pyrenaica*.

En la prueba de Levene, al obtener un p-valor inferior a 0,05, se puede concluir que las varianzas de la variable superficie de la tesela de *Quercus pyrenaica* para los tres mapas forestales no son iguales.

En la Tabla 15 se realiza el test de Games-Howell en relación a la superficie de las teselas de *Quercus pyrenaica* para los tres mapas forestales con el fin de determinar si las medias son significativamente diferentes unas de otras.

		<i>Diferencia de medias</i>	<i>Error típico</i>	<i>P-valor</i>	<i>Intervalo de confianza al 95%</i>	
					<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>
<i>MFE200</i>	<i>MFE50</i>	395,418	71,506	0,000	223,102	567,733
	<i>MFE25</i>	419,503	71,463	0,000	247,278	591,728
<i>MFE50</i>	<i>MFE200</i>	-395,418	71,506	0,000	-567,733	-223,102
	<i>MFE25</i>	24,084	2,820	0,000	17,463	30,706
<i>MFE25</i>	<i>MFE200</i>	-419,503	71,463	0,000	-591,728	-247,278
	<i>MFE50</i>	-24,084	2,820	0,000	-30,706	-17,463

**Tabla 15.** Test de Games-Howell para las teselas de *Quercus pyrenaica*.

En el Test de Games-Howell, al obtener un p-valor inferior a 0,05, podemos concluir que las medias de la superficie de las teselas de *Quercus pyrenaica* de los tres mapas forestales son significativamente diferentes unas de otras a un nivel de confianza del 95%.

### 4.3 Comparación del estado de la masa en el MFE50 y en el MFE25 para *Pinus pinaster* y *Pinus sylvestris*.

El estado de la masa es un parámetro importante a tener en cuenta en la gestión de las masas forestales. En el MFE200 dicho parámetro no está incluido, por lo que para observar la evolución del estado de la masa en las teselas, se compararan el MFE50 y MFE25, que si lo contienen.

En la Figura 5 se representa la intersección de las teselas del MFE50 y MFE25 para la especie *Pinus pinaster* en Orense. Al mismo tiempo se extrae del mapa principal una tesela a modo de ejemplo para ver la evolución del estado de la masa en la misma. En este caso la tesela mantiene el mismo estado de la masa, repoblado, en ambos mapas MFE50 y MFE25.

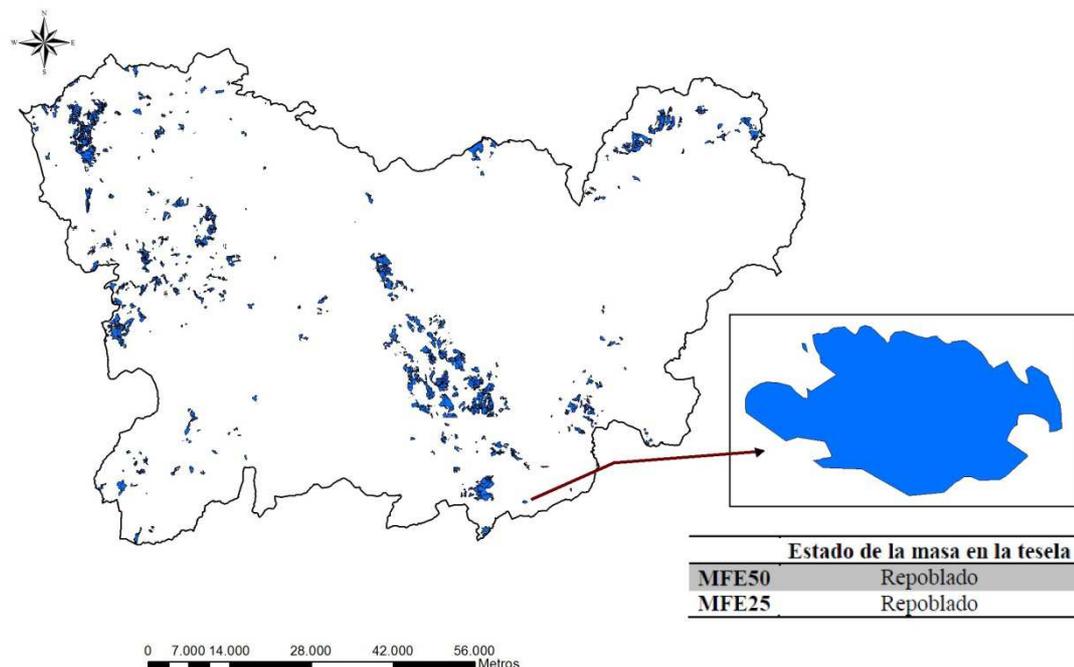
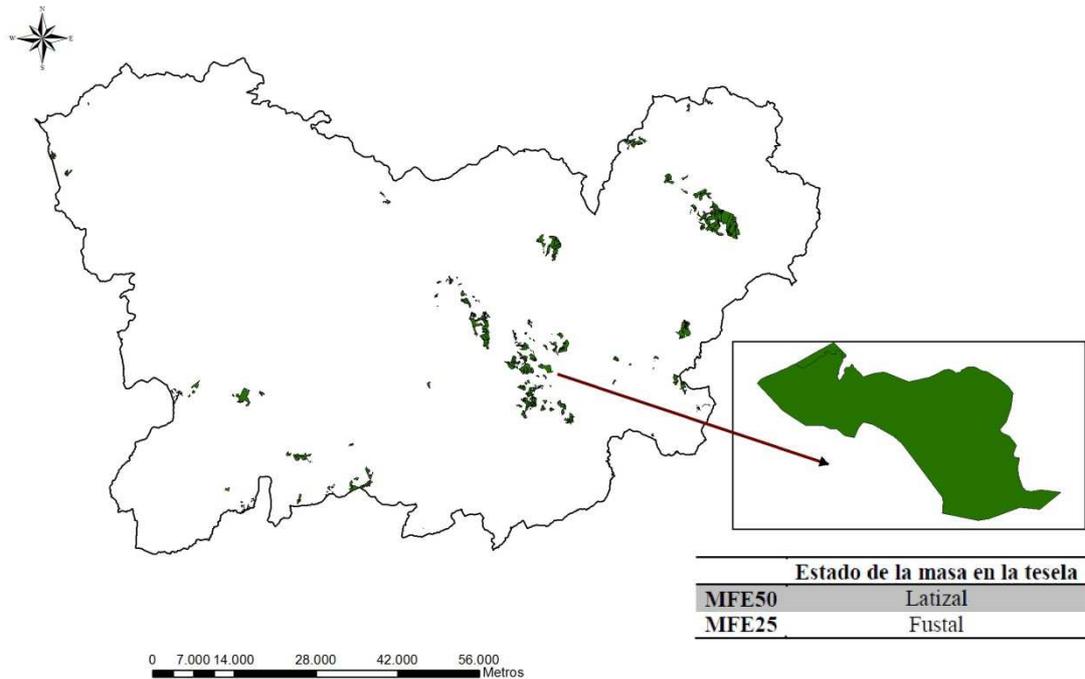


Figura 5. Intersección de las teselas del MFE50 y del MFE25 para la especie *Pinus pinaster* (Orense).

En el Figura 6 se representa la intersección de las teselas del MFE50 y MFE25 para la especie *Pinus sylvestris* en Orense. Al mismo tiempo se extrae del mapa principal una tesela a modo de ejemplo para ver la evolución del estado de la masa en la misma. En este caso la tesela evoluciona en el estado de la masa, pasando de latizal en el MFE50 a fustal en el MFE25.



**Figura 6.** Intersección de las teselas del MFE50 y del MFE25 para la especie *Pinus sylvestris* (Orense).



## **5.- CONCLUSIONES**



## 5. CONCLUSIONES

- La superficie media de las teselas de las especies forestales *Castanea sativa*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* y *Quercus pyrenaica* es diferente en los tres mapas objeto del estudio (MFE200, MFE50 y MFE25).
- Las medias de la superficie de las teselas de las especies forestales *Castanea sativa*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* y *Quercus pyrenaica* son diferentes unas de otras en los tres mapas objeto del estudio (MFE200, MFE50 y MFE25).
- El incremento de la escala en los sucesivos Mapas Forestales de España que se han elaborado hasta hoy en día ha supuesto una ganancia en la exactitud al describir la situación en que se encuentran las masas forestales. Dicha ganancia permite acometer con precisión no sólo proyectos de gestión y actuación de carácter global en grandes extensiones forestales, si no que transforma a estos mapas en una importante herramienta de apoyo en intervenciones a nivel monte.
- La demanda de información valiosa para combatir con eficacia grandes problemas relacionados con las masas forestales, especialmente los incendios, ha obligado incluir en el último mapa que está en proceso de elaboración en la mayoría de CCAA nuevos parámetros. Los modelos de combustible, la incorporación de las formaciones arbustivas y herbáceas son las principales novedades del MFE25 respecto a sus predecesores.



## **6.- BIBLIOGRAFÍA**



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- CASALS COSTA V. *Los primeros trabajos cartográficos de la Comisión del Mapa Forestal de España (1868-1887). El caso de los mapas de las provincias de Barcelona y Huesca.* Segon Congrès Català de Geografia. 29-31 Maig de 2008.
- GONZÁLEZ PELLEJERO R., ÁLVAREZ CAÑADA A. *El Mapa Forestal de España, una obra secular (1868-1966) concluida por Luis Ceballos.* Ería: Revista cuatrimestral de geografía, Nº 64-65, Págs. 285-318. Año 2004.
- ROBLA GONZÁLEZ E., VALLEJO BOMBÍN R., DE LA CITA BENITO F.J., LERNER CUZZI M. *El Mapa Forestal de España a escala 1:25000 continuación y actualización de un proyecto.* Trabajo presentado en el 5º Congreso Forestal Español. Septiembre 2009.
- *TECNOLOGÍAS Y SERVICIOS AGRARIOS S.A. (TRAGSATEC). Informe 2010 sobre el estado del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad en España.* Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Diciembre de 2011.
- <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/mapa-forestal-de-espana/>.
- [http://pendientedemigracion.ucm.es/info/socivmyt/paginas/D\\_departamento/materiales/analisis\\_datosyMultivariable/14anova1\\_SPSS.pdf](http://pendientedemigracion.ucm.es/info/socivmyt/paginas/D_departamento/materiales/analisis_datosyMultivariable/14anova1_SPSS.pdf).
- <http://www.upcomillas.es/personal/peter/analisisdevarianza/anovaindependientes.pdf>.