



Universidad de Valladolid

Máster

Gestión Forestal basada en Ciencia de Datos/
Forest Management based on Data Science
(DATAFOREST)

Actualización de las Regiones de
Procedencia y desarrollo de
Indicadores del Estado de
Conservación y Uso de los Recursos
Genéticos para tres especies del
género *Pinus*.

Alumno/a: Carlos Guadaño Peyrot

Tutor/es: Ricardo Alía Miranda

José M. García del Barrio

Octubre, 2019



Instituto Nacional de Investigación
y Tecnología Agraria y Alimentaria

INDICE

RESUMEN.....	5
ABSTRACT	5
1.- ANTECEDENTES.....	6
2.- OBJETIVOS	8
3.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1. Bases y tipos de datos	9
3.2. Software utilizado	9
3.3. Metodología	9
3.3.1 Actualización de las Regiones de Procedencia	10
3.3.2 Obtención de indicadores de monitorización de actividades sobre RGF	14
4.- RESULTADOS	16
4.1. Análisis de datos resultado de la actualización cartográfica	16
4.1.1. <i>Pinus pinea</i>	16
4.1.2. <i>Pinus halepensis</i>	17
4.1.3. <i>Pinus pinaster</i>	17
4.2. Resultados por fuente cartográfica.....	18
4.3. Resultados según dominancia.....	19
4.4. Resultados según Región de Procedencia	20
4.4.1. <i>Pinus pinea</i>	20
4.4.2. <i>Pinus halepensis</i>	20
4.4.3. <i>Pinus pinaster</i>	21
4.5. Indicadores de monitorización de actividades sobre RGF	22
4.5.1. Indicadores EUFORGEN	22
4.5.2. Indicadores nacionales para la diversidad genética	26
5.- DISCUSIÓN.....	27
5.1. Actualización cartográfica.....	27
5.1.1. Fuentes cartográficas	27
5.1.2. <i>Pinus pinea</i>	28
5.1.3. <i>Pinus halepensis</i>	28
5.1.4. <i>Pinus pinaster</i>	29
5.2. Indicadores.....	31
5.2.1. Indicadores EUFORGEN	31
5.2.2. Indicadores nacionales	32
5.2.3. Errores de localización en indicadores.....	32
6.- CONCLUSIONES	33
7.- AGRADECIMIENTOS.....	34
8.- REFERENCIAS	35

9.- PÁGINAS WEB	36
ANEXOS.....	37

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Verificadores sobre Conservación dinámica de poblaciones de especies nativas.....	15
Tabla 2: Distribución de superficies antes y después de la actualización cartográfica en <i>P. pinea</i>	16
Tabla 3: Distribución de superficies antes y después de la actualización cartográfica en <i>P. halepensis</i>	17
Tabla 4: Distribución de superficies antes y después de la actualización cartográfica en <i>P. pinaster</i>	18
Tabla 5: Número total de polígonos y porcentaje de desaparecidos según fuentes cartográficas.....	19
Tabla 6: Resultados de la actualización por Región de Procedencia en <i>Pinus pinea</i>	20
Tabla 7: Resultados de la actualización por Región de Procedencia en <i>P. halepensis</i>	21
Tabla 8: Resultados de la actualización por Región de Procedencia en <i>P. pinaster</i>	22
Tabla 9: Verificadores EUFORGEN de Conservación dinámica y potencial de producción.....	23
Tabla 10: Unidades de conservación y Materiales de Base por Región de Procedencia de <i>Pinus pinea</i>	23
Tabla 11: Unidades de conservación y Materiales de Base por Región de Procedencia de <i>Pinus halepensis</i>	24
Tabla 12: Unidades de conservación y Materiales de Base por Región de Procedencia de <i>Pinus pinaster</i>	25
Tabla 13: Errores de localización en Unidades de Conservación y Materiales de Base.....	26
Tabla 14: Ensayos genéticos y número de poblaciones.....	27

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama del proceso de actualización cartográfica.....	10
Figura 2: Distribución de <i>P. halepensis</i> en el Mapa Forestal Español.....	11
Figura 3: Cartografía inicial de las Regiones de Procedencia de <i>P. halepensis</i>	12
Figura 4: Cartografía actualizada de las Regiones de Procedencia de <i>P. halepensis</i>	13
Figura 5: Resultados de poblaciones disminuidas según fuente cartográfica.....	19

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto 1: Área restringida de Marbella, zona interior.....	29
Foto 2: Área restringida de Marbella, zona litoral.....	30
Foto 3: Área restringida de Biar.....	30
Foto 4: Área restringida de La Safor.....	31
Foto 5: Área restringida de La Safor, detalle.....	31

RESUMEN

La disponibilidad de una correcta cartografía actualizada es una herramienta esencial en la gestión de los recursos genéticos forestales, así como la delimitación y distribución de las regiones de procedencia. El objetivo de este estudio es actualizar los mapas de las Regiones de Procedencia para las especies *Pinus pinea*, *Pinus halepensis* y *Pinus pinaster* utilizando la información más actualizada del Mapa Forestal Español. Se aprovechó esta actualización para incorporar al mapa forestal información relativa al origen de las masas cartografiadas en base a las regiones de procedencia de las tres especies y para calcular y revisar una serie de indicadores europeos y nacionales sobre los esfuerzos y estrategias de monitorización de los recursos genéticos forestales. Concretamente el estudio se centró en las unidades de conservación genética, los materiales de base de las categorías identificado y seleccionado y los ensayos de procedencias. Se identificaron las poblaciones actuales no incluidas en los mapas de regiones de procedencia, las poblaciones que presentan incoherencias relativas a la homogeneidad de su origen y las unidades de conservación y materiales de base que se localizan en teselas del MFE donde no se consigna la presencia de la especie. El resultado del estudio permite actualizar los mapas de las regiones de procedencia de manera simultánea al mapa forestal, pero es necesario desarrollar ulteriores estudios que subsanen las carencias detectadas, especialmente en las áreas más marginales o restringidas. Del análisis de los resultados de la actualización cartográfica se concluyó que la superficie clasificada bajo alguna región de procedencia había disminuido de manera general en torno al 20% de la superficie inicial.

Palabras clave: Región de procedencia, Mapa Forestal Español, Inventario Forestal Nacional, Material de Base, Unidades de Conservación Genética, Recursos Genéticos Forestales, Indicadores, EUFORGEN.

ABSTRACT

Updating species distribution maps at different scales is an essential tool for managing forest genetics resources as well as the delimitation and distribution of the regions of provenance, a basic unit in the certification of forest reproductive materials at national and international level.

The aim of this study was to update the Provenance Regions maps for the species *Pinus pinea*, *Pinus halepensis* and *Pinus pinaster*, using the information of updated Spanish Forest Map, which incorporates the data of the recent 4th National Forest Inventory (NFI). Correspondingly, we incorporated information to the Spanish Forest Map on the species origin and provenance region belonging. Finally, we calculated and reviewed a series of European and national indicators on the efforts and strategies of monitoring of the forest genetic resources. Specifically, the study focused on the Genetic Conservation Units and the Base Materials of the identified and selected categories and the provenance tests. From the analysis of the results of the updated cartography it was concluded that the area classified under provenance regions had generally decreased by around 20% of the initial surface. In addition, the current populations not included in the provenance regions maps were identified, those with inconsistencies related to the homogeneity of their origin and the conservation units and base materials located in patches where the species is absent. The result of the study will allow updating simultaneously both maps, but it will be necessary to develop further studies that remedy the deficiencies detected, especially in the most marginal or restricted areas.

Key words: Region of provenance, Forest Inventory, Basic Material, Genetic Conservation Unit, Forestry Genetic Resources, Indicators, EUFORGEN.

1.- ANTECEDENTES

Las Regiones de Procedencia (RPs) constituyen la unidad básica para la comercialización de los materiales forestales de reproducción identificados y seleccionados que han de ser utilizados en labores de repoblación, estando asociadas a unas características ecológicas, fenotípicas y genéticas diferenciadas. Son la piedra angular de los sistemas de certificación internacionales y, en nuestro caso, de la Directiva comunitaria 1999/105 CE del Consejo (Alía et al. 2009).

La región de procedencia es, «para una especie o subespecie determinadas, la zona o el grupo de zonas sujetas a condiciones ecológicas suficientemente uniformes en las que se encuentran fuentes semilleras o rodales que presentan características fenotípicas o genéticas semejantes, teniendo en cuenta límites de altitud, cuando proceda» (RD289/2003, Art. 2.f). La definición de regiones de procedencia tiene por tanto el objetivo de recoger la variabilidad intraespecífica que existe en el área natural de distribución de una especie, delimitando zonas ambientalmente homogéneas en las que la diferenciación entre poblaciones sea mínima (Gil et al. 1996). En España se han incluido las poblaciones con origen conocido, excluyendo las repoblaciones.

Junto a la delimitación de regiones de procedencia en sentido amplio, se consideran las procedencias de área restringida, definidas como «manifestaciones de la especie en el interior de la Península, acantonadas en pequeños enclaves ambientalmente favorables y alejadas del área principal de la especie» (Díaz Fernández et al, 1995). Resultan especialmente interesantes en programas de conservación de los recursos genéticos debido a su pequeña extensión, al aislamiento respecto a otras masas o por habitar en condiciones extremas para la especie (Gil et al. 1996).

El marco del presente estudio se enfoca en la distribución oficial de las RPs relativas a tres especies autóctonas de pino, definidas según el método aglomerativo: *Pinus pinea* L. (pino piñonero), *Pinus halepensis* Mill. (pino carrasco) y *Pinus pinaster* Ait. (pino resinero o rodeno). Tal distribución supone una herramienta fundamental en la gestión de los recursos genéticos de estas especies (conservación y uso sostenible de los recursos genéticos forestales), además de tener grandes implicaciones en la adaptación y producción de los bosques del futuro (Alberto et al. 2013).

Las especies objeto del estudio cuentan con una larga tradición forestal en nuestro país, habiendo sido empleadas tanto en aprovechamientos de productos maderables y no maderables como en repoblaciones de carácter protector. Su extensa distribución combina masas de origen natural con otras procedentes de repoblación de las que no siempre se conoce la procedencia. *Pinus halepensis* se distribuye mayoritariamente en las provincias del litoral mediterráneo y de la cuenca del Ebro (Gil et al, 1996), mientras que *Pinus pinea* es más habitual en la zona centro y sur de la Península Ibérica, concretamente en la Meseta Central y el Valle del Guadalquivir (Prada et al, 1997). Por último, *Pinus pinaster* ocupa de forma natural los sistemas Central e Ibérico, las sierras béticas y las sierras costeras del Mediterráneo (Alía et al, 1996).

Hay dos requerimientos internacionales principales a los que España debe responder relacionados con los recursos genéticos forestales y su estado de conservación: (i) la Evaluación Mundial de los Recursos Forestales, siendo el organismo que lo solicita la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y (ii) los Criterios e Indicadores de Gestión Sostenible, con los que se elabora el Informe sobre el estado de los bosques en Europa (SoEF), solicitado por el Proceso paneuropeo para la protección de los bosques en Europa (Forest Europe). Estos requerimientos suponen en la práctica el desarrollo de una serie de indicadores sobre el estado de conservación y uso de los recursos forestales (Alberdi et al. 2016)

con una actualización al menos quinquenal. Un punto de partida esencial es el disponer de información armonizada, completa, fiable y actualizada sobre diferentes aspectos, uno de ellos la distribución autóctona de las especies.

En esta línea, los Inventarios Forestales Nacionales (IFN) son las mayores fuentes de información forestal a nivel nacional debido al gran número de parcelas y de variables que son muestreadas, por lo que suponen, además, un pilar para establecer las políticas forestales (Alberdi et al. 2010).

Los IFN tienen una periodicidad de elaboración y publicación en torno a los diez años. Sin embargo, los diferentes requerimientos de información a los que deben dar respuesta los países, y en concreto el IFN español, son función de los objetivos y políticas tanto nacionales como internacionales, por lo que son cambiantes en el tiempo.

Según algunos autores, la información internacional forestal derivada de la agregación de los datos de los IFN es actualmente poco consistente, por lo que es necesario trabajar en los procesos de armonización que se están llevando a cabo en Europa para que su uso en la toma de decisiones de política y gestión sea adecuado (Alberdi et al. 2016).

El Mapa Forestal de España (MFE) constituye la cartografía oficial de las masas forestales españolas, así como la cartografía base del IFN. Según establece la Ley 43/2003 de Montes, el MFE es un proyecto continuo de actualización periódica, al menos decenal, y uso multidisciplinar como, entre otros, ser fuente de datos para la elaboración de informes, tanto nacionales como internacionales. A su vez, el Mapa Forestal de España de máxima actualización, es fruto de la combinación del Mapa Forestal de España, escala 1:50.000 con las nuevas provincias que se van generando del Mapa Forestal de España, escala 1:25.000.

Por otra parte, uno de los temas que más se han desarrollado en los últimos años es la modelización forestal y, en concreto, de algunas de sus variables, como las existencias y sus crecimientos. Estas modelizaciones son especialmente importantes si se tiene en cuenta el largo ciclo de los IFN, mientras que la mayoría de los requerimientos nacionales e internacionales precisan de datos de menor periodicidad. Si bien la modelización o actualización del MFE a una fecha fija se ha realizado en una primera aproximación con el proyecto "Foto Fija del MFE", que actualiza los grandes cambios antrópicos de los que se tienen registros administrativos (incendios, forestaciones y deforestaciones), en el IFN no se ha conseguido aún tener una información anual de las existencias a escala nacional, siendo éste uno de los objetivos de investigación que se mantienen abiertos (Robla et al. 2013).

El desarrollo y la delimitación de las RPs en España se llevaron a cabo durante la década de los 90 principalmente, apoyándose en distintas fuentes entre las que se destacan: el Mapa Forestal de España de Ceballos 1:400.000 (1966), el Mapa Forestal de España 1:200.000 del ICONA, publicado bajo la dirección de Ruíz de la Torre (1990), mapas forestales de las Comunidades Autónomas, Inventarios Forestales Nacionales y Catálogos de Montes de Utilidad Pública. La distinción del origen de las masas entre autóctonas y repobladas en muchos casos se remonta al Mapa Forestal de Ceballos (1966), quien, apoyándose en las fotografías aéreas del que se conociera como «el vuelo americano» de 1957, distinguió para las principales especies arbóreas las masas de aspecto naturalizado o espontáneo de aquellas que se identificaban claramente como repoblaciones. La última cartografía actualizada disponible está basada en datos elaborados a partir del 2º y 3º Inventario Forestal Nacional (Auñón et al. 2017).

Actualmente existe una información derivada de las actualizaciones del MFE que no ha sido incorporada en la definición de poblaciones autóctonas y no autóctonas de las especies forestales españolas. Si bien el 4º IFN es un inventario multiobjetivo que

aporta nueva información al MFE, la tipología de las distintas masas cartografiadas, en cuanto a su origen, no aparece como una de las variables consignadas. Esta información sobre las poblaciones autóctonas y no autóctonas de especies forestales puede ser recuperada y contrastada a partir de las RPs e incorporada como un campo nuevo en el MFE de forma que se pueda revisar al realizar nuevas actualizaciones. A partir de esta información, se podrán actualizar índices o indicadores sobre el estado de conservación de las poblaciones.

El presente estudio se ha enfocado además en la obtención de los indicadores relativos a la monitorización de los Recursos Genéticos Forestales (RGF) establecidos por el programa EUFORGEN, de seguimiento de los recursos genéticos a nivel europeo (Baycheva et al. 2013), y por el Programa Nacional de Conservación de los recursos genéticos, que complementan los anteriores a nivel nacional. Las especies incluidas en el estudio están incluidas tanto en el Real Decreto 289/2003 sobre comercialización de materiales de reproducción como en la lista de especies preferentes en el programa EUFORGEN (Anexo I de la Directiva 1999/105/EC).

2.- OBJETIVOS

El objetivo del estudio es la actualización de la cartografía de las regiones de procedencia de tres especies de pinos mediterráneos, utilizando como referencia la más reciente actualización del MAPAMA (IFN-4 o MFE) y obteniendo la delimitación de los actuales contornos y superficies, con la misma precisión obtenida por el MFE, que tiene establecida, como unidad mínima cartografiable para superficies forestales, la hectárea.

Además, a partir de los mapas actualizados, el estudio pretende alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- 1) Asignar al MFE un campo asociado al origen (Autóctono/Repoblado) y otro al código de la región de procedencia de la especie, que se incorporen a las futuras actualizaciones del IFN.
- 2) Incorporar parámetros reflejados en el IFN-4 a las regiones de procedencia.
- 3) Valorar el nivel de solapamiento entre los mapas originales de RPs y el MFE, identificar donde son mayores las divergencias y sus posibles causas.
- 4) Obtener, para las especies estudiadas, indicadores estandarizados de seguimiento de los RGF.
- 5) Proponer un sistema semiautomático de actualización, y recomendaciones para su implementación a escala operativa como herramienta del MFE.

La hipótesis que plantea el estudio es que la información y precisión aportadas por el último IFN, son adecuadas para obtener una actualización confiable de los mapas de regiones de procedencia. En caso contrario, las carencias que se detecten servirán como recomendaciones a incluir en futuros inventarios o en otros trabajos más específicos para la toma de esos datos.

El estudio aporta, por tanto, la cartografía digital actualizada de las RPs para tres especies autóctonas del género *Pinus*, incluyendo información adicional proporcionada por el IFN-4 y una serie de indicadores relativos al esfuerzo en el desarrollo de programas de conservación y uso de los recursos genéticos forestales.

3.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Bases y tipos de datos

Las bases de datos con la información inicial, la “Foto Fija” del Mapa Forestal Español y los mapas de las regiones de procedencia de las especies objeto del estudio, así como los mapas y bases de datos necesarios para el cálculo de los indicadores, fueron facilitadas por el Centro de Investigación Forestal (CIFOR-INIA) en formato geodatabase (gdb) con un tamaño total superior a las 2 GB. Estos datos de partida se operaron mediante GIS obteniendo datos espaciales de tipo vectorial o shapefile (shp).

Una información más detallada se recoge en el Anexo IV “Plan de Gestión de Datos”.

3.2. Software utilizado

Se ha primado el uso de software de código libre, últimas versiones, buscando el método más directo y accesible, aunque no siempre fue posible. La mayor parte del tratamiento y análisis de datos se hizo con el programa R (Ihaka & Gentleman, 1996) que permite cargar directamente un archivo gdb, trabajar con la información contenida en su tabla de atributos asociada y exportar los resultados en diversos tipos de formatos, como por ejemplo Excel (xlsx).

- 1) *Geoprocesamiento de mapas*: fundamentalmente se utilizó el programa ArcMap frente a QGIS (código libre) ya que el segundo dificultaba la ejecución de algunas operaciones de geoprocesamiento (debido al gran volumen de datos) y pequeñas diferencias en el cálculo de superficies respecto al primero, generando distorsiones en la comparación de áreas de polígonos y un error acumulado, en el cálculo de superficies totales, inadmisibles. A pesar de que la versión 2.18 de QGIS incorpora una función Rscript, que habría permitido la unificación de los procesos en un único software, su uso se descartó por las razones antes expuestas.
- 2) *Análisis y manejo de datos*: se utilizó el programa de código libre R. Se requirieron los siguientes paquetes de R: *foreign*, para importar archivos dbf; *dplyr*, para operar “data-frames” incluyendo operaciones típicas de SQL, y *openxlsx*, para la importación y exportación de tablas Excel.

La ventaja de utilizar el programa R frente a otros softwares es que permite verificar las transformaciones que se ejecutan mirando selectivamente los resultados, o “emulando” el proceso en unos datos artificiales más pequeños. Sin embargo, aunque R permite procesar directamente datos de tipo espacial, éste requiere de una alta capacidad de memoria RAM en el procesador, siendo el equipo informático disponible insuficiente para desarrollar esta tarea, considerando el volumen y tipo de datos espaciales (shapefile en vez de ráster) que el estudio requería. Por este motivo, se importaron a R las tablas de atributos de las capas (formato dbf) en vez de las propias capas (formato shp) para el procesamiento de datos.

- 3) *Hojas de cálculo*: se utilizó el formato Excel frente a CSV, ya que éste último generaba mayor complejidad en la exportación de tablas desde R, al transformar los datos de tipo numérico a tipo carácter. En el caso de algunos indicadores, la información inicial fue entregada en este formato por lo que directamente se realizaron los cálculos con el mismo programa.

3.3. Metodología

Se describe por separado el procedimiento seguido para la actualización de los mapas de las regiones de procedencia y la obtención de indicadores sobre las actividades relacionadas con los RGF. Para una descripción más detallada de los procedimientos realizados consultar el Anexo III “Scripts R”.

3.3.1 Actualización de las Regiones de Procedencia

La metodología general del proyecto se basó en la teoría KDD (*Knowledge Discovery in Databases*) que establece las siguientes fases principales (Riquelme et al. 2006): (0) Comprensión del campo de estudio: incluye el conocimiento relevante previo y las metas de la aplicación, fase que coincidiría con lo expuesto en los capítulos de Introducción y Objetivos del presente estudio; (1) Obtención de los datos de partida: recogida de los datos, evaluar la calidad de los datos y utilizar análisis exploratorio de los datos para familiarizarse con ellos; (2) Preparar los datos: incluye limpieza, transformación, integración y reducción de datos; (3) Minería de datos: fase fundamental del proceso, incluye funciones como la clasificación, regresión, clustering, resumen, etc.; (4) Interpretación: explicar los patrones descubiertos, así como la posibilidad de visualizarlos, fase que coincidiría con los capítulos de Resultados y Discusión del presente estudio; (5) Utilización y difusión del conocimiento adquirido.

En la Figura 1 se muestra de forma general el procedimiento de tratamiento de datos desarrollado para la actualización cartográfica.

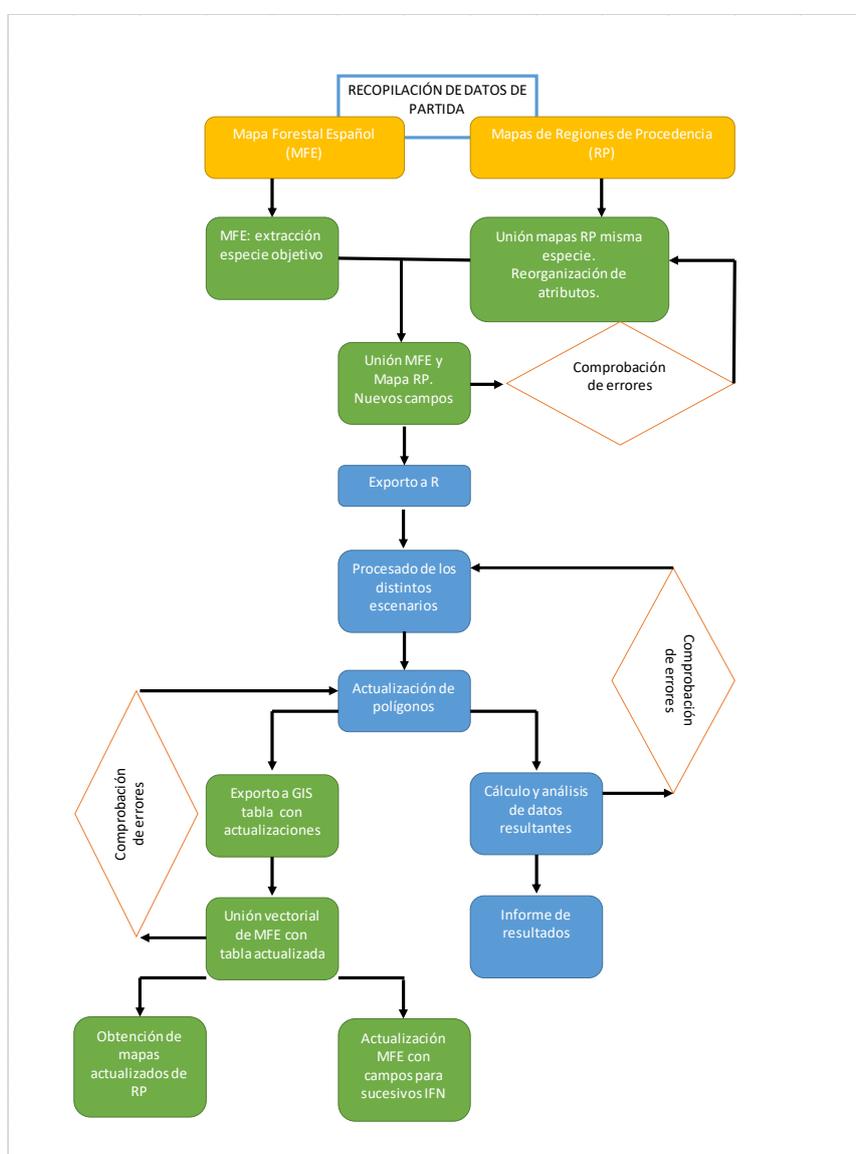


Figura 1: Diagrama del proceso de actualización cartográfica

1) Datos de partida

Durante la exploración de archivos originales de las RPs se encontraron varias deficiencias que fue necesario subsanar (carencia de archivos de metadatos incluidos en las geodatabases; errores en los sistemas de coordenadas asignados; heterogeneidad en los contenidos de cada especie, que compartían algunos mapas temáticos comunes mientras que diferían en otros; existencia de capas de mapas vacías o repetidas). En esta fase se seleccionaron o se combinaron, por tanto, aquellos archivos de mapas que contenían información necesaria para la actualización según la especie, además de corregir el sistema de coordenadas original y actualizarlo al sistema ETRS89.

2) Preparación de los datos: Geo-procesamiento de la cartografía inicial

En una primera fase se operaron con el programa ArcMap los citados mapas por separado:

- MFE: se seleccionaron las especies objetivo y se extrajeron como capas vectoriales tipo polígono (formato "shp"). A modo de ejemplo, en la Figura 2 se presenta la distribución de *P. halepensis* en el MFE actual.
- RP: tras una primera conversión al mismo sistema de coordenadas del MFE (ETRS89 UTM30, WKID: 25830 Authority: EPSG), se unificaron en una misma capa vectorial los mapas Autóctono, No Autóctono desconocido y mapa con la delimitación de las RPs ("diss") de cada especie (formato "shp"). Los campos de las tablas de atributos también se unificaron obteniendo una tabla más compacta y simplificada. A modo de ejemplo, en la Figura 3 se puede observar el mapa inicial de las regiones de procedencia de *P. halepensis*.

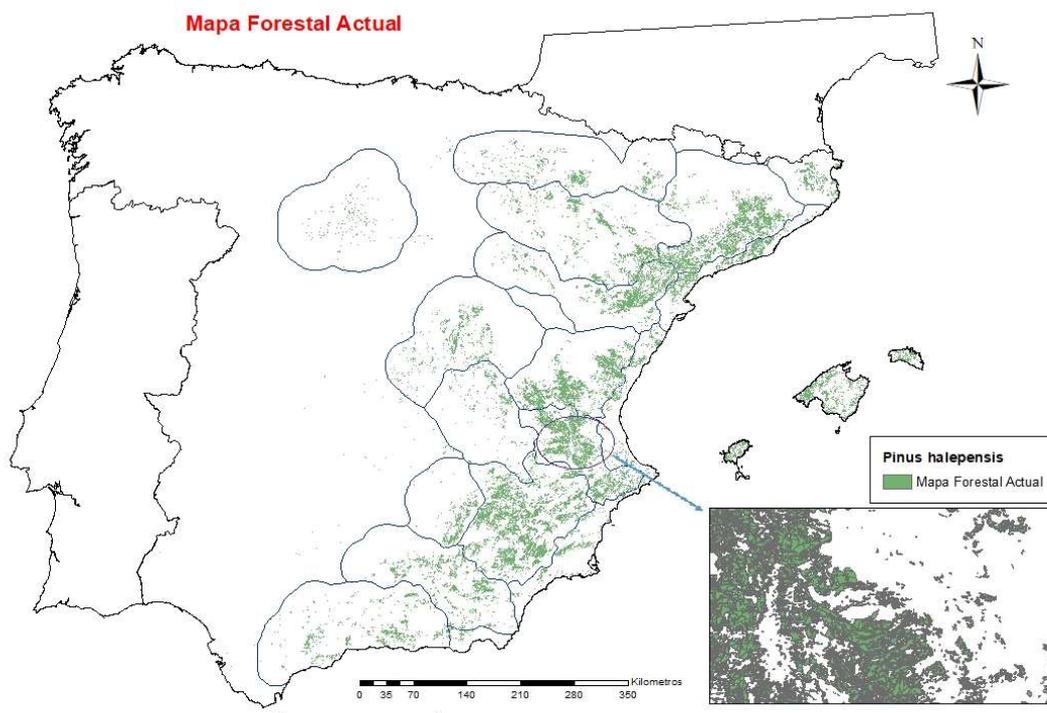


Figura 2: Distribución de *P. halepensis* en el Mapa Forestal Español

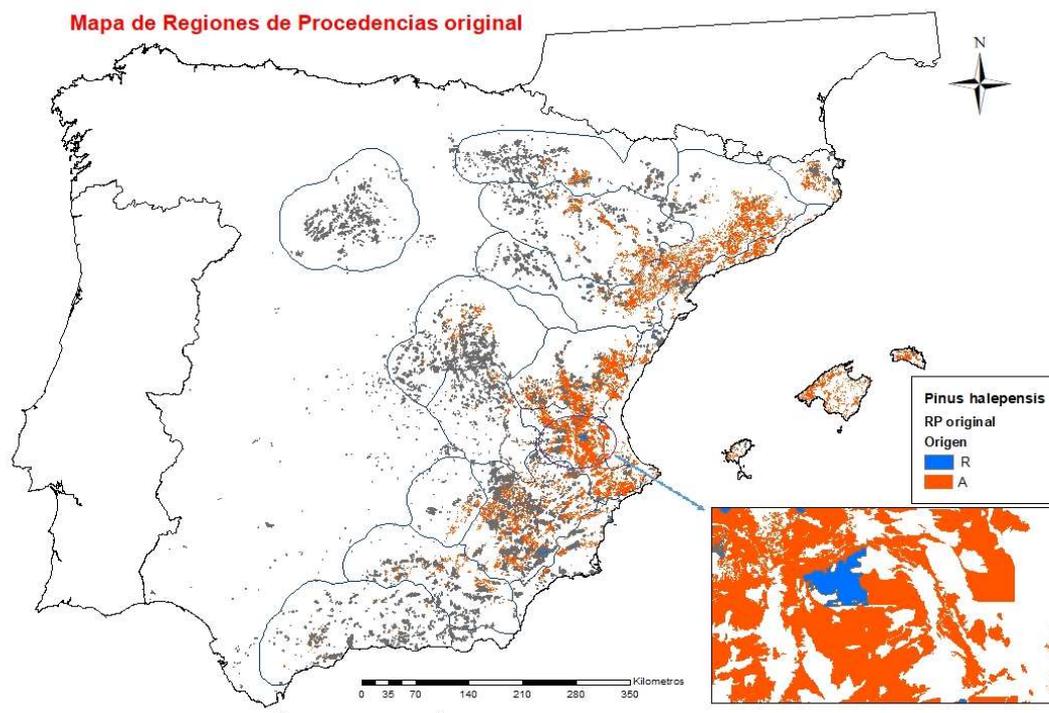


Figura 3: Cartografía inicial de las Regiones de Procedencia de *P. halepensis*

Una vez obtenidos estos mapas, se unieron mediante geo-proceso, obteniendo una capa con nuevos y mayor cantidad de polígonos, resultado de la mezcla. Observando la tabla de atributos resultante se podían distinguir tres situaciones:

- Escenario 1: polígonos o partes de polígonos originales del MFE que no comparten superficie con los incluidos en el mapa de RP.
- Escenario 2: polígonos o partes de polígonos originales de la RP que no comparten superficie con el MFE (masas desaparecidas parcial o totalmente).
- Escenario 3: polígonos en que coinciden el MFE y la RP.

Es oportuno precisar que el término “desaparecidas” no se refiere taxativamente a la extinción de la población sino a la no coincidencia con alguna de las tres principales especies arbóreas descritas en el polígono del MFE.

Como consecuencia de estos cambios se añadieron tres nuevos campos a la tabla de atributos de la capa resultado de la unión:

- Campo “Escenario”: que asigna uno de los tres escenarios antes descritos.
- Campo “Area_pol”: con la superficie calculada para cada nuevo polígono.
- Campo “ID_MFE_RP”: que asigna un identificador numérico a cada polígono resultado de la unión de mapas.

La dificultad en esta fase del proceso radicaba en extraer los polígonos del MFE que habían sido subdivididos como resultado de la unión cartográfica, que deberían incorporarse a la actualización de las RPs, así como extraer los polígonos de las RPs que habían “desaparecido” total o parcialmente tras la unión con la “Foto Fija” del MFE. Debido a su agilidad en el manejo de tablas, esta labor se ejecutó mediante el programa R.

3) Minería de datos

Procesado de datos

Una vez importados a R los archivos de los mapas, se operaron los “data-frames” mediante la recombinación de los escenarios y la reasignación a cada polígono del MFE de su categoría respecto a las RPs: Autóctono, Repoblado, Doble RP o No RP. Esto permitió la consecución de dos procesos: (1) la obtención de una tabla por mapa de unión MFE-RP con una descripción actualizada y (2) el análisis de los resultados obtenidos y cálculo de indicadores.

Actualización de mapas

La nueva tabla se exportó a GIS, uniendo los nuevos campos al MFE mediante las ID asignadas anteriormente y obteniendo la cartografía actualizada de las RPs, así como nueva información (relativa a las RPs) añadida al MFE. A los polígonos identificados por el MFE inicial que coincidían parcialmente con una RP se aplicó el criterio de incluirlos enteramente en la RP al considerar válida la premisa del MFE de que cada polígono es homogéneo por definición. Se generó un nuevo campo en la tabla de atributos del MFE relativo al origen de cada polígono, diferenciando cuatro casos: Autóctono, Repoblado, Doble RP en aquellos polígonos donde coincidían los dos casos anteriores y No RP para los polígonos sin origen asignado. También se agregó un campo con los códigos de las regiones de procedencia. Un ejemplo de mapa actualizado se puede observar en la Figura 4, en este caso para la especie *P. halepensis*.

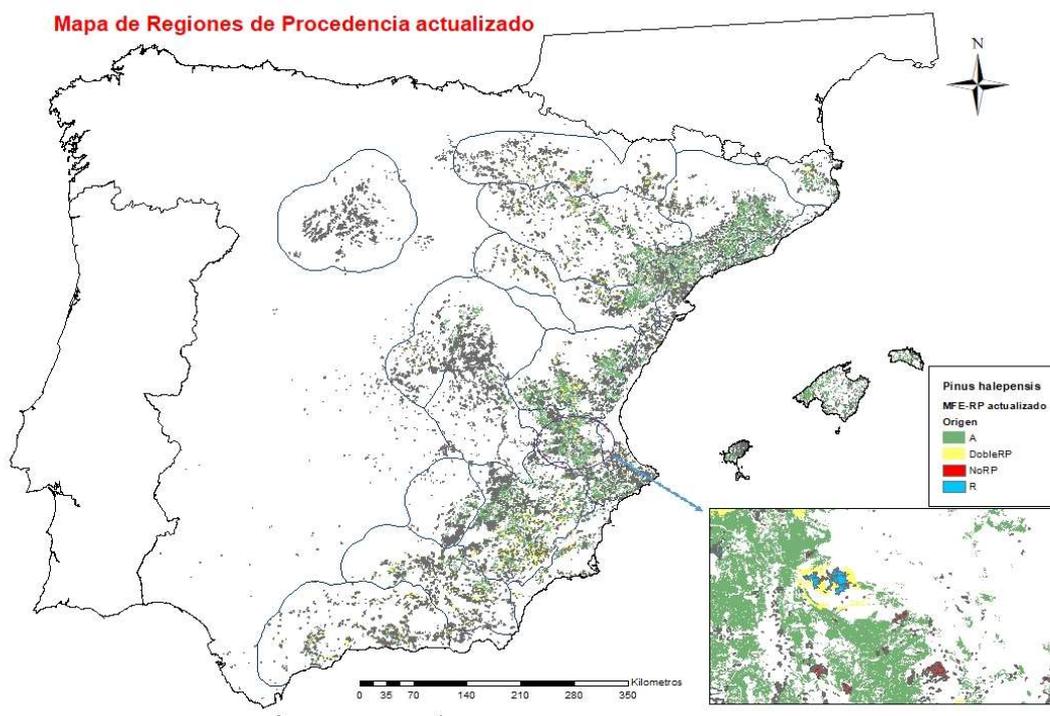


Figura 4: Cartografía actualizada de las Regiones de Procedencia de *P. halepensis*

En cuanto a las superficies de los mapas de RPs iniciales que no estaban representadas en el MFE, se presentaron por separado como capa independiente del MFE.

Análisis de datos

Una vez actualizados los mapas de las regiones de procedencia, se analizaron los cambios producidos según distintas variables. El punto de inicio era observar qué cambios se han producido en términos de superficie para ver en qué grado coinciden los mapas de RP iniciales con el MFE y el volumen de poblaciones cuya presencia ha disminuido o desaparecido de la Foto Fija. Se consideró oportuno analizar también el impacto de la actualización cartográfica en aquellas poblaciones en las que la especie objetivo aparecía como dominante.

Para analizar la situación de las poblaciones “desaparecidas” totalmente o cuya superficie había disminuido tras la actualización, se filtraron los resultados según distintos criterios para descubrir si existía algún patrón según fuente cartográfica, Región de Procedencia y dominancia o no de la especie en la masa.

Comprobación de errores

Aunque la comprobación de errores (de origen de los datos o derivados de su manejo) fue continua, se incidió particularmente en dos aspectos: la detección de contradicciones de los mapas, como por ejemplo la presencia de un mismo polígono con dos orígenes distintos, y el control de variación de superficies totales (error acumulado):

Error de Variación de Superficie MFE: es el resultado de la diferencia entre la superficie total del MFE inicial para una especie y la superficie total del MFE después de la actualización cartográfica de las RPs. Puede servir para alertar sobre errores en el procedimiento o por el uso de mapas con distintos sistemas de coordenadas.

3.3.2 Obtención de indicadores de monitorización de actividades sobre RGF

Indicadores EUFORGEN

Se obtuvieron verificadores para dos de los cuatro indicadores propuestos por el grupo de trabajo de EUFOREN referente a RGF (Lefèvre, 2019). Estos indicadores reflejan el esfuerzo en: (1) Conservación dinámica de poblaciones de especies nativas; (2) la Producción de material forestal de reproducción.

Los indicadores sobre conservación dinámica de especies no nativas y sobre conservación estática ex situ no se incluyeron por ser casos diferentes al objeto del presente estudio.

- 1) *Conservación dinámica de poblaciones de especies nativas:* la descripción de los verificadores relativos a este indicador se muestra en la Tabla 1. Para el cálculo de estos verificadores se utilizaron los datos extraídos de la propuesta para EUFORGEN de las Unidades de Conservación españolas. Los dos primeros verificadores reflejan el esfuerzo global para las especies del país mientras que los últimos dos se calcularon separadamente para las especies objeto del presente estudio.

Tabla 1: Verificadores sobre Conservación dinámica de poblaciones de especies nativas.

VERIFICADOR	Definición	Observaciones
Dynamic conservation effort (<i>nb_units</i>)	Cantidad total de Unidades de Conservación genética establecidas en el país	Refleja el esfuerzo de monitorización de las actividades de conservación a escala nacional.
Species Diversity index (<i>ind_species</i>)	Número total de especies incluidas en las Unidades de Conservación genética / número de especies presentes en el país	Se utilizó el número total de especies listadas en el RD 289/2003
Ecozones diversity index (<i>ind_ecozones</i>)	Número de ecozonas representadas en la red nacional de conservación / número de ecozonas establecidas en el país	Se consideraron como ecozonas las Regiones de Procedencia de cada especie
Insurance index (<i>ind_insurance</i>)	Número de ecozonas representadas en la red nacional de conservación con al menos dos unidades / número de ecozonas establecidas en el país	Se consideraron como ecozonas las Regiones de Procedencia de cada especie

- 2) *Producción de material forestal de reproducción:* Refleja el número total de unidades MFR para las categorías Identificado y Seleccionado de cada especie. Para su cálculo se utilizaron los mapas de Materiales de Base (MB) de las categorías indicadas y se contrastaron con los mapas de regiones de procedencia una vez actualizados con el MFE. Los mapas de MB son capas de puntos con las coordenadas de la localización de las unidades MFR; al combinar éstos con los mapas de polígono del MFE se encontraron un número importante de errores o inexactitudes de localización de las unidades MFR, por lo que se procedió a una estimación del error mediante buffers de 1 km.

Indicadores nacionales para la diversidad genética

Se obtuvieron, para cada especie, los siguientes tres indicadores propuestos por el Sistema Nacional de Evaluación y Seguimiento de los Recursos Genéticos Forestales (Alía et al, 2013) a partir de los ensayos de procedencias publicados en la Red Española de Ensayos genéticos Forestales (GENFORED) y la información proporcionada por investigadores del CIFOR.

- 1) Número de poblaciones analizadas con marcadores moleculares.
- 2) Numero de ensayos genéticos de procedencias.
- 3) Número de poblaciones representadas en ensayos genéticos de procedencias.

4.- RESULTADOS

Los resultados en formato imagen cartográfica se presentan en el Anexo I “Cartografía”. Para cada especie se incluyen los siguientes mapas:

- Regiones de Procedencia. Plano inicial.
- Regiones de Procedencia. Plano actualizado.
- Poblaciones desaparecidas tras actualización de mapas de RP.
- Localización de Materiales de Base y Unidades de Conservación.

4.1. Análisis de datos resultado de la actualización cartográfica

Los resultados obtenidos en términos de superficie tras la actualización y su comparación con los mapas de partida se muestran en las tablas 2, 3 y 4.

Errores de Variación de Superficie MFE: En el caso del pino piñonero el error sobre la superficie total del MFE es de -4.11 metros (-5×10^{-8} %), en el de pino carrasco de -333.644,6 (-0.0011 %) y en el del pino resinero de -26347.5 (-0.00011%). En todos los casos son errores admisibles debido a su pequeño orden de magnitud.

4.1.1. *Pinus pinea*

Tabla 2: Distribución de superficies antes y después de la actualización cartográfica en *P. pinea*.

	Mapas	Núm. polígonos	Sup. total (Ha)	% MFE	% RP inicial	Sup. SP1(Ha)	% SP1 MFE
Cartografía inicial	MFE	27993	813476,08	100,00	–	491851,58	60,46
	RP autóctona	3291	354968,37	–	46,76	205569,47	–
	RP no autóctona	9813	404134,61	–	53,24	278998,31	–
	Suma RP	13104	759102,98	–	100,00	484567,78	–
Cartografía actualizada	MFE sin RP	6653	114122,75	14,03	–	49325,14	6,06
	Doble RP	21030	258669,47	31,80	–	171745,81	21,11
	RP autóctona	12258	268900,44	33,06	35,42	161463,09	19,85
	RP no autóctona	12382	171783,41	21,12	22,63	109317,54	13,44
	Suma RP	45670	699353,32	85,97	58,05	442526,44	54,40
Masas desaparecidas totalmente	RP autóctona	428	4655,54	–	0,61	2317,56	–
	RP no autóctona	2090	27444,81	–	3,62	14591,23	–
	Suma RP	2518	32100,34	–	4,23	16908,79	–
Masas desaparecidas parcialmente	RP autóctona	1944	72638,98	–	9,57	23631,15	–
	RP no autóctona	7994	89709,01	–	11,82	55212,25	–
	Suma RP	9938	162347,99	–	21,39	78843,39	–

(¹ MFE = Mapa Forestal Español; ² RP = Región de Procedencia inicial; ³ SP1 = especie dominante)

Después de actualizar la cartografía e información asociada, en el caso del pino piñonero se pueden destacar los siguientes aspectos:

- Superficie sin RP asignada en el MFE: se trata del 14,3% de la superficie total, cantidad que se reduce al 6% si se consideran sólo las poblaciones donde la especie es dominante.
- Superficie RP actualizada: en conjunto, el 58% se mantiene respecto a la cartografía original, siendo mayor en el caso de las poblaciones autóctonas que en las no autóctonas. Respecto al MFE, el 31,8% de la superficie muestra solapamiento en cuanto al origen de la masa (Doble RP).

- Superficie RP no presente en el MFE: las poblaciones con parte de su superficie no reflejada en el MFE alcanzan casi el 21,4% de la superficie total de los mapas de RPs iniciales. Las poblaciones que habrían desaparecido por completo suponen el 4,23%.

4.1.2. *Pinus halepensis*

Tabla 3: Distribución de superficies antes y después de la actualización cartográfica en *P. halepensis*.

	Mapas	Núm. polígonos	Sup. total (Ha)	% MFE	% RP inicial	Sup. SP1(Ha)	% SP1 MFE
Cartografía inicial	MFE	102970	2879285,05	100,00	–	2329267,42	80,90
	RP autóctona	16566	2342495,65	–	78,30	1691777,21	–
	RP no autóctona	10708	649207,80	–	21,70	545256,83	–
	Suma RP	27274	2991703,45	–	100,00	2237034,04	–
Cartografía actualizada	MFE sin RP	21526	266751,62	9,26	–	171488,19	5,96
	Doble RP	27749	415376,57	14,43	–	361682,14	12,56
	RP autóctona	114314	1870862,86	64,98	62,54	1528532,65	53,09
	RP no autóctona	15152	326327,37	11,33	10,91	267594,30	9,29
	Suma RP	157215	2612566,79	90,74	73,44	2157809,09	74,94
Masas desaparecidas totalmente	RP autóctona	2158	28652,12	–	0,96	17517,95	–
	RP no autóctona	1229	25070,78	–	0,84	18828,98	–
	Suma RP	3387	53722,90	–	1,80	36346,93	–
Masas desaparecidas parcialmente	RP autóctona	12484	612991,75	–	20,49	330139,98	–
	RP no autóctona	4919	121521,19	–	4,06	94082,45	–
	Suma RP	17403	734512,93	–	24,55	424222,42	–

(¹ MFE = Mapa Forestal Español; ² RP = Región de Procedencia inicial; ³ SP1 = especie dominante)

En pino carrasco la coincidencia entre el MFE y los mapas de RP es algo mayor que en el caso del pino piñonero:

- Superficie del MFE sin RP asignada: supone un 9,26% de la superficie total, cantidad que se reduce al 5,96% si se consideran sólo las poblaciones donde la especie es dominante.
- Superficie RP actualizada: en conjunto, el 73,4% se mantiene respecto a la cartografía original, siendo mayor en el caso de las poblaciones autóctonas que en las no autóctonas. En cuanto al solapamiento de doble origen en la misma masa, éste afecta al 14,4% de la superficie del MFE.
- Superficie RP no presente en el MFE: las poblaciones con parte de su superficie no reflejada en el MFE suponen el 24,5% de la superficie total de los mapas de RPs iniciales. Sin embargo, las masas que habrían desaparecido por completo respecto al MFE solamente suponen el 1,8%.

4.1.3. *Pinus pinaster*

De las especies objeto del estudio, *Pinus pinaster* es la que presenta una mayor coincidencia de superficies después de la actualización de las RPs:

- Superficie del MFE sin RP asignada: supone casi el 8,5% de la superficie total, apenas superando el 3% en el caso de las masas donde es especie dominante.
- Superficie RP actualizada: el 65,5% se mantiene respecto a la cartografía inicial, aunque si discriminamos según su origen, tan sólo el 25% se corresponde a

masas autóctonas. La superficie con solapamiento de RP supone el 24% de la distribución actual.

- Superficie RP no presente en el MFE: supone el 26% respecto a los mapas de RPs originales. Al igual que con *P. halepensis*, las masas completamente desaparecidas del MFE sólo alcanzan el 1,8%.

Tabla 4: Distribución de superficies antes y después de la actualización cartográfica en *P. pinaster*.

	Mapas	Núm polígonos	Sup. total (Ha)	% MFE	% RP inicial	Sup. SP1(Ha)	% SP1 MFE
Cartografía inicial	MFE	69868	2335986.54	100	–	1334985.16	57.15
	RP autóctona	4300	732840.22	–	30.43	479641.91	–
	RP no autóctona	23480	1675059.88	–	69.57	1027305.89	–
	Suma RP	27780	2407900.10	–	100.00	1506947.80	–
Cartografía actualizada	MFE sin RP	11010	198265.27	8.49	–	71031.49	3.04
	Doble RP	47359	561621.78	24.04	–	305375.29	13.07
	RP autóctona	15836	608697.78	26.06	25.28	421324.03	18.04
	RP no autóctona	47606	967404.34	41.41	40.18	537256.97	23.00
	Suma RP	110801	2137723.90	91.51	65.46	1263956.30	54.11
Masas desaparecidas totalmente	RP autóctona	137	2589.83	–	0.11	1805.61	–
	RP no autóctona	2357	39651.25	–	1.65	18396.71	–
	Suma RP	2494	42241.09	–	1.75	20202.32	–
Masas desaparecidas parcialmente	RP autóctona	1659	141216.04	–	5.86	60174.71	–
	RP no autóctona	14151	447336.39	–	18.58	234963.91	–
	Suma RP	15810	588552.43	–	24.44	295138.62	–

(¹ MFE = Mapa Forestal Español; ² RP = Región de Procedencia inicial; ³ SP1 = especie dominante)

4.2. Resultados por fuente cartográfica

Las principales fuentes asignadas a los polígonos de los mapas de RPs que aparecen en este estudio son: el Mapa Forestal Español 1:50.000 (MFE50), Inventarios Forestales Nacionales (IFN), el Mapa Forestal de Andalucía 1:25.000 (AND25), el Mapa Forestal de Aragón (MF Aragón), el Mapa Forestal de la Rioja (MF Rioja) y el Mapa Forestal de España 1:200.000 del ICONA (MFRT).

Los resultados de las poblaciones de los mapas de RPs que habían desaparecido total o parcialmente después de la actualización, discriminados según la fuente cartográfica, se muestran en la Figura 2, para el conjunto de las tres especies. Los datos por especie y tipo de divergencia se pueden consultar en el Anexo II “Tablas”.



Figura 5: Resultados de poblaciones desaparecidas o disminuidas según fuente cartográfica.

Como se evidencia en la Figura 2, las 2/3 partes de los casos de divergencia entre los mapas de RPs y el MFE proceden de la fuente cartográfica MFE50, alcanzando el 90% junto con la fuente AND25.

Debido a que este resultado podría comprometer la fiabilidad de las dos fuentes MFE50 y AND25, se procedió a comparar el número total de polígonos descritos por fuente en los mapas de RPs con el número de polígonos que desaparecen completamente tras la actualización. No se utilizaron los polígonos desaparecidos parcialmente ya que puede darse la situación que un mismo polígono original haya quedado repartido en varios y por tanto falsear el dato.

El resultado (que se puede consultar de forma más detallada en anexos) se resume en la Tabla 5 que muestra, para cada fuente cartográfica de las RPs del conjunto de las tres especies, el número total de polígonos y el porcentaje de polígonos desaparecidos totalmente tras la actualización.

Tabla 5: Número total de polígonos y porcentaje de desaparecidos según fuentes cartográficas.

AND25		IFN		MF ARAGON		MF RIOJA		MFE50		MFRT	
Total	D* (%)	Total	D* (%)	Total	D* (%)	Total	D* (%)	Total	D* (%)	Total	D* (%)
13167	33.0	378	39.2	2007	6.1	497	16.9	50135	6.0	1973	34.6

(D* = Polígonos desaparecidos del MFE Foto Fija)

4.3. Resultados según dominancia

Discriminando las poblaciones de las RP que no coinciden total o parcialmente con el MFE según si la especie era dominante o no, el resultado global para las tres especies muestra que en el 72% de esas masas la especie estaba calificada como dominante frente al 28% calificada como no dominante. Los resultados según especies no difieren de manera importante respecto al global y se pueden consultar en el Anexo II "Tablas".

4.4. Resultados según Región de Procedencia

4.4.1. *Pinus pinea*

Una vez actualizados los mapas de RP de *P. pinea*, se puede observar que en varias procedencias el nivel de coincidencia con el MFE está por debajo del 50% de la superficie inicial, si bien ese desfase no afecta en general a masas enteras. Destaca sin embargo la procedencia de área restringida de *Marbella* (código D), en la que la coincidencia supone apenas un 9,7% de la superficie inicial y casi el 45% de la superficie no coincidente se corresponde a masas que habrían desaparecido completamente del MFE. Los resultados para la especie se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6: Resultados de la actualización por Región de Procedencia en *Pinus pinea*.

Mapa Cód. RP	MFE actualizado		Rpaut Desap.		Rpnoaut Desap.		Rpaut Dism.		Rpnoaut Dism.		RP inicial
	Sup (Ha)	%	Sup (Ha)	%	Sup (Ha)	%	Sup (Ha)	%	Sup (Ha)	%	Sup (Ha)
1	120140.56	95.1	40.65	0.0	109.12	0.1	1067.00	0.8	4949.26	3.9	126305.48
2	31378.78	81.1	46.85	0.1	44.42	0.1	6314.42	16.3	917.14	2.4	38698.92
3	29232.32	98.0	0.00	0.0	16.48	0.1	67.68	0.2	504.25	1.7	29820.73
4	79545.01	83.2	928.56	1.0	3327.31	3.5	6192.62	6.5	5565.05	5.8	95651.72
5	80165.85	65.8	847.46	0.7	5556.53	4.6	8045.82	6.6	27320.66	22.4	121898.55
6	62644.98	59.6	1912.83	1.8	1660.51	1.6	34924.87	33.2	4041.88	3.8	105182.63
7	4982.35	33.7	702.55	4.7	436.76	3.0	7520.03	50.8	1159.15	7.8	14800.06
A	1212.10	13.8	0.00	0.0	0.00	0.0	7556.03	86.2	0.00	0.0	8768.13
B	387.46	98.2	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	7.23	1.8	394.70
C	3553.24	71.4	50.00	1.0	44.16	0.9	867.31	17.4	462.44	9.3	4976.59
D	54.11	9.7	120.89	21.6	129.99	23.3	0.41	0.1	254.08	45.5	559.01
E	78.35	40.9	5.74	3.0	0.00	0.0	82.79	43.2	24.56	12.8	191.44
No	400100.98	86.8	0.00	0.0	16119.53	3.5	0.00	0.0	44503.31	9.7	460723.82
Σ	813476.08	80.7	4655.54	0.5	27444.81	2.7	72638.98	7.2	89709.01	8.9	1007971.78

(Rpaut = RP autóctonas; Rpnoaut = RP no autóctonas; Desap = poblaciones desaparecidas; Dism = poblaciones disminuidas)

4.4.2. *Pinus halepensis*

En *P. halepensis* el grado de divergencia en masas completas apenas alcanza el 1,5%, siendo la procedencia de *Litoral levantino* (código 11) la que menor coincidencia muestra entre el mapa inicial de RP y su actualización, con un 40,2%. En el resto de las procedencias el solapamiento entre cartografías supera el 60%. Los resultados para la especie se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7: Resultados de la actualización por Región de Procedencia en *P. halepensis*.

Mapa Cód. RP	MFE actualizado		Rpaut Desap.		Rpnoaut Desap.		Rpaut Dism.		Rpnoaut Dism.		RP inicial
	Sup (Ha)	%	Sup (Ha)	%	Sup (Ha)	%	Sup (Ha)	%	Sup (Ha)	%	Sup (Ha)
1	36894.9	67.8	1334.5	2.5	242.6	0.4	14830.0	27.2	1131.3	2.1	54433.3
2	81529.2	69.0	881.3	0.7	100.9	0.1	31266.4	26.4	4437.5	3.8	118215.3
3	264412.2	78.1	3060.2	0.9	113.9	0.0	66966.8	19.8	4214.7	1.2	338767.8
4	41782.6	66.3	1081.6	1.7	89.1	0.1	13342.6	21.2	6751.6	10.7	63047.5
5	127449.0	75.0	1222.9	0.7	121.4	0.1	36255.7	21.3	4845.4	2.9	169894.4
6	105187.7	72.7	1031.3	0.7	166.0	0.1	31591.5	21.8	6714.4	4.6	144690.9
7	59195.4	95.5	568.3	0.9	39.7	0.1	1308.6	2.1	868.5	1.4	61980.4
8	42595.1	98.4	209.5	0.5	91.2	0.2	298.5	0.7	83.5	0.2	43277.7
9	222426.7	66.5	1938.0	0.6	481.6	0.1	100101.7	29.9	9408.0	2.8	334356.1
10	262759.1	63.8	3725.8	0.9	225.7	0.1	137138.0	33.3	8146.0	2.0	411994.5
11	37228.7	40.2	563.8	0.6	0.0	0.0	50686.8	54.7	4130.4	4.5	92609.7
12	16225.1	87.1	7.8	0.0	0.0	0.0	2186.6	11.7	200.0	1.1	18619.4
13	45407.0	60.4	557.3	0.7	127.4	0.2	21459.8	28.5	7627.7	10.1	75179.3
14	439329.2	87.6	2749.5	0.5	461.6	0.1	45621.9	9.1	13360.2	2.7	501522.3
15	70369.6	73.6	5577.8	5.8	1037.5	1.1	13185.2	13.8	5429.3	5.7	95599.4
16	18030.5	64.9	1095.6	3.9	419.5	1.5	8051.3	29.0	204.4	0.7	27801.2
17	51756.6	72.4	2503.7	3.5	2586.4	3.6	7417.4	10.4	7184.1	10.1	71448.2
19	22454.7	98.3	0.0	0.0	202.6	0.9	0.0	0.0	183.3	0.8	22840.5
20	105991.1	77.8	414.4	0.3	37.4	0.0	29752.4	21.8	102.0	0.1	136297.2
0	828294.1	93.6	129.0	0.0	18526.4	2.1	1530.6	0.2	36499.0	4.1	884979.1
Σ	2879318.4	78.5	28652.1	0.8	25070.8	0.7	612991.7	16.7	121521.2	3.3	3667554.2

(Rpaut = RP autóctonas; Rpnoaut = RP no autóctonas; Desap = poblaciones desaparecidas; Dism = poblaciones disminuidas)

4.4.3. *Pinus pinaster*

En *P. pinaster*, el grado de coincidencia global es similar al de *P. halepensis*, sin embargo, en este caso hay cuatro procedencias que bajan del 50% de convergencia. El caso más llamativo es el de la procedencia de área restringida *La Safor* (código D) que presenta el nivel de coincidencia más bajo, en torno al 16%, y el mayor grado de divergencia para masas completas (23,8%). Los resultados para la especie se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8: Resultados de la actualización por Región de Procedencia en *P. pinaster*.

Mapa Cód. RP	MFEact		RPautDes		RPnoautDes		RPautDis		RPnoautDis		RP inicial
	Sup (Ha)	%	Sup (Ha)	%	Sup (Ha)	%	Sup (Ha)	%	Sup (Ha)	%	Sup (Ha)
1a	439215.6	65.8	22.8	0.0	12554.5	1.9	2678.8	0.4	212733.2	31.9	667204.9
1b	164219.2	57.6	200.6	0.1	9736.1	3.4	3776.9	1.3	106922.9	37.5	284855.7
2	11677.0	57.4	194.8	1.0	438.0	2.2	6632.3	32.6	1409.9	6.9	20352.0
3	22471.0	97.0	17.5	0.1	18.9	0.1	641.6	2.8	18.7	0.1	23167.6
4	67654.3	81.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4857.8	5.8	10930.1	13.1	83442.1
5	7341.7	72.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1550.3	15.4	1197.7	11.9	10089.6
6	47098.3	90.0	8.9	0.0	63.9	0.1	4550.9	8.7	607.7	1.2	52329.8
7	19749.7	86.3	5.6	0.0	156.7	0.7	2557.2	11.2	413.3	1.8	22882.5
8	219954.2	98.6	15.6	0.0	27.2	0.0	2127.2	1.0	1049.2	0.5	223173.3
9	43343.9	96.1	19.4	0.0	0.0	0.0	1696.3	3.8	47.5	0.1	45107.1
10	5928.4	85.3	0.0	0.0	0.0	0.0	315.6	4.5	704.5	10.1	6948.5
11	22827.8	68.0	724.8	2.2	203.4	0.6	9571.2	28.5	237.5	0.7	33564.7
12	118528.8	81.5	7.1	0.0	320.2	0.2	25729.5	17.7	857.3	0.6	145442.9
13	12233.9	89.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1078.3	7.9	389.6	2.8	13701.8
14	11725.3	57.7	0.0	0.0	0.0	0.0	8303.1	40.9	275.5	1.4	20303.9
15	11038.3	42.7	7.1	0.0	0.0	0.0	14109.2	54.6	693.9	2.7	25847.9
16	11507.9	31.1	0.0	0.0	0.0	0.0	25435.8	68.8	53.0	0.1	36996.8
17	105046.4	82.1	558.2	0.4	1370.6	1.1	14515.4	11.3	6403.1	5.0	127893.8
18	13300.0	79.4	0.0	0.0	121.0	0.7	2741.6	16.4	597.3	3.6	16759.9
19	29703.3	82.2	273.9	0.8	848.8	2.3	1776.5	4.9	3526.7	9.8	36129.3
20	19705.8	76.8	1.9	0.0	3.7	0.0	3650.4	14.2	2279.1	8.9	25650.1
A	1066.3	46.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1248.9	53.9	0.0	0.0	2315.1
B	74.8	51.3	0.0	0.0	0.0	0.0	70.9	48.7	0.0	0.0	145.7
C	3156.2	76.5	24.0	0.6	91.3	2.2	11.8	0.3	841.6	20.4	4124.9
D	195.1	16.0	289.9	23.8	0.0	0.0	731.9	60.1	0.0	0.0	1216.9
E	3489.7	99.7	12.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3501.9
F	139.9	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.3	21.9	78.6	28.1	279.8
G	152.8	23.7	0.0	0.0	6.0	0.9	440.8	68.4	44.9	7.0	644.6
0	923443.4	89.4	205.4	0.0	13690.9	1.3	354.6	0.0	95023.7	9.2	1032732.7
Σ	2335989.2	78.7	2589.7	0.1	39651.3	1.3	141216.1	4.8	447336.4	15.1	2966805.9

(RPaut = RP autóctonas; RPnoaut = RP no autóctonas; Desap = poblaciones desaparecidas; Dism = poblaciones disminuidas)

4.5. Indicadores de monitorización de actividades sobre RGF

4.5.1. Indicadores EUFORGEN

El cuadro con los resultados de los cuatro verificadores propuestos por EUFORGEN se recoge en la Tabla 9. Los verificadores *nb_units* e *ind_species* se han calculado como indicador nacional, incluyendo todas las especies propuestas. El resto de los verificadores se obtuvieron para cada especie individual.

Tabla 9: Verificadores EUFORGEN de Conservación dinámica y potencial de producción.

Indicador	Verificador	Valores		
Conservación dinámica	nb_units	357		
	ind_species	0.32		
	Especies	<i>P.pinea</i>	<i>P.halepensis</i>	<i>P.pinaster</i>
	nb_units_sp	12	18	44
	ind_ecozones	1	0.94	1
	ind_insurance	0.00	0.06	0.39
Potencial de producción MFR	MB_identificado	99	365	319
	MB_seleccionado	9	8	41

A continuación, en las tablas 10, 11 y 12 se muestran las Unidades de Conservación y Materiales de Base identificado y seleccionado localizadas en cada región de procedencia, según especie.

1) *Pinus pinea*

Tabla 10: Unidades de conservación y Materiales de Base por Región de Procedencia de *Pinus pinea*.

Cód.	Nombre	UC EUFORGEN	MB identificado	MB seleccionado
1	Meseta Norte	1	33	7
2	Valles de los ríos Tiétar y Alberche	1	9	2
3	La Mancha	1	17	0
4	Depresión del Guadalquivir	1	12	0
5	Sierra Morena	1	13	0
6	Cataluña litoral	1	5	0
7	Cataluña interior	1	3	0
A	Biar	1	2	0
B	Sierra de Bogarra/Alcaráz	1	2	0
C	Garrovillas	1	1	0
D	Marbella	1	1	0
E	Valverde de Leganés	1	1	0
Total		12	99	9

(UC= Unidades de Conservación; MB = Materiales De Base)

En el caso del pino piñonero, el mayor esfuerzo de conservación y manejo de los RGF se realiza en la región de procedencia de *Meseta Norte*, siendo las áreas de procedencia restringida las que menor representación tienen en este aspecto.

2) *Pinus halepensis*

Tabla 11: Unidades de conservación y Materiales de Base por Región de Procedencia de *Pinus halepensis*.

Cód.	Nombre	UC EUFORGEN	MB identificado	MB seleccionado
1	Alta Cataluña	1	5	0
2	Cataluña litoral	0	0	0
3	Cataluña interior	1	7	0
4	Bárdenas-Ribagorza	1	5	0
5	Ibérico aragonés	1	13	0
6	Monegros-Depresión del Ebro	1	21	0
7	Alcarria	1	12	1
8	La Mancha	1	12	0
9	Maestrazgo-Los Serranos	2	49	1
10	Levante interior	1	91	2
11	Litoral levantino	1	41	0
12	Pitiusas	1	4	0
13	Sudeste	1	3	0
14	Bética septentrional	1	27	0
15	Bética meridional	1	20	0
16	Cazorla	1	17	0
17	Sur	1	16	0
18	Mallorca	1	21	0
19	Repoblaciones Meseta norte	0	0	4
20	Menorca	0	1	0
Total		18	365	8

(UC= Unidades de Conservación; MB = Materiales De Base)

En pino carrasco, la mayor intensidad de monitorización de los RGF se produce en la zona de Levante y Maestrazgo, siendo la región de *Cataluña litoral* la única que carece de UCs y MBs establecidos.

3) *Pinus pinaster*

Tabla 12: Unidades de conservación y Materiales de Base por Región de Procedencia de *Pinus pinaster*

Cód.	Nombre	UC EUFORGEN	MB identificado	MB seleccionado
1a	Noroeste Costera	1	13	11
1b	Noroeste Interior	1	7	3
2	Sierra del Teleno	1	8	1
3	Sierra de Oña	4	5	1
4	Sierra de Gata-Las Hurdes	2	3	0
5	Bajo Tiétar	1	2	0
6	Sierra de Gredos	2	24	6
7	Sierra de Guadarrama	2	6	2
8	Meseta Castellana	1	90	8
9	Montaña de Soria-Burgos	1	19	2
10	Sistema Ibérico Central	2	2	0
11	Rodenaes de Molina	1	6	0
12	Serranía de Cuenca	1	28	4
13	Albarracín	1	13	0
14	Maestrazgo	1	3	1
15	Sierra de Espadán	4	16	0
16	Levante	1	11	1
17	Sierra de Segura-Alcaraz	1	41	1
18	Moratalla	1	4	0
19	Sierra Almijara-Nevada	3	5	0
20	Sierra Bermeja	2	5	0
A	Benicasim	2	2	0
B	Sierra de Pradell	2	0	0
C	Litoral Catalán	1	0	0
D	La Safor	1	3	0
E	Fuencaliente	1	1	0
F	Sierra de Oria	1	1	0
G	Serranía de Ronda	2	1	0
Total		44	319	41

(UC= Unidades de Conservación; MB = Materiales De Base)

Como en el caso del piñonero, el pino resinero dispone de su mayor intensidad de monitorización en las regiones de interior mientras que las áreas de procedencia restringida son las menos monitorizadas.

Errores en la localización de las Unidades de Conservación y Materiales de Base.

Al superponer las capas de puntos de las unidades de conservación y de los materiales de base de las especies del estudio con el MFE se comprobó que aproximadamente un tercio de éstas quedaba fuera de polígonos descritos como masa forestal. Por este motivo se estableció como referencia de precisión un buffer de 1 kilómetro de radio (= longitud del lado de la cuadrícula UTM) a partir de los puntos de las UC y MB y se volvió a superponer con el MFE. Los resultados, reflejados en la Tabla 13, muestran que, para la mayoría de los casos, la localización de estas unidades está dentro del radio de un kilómetro de proximidad con alguna masa forestal de su misma especie. Sin embargo, en el caso de los MB identificados del pino carrasco y en el caso de las UC de pino resinero, el error de localización es superior al kilómetro de distancia, manteniéndose en valores muy altos: 40% y casi el 35%, respectivamente.

Tabla 13: Errores de localización en Unidades de Conservación y Materiales de Base

Especie	Unidad	Total	Intersec. MFE	ε (%)	Buffer 1km	ε 1km (%)
<i>P. pinea</i>	UC	12	8	33.3	12	0.0
	MB identif	99	72	27.3	95	4.0
	MB selecc	9	9	0.0	9	0.0
<i>P. halepensis</i>	UC	19	14	26.3	19	0.0
	MB identif	365	219	40.0	219	40.0
	MB selecc	8	6	25.0	8	0.0
<i>P. pinaster</i>	UC	43	28	34.9	28	34.9
	MB identif	319	216	32.3	315	1.3
	MB selecc	41	39	4.9	41	0.0

(UC= Unidades de Conservación; MB = Materiales De Base; ε=error)

En la Figura 6 se puede ver la localización de los MB identificado de pino carrasco con cierto detalle en la RP *Levante interior*. Los puntos representan las coordenadas de localización de los MB y el círculo a su alrededor el buffer realizado de un km. En la imagen se puede apreciar los tres casos posibles: localizaciones situadas sobre poblaciones autóctonas, localizaciones situadas fuera de poblaciones pero en el que área del buffer intercepta alguna masa y localizaciones de MB alejadas de poblaciones, en ocasiones con distancias de varios kilómetros.

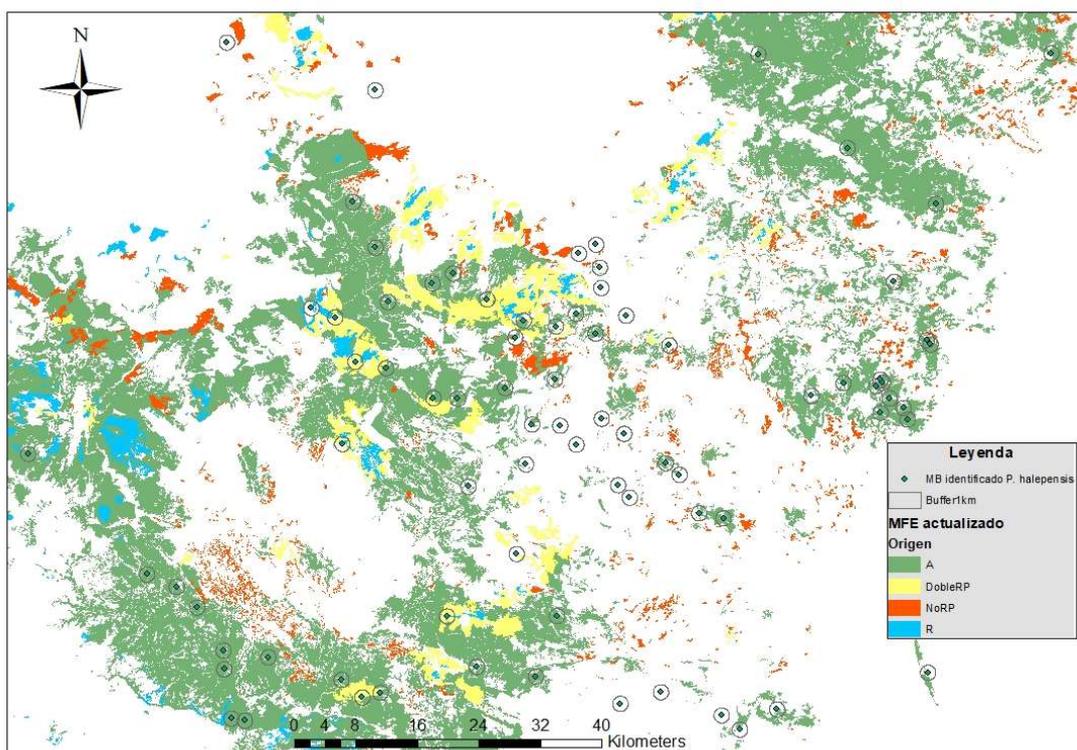


Figura 6: Localización de materiales de base identificado de *P. halepensis* en Levante interior

4.5.2. Indicadores nacionales para la diversidad genética

1) Número de poblaciones analizadas con marcadores moleculares.

Se calcularon diferenciando los análisis realizados con cloroplastos (cp) de aquellos realizados mediante isoenzimas (loci). El total de poblaciones analizadas según el primer método (cp) fueron: *P. pinea* 5, *P. halepensis* 13 y *P. pinaster* 38; mientras que los resultados para el segundo método (loci) fueron: *P. pinea* 7, *P. halepensis* 14 y *P. pinaster* 24.

2) Número de ensayos genéticos de procedencias.

Los resultados por especie fueron: *P. pinea* 1, *P. halepensis* 2 y *P. pinaster* 4.

3) Número de poblaciones representadas en ensayos genéticos.

Los resultados por especie y código de ensayo se muestran en la Tabla 14. Se debe tener en cuenta que los ensayos de procedencias no se refieren a regiones de procedencia sino a la procedencia (población) del material ensayado.

Tabla 14: Ensayos genéticos y número de poblaciones

Especie	Cód. Ensayo	Nº Total Proc.	Proc. Nacionales
<i>P. pinea</i>	P23PRO*	34	17
<i>P. halepensis</i>	F24GON	33	33
	P24CAN*	56	46
<i>P. pinaster</i>	P26CAT*	54	44
	F26MON	1	1
	F26SNP*	33	21
	F26SIE	1	1

* Ensayo internacional

Una vez identificadas las procedencias incluidas en más de un ensayo, la cantidad total de poblaciones ensayadas son: *P. pinea* 17, *P. halepensis* 52 y *P. pinaster* 47. Una información más detallada de las poblaciones ensayadas se puede encontrar en el Anexo II "Tablas".

5.- DISCUSIÓN

5.1. Actualización cartográfica

Una vez actualizados los mapas de las RPs, si se compara la superficie del conjunto de cada especie de la cartografía inicial con la cartografía actualizada con el MFE, se comprueba que en los tres casos la superficie de distribución de las RPs habría disminuido. Esta situación no es coherente con el aumento detectado de la superficie forestal española de en torno al 13%; dato calculado a partir de la superficie total publicada por el IFN3 (50.592.567 Ha) y la superficie total calculada a partir de la Foto Fija MFE (57.313.320 Ha). Analizando cada especie por separado se aprecian distintas situaciones.

5.1.1. Fuentes cartográficas

Con la actualización cartográfica de los mapas de RPs en base al MFE se produjo un desfase de superficies que afectaba a más del 25% de la superficie original. La posibilidad de que esta situación se debiera a errores o cambios de metodología en la cartografía nos llevó a analizar cómo se distribuía esta variación según las fuentes originales de los mapas de RP. El resultado parecía claro: prácticamente el 100% de este desfase se produce en poblaciones cuyas fuentes cartográficas originales son MFE50 y AND25. En la mayoría de estas poblaciones la especie aparecía clasificada como dominante por lo que no parece probable atribuir el error a una falta de identificación de la especie en la masa.

El análisis de este desfase en relación con el número total de polígonos por fuente, evidencia sin embargo que las fuentes con mayores divergencias (>30%) respecto al MFE son: IFN, MFRT y AND25 (Tabla 5). El hecho de que los mapas de RPs

originalmente se elaboraran a partir de diversas fuentes (algunas elaboradas a su vez a partir de otras fuentes), cada una con una metodología, escala y precisión distintas, puede ser una de las principales causas de las discrepancias con el MFE actual. Esta teoría es coherente con los resultados obtenidos para las masas desaparecidas con la actualización al mapa actual, según su grado de desaparición. Mientras el porcentaje en superficie de masas desaparecidas totalmente respecto a los mapas originales de RPs se sitúan en un umbral entre el 1,8 y el 4,2%, las masas con divergencias parciales lo hacen entre el 21,4 y el 24,6% (Tablas 2, 3 y 4). Eso significa que entre el 84 y el 93% (según especie) del desfase entre superficies está causado por diferencias de contorno entre de los viejos y nuevos polígonos. A pesar de que la precisión de cada fuente sea un dato desconocido, la sucesión y combinación de fuentes cartográficas habría podido provocar una amplificación de los errores singulares de cada fuente. Esta afirmación se sostiene en la teoría de propagación de errores, según la cual la interacción entre los errores parciales amplifica el error absoluto resultante.

5.1.2. *Pinus pinea*

La superficie ocupada por la especie ha aumentado si comparamos el conjunto de las RPs inicial con el dato extraído del MFE, que quedaría cubierto respecto al origen de las masas en casi un 86% (Tabla 2). Sin embargo, si nos fijamos en los mapas de las RPs originales, en torno al 42% de su superficie no estaría representada en la cartografía actual. Además, más del 30% de la superficie de distribución actual de la especie quedaría clasificada con doble origen (Autóctono y Repoblado) lo que indica que claramente hay un error importante, o bien en la adjudicación del origen de las poblaciones en los mapas de RPs originales o bien en el MFE que habría clasificado masas como homogéneas que en realidad no lo son.

El análisis por Regiones de Procedencia (Tabla 6) permite identificar aquellas en las que la actualización ha mostrado un menor solapamiento entre superficies, como por ejemplo *Cataluña interior* (código 7), donde la superficie incluida en la actualización no alcanza el 34% respecto a la cartografía original. Pero los casos que pudieran ser más alarmantes se encuentran en las regiones de Área Restringida ya que se trata de poblaciones que, como su propio nombre indica, cuentan con superficies reducidas comparadas con las demás RPs. Del análisis se destacan dos casos:

- *Biar* (código A): se trata de un área que no alcanza las nueve mil hectáreas y del que la actualización habría dejado fuera el 86%.
- *Marbella* (código D): con un área original de 559 ha, sólo un 9,7% de la superficie de la distribución inicial queda incluida en el MFE.

5.1.3. *Pinus halepensis*

La superficie de distribución de la especie según el MFE habría disminuido en más de 100000 hectáreas respecto a la cartografía inicial de las RPs. Comparando la superficie que tras la actualización habría quedado asignada a alguna RP con el mapa inicial de RPs, la disminución alcanza casi las 380000 hectáreas (lo que supone un 26% menos). Sin embargo, el grado de cobertura del MFE respecto al origen es superior al 90% y la superficie con un doble origen asignado es mucho menor que en el caso del piñonero, con el 14,4% (Tabla 3).

El análisis por regiones de procedencia muestra una situación más homogénea que en el caso del piñonero; en la mayoría de las regiones el nivel de solapamiento entre cartografía inicial y actual está en niveles superiores al 60%.

Un dato significativo en cuanto a la especie que se deduce del MFE es que mientras el pino carrasco supone la especie dominante en el 80% de su distribución, el mismo dato para las otras dos especies de pinos cae en torno al 60%. Aunque como se ha visto el grado de dominancia no está relacionado con las causas de divergencias

entre cartografías, sí confirma la tendencia de la especie a constituirse como especie primaria en las masas que puebla.

5.1.4. *Pinus pinaster*

En este caso la superficie de distribución de la especie habría disminuido en casi un 3% respecto a la superficie inicial de las RPs. Aunque el grado de cobertura en la cartografía actualizada en cuanto al origen es mayor del 90%, como en el caso del piñonero, el porcentaje de superficie con el origen duplicado es alto, sobre el 24% (Tabla 4). Este hecho también invita a reflexionar sobre el nivel de confianza de la cartografía disponible.

Como en el caso del piñonero, el mayor nivel de divergencia entre la cartografía original de las RPs y el MFE se da en un área de procedencia restringida. Para comprender mejor los motivos que podían causar estas divergencias se procedió a analizar más detenidamente los casos más llamativos utilizando ortofotografía como verificador (Fuente: Ortofotos máxima actualidad del PNOA).

Procedencia de área restringida de *Marbella* (*Pinus pinea*)

Esta área incluye dos zonas separadas, interior y litoral, que sirven para mostrar dos situaciones muy distintas al comparar los mapas originales de las RPs con la Foto Fija del MFE.

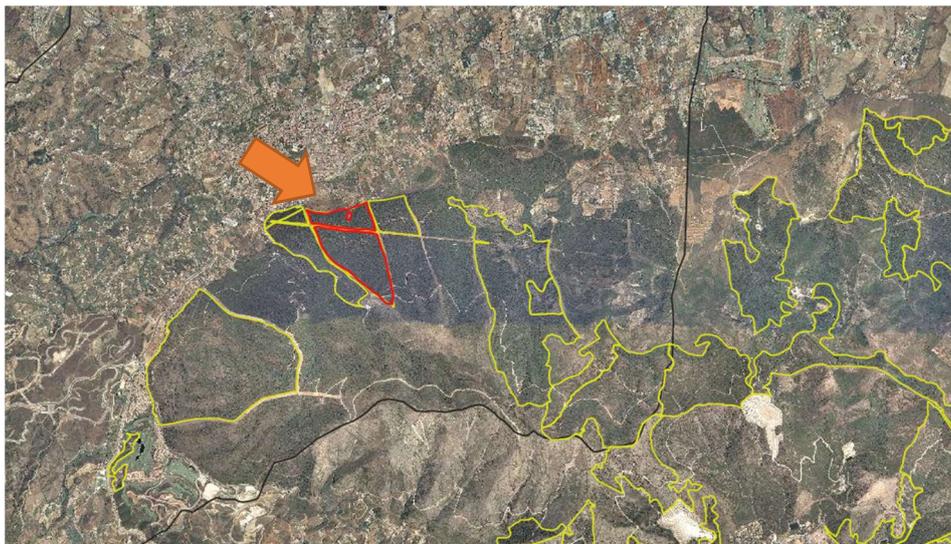


Foto 1: Área restringida de *Marbella*, zona interior.

En la fotografía, la línea negra delimita por el sur la zona interior del área de procedencia restringida, los polígonos en amarillo representan las masas incluidas en el MFE y el polígono en rojo (que coincide en ese caso con un polígono del MFE) es una población definida como Autóctona según el mapa de RPs original. Estamos ante un caso en el que tras la actualización quedaría un polígono clasificado como origen autóctono y varios polígonos sin origen definido.

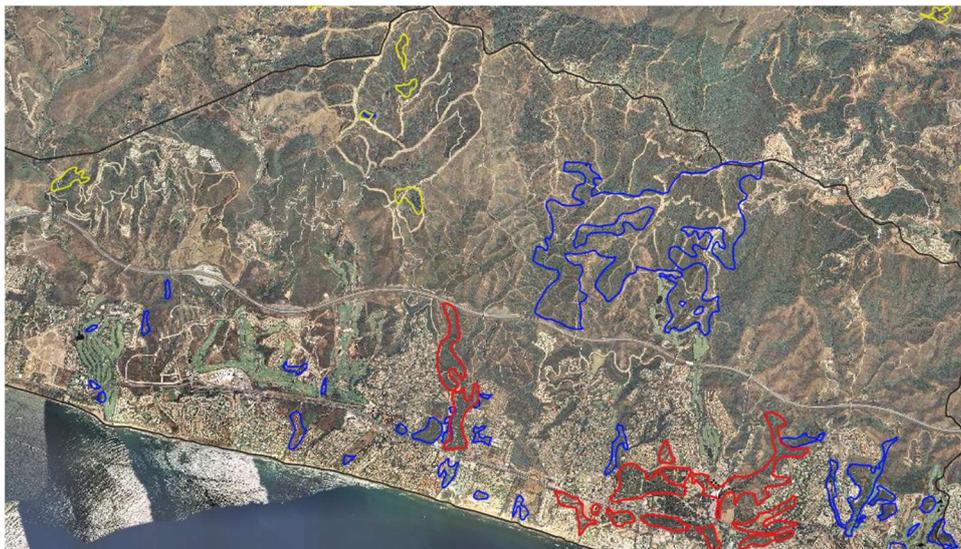


Foto 2: Área restringida de *Marbella*, zona litoral.

El caso de la zona de litoral es diferente: también aquí las líneas amarillas marcan los polígonos del MFE, las rojas las masas autóctonas y las azules las no autóctonas. Como se puede observar no se produce ninguna coincidencia entre cartografías. En este caso el MFE no ha conseguido recoger las poblaciones descritas por los mapas de las RPs, posiblemente por tratarse de un área muy urbanizada.

Procedencia de área restringida de *Biar* (*Pinus pinea*)

La fotografía muestra la zona sureste del área de *Biar* y se puede observar como los polígonos definidos por el MFE (en amarillo) acotan superficies menores que las áreas definidas como autóctonas por el mapa de RPs (en rojo). En el extremo inferior izquierda de la fotografía hay un polígono definido como autóctono (señalado) que sin embargo no se corresponde con una superficie arbolada si no con eras de cultivo. En este caso el MFE acierta en no incluirlo como polígono forestal. Sin embargo, observando el tercio superior de la fotografía parecería que los polígonos del MFE no recogen toda la extensión de la masa forestal que sin embargo el mapa de RP identifica como masa homogénea de origen autóctono.

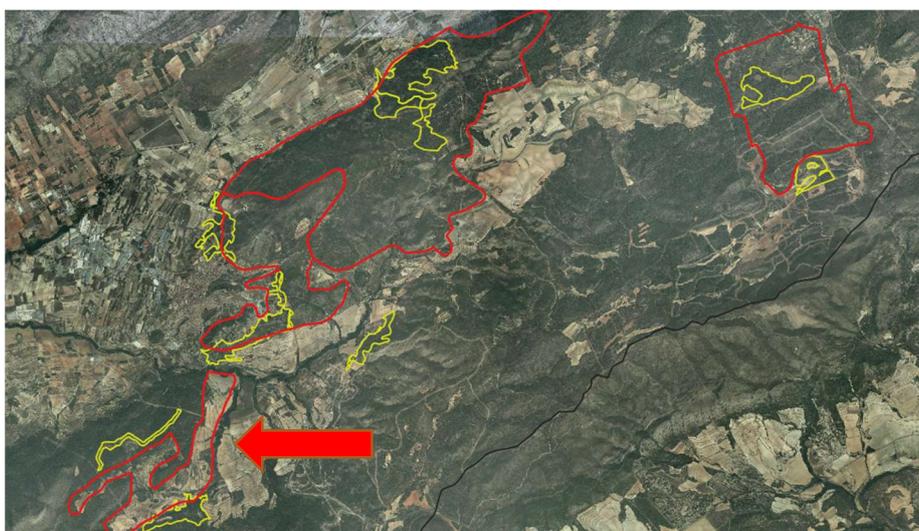


Foto 3: Área restringida de *Biar*.

Procedencia de área restringida La Safor (*Pinus pinaster*)

El caso de esta procedencia también ejemplifica las distintas situaciones aparecidas durante el proceso de actualización cartográfica.

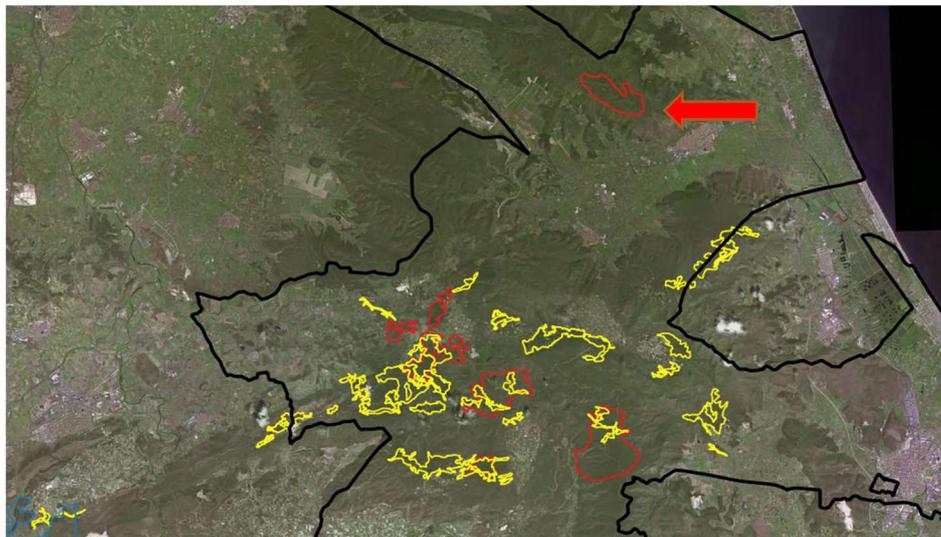


Foto 4: Área restringida de *La Safor*.

En la primera fotografía se observan polígonos definidos por el mapa de RPs (en rojo) que se corresponden con masa forestal pero que están clasificados por el MFE como “*especie desconocida en repoblación*”.

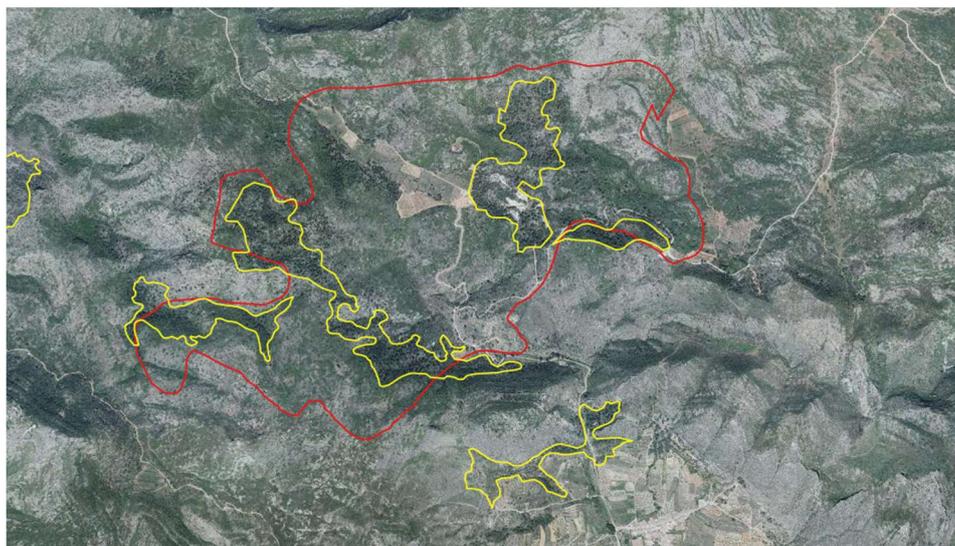


Foto 5: Área restringida de *La Safor*, detalle.

Aplicando un mayor detalle sobre la zona central de la RP, se observa como los polígonos del MFE (en amarillo) recogen con mayor precisión las masas forestales, mientras que el polígono original de la RP abarca una zona mucho mayor, incluyendo zonas que parecen deforestadas y campos de cultivo.

5.2. Indicadores

5.2.1. Indicadores EUFORGEN

Resulta difícil valorar los resultados obtenidos para las especies objeto de estudio sin disponer de unos valores de referencia estandarizados con los cuales realizar un estudio comparativo. Sin embargo, la *Pan-European strategy for genetic conservation*

of forest trees and establishment of a core network of dynamic conservation units (de Vries et al, 2015) presentó un estudio piloto que puede dar alguna referencia. Dicho estudio se basó en 14 especies de distribución europea con un total de 1836 unidades de conservación, incluida *P. halepensis* para la que definió 24 unidades de conservación. En base a ese dato, el número de unidades de conservación definidas en España para las tres especies de pinos, total *nb_units* = 74 (Tabla 9) parece un valor aceptable. Lo mismo sucede en lo relativo al grado de cobertura de ecozonas (en este caso de regiones de procedencia), ya que salvo para la RP de Cataluña Litoral en *P. halepensis*, todas las demás regiones quedan cubiertas con al menos una unidad de conservación. Es importante resaltar que, mientras EUFORGEN establece estos verificadores para cubrir las grandes regiones climáticas europeas, el hecho de tratar de monitorizar todas las regiones de procedencia en España supone un esfuerzo mayor al tratarse de sub-áreas climáticas (puede haber más de una región de procedencia por ecozona) y por tanto la variabilidad genética estaría monitorizada con mayor detalle.

En el caso del índice de seguridad (*ind_insurance*) la situación en cuanto al esfuerzo de monitorización de los RGF no es tan favorable, siendo *P. pinaster* la especie que presenta mayor número de unidades de conservación por ecozona.

En cuanto al potencial de producción de MFR las tres especies cuentan con un buen número de localizaciones de MB identificado, no así en lo relativo a MB seleccionado que además presenta un reparto muy desigual respecto a las RPs.

5.2.2. Indicadores nacionales

Al igual que con los indicadores europeos, es difícil valorar el grado de esfuerzo realizado en la monitorización de los RGF sin una referencia descrita. Si se comparan los verificadores entre las tres especies se podría concluir que la especie *P. pinea* estaría “desfavorecida” respecto a las otras dos en cuanto a poblaciones analizadas genéticamente, número de ensayos y cantidad de poblaciones ensayadas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que *P. pinea* es un caso especial en cuanto a su escasa variabilidad genética en toda su área de distribución natural, compensada con una gran plasticidad, por lo que, en comparación con otras especies, los ensayos de procedencias tendrían una menor justificación.

5.2.3. Errores de localización en indicadores

Para comprender las causas de los errores en la localización de los puntos de las UC y MB es conveniente comprender cómo se definen estas unidades. El criterio de selección de las UC cuando no existen estudios genéticos es el de incluir materiales catalogados como rodales selectos o fuentes semilleras (Alba et al. 2009), situación en la que coinciden con los MB. El alto índice de errores puede deberse en parte a una mala gestión de los sistemas de coordenadas. En la tabla de atributos de los materiales de base se incluyen las coordenadas longitud y latitud, así como las coordenadas UTM, sin embargo, el Datum utilizado no es constante para todos los puntos: se mezclan los sistemas ED50 y ETRS89, posiblemente debido a que los MB se definieron en base a estudios con diversidad de objetivos iniciados en los años 90. La falta de homogeneidad en el uso del sistema de coordenadas podría haber provocado errores en la creación de las capas de GIS, por ejemplo, dentro de un orden de alrededor de 200 metros de desplazamiento. Además, la localización de las fuentes semilleras se establece en función a las coordenadas del centro de la masa y dependiendo de la forma de ésta, su centroide puede no coincidir con un espacio cubierto por arbolado. En los casos de MB situados en fincas privadas es norma no dar las coordenadas exactas de las mismas y solamente se utiliza referencias sobre su localización.

Conviene remarcar que las UC están en fase de propuesta de inclusión y aún deben ser validadas por las Comunidades Autónomas por lo que es esperable que en ese trámite se subsanen los errores de localización.

6.- CONCLUSIONES

El estudio aporta una información cartográfica de las regiones de procedencia de las tres especies actualizada acorde con la Foto Fija del Mapa Forestal Español de máxima actualización, incorporando la información aportada por ésta. El estudio aporta también al MFE una información relativa al origen de las masas, así como el código de RP correspondiente, que se espera pueda ser incorporada en próximos inventarios forestales, de manera que los mapas de RPs se actualicen en un futuro de manera simultánea con el MFE. Esta tarea es especialmente importante debido a que el MFE es una cartografía de nivel superior a las RPs originales que dispone de una actualización periódica permanente sujeta al compromiso de las administraciones competentes.

Desde el punto de vista metodológico, el estudio proporciona una lógica de proceso y scripts que facilitan cierto nivel de automatización en las operaciones de actualización cartográfica y análisis de datos.

El análisis de los resultados revela un desajuste importante en la presencia y extensión de un número considerable de poblaciones entre los mapas originales de las RPs y el MFE. Las causas de estos desajustes parecen diversas: (1) Cambios en el uso del suelo: en este aspecto la actualización mediante el MFE corrige a la baja los mapas originales de las RPs; (2) Fuentes cartográficas de las RPs: las divergencias difieren en intensidad según la fuente original utilizada; (3) Cambios en el sistema de coordenadas: durante los sucesivos cambios de sistemas de coordenadas (de WGRS84 a ED50 y finalmente a ETRS89) pueden haberse cometido o acumulado errores significativos respecto al resultado final; (4) Carencias de identificación en la Foto Fija: el MFE no identifica el total de las poblaciones existentes como se ha visto en los ejemplos, o quizás son errores de identificación específica; (5) Poblaciones no incorporadas a los mapas de RPs: en este sentido la actualización realizada identifica aquellas poblaciones no incluidas en la cartografía original; (6) Errores en el origen de las masas: la actualización evidencia e identifica la existencia de contradicciones entre los mapas de RPs y el MFE en relación con la homogeneidad y/u origen de un número importante de poblaciones. Además, como ya se ha explicado en el apartado de Discusión, hay que tener en cuenta el efecto amplificador producto de la propagación de los distintos tipos de error.

El estudio relativo al desarrollo de los Indicadores de Conservación de los Recursos Genéticos Forestales aporta información sobre dos aspectos importantes. En cuanto a la valoración de los propios índices y verificadores, el resultado global es positivo si atendemos a las principales carencias detectadas por la Estrategia Paneuropea para la Conservación de los Recursos Genéticos Forestales: (1) Países sin unidades; (2) Países con unidades, pero sin datos compartidos (o sólo parcialmente) con EUFGIS portal; (3) Países con ecozonas sin unidades; (4) Carencia de conservación de diversidad genética neutral (ejemplo: no unidades en subregiones). El otro aspecto que destacar es la necesidad de realizar una revisión de las ubicaciones descritas para las UC y los MB debido al elevado número de errores detectado.

En definitiva, la hipótesis que planteaba el estudio, en cuanto a la fiabilidad de la información y precisión aportadas por el último IFN y el MFE como herramientas de actualización de los mapas de regiones de procedencia, es válida hasta cierto punto y queda patente la necesidad de incluir una serie de indicaciones para que futuros

inventarios o estudios específicos, ya sea a través de revisiones en campo o mediante técnicas de fotointerpretación, solventen las carencias en cuanto a identificación de poblaciones y asignación de origen. Resultaría especialmente relevante que estudios más específicos completaran con mayor nivel de detalle la actualización de aquellas áreas más restringidas o marginales con el objetivo de obtener un diagnóstico del estado actual y evolución de sus recursos genéticos, en aras de su conservación.

7.- AGRADECIMIENTOS

Es mi deseo aprovechar estas líneas para mostrar mi gratitud a aquellas personas que me han ayudado de alguna manera durante la realización de este trabajo final de máster. En primer lugar, quiero agradecer a mis tutores Ricardo Alía Miranda y José M. García del Barrio por toda la ayuda y tiempo dedicados a este estudio, su paciencia y cercanía. Quiero agradecer también al equipo del CIFOR y en concreto a Regina Chambel, Sven Mutke, David Sánchez de Ron y Jesús Martínez Fernández por su ayuda e información facilitada. También agradezco enormemente a David León Carbonero y al equipo DataForest por facilitarme el poder trabajar y cursar el máster de manera simultánea, así como a mis colegas de máster por su compañerismo ejemplar.

Agradezco de corazón a Sara, por estar incluso sin estar, y a mi familia por su comprensión y paciencia, especialmente a mi madre, consciente de que en este período me necesitaba más cerca.

A la memoria de Manuel Edgardo Peyrot.

8.- REFERENCIAS

- Alba, N., Alía, R., Diaz, R., Goicoechea, P., González-Martínez, S.C., Notivol, E., Maestro, C., Prada, A., Soto de Viana, A., Pulido, S. (2009). *Unidades de conservación genética: Criterios para la aprobación de las unidades, su identificación, seguimiento y gestión*. Documento de trabajo. Valsain. Estrategia Española para la conservación y el uso sostenible de los recursos genéticos forestales.
- Alberdi, I., Condés, S., Martínez-Millán J. (2010). Review of monitoring and assessing ground vegetation biodiversity in national forest inventories. *Environmental and Monitoring Assessment*, 164 (1-4), 649-676.
- Alberdi, I., Sandoval, V., Condés, S., Cañellas, I., Vallejo, R. (2016). El Inventario Forestal Nacional español, una herramienta para el conocimiento, la gestión y la conservación de los ecosistemas forestales arbolados. *Ecosistemas*, 25(3), 88-97.
- Alberto, F., Aitken, S., Alía, R., González-Martínez, S., Hanninenk, H., Kremer, A., Lefèvre, F., Lenorman, T., Yeaman, S., Whetten, R., Savolainen, O. (2013). Potential for evolutionary responses to climate change – evidence from tree populations. *Global Change Biology*, 19(6), 1-17. doi: 10.1111/gcb.12181.
- Alía, R., Fady, B., Díaz-Fernández, P.M., Chambel, R., González-Martínez, S., Iglesias, S. (2013). Criterios e indicadores genéticos para la gestión Forestal. Aplicaciones a inventarios nacionales y a unidades de gestión forestal. *Foresta*, 57, 42-53.
- Alía, R., García del Barrio, J. M., Iglesias Sauce, S., Mancha Núñez, J. A., de Miguel y del Ángel, J., Nicolás Peragón, J. L., Pérez Martín, F., Sánchez de Ron, D. (2009). *Regiones de procedencia de especies forestales en España*. Madrid. Organismo Autónomo Parques Nacionales.
- Alía, R., Martín, S., De Miguel, J., Galera, R.M., Agúndez, D., Gordo, J., Salvador, L., Catalán-Bachiller, G., Gil, L. (1996). *Las regiones de procedencia de Pinus pinaster Aiton*. Madrid. Organismo Autónomo Parques Nacionales.
- Auñón, F.J., Martínez-Fernández J., De Miguel J., Sánchez de Ron, D., Notivol, E., Alía, R., García del Barrio, J.M. (2017). *La transferencia de la investigación para el apoyo a la gestión forestal. La Unidad de SIG, Bases de Datos y Análisis territorial del INIA-CIFOR*. Conference paper. Plasencia. 7º Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencias Forestales. ISBN: 978-84-941695-2-6
- Baycheva, T., Inhaizer, H., Lier, M., Prins, K., Wolfslehner, B. (2013). *Implementing Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management in Europe*. European Forest Institute. ISBN: 978-952-5980-04-2.
- De Vries, S.M.G., Alan, M., Bozzano, M., Burianek, V., Collin, E., Cottrell, J., Ivankovic, M., Kelleher, C.T., Koskela, J., Rotach, P., Vietto, L., Yrjänä, L. (2015). *Pan-European strategy for genetic conservation of forest trees and establishment of a core network of dynamic conservation units*. Roma. Biodiversity International. ISBN 978-92-9255-029-5
- Díaz Fernández P., Jiménez P., Martín S. De Tuero M. & Gil L. (1995). *Regiones de Procedencia de Quercus robur L., Quercus petraea (Matt) Liebl y Quercus humilis Miller*. Madrid. ICONA.

Directiva 1999/105/CE del Consejo, de 22 de diciembre de 1999, sobre la comercialización de materiales forestales de reproducción. DOCE 11, de 15/01/2000, 17-40.

Gil, L., Díaz-Fernández, P.M., Jiménez, M.P., Roldán, M., Alía, R., Agúndez, D., De Miguel, J., Martín, S., De Tuero y Reina, M. (1996). *Las regiones de procedencia de Pinus halepensis Mill. En España*. Madrid. Organismo Autónomo Parques Nacionales.

Ihaka R. & Gentleman R. (1996). R: a language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 5, 299–314.

Lefèvre, F., Graudal, L., Rusanen, M., Vendramin, G.G., Fjellstad, K.B., Alía, R., Bozzano, M. (2019). *Revised indicator on genetic resources (4.6) of the pan-European criteria and indicators for sustainable forest management*. Report of EUFORGEN working group. EUFORGEN.

Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes. BOE 280 de 22/11/2003.

Prada, M.A., Gordo, J., De Miguel, J., Mutke, S., Catalán-Bachiller, G., Iglesias, S., Gil, L. (1997). *Las Regiones de procedencia de Pinus pinea L. en España*. Madrid. Organismo Autónomo Parques Nacionales.

Real Decreto 289/2003, de comercialización de materiales forestales de reproducción. BOE 058 de 08/03/2003, Sec 1, 9262-9299.

Riquelme, J.C., Ruiz, R., Gilbert, K. (2006). Minería de datos: Conceptos y Tendencias. Inteligencia Artificial. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 29, 11-18. ISSN: 1137-3601. © AEPIA (<http://www.aepia.org>).

Robla, E., Vallejo, R., De La Cita, J., Lerner, M. (2013). *Foto fija del Mapa Forestal de España: Actualización del MFE a un año de referencia*. Actas del Sexto Congreso Forestal Español. Vitoria-Gasteiz. Sociedad Española de Ciencias Forestales. ISBN: 978-84-937964-9-5

9.- PÁGINAS WEB

Infraestructura de Datos Espaciales de España:

https://www.idee.es/es_ES/web/guest/inicio

Instituto Geográfico Nacional: <http://www.ign.es/web/ign/portal>

Ministerio para la Transición Ecológica:

<https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/>

Red Española de Ensayos Genéticos Forestales: <https://sites.cita-aragon.es/genfored/es/bienvenido-al-sitio-web-genfored/>



Universidad de Valladolid

Máster

Gestión Forestal basada en Ciencia de Datos/
Forest Management based on Data Science
(DATAFOREST)

Actualización de las Regiones de
Procedencia y desarrollo de
Indicadores del Estado de
Conservación y Uso de los Recursos
Genéticos para tres especies del
género *Pinus*.

ANEXOS

Alumno/a: Carlos Guadaño Peyrot

Tutor/es: Ricardo Alía Miranda

José M. García del Barrio

Octubre, 2019

INDICE DE ANEXOS

ANEXO I: CARTOGRAFÍA.....	39
ANEXO II: TABLAS.....	51
ANEXO III: SCRIPTS R.....	59
ANEXO IV: PLAN DE GESTIÓN DE DATOS.....	74

ANEXO I: CARTOGRAFÍA

CONTENIDO:

Mapa 1: Regiones de Procedencia de *Pinus pinea* L. Plano inicial

Mapa 2: Regiones de Procedencia de *Pinus halepensis* M. Plano inicial

Mapa 3: Regiones de Procedencia de *Pinus pinaster* A. Plano inicial

Mapa 4: Regiones de Procedencia de *Pinus pinea* L. Plano actualizado

Mapa 5: Regiones de Procedencia de *Pinus halepensis* M. Plano actualizado

Mapa 6: Regiones de Procedencia de *Pinus pinaster* A. Plano actualizado

Mapa 7: Poblaciones desaparecidas tras actualización de mapas de RP de *Pinus pinea* L.

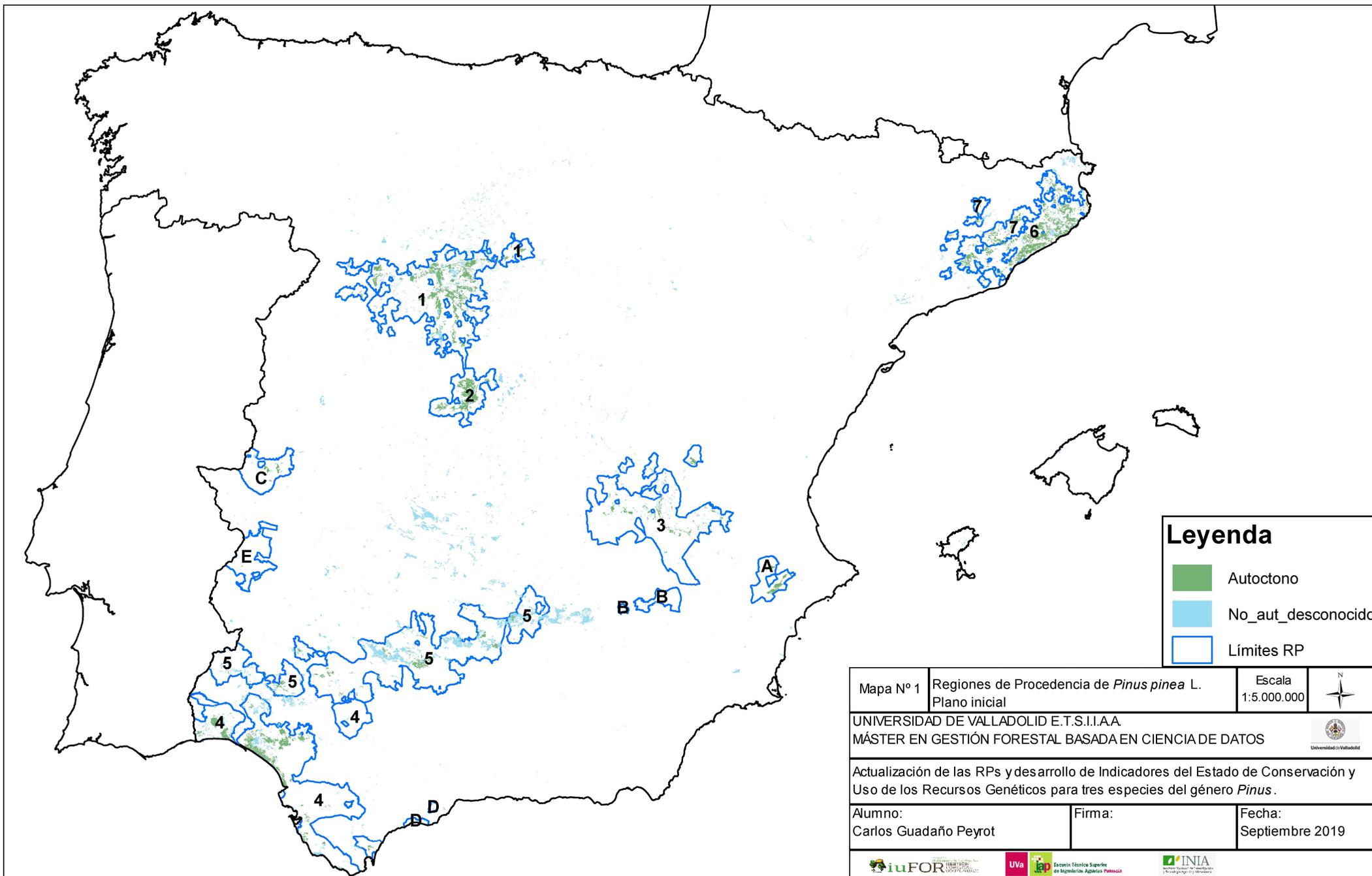
Mapa 8: Poblaciones desaparecidas tras actualización de mapas de RP de *Pinus halepensis* M.

Mapa 9: Poblaciones desaparecidas tras actualización de mapas de RP de *Pinus pinaster* A.

Mapa 10: Localización de Materiales de Base y Unidades de Conservación de *Pinus pinea* L.

Mapa 11: Localización de Materiales de Base y Unidades de Conservación de *Pinus halepensis* M.

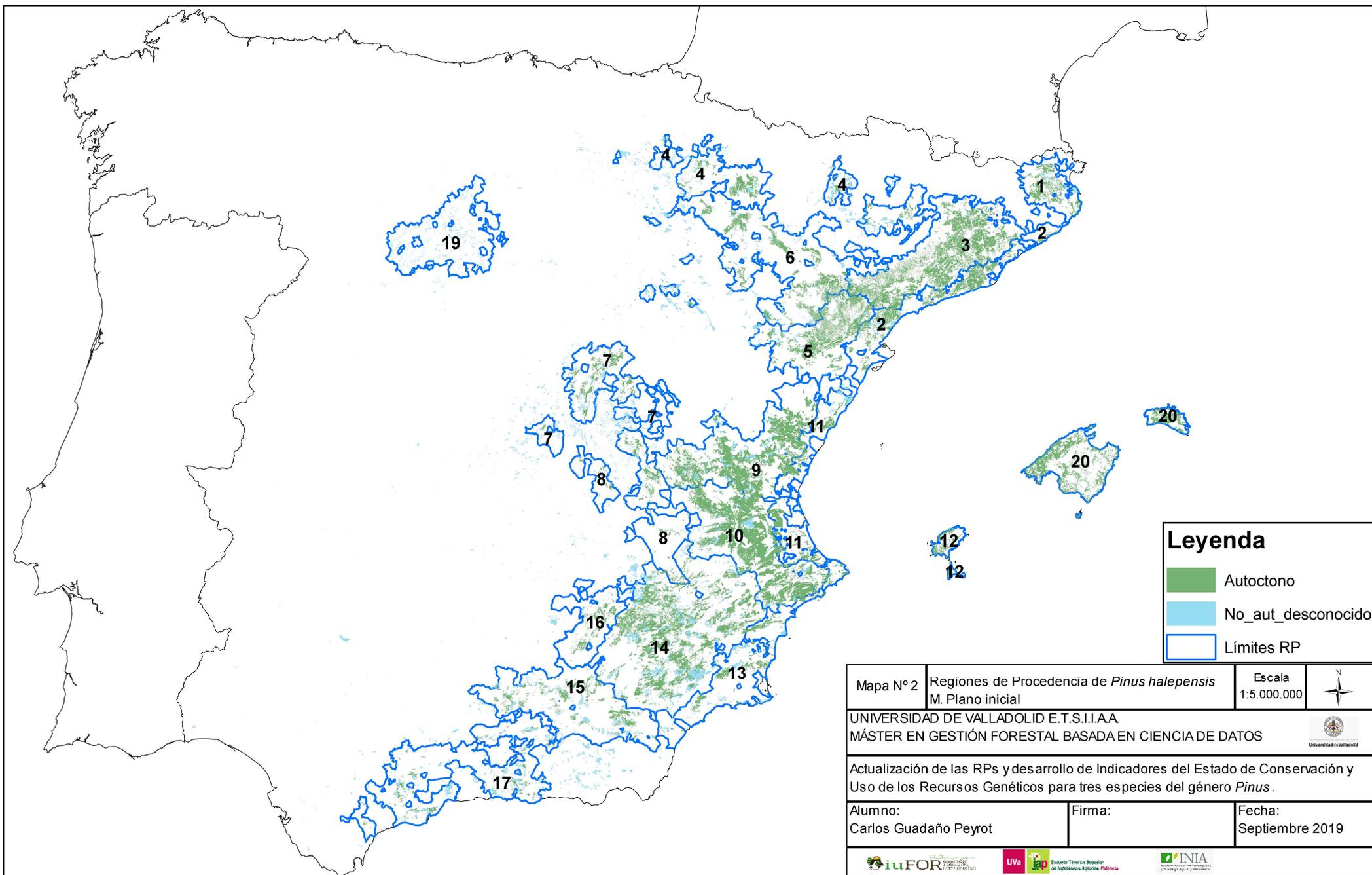
Mapa 12: Localización de Materiales de Base y Unidades de Conservación de *Pinus pinaster* A.

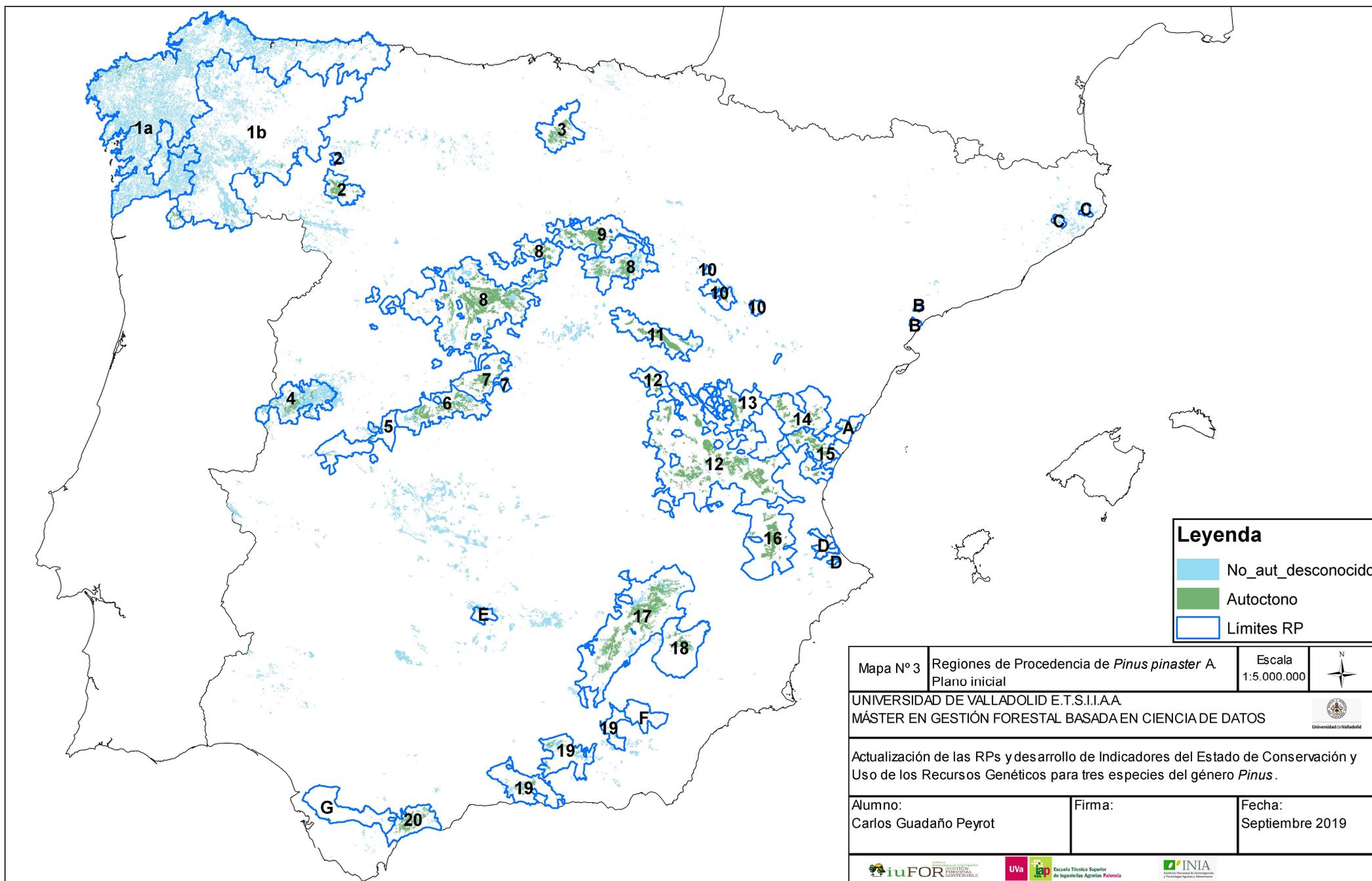


Leyenda

- Autoctono
- No_aut_desconocido
- Límites RP

Mapa Nº 1	Regiones de Procedencia de <i>Pinus pinea</i> L. Plano inicial	Escala 1:5.000.000	
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID E.T.S.I.I.A.A. MÁSTER EN GESTIÓN FORESTAL BASADA EN CIENCIA DE DATOS			
Actualización de las RPs y desarrollo de Indicadores del Estado de Conservación y Uso de los Recursos Genéticos para tres especies del género <i>Pinus</i> .			
Alumno: Carlos Guadaño Peyrot	Firma:	Fecha: Septiembre 2019	

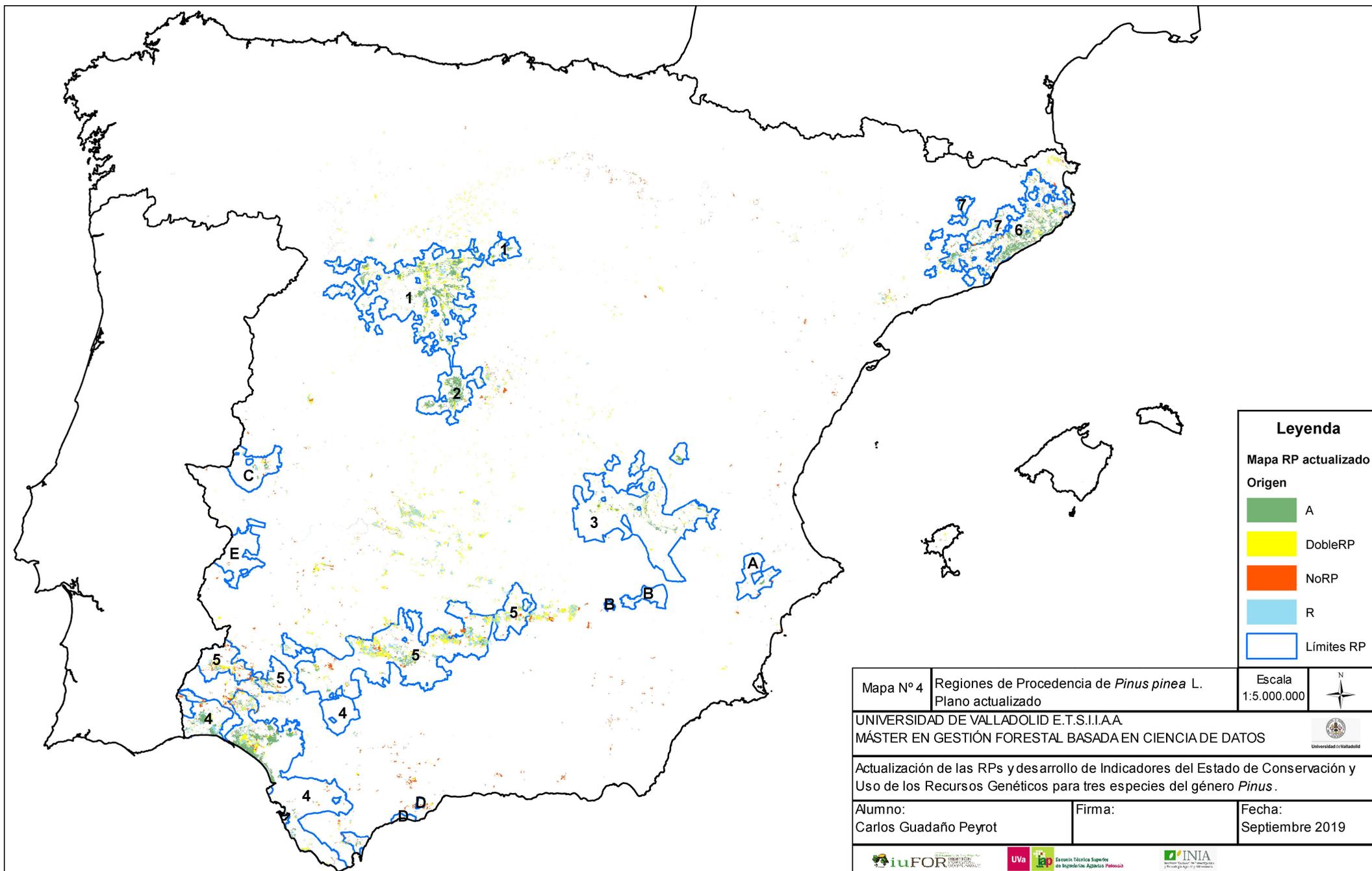




Leyenda

- No_aut_desconocido
- Autoctono
- Límites RP

Mapa Nº 3	Regiones de Procedencia de <i>Pinus pinaster</i> A. Plano inicial	Escala 1:5.000.000	N
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID E.T.S.I.I.A.A. MÁSTER EN GESTIÓN FORESTAL BASADA EN CIENCIA DE DATOS			 <small>Universidad de Valladolid</small>
Actualización de las RPs y desarrollo de Indicadores del Estado de Conservación y Uso de los Recursos Genéticos para tres especies del género <i>Pinus</i> .			
Alumno: Carlos Guadaño Peyrot	Firma:	Fecha: Septiembre 2019	



Legenda

Mapa RP actualizado

Origen

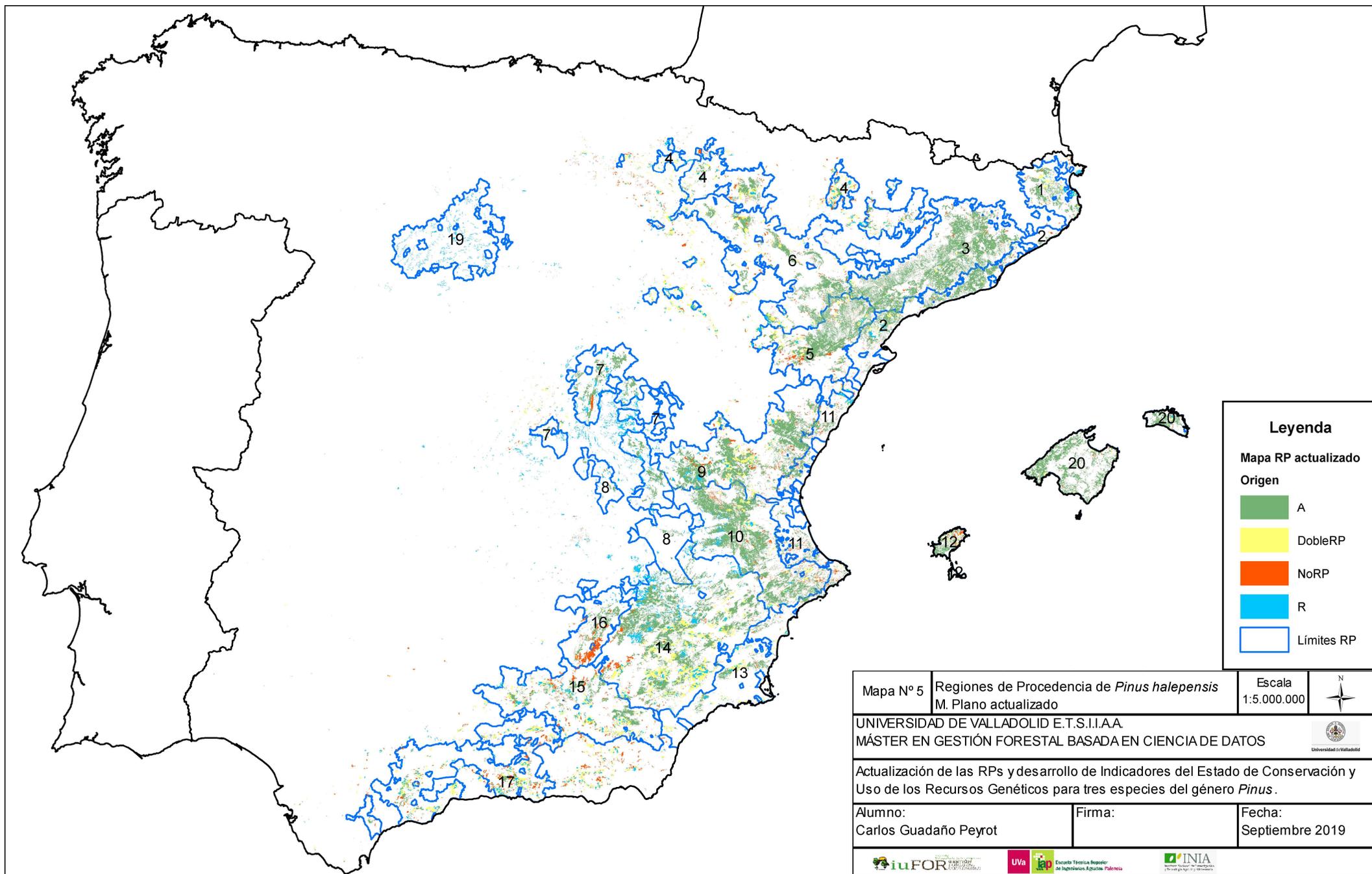
- A
- DobleRP
- NoRP
- R
- Límites RP

Mapa Nº 4	Regiones de Procedencia de <i>Pinus pinea</i> L. Plano actualizado	Escala 1:5.000.000	
-----------	---	-----------------------	---

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID E.T.S.I.I.A.A.
 MÁSTER EN GESTIÓN FORESTAL BASADA EN CIENCIA DE DATOS

Actualización de las RPs y desarrollo de Indicadores del Estado de Conservación y Uso de los Recursos Genéticos para tres especies del género *Pinus*.

Alumno: Carlos Guadaño Peyrot	Firma:	Fecha: Septiembre 2019
----------------------------------	--------	---------------------------



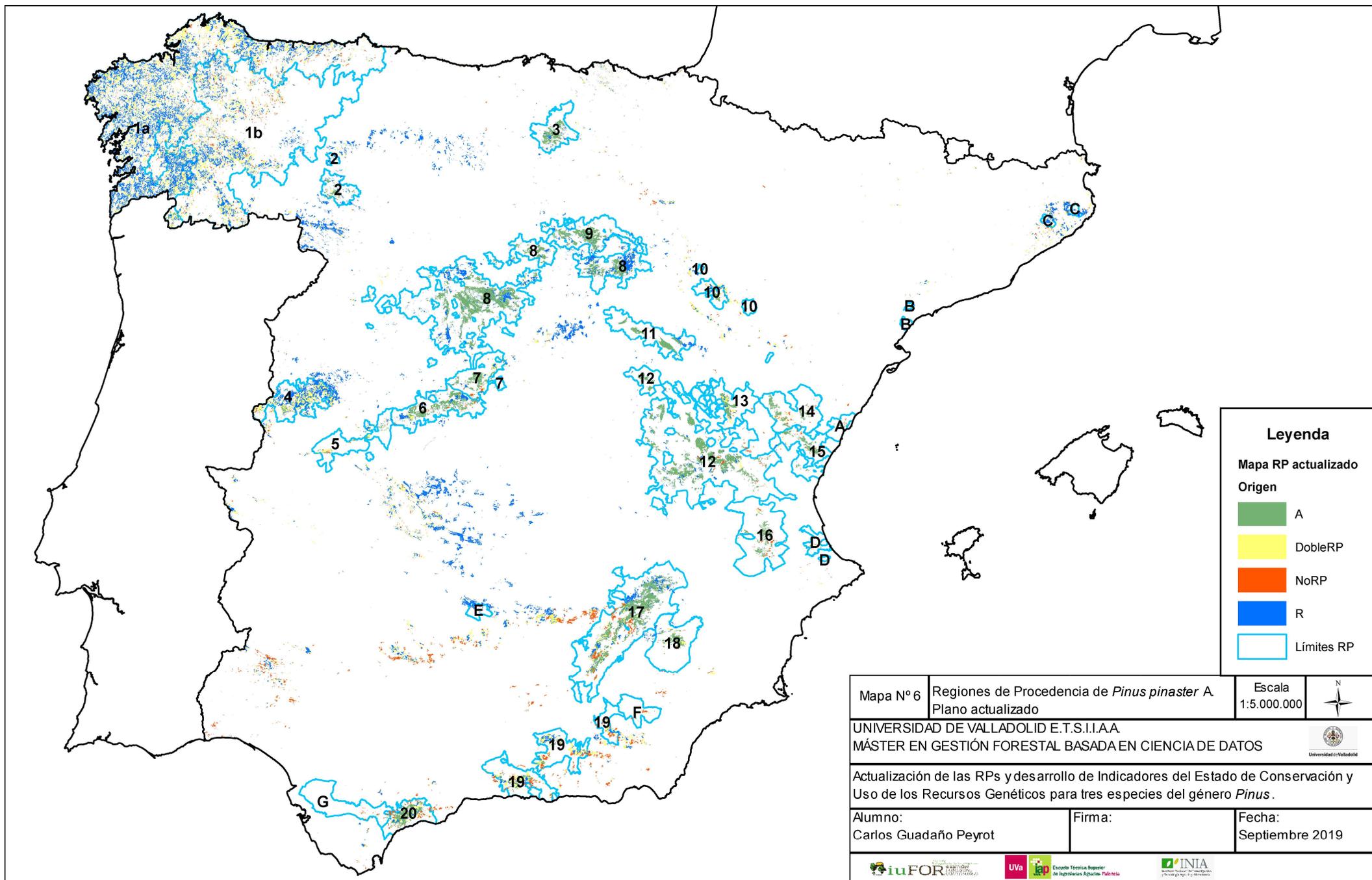
Legenda

Mapa RP actualizado

Origen

- A
- DobleRP
- NoRP
- R
- Límites RP

Mapa Nº 5	Regiones de Procedencia de <i>Pinus halepensis</i> M. Plano actualizado	Escala 1:5.000.000	
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID E.T.S.I.I.A.A. MÁSTER EN GESTIÓN FORESTAL BASADA EN CIENCIA DE DATOS			
Actualización de las RPs y desarrollo de Indicadores del Estado de Conservación y Uso de los Recursos Genéticos para tres especies del género <i>Pinus</i> .			
Alumno: Carlos Guadaño Peyrot	Firma:	Fecha: Septiembre 2019	
			

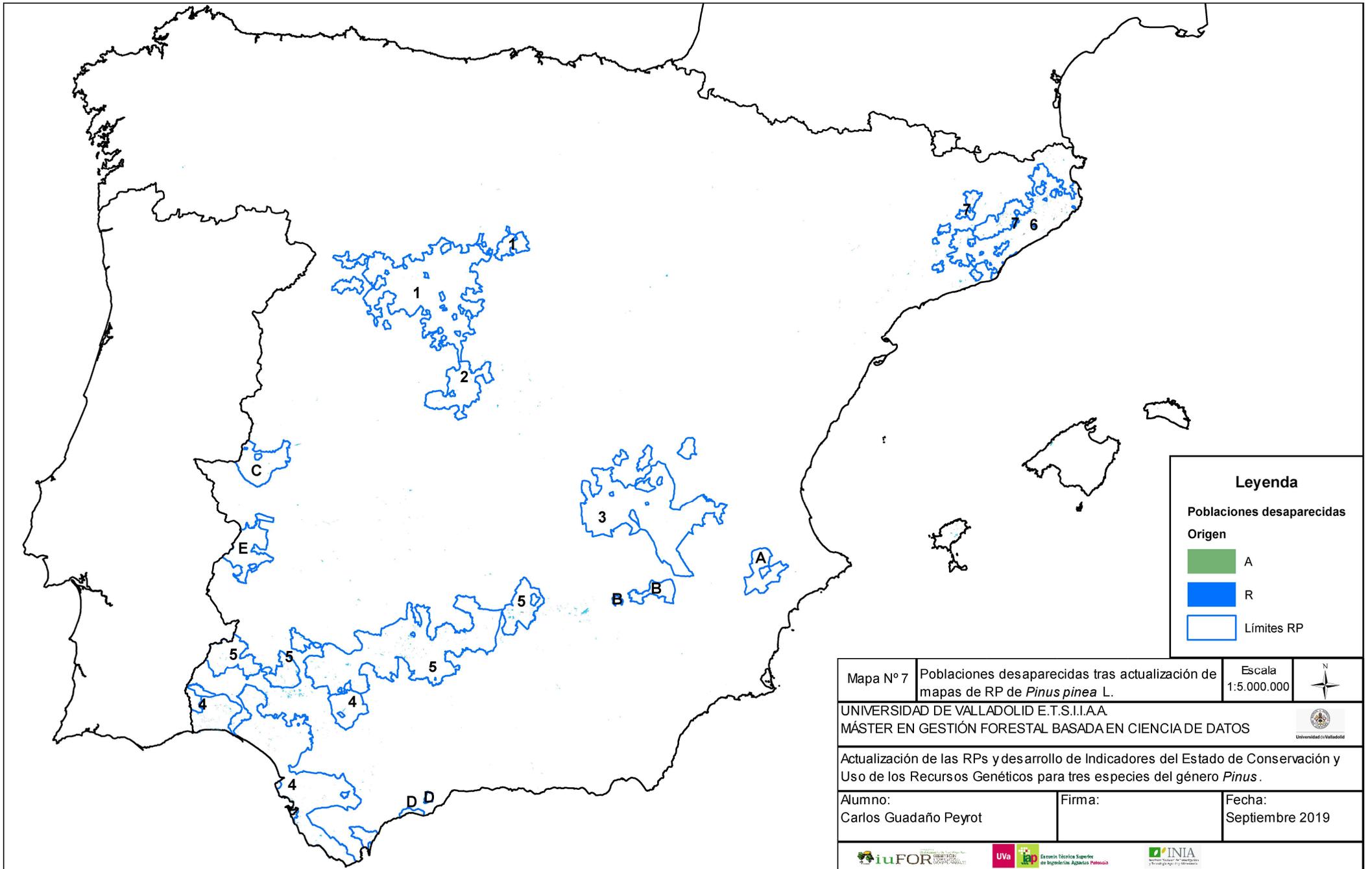


Mapa Nº 6	Regiones de Procedencia de <i>Pinus pinaster</i> A. Plano actualizado	Escala 1:5.000.000	N ↑
-----------	--	-----------------------	--------

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID E.T.S.I.I.A.A.
MÁSTER EN GESTIÓN FORESTAL BASADA EN CIENCIA DE DATOS

Actualización de las RPs y desarrollo de Indicadores del Estado de Conservación y Uso de los Recursos Genéticos para tres especies del género *Pinus*.

Alumno: Carlos Guadaño Peyrot	Firma:	Fecha: Septiembre 2019
----------------------------------	--------	---------------------------



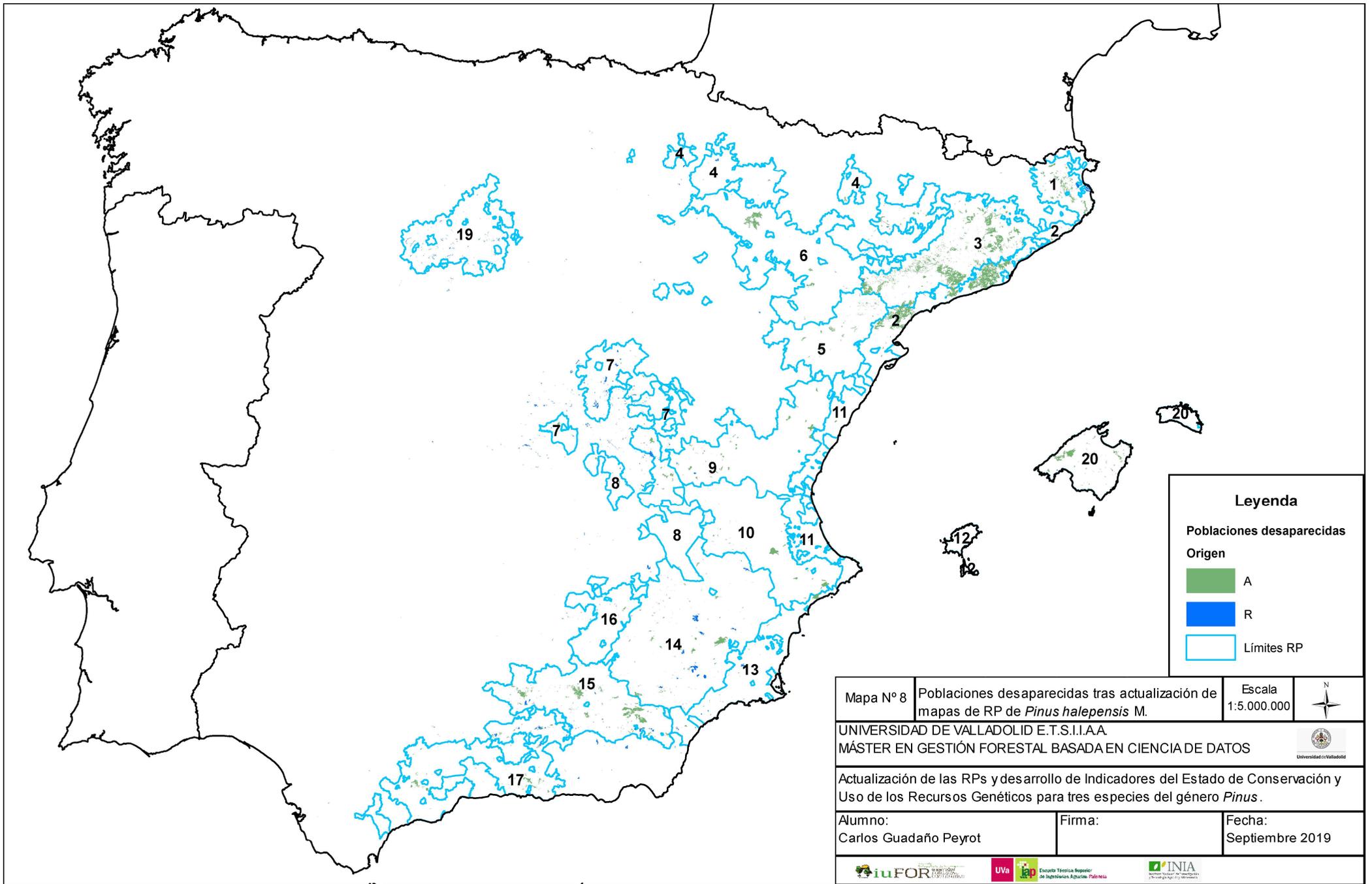
Leyenda

Poblaciones desaparecidas

Origen

- A
- R
- Límites RP

Mapa Nº 7	Poblaciones desaparecidas tras actualización de mapas de RP de <i>Pinus pinea</i> L.	Escala 1:5.000.000	N
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID E.T.S.I.I.A.A. MÁSTER EN GESTIÓN FORESTAL BASADA EN CIENCIA DE DATOS			 <small>Universidad de Valladolid</small>
Actualización de las RPs y desarrollo de Indicadores del Estado de Conservación y Uso de los Recursos Genéticos para tres especies del género <i>Pinus</i> .			
Alumno: Carlos Guadaño Peyrot	Firma:	Fecha: Septiembre 2019	
	<small>Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria y Forestal</small>		



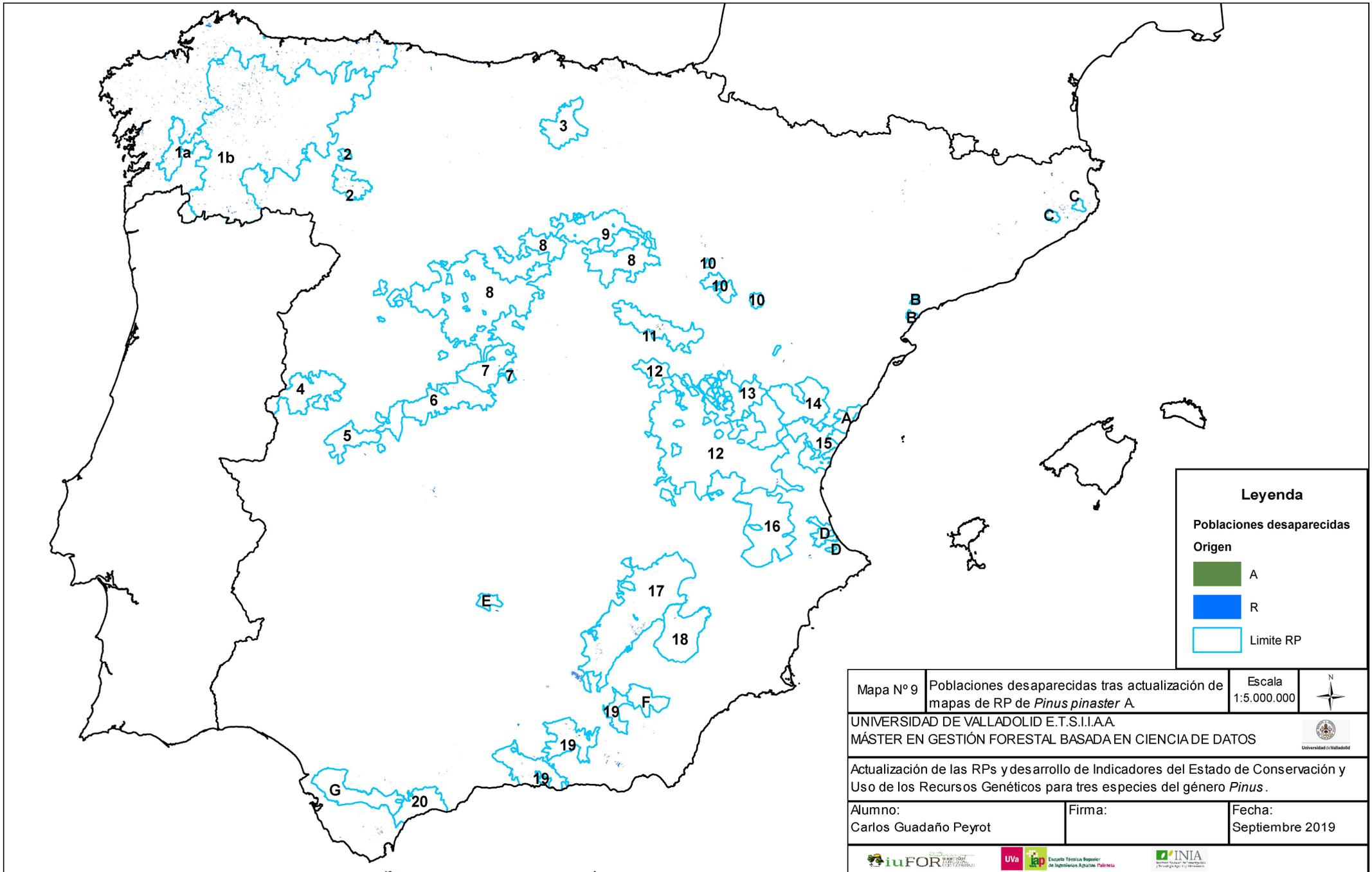
Leyenda

Poblaciones desaparecidas

Origen

- A
- R
- Límites RP

Mapa Nº 8	Poblaciones desaparecidas tras actualización de mapas de RP de <i>Pinus halepensis</i> M.	Escala 1:5.000.000	
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID E.T.S.I.I.A.A. MÁSTER EN GESTIÓN FORESTAL BASADA EN CIENCIA DE DATOS			
Actualización de las RPs y desarrollo de Indicadores del Estado de Conservación y Uso de los Recursos Genéticos para tres especies del género <i>Pinus</i> .			
Alumno: Carlos Guadaño Peyrot		Firma:	Fecha: Septiembre 2019
			



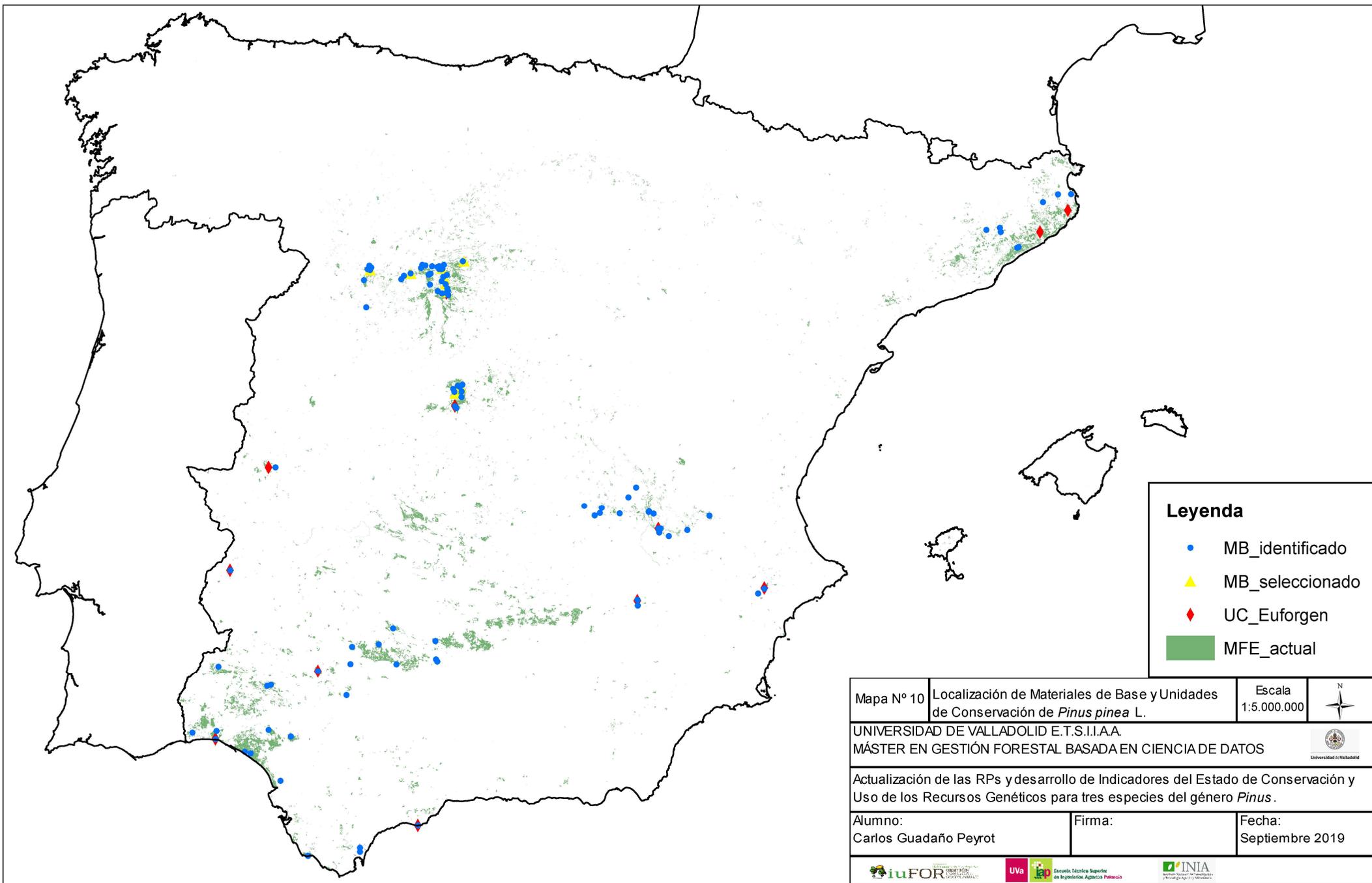
Leyenda

Poblaciones desaparecidas

Origen

- A
- R
- Limite RP

Mapa N° 9	Poblaciones desaparecidas tras actualización de mapas de RP de <i>Pinus pinaster</i> A.	Escala	N ↑ ↓ ← →
		1:5.000.000	
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID E.T.S.I.I.A.A. MÁSTER EN GESTIÓN FORESTAL BASADA EN CIENCIA DE DATOS			 Universidad de Valladolid
Actualización de las RPs y desarrollo de Indicadores del Estado de Conservación y Uso de los Recursos Genéticos para tres especies del género <i>Pinus</i> .			
Alumno: Carlos Guadaño Peyrot		Firma:	Fecha: Septiembre 2019
			



Legenda

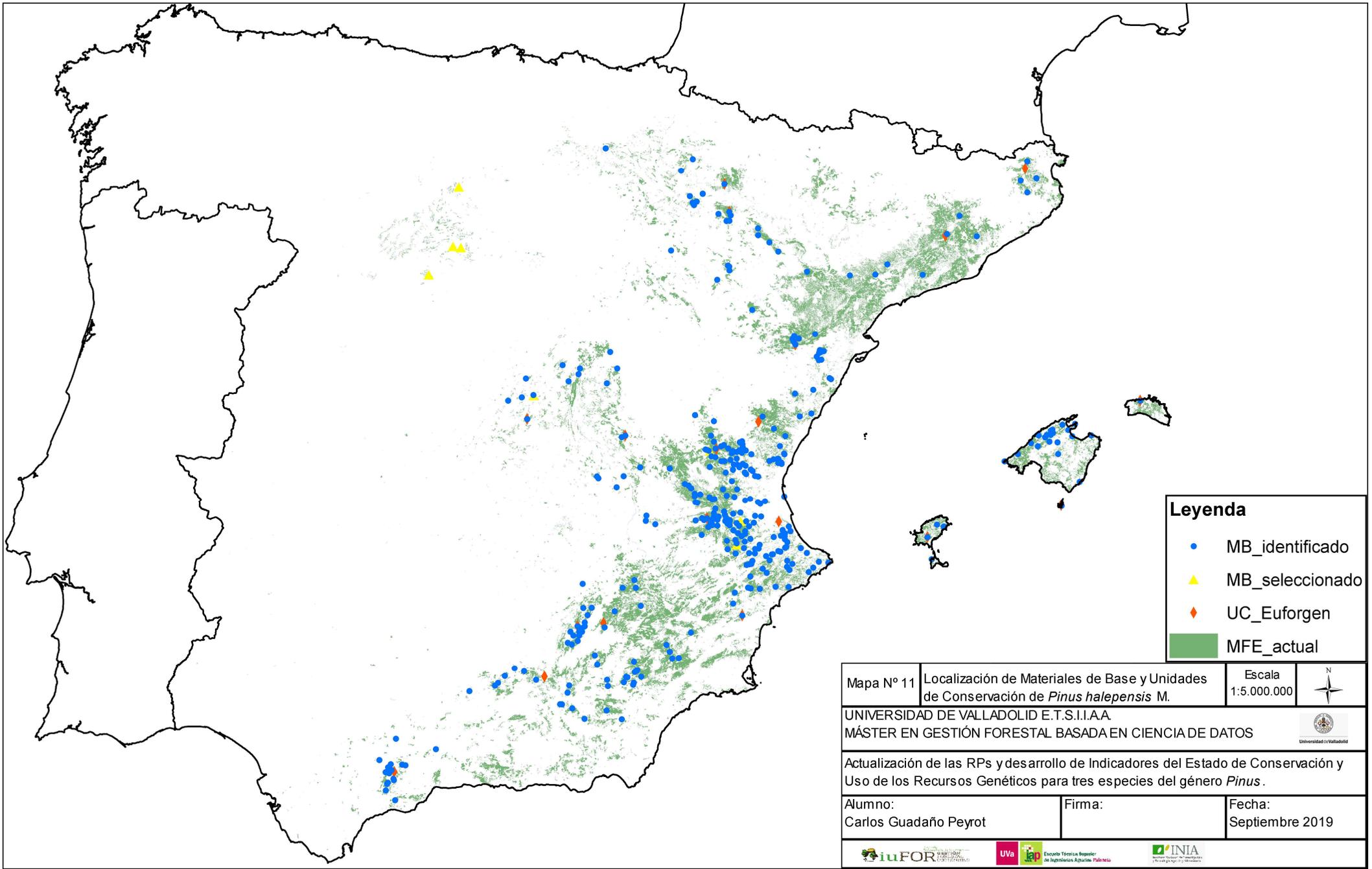
- MB_identificado
- ▲ MB_seleccionado
- ◆ UC_Euforgen
- MFE_actual

Mapa N° 10	Localización de Materiales de Base y Unidades de Conservación de <i>Pinus pinea</i> L.	Escala 1:5.000.000	N Compass rose
------------	--	-----------------------	-------------------

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID E.T.S.I.I.A.A.
MÁSTER EN GESTIÓN FORESTAL BASADA EN CIENCIA DE DATOS

Actualización de las RPs y desarrollo de Indicadores del Estado de Conservación y Uso de los Recursos Genéticos para tres especies del género *Pinus*.

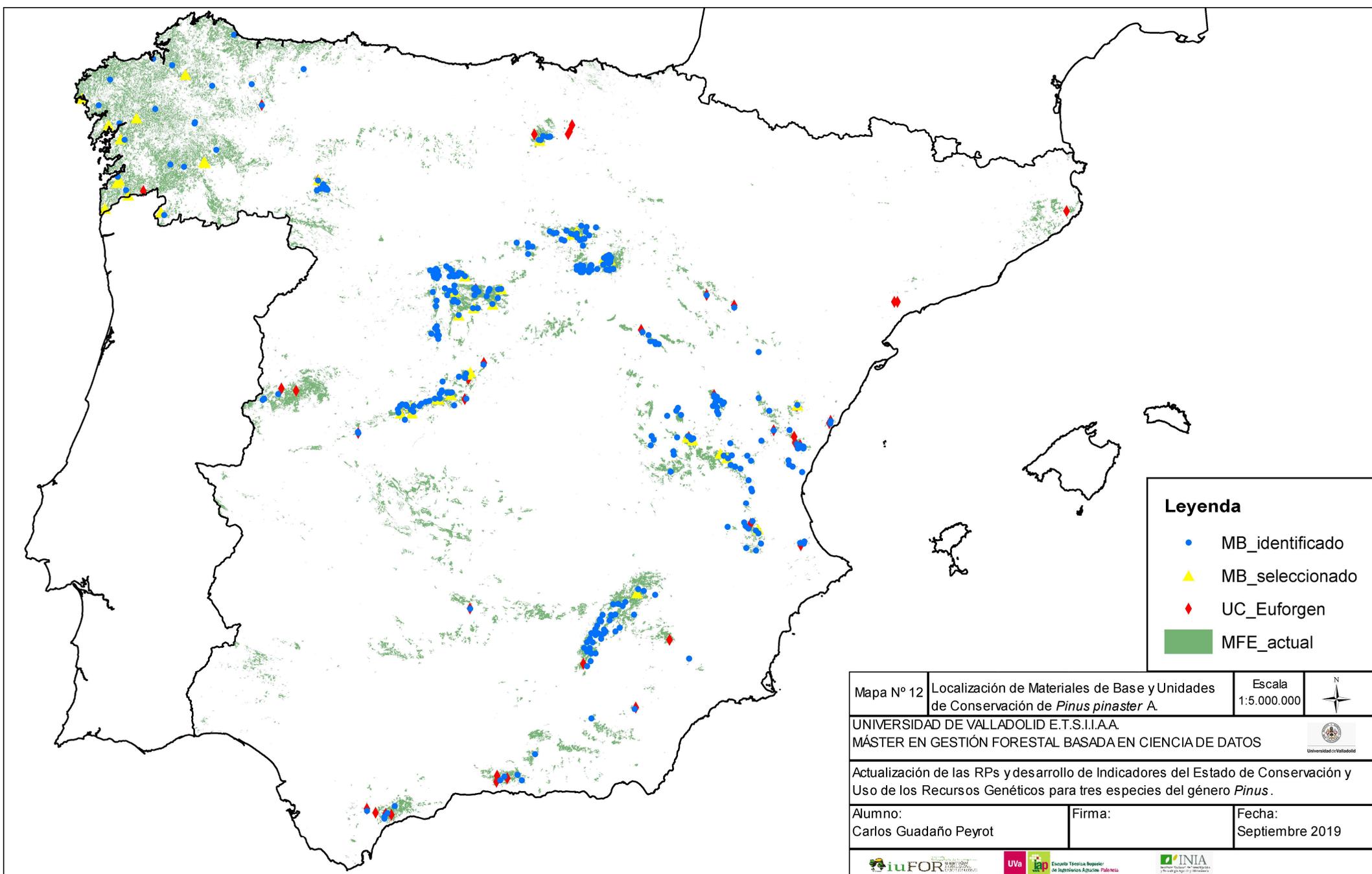
Alumno: Carlos Guadaño Peyrot	Firma:	Fecha: Septiembre 2019
----------------------------------	--------	---------------------------



Legenda

- MB_identificado
- ▲ MB_seleccionado
- ◆ UC_Euforgen
- MFE_actual

Mapa N° 11	Localización de Materiales de Base y Unidades de Conservación de <i>Pinus halepensis</i> M.	Escala 1:5.000.000	N Universidad de Valladolid
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID E.T.S.I.I.A.A. MÁSTER EN GESTIÓN FORESTAL BASADA EN CIENCIA DE DATOS			
Actualización de las RPs y desarrollo de Indicadores del Estado de Conservación y Uso de los Recursos Genéticos para tres especies del género <i>Pinus</i> .			
Alumno: Carlos Guadaño Peyrot	Firma:	Fecha: Septiembre 2019	



Leyenda

- MB_identificado
- ▲ MB_seleccionado
- ◆ UC_Euforgen
- MFE_actual

Mapa Nº 12	Localización de Materiales de Base y Unidades de Conservación de <i>Pinus pinaster</i> A.	Escala 1:5.000.000	N ↑
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID E.T.S.I.I.A.A. MÁSTER EN GESTIÓN FORESTAL BASADA EN CIENCIA DE DATOS			
Actualización de las RPs y desarrollo de Indicadores del Estado de Conservación y Uso de los Recursos Genéticos para tres especies del género <i>Pinus</i> .			
Alumno: Carlos Guadaño Peyrot	Firma:	Fecha: Septiembre 2019	

ANEXO II: TABLAS

CONTENIDO:

Tabla I: Estudio de polígonos desaparecidos total o parcialmente después de la actualización, según fuente cartográfica.	52
Tabla II: Estudio de polígonos totales y desaparecidos totalmente según fuente cartográfica.	53
Tabla III: Estudio de las poblaciones desaparecidas según dominancia de la especie en la masa.	54
Tabla IV: Unidades de conservación y de Materiales de base con error de localización superior al kilómetro de distancia de la masa más cercana.	55
Tabla V: Poblaciones analizadas con marcadores de cloroplastos.	56
Tabla VI: Poblaciones analizadas con marcadores de isoenzimas.	57
Tabla VII: Ensayos de procedencias y poblaciones representadas.	58

Tabla I: Estudio de polígonos desaparecidos total o parcialmente después de la actualización, según fuente cartográfica.

Especie	Reg. Proc.	Nivel de desap.	AND25		IFN		MF ARAGÓN		MF RIOJA		MFE50		MFRT		RIOJA		RP		Total		
			núm	%	núm	%	núm	%	núm	%	núm	%	núm	%	núm	%	núm	%		núm	%
<i>P. pinea</i>	Autóct.	Total	298	69.63	0	0.00	0	0.00	0	0.00	130	30.37	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	428
		Parcial	960	49.38	1	0.05	0	0.00	0	0.00	978	50.31	5	0.26	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1944
	No autóct.	Total	1570	75.12	3	0.14	8	0.38	8	0.38	497	23.78	4	0.19	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2090
		Parcial	1897	23.73	0	0.00	18	0.23	21	0.26	6051	75.69	7	0.09	0	0.00	0	0.00	0	0.00	7994
<i>P. halepensis</i>	Autóct.	Total	1178	54.59	50	2.32	62	2.87	0	0.00	642	29.75	226	10.47	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2158
		Parcial	1678	13.44	140	1.12	1149	9.20	2	0.02	8506	68.12	1009	8.08	2	0.02	0	0.00	0	0.00	12486
	No autóct.	Total	827	67.29	9	0.73	38	3.09	70	5.70	223	18.14	62	5.04	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1229
		Parcial	1474	29.97	26	0.53	638	12.97	283	5.75	2307	46.90	191	3.88	0	0.00	0	0.00	0	0.00	4919
<i>P. pinaster</i>	Autóct.	Total	67	48.91	4	2.92	0	0.00	0	0.00	41	29.93	22	16.06	2	1.46	1	0.73	1	0.73	137
		Parcial	681	41.05	50	3.01	50	3.01	0	0.00	769	46.35	106	6.39	3	0.18	0	0.00	0	0.00	1659
	No autóct.	Total	402	17.06	82	3.48	14	0.59	6	0.25	1484	62.96	369	15.66	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2357
		Parcial	1786	12.62	25	0.18	159	1.12	79	0.56	11942	84.39	160	1.13	0	0.00	0	0.00	0	0.00	14151
Total			12818	24.86	390	0.76	2136	4.14	469	0.91	33570	65.12	2161	4.19	7	0.01	1	0.00	1	0.00	51552

Reg. Proc. = Región de Procedencia; *Autóct.* = Autóctono; *No autóct.* = No autóctono; *núm* = número; Σ = suma.

Tabla II: Estudio de polígonos totales y desaparecidos totalmente según fuente cartográfica.

Especie	Origen	AND25		IFN		MF_ARAGON		MF_RIOJA		MFE50		MFRT		RP		
		Total	Desap	Total	Desap	Total	Desap	Total	Desap	Total	Desap	Total	Desap	Total	Desap	
		E (%)		E (%)		E (%)		E (%)		E (%)		E (%)		E (%)		
P. pinea	Autoctono	1181	296	1	0	0	0	0	0	0	2104	130	5	0	0	0
	No aut	3397	1570	3	3	8	30.8	8	27.6	6347	497	11	4	36.4	0	0
P. halep	Autoctono	3001	1178	182	50	62	5.3	2	0.0	11139	642	1081	226	20.9	0	0
	No aut	2323	827	33	9	38	6.3	70	19.0	7159	223	218	62	28.4	0	0
P. pinaster	Autoctono	979	67	50	4	51	0	5	0.0	3087	41	127	22	17.3	1	100
	No aut	2286	402	109	82	14	8.6	92	6.5	20299	1484	531	369	69.5	0	0
Total		13167	4340	33.0	148	39.2	6.1	497	16.9	50135	3017	1973	683	34.6	1	100

Desap. = Desaparecidos; *E* = Error en %; *No aut.* = no autóctonos

Tabla III: Estudio de las poblaciones desaparecidas según dominancia de la especie en la masa.

Especie	Región de Procedencia	Nivel de desaparición	Dominancia				
			D ¹	%	Nd ²	%	Σ ³
Pinus pinea	Autóctona	Total	313	73.13	115	26.87	428
		Parcial	1329	68.36	615	31.64	1944
	No autóctona	Total	1560	74.64	530	25.36	2090
		Parcial	5624	70.35	2370	29.65	7994
Pinus halep	Autóctona	Total	1721	79.75	437	20.25	2158
		Parcial	9796	78.47	2688	21.53	12484
	No autóctona	Total	1061	86.33	168	13.67	1229
		Parcial	4380	89.04	539	10.96	4919
Pinus pinaster	Autóctona	Total	99	72.26	38	27.74	137
		Parcial	1134	68.35	525	31.65	1659
	No autóctona	Total	1397	59.27	960	40.73	2357
		Parcial	8859	62.60	5292	37.40	14151
Total			37273	72.30	14277	27.70	51550

¹ Dominante; ² No dominante; ³ Suma.

Tabla IV: Unidades de conservación y de Materiales de base con error de localización superior al kilómetro de distancia de la masa más cercana.

Especie	Clasificación	Código Unidades fuera del rango de 1 km			
P. pinea	MB identificado ¹	FS-23/B/02/001	FS-23/C/10/001	FS-23/D/29/001	FS-23/05/41/001
		FS-24/16/23/014	FS-24/05/12/006	FS-24/05/12/028	FS-24/09/46/033
		FS-24/11/46/030	FS-24/09/46/014	FS-24/05/12/029	FS-24/09/46/034
		FS-24/04/31/003	FS-24/09/46/015	FS-24/05/12/030	FS-24/11/46/020
		FS-24/04/50/001	FS-24/09/46/029	FS-24/05/12/031	FS-24/11/46/012
		FS-24/11/46/031	FS-24/16/23/010	FS-24/05/12/032	FS-24/11/46/014
		FS-24/16/23/015	FS-24/01/17/004	FS-24/05/12/033	FS-24/11/46/015
		FS-24/06/50/007	FS-24/09/46/026	FS-24/05/12/034	FS-24/11/46/016
		FS-24/09/12/002	FS-24/09/46/016	FS-24/05/12/035	FS-24/17/29/004
		R-24/06/50/002	FS-24/06/50/003	FS-24/05/12/036	FS-24/11/46/018
		R-24/06/50/001	FS-24/17/29/002	FS-24/05/12/037	FS-24/11/03/002
		FS-24/13/30/001	FS-24/05/12/001	FS-24/05/12/038	FS-24/10/46/067
		FS-24/14/30/006	FS-24/05/12/002	FS-24/05/12/039	FS-24/10/46/068
		FS-24/14/30/001	FS-24/05/12/003	FS-24/05/12/040	FS-24/10/46/069
		FS-24/10/03/013	FS-24/05/12/004	FS-24/05/12/041	FS-24/10/46/070
		FS-24/14/30/005	FS-24/05/12/005	FS-24/05/12/042	FS-24/10/46/071
		FS-24/14/30/003	FS-24/05/12/006	FS-24/05/12/043	FS-24/11/03/001
		FS-24/08/16/008	FS-24/05/12/007	FS-24/05/12/044	FS-24/11/03/004
		FS-24/10/46/056	FS-24/05/12/008	FS-24/05/12/045	FS-24/11/03/005
		P. halepensis	MB identificado	FS-24/08/02/001	FS-24/05/12/009
FS-24/07/16/001	FS-24/05/12/010			FS-24/05/12/047	FS-24/11/46/019
FS-24/08/16/005	FS-24/05/12/011			FS-24/05/12/048	FS-24/11/12/002
FS-24/07/28/001	FS-24/05/12/012			FS-24/05/12/049	FS-24/10/46/037
FS-24/10/46/048	FS-24/05/12/013			FS-24/05/12/050	FS-24/10/46/039
FS-24/10/46/049	FS-24/05/12/014			FS-24/05/44/049	FS-24/10/46/040
FS-24/10/46/050	FS-24/05/12/015			FS-24/05/44/050	FS-24/10/46/041
FS-24/10/46/051	FS-24/05/12/016			FS-24/05/44/051	FS-24/11/46/013
FS-24/10/46/053	FS-24/05/12/017			FS-24/05/44/052	FS-24/10/46/063
FS-24/07/19/001	FS-24/05/12/018			FS-24/10/46/007	FS-24/11/46/003
FS-24/09/46/004	FS-24/05/12/019			FS-24/15/18/001	FS-24/11/46/004
FS-24/09/46/001	FS-24/05/12/020			FS-24/16/02/001	FS-24/10/46/043
FS-24/06/50/011	FS-24/05/12/021			FS-24/16/23/002	FS-24/11/03/006
FS-24/06/50/014	FS-24/05/12/022			FS-24/16/23/005	FS-24/10/03/011
FS-24/08/16/006	FS-24/05/12/023			FS-24/09/46/037	FS-24/10/46/055
FS-24/06/50/013	FS-24/05/12/024			FS-24/09/46/036	FS-24/11/12/003
FS-24/09/16/002	FS-24/05/12/025			FS-24/18/07/020	FS-24/10/46/002
FS-24/17/29/010	FS-24/05/12/026			FS-24/18/07/021	
FS-24/05/12/005	FS-24/05/12/027			FS-24/20/07/001	
P. pinaster	MB identificado			FS-26/18/30/002	FS-26/18/30/004
	UC Euforgen ²	EU/026/19/29/001	UP/026/11/19/001	EU/026/B/43/002	UP/026/01A/36/001
		EU/026/19/29/003	EU/026/E/13/001	UP/026/14/12/001	UP/026/01B/36/001
		EU/026/G/29/001	UP/026/08/40/001	EU/026/15/12/002	EU/026/03/01/002
		EU/026/G/29/002	UP/026/09/42/001	EU/026/16/46/001	EU/026/03/01/003

¹Material de Base identificado; ²Unidades de Conservación incluidas en EUFORGEN

Tabla V: Poblaciones analizadas con marcadores de cloroplastos

COD_10X10¹	COD_10X10_X²	COD_10X10_Y³	Especies
30SUF37	-4.90456953	36.76053853	P. halepensis
30SVF17	-4.00848346	36.77151093	P. halepensis
30SVG87	-3.22680597	37.67697585	P. halepensis
30SWG88	-2.09172530	37.76382695	P. halepensis
30SWH43	-2.54305614	38.21708343	P. halepensis
30SXH32	-1.51696760	38.11848502	P. halepensis
30SXJ53	-1.26519056	39.10625018	P. halepensis
30S XK50	-1.24948571	39.73670700	P. halepensis
30SYK00	-0.66637932	39.72644584	P. halepensis
30TVK73	-3.35155443	40.01967374	P. halepensis
30TXM74	-0.95075327	41.89365977	P. halepensis
31TCG91	1.67933197	41.63415042	P. halepensis
31TDG87	2.75781465	42.18189029	P. halepensis
29TNG56	-8.39540759	42.09048877	P. pinaster
29TNH28	-8.75393697	43.17249729	P. pinaster
29TQE07	-6.64478461	40.35659841	P. pinaster
29TQG28	-6.33356094	42.24120310	P. pinaster
30STF94	-5.34419402	36.48230158	P. pinaster
30SUF14	-5.12108306	36.48647816	P. pinaster
30SUH95	-4.25958711	38.39145335	P. pinaster
30SVF17	-4.00848346	36.77151093	P. pinaster
30SVG62	-3.45089374	37.22564863	P. pinaster
30SWG09	-3.00000000	37.85745907	P. pinaster
30SWH34	-2.65686624	38.30759585	P. pinaster
30SWH34	-2.65686624	38.30759585	P. pinaster
30SWH90	-1.97571579	37.94313101	P. pinaster
30SWJ99	-1.95090889	39.65506680	P. pinaster
30SXJ73	-1.03400227	39.10257965	P. pinaster
30S XK12	-1.71280036	39.92296331	P. pinaster
30SYJ21	-0.46268248	38.91135059	P. pinaster
30SYK22	-0.42651885	39.90154257	P. pinaster
30TTK73	-5.69386857	39.98888791	P. pinaster
30TUK15	-5.23161355	40.17888570	P. pinaster
30TUK75	-4.52718485	40.19032518	P. pinaster
30TUK76	-4.52920989	40.28038742	P. pinaster
30TUK86	-4.41161358	40.28188213	P. pinaster
30TUK88	-4.41537786	40.46201162	P. pinaster
30TUL76	-4.54997143	41.18092760	P. pinaster
30TUL78	-4.55423776	41.36101764	P. pinaster
30TVK08	-4.17953373	40.46465929	P. pinaster
30TVM93	-3.12041190	41.82181623	P. pinaster
30TVN53	-3.61067616	42.72087524	P. pinaster
30TWK78	-2.17428405	40.46772860	P. pinaster
30TWL34	-2.64323122	41.01064455	P. pinaster
30TWM30	-2.64027566	41.55110187	P. pinaster
30TXK46	-1.35320294	40.27877325	P. pinaster
30TXL37	-1.44790025	41.27097337	P. pinaster
30TYK25	-0.41634210	40.17156063	P. pinaster
31TBE44	-0.04880769	40.07016338	P. pinaster
31TCF25	0.85716206	41.08134841	P. pinaster
31TEG04	3.00000000	41.91194811	P. pinaster
30SWJ94	-1.95764298	39.20460750	P. pinea
30TUK76	-4.52920989	40.28038742	P. pinea
30TUK76	-4.52920989	40.28038742	P. pinea
30TUK86	-4.41161358	40.28188213	P. pinea
30TUL39	-5.03501741	41.44358693	P. pinea

¹Cuadrícula UTM; ²Coordenadas X; ³Coordenadas Y

Tabla VI: Poblaciones analizadas con marcadores de isoenzimas

COD_10X10¹	COD_10X10_X²	COD_10X10_Y³	Especies
30SUF37	-4.90456953	36.76053853	P. halepensis
30SVF17	-4.00848346	36.77151093	P. halepensis
30SVG87	-3.22680597	37.67697585	P. halepensis
30SWG88	-2.09172530	37.76382695	P. halepensis
30SWH43	-2.54305614	38.21708343	P. halepensis
30SWH67	-2.31118498	38.57643744	P. halepensis
30SXH32	-1.51696760	38.11848502	P. halepensis
30SXJ53	-1.26519056	39.10625018	P. halepensis
30SXX50	-1.24948571	39.73670700	P. halepensis
30SYK00	-0.66637932	39.72644584	P. halepensis
30TVK73	-3.35155443	40.01967374	P. halepensis
30TXM74	-0.95075327	41.89365977	P. halepensis
31TCG91	1.67933197	41.63415042	P. halepensis
31TDG87	2.75781465	42.18189029	P. halepensis
30SUF04	-5.23264428	36.48444197	P. pinaster
30SUF15	-5.12354560	36.57656756	P. pinaster
30SVF17	-4.00848346	36.77151093	P. pinaster
30SWG09	-3.00000000	37.85745907	P. pinaster
30SWH34	-2.65686624	38.30759585	P. pinaster
30SWH90	-1.97571579	37.94313101	P. pinaster
30SWJ99	-1.95090889	39.65506680	P. pinaster
30SYJ21	-0.46268248	38.91135059	P. pinaster
30SYJ21	-0.46268248	38.91135059	P. pinaster
30SYK21	-0.42988070	39.81153327	P. pinaster
30TTK73	-5.69386857	39.98888791	P. pinaster
30TUK15	-5.23161355	40.17888570	P. pinaster
30TUL76	-4.54997143	41.18092760	P. pinaster
30TVN53	-3.61067616	42.72087524	P. pinaster
30TWK78	-2.17428405	40.46772860	P. pinaster
30TWL63	-2.28745180	40.91891232	P. pinaster
30TWL63	-2.28745180	40.91891232	P. pinaster
30TWM30	-2.64027566	41.55110187	P. pinaster
30TXK46	-1.35320294	40.27877325	P. pinaster
30TXL37	-1.44790025	41.27097337	P. pinaster
30TYK25	-0.41634210	40.17156063	P. pinaster
31TCF25	0.85716206	41.08134841	P. pinaster
31TCF25	0.85716206	41.08134841	P. pinaster
31TEG04	3.00000000	41.91194811	P. pinaster
29SQD19	-6.55297709	39.63402198	P. pinea
30SWJ83	-2.07462661	39.11548683	P. pinea
30SWJ94	-1.95764298	39.20460750	P. pinea
30TUK76	-4.52920989	40.28038742	P. pinea
30TUL39	-5.03501741	41.44358693	P. pinea
30TUL39	-5.03501741	41.44358693	P. pinea
31TEG14	3.12058103	41.91188480	P. pinea

¹Cuadrícula UTM; ²Coordenadas X; ³Coordenadas Y

Tabla VII: Ensayos de procedencias y poblaciones representadas

Código Ensayo	Poblaciones de procedencias nacionales	Procedencias internacionales
PR23PRO ¹	Cogeces de Iscar, Valorio-fondo, Valorio-ladera, Toro, Vega Sicilia, Tordesillas, Portillo, Cadalso, Tarazona de la Mancha, Doñana, Las Lomas, Parafrugell, Biar, Iscar, Garrovillas, Budia, Cartaya	Chalkidiki Agios Nicolaos, Feniglia 67, Beit Mounzer (Mad. J.), Kornaele, Qsaibe, Bkassine, Antalya-Kumluca-Kalmaz, Yalova-Dumanlidag, Canakkale-Eceabat, Mugla-Yatagan-Katrancı, St. Raphaël (Var), Villeneuve (Hérault), Saintes-Maries (B. du Rh.), St. Aygulf (Var), Brignoles-Le Val (Var), Alcacer do Sal, Sierra do Minho
F24GON ²	Cabanellas, Tivissa, Sant Salvador de Guardiola, Luna, Zuera, Villanueva de Huerva, Híjar, Monroyo, Valtablado, Valdeconcha, Tuéjar, Enguidanos, Tibi, Altura, Villa de Ves, Benicasim, Villajoyosa, Ricote, Paterna, Benamaurel, Velez Blanco, Santiago de la Espada, Quesada, Cazorla, Lentegi, Carratraca, Frigiliana, Escorca, Palma de Mallorca, Santanyí, Valbuena de Duero, Vega de Valdetronco, Villavieja de Tordesillas	
P24CAN ²	Cabanellas, Tivissa, Sant Salvador de Guardiola, Zuera, Valdeconcha, Alcantud, Colmenar de Oreja, Cirat, Tuéjar, Enguidanos, Tibi, Altura, Villa de Ves, Jarafuel, Bicorp, Benicasim, Gilet, Villajoyosa, Ricote, Monovar-1, Monovar-2, Paterna, Abaran, Quentar, Benamaurel, Velez Blanco, Santiago de la Espada, Lorca, Alhama de Murcia, Quesada, Lentegi, Carratraca, Frigiliana, Palma de Mallorca, Santanyí, Alcúdia, Calvià, Alcotx, Atalix, Cala d'hort, Ses Salines, Ses Salandres, Valbuena de Duero, Vega de Valdetronco, Villavieja de Tordesillas	Istaia-eyboia, Amfilohia, Tatoi-attica, Kassandra, Gemenos, Litorale Tarantino, Gargano Monte Pucci, Gargano Marzini, Thala, Tabarka, Semilla Comercial
F26MON ³	Montaña de Soria-Burgos	
F26SIE ³	Sierra de Gredos	
F26SNP ³	Alto de la Llama, Arenas de San Pedro, Armayán, Bayubas de Abajo, Cadavedo, Carbonero, Castropol, Cenicientos, Coca, Control, Cuellar, Lamuño, Leiria, Mimizan, Oria, Pineta, Pinia, Pleucadec, Puerto de Vega, Rodoiros, San Cipriano de Ribarteme, San Leonardo, Sergude (HS), Sierra de Barcia, Tamrabta, Valdemaqueda, Petrocq, Ahín	Armayán, Leiria, Mimizan, Pineta, Pinia, Pleucadec, Tamrabta, Petrocq, Hourtin, Leverdon, Olonne/Mer, Erdeven, Tabarka
P26CAT ³	Orcera, Cazorla, Tabuyo del Monte, Ribadeo, Cómpea, Pravia, Entrimo, Carballiño, Cambados, Puenteareas, Moraleja, Turégano, Coca, San Leonardo de Yagüe, Bayubas de Abajo, Rubielos de Mora, Cortes de Pallás, Chelva, Íscar, Traspinedo, Ataquines, Villaverde de Íscar, Caravaca de la Cruz, Sierra Espuña, La Garganta, Lanjarón	Pisa, Macizo Central, Corcega-1, Corcega-2, Tamjout, Ibel Tassali, Leiria, Viana do Castelo, Ain-Baccouche, Tabarka

¹Ensayo sobre *Pinus pinea*; ²Ensayos sobre *Pinus halepensis*; ³Ensayos sobre *Pinus pinaster*.

ANEXO III: SCRIPTS R

CONTENIDO:

1. Actualización de la cartografía de las regiones de procedencia de <i>Pinus pinea</i>	60
2. Actualización de la cartografía de las regiones de procedencia de <i>Pinus halepensis</i>	63
3. Actualización de la cartografía de las regiones de procedencia de <i>Pinus pinaster</i>	66
4. Estudio de índices de conservación	69

1. Actualización de la cartografía de las regiones de procedencia de *Pinus* pinea.

```
##### ACTUALIZACION MAPA DE REGIONES DE PROCEDENCIA DE P. PINEA SEGUN MFE #####
##### Librerias #####
library(foreign) #importar dbf
library(dplyr) #funciones con dataframes
library(openxlsx)#exportar en Excel: requiere instalar Rtools en el ordenador
#####
# Establecer directorio
setwd("C:/Users/User/Desktop/Archivos TFM/Mapas/1.Proyectos_Spp/Proy_Ppinea_201907")
# Explorar directorio: tablas de atributos de los mapas (dbf)
tablas<-list.files(pattern = ".dbf"); tablas
##### Fase 1: Importar datos Union de mapas MFE con RP y subdividir segun escenarios #####
# 1.0 Importo datos segun escenarios en bruto definidos en GIS
MFE_RPi<-read.dbf( "MFE_RP_Ppinea_id.dbf", as.is=FALSE); colnames(MFE_RPi)
# 1.1 Renombrar variables para usar script generico
MFE_RPi <- MFE_RPi %>% rename(FID_MFE = "FID_MFE_Pp", Region = "Region23",FID_RP =
"FID_RP_Ppi",
FID_RPaut = "FID_Autoct",FID_RPnoaut="FID_No_aut")
colnames(MFE_RPi) #comprobacion
# 1.2 Conversion de NA implcitos en "NO" en atributo Region
levels(MFE_RPi$Region) #factor con 12 niveles + Na implcitos
MFE_RPi$Region <- factor(MFE_RPi$Region,
levels=c("1", "2", "3", "4", "5", "6", "7", "A", "B", "C", "D", "E", "NO"))
MFE_RPi$Region[is.na(MFE_RPi$Region)]<- "NO"
# Lista codigos de RP de la especie
Cod_RP<-list(unique(MFE_RPi$Region)); Cod_RP
#1.3 Generar un campo binario segun Origen
MFE_RPi<- mutate(MFE_RPi, Origen_bi = if_else (FID_RPnoaut>0, 1, 0))
#1.4 Subset segun escenarios
# RP sin union con MFE (RP_solo)
RP_solo = subset(MFE_RPi, Escenario ==2)
# Genero data frame con escenarios 1 (MFE solo) y 2 (MFE unido RP)
MFE_RP <- filter(MFE_RPi, Escenario ==1 | Escenario ==3)
View(MFE_RP)
##### Fase 2: Actualizacion de mapas #####
# 2.1 Mapa MFE actualizado con RP
#sumo areas mismo FID_MFE
mut1<-mutate(group_by(MFE_RP, FID_MFE), total_area=sum(Area_pol),Origen_sum= sum(Origen_bi))
#MFE completo con RP actualizadas
#Paso 1
MFE_Act<-mutate(mut1, RPactual = if (FID_RP >=0 | total_area>Area_pol) {
"RP"
} else {
"noRP"
})
#Paso 2
MFE_RP_act<- mutate(MFE_Act, Origen_rev = if(RPactual=="noRP"){
"NoRP"
} else if (Origen_sum == 0){
"A"
} else if (Origen_sum == 1 & Area_pol < total_area) {
"DobleRP"
} else {
"R"
})
View(MFE_RP_act)
MFE_RP_act<-as.data.frame(MFE_RP_act)
# 2.2 Versión corta (para unir a la tabla de atributos de GIS)
MFE_Origen <-
data.frame(id=c(MFE_RP_act$IdFF2015),area=c(MFE_RP_act$total_area),Origen=c(MFE_RP_act$Origen_rev))
MFE_Origen<- distinct(MFE_Origen, id, area, Origen)
```

```
summary(MFE_Origen$Origen)
# 2.3 Identificación RP poblaciones desaparecidas/disminuidas.
RP_Desap<-mutate(RP_solo, RP_actual = if_else (RP_solo$Area_RP > RP_solo$Area_pol,
"RP_dism","RP_desap"))
#View(RP_Desap)
RP_Desap <- subset(RP_Desap, select = c(28:48)) # Eliminar campos vacíos (MFE)
# 2.4 Exportar a excel
Actualizacion <- list("MFE_Origen"= MFE_Origen,"MFE_RP_ACT"=MFE_RP_act,
"RP_Desap"=RP_Desap)
wb1<-write.xlsx(Actualizacion, file = "Actualizacion.xlsx",rowNames= TRUE)
saveWorkbook(wb1, "C:/Users/User/Desktop/Archivos
TFM/Mapas/1.Proyectos_Spp/Proy_Ppinea_201907/Actualizacion_Ppinea.xlsx", overwrite = TRUE)
##### Fase 3: Analisis de resultados #####
# 3.1 Importar datos cartografía inicial #####
# Mapa Forestal España±ol Especie objetivo
MFE_Sp<-read.dbf("MFE_Ppinea.dbf"); colnames(MFE_Sp)
# Mapa Regiones de Procedencia autoctonas
RP_Sp_aut<-read.dbf("Autoctono.dbf"); colnames(RP_Sp_aut)
# Mapa RP no autoctonas
RP_Sp_noaut<-read.dbf("No_aut_desconocido.dbf"); colnames(RP_Sp_noaut)
# Dataframe RP conjunto
RP_Sp <- merge(RP_Sp_aut,RP_Sp_noaut,all= TRUE)
# Lista y nombres dataframes iniciales
Lista_mapas_i <- list(MFE_Sp,RP_Sp_aut,RP_Sp_noaut,RP_Sp)
Mapa_nombre_i <- c("MFE(i)", "RPaut(i)", "RPnoaut(i)", "SumRP(i)")
# 3.2 Subsets cartografía a actualizada
# Mapa MFE Actualizado
RPaut_act<- subset(MFE_RP_act, Origen_rev == "A") #Procedencia autoctona
RPnoaut_act<-subset(MFE_RP_act, Origen_rev == "R")#Procedencia no autoctona
MFE_noRP <- subset (MFE_RP_act, Origen_rev == "NoRP") #poligonos MFE sin RP asociada
Doble_RP <- subset (MFE_RP_act, Origen_rev == "DobleRP") #coinciden RP aut y no aut en mismos
poligno MFE
# Mapa RP desaparecidas/disminuidas
RPaut_desap <- subset(RP_Desap, RP_actual=="RP_desap" & FID_RPaut >0)
RPnoaut_desap <- subset(RP_Desap, RP_actual=="RP_desap" & FID_RPnoaut >0)
RPaut_dism <- subset(RP_Desap, RP_actual=="RP_dism" & FID_RPaut >0)
RPnoaut_dism <- subset(RP_Desap, RP_actual=="RP_dism" & FID_RPnoaut >0)
# Dataframes "sumatorios"
SumRP_act<- rbind(RPaut_act,RPnoaut_act,Doble_RP)
SumRP_desap <- rbind(RPaut_desap,RPnoaut_desap)
SumRP_dism <- rbind(RPaut_dism,RPnoaut_dism)
# Lista y nombres dataframes actualizados
Lista_mapas_f<-list(MFE_noRP,Doble_RP,RPaut_act,RPnoaut_act,SumRP_act,RPaut_desap,
RPnoaut_desap,SumRP_desap,RPaut_dism,RPnoaut_dism,SumRP_dism)
Mapa_nombre_f<- c("MFE(noRP)","DobleRP","RPaut(act)","RPnoaut(act)","SumRP(act)","RPaut(desap)",
"RPnoaut(desap)","SumRP(desap)","RPaut(dism)","RPnoaut(dism)","SumRP(dism)")
#3.3 Estudio de superficies y poligonos #####
# Cartografía inicial
Num_pol_i<- c(sapply(Lista_mapas_i, FUN = nrow))
Lista_sup_i <-
list(MFE_Sp$Shape_Area,RP_Sp_aut$Shape_Area,RP_Sp_noaut$Shape_Area,RP_Sp$Shape_Area)
Sup_tot_i<-c(sapply(Lista_sup_i, FUN=sum)/10^4)
# Cartografía final
Num_pol_f<- c(sapply(Lista_mapas_f, FUN = nrow))
Lista_sup_f <-
list(MFE_noRP$Area_pol,Doble_RP$Area_pol,RPaut_act$Area_pol,RPnoaut_act$Area_pol,SumRP_act$
Area_pol,RPaut_desap$Area_pol,
RPnoaut_desap$Area_pol,SumRP_desap$Area_pol,RPaut_dism$Area_pol,RPnoaut_dism$Area_pol,Su
mRP_dism$Area_pol)
Sup_tot_f<-c(sapply(Lista_sup_f, FUN=sum)/10^4)
# Extraer poligonos con la sp dominante inicial
MFE_Dom<-subset(MFE_Sp, SP1==23)
RP_aut_Dom<- subset(RP_Sp_aut, FIRST_DOMI=="D")
RP_noaut_Dom<- subset(RP_Sp_noaut, FIRST_DOMI=="D")
RP_Dom <- subset(RP_Sp, FIRST_DOMI=="D")
```

```
Lista_sup_dom_i <-
list(MFE_Dom$Shape_Area,RP_aut_Dom$Shape_Area,RP_noaut_Dom$Shape_Area,RP_Dom$Shape_Area)
Sup_Dom_i<-c(sapply(Lista_sup_dom_i, FUN=sum)/10^4)
# Extraer poligonos con la sp dominante final
RPaut_act_SP1 <-subset(RPaut_act, SP1==23)
RPnoaut_act_SP1 <-subset(RPnoaut_act, SP1==23)
MFE_noRP_SP1 <-subset(MFE_noRP, SP1==23)
Doble_RP_SP1 <-subset(Doble_RP, SP1==23)
RPaut_desap_SP1 <-subset(RPaut_desap, Dominancia == "D")
RPnoaut_desap_SP1 <-subset(RPnoaut_desap, Dominancia == "D")
RPaut_dism_SP1 <-subset(RPaut_dism, Dominancia == "D")
RPnoaut_dism_SP1 <-subset(RPnoaut_dism, Dominancia == "D")
RP_SP1_act<-subset(SumRP_act,SP1==23)
RP_SP1_desap<-subset(SumRP_desap,Dominancia == "D")
RP_SP1_dism<-subset(SumRP_dism,Dominancia == "D")
Lista_sup_dom_f<- list(MFE_noRP_SP1$Area_pol,Doble_RP_SP1$Area_pol,RPaut_act_SP1$Area_pol,
RPnoaut_act_SP1$Area_pol,
RP_SP1_act$Area_pol,RPaut_desap_SP1$Area_pol,RPnoaut_desap_SP1$Area_pol,RP_SP1_desap$Area_pol,
RPaut_dism_SP1$Area_pol,RPnoaut_dism_SP1$Area_pol,RP_SP1_dism$Area_pol)
SUP_Dom_f<- c(sapply(Lista_sup_dom_f, FUN=sum)/10^4)
##### Generar Data frame con resultados de superficies
Mapas<-c(Mapa_nombre_i,Mapa_nombre_f)
Num_polig<-c(Num_pol_i, Num_pol_f)
Sup_total<-c(Sup_tot_i, Sup_tot_f)
Sup_Domin<-c(Sup_Dom_i, SUP_Dom_f)
Data_analisis<-data.frame(Mapas,Num_polig, Sup_total,Sup_Domin)
# 3.4 Estudio de poblaciones desap/dism
# Segun fuente cartografica (poblaciones desaparecidas e iniciales)
Fuentes_des <- data.frame(RPaut_des=c(summary(RPaut_desap$Fuente_car)),
RPnoaut_des=c(summary(RPnoaut_desap$Fuente_car)),
RPaut_dis=c(summary(RPaut_dism$Fuente_car)),
RPnoaut_dis=c(summary(RPnoaut_dism$Fuente_car)))
Fuentes_RPaut<- data.frame(RPaut_i=c(summary(RP_Sp_act$FUENTE)))
Fuentes_RPnoaut <- data.frame(RPnoaut_i=c(summary(RP_Sp_noaut$FUENTE)))
# Segun dominancia
Dominanc <- data.frame(RPaut_des=c(summary(RPaut_desap$Dominancia)),
RPnoaut_des=c(summary(RPnoaut_desap$Dominancia)),
RPaut_dis=c(summary(RPaut_dism$Dominancia)),
RPnoaut_dis=c(summary(RPnoaut_dism$Dominancia)))
# 3.5 Analisis de Superficies y poligonos Por Regiones de Procedencia
library(plyr) #funciones de recombinaçión de datos
# MFE_Act
Sup_MFE_act<- ddply(MFE_RP_act,.(Region), summarize, total=sum(Area_pol)/10^4)
#RPaut_Desap
Sup_RPaut_Desap<-ddply(RPaut_desap,.(Region), summarize,total=sum(Area_pol)/10^4)
#RPnoaut_Desap
Sup_RPnoaut_Desap<-ddply(RPnoaut_desap,.(Region), summarize,total=sum(Area_pol)/10^4)
#RPaut_dism
Sup_RPaut_Dism<-ddply(RPaut_dism,.(Region), summarize,total=sum(Area_pol)/10^4)
#RPnoaut_dism
Sup_RPnoaut_Dism<-ddply(RPnoaut_dism,.(Region), summarize,total=sum(Area_pol)/10^4)
#Superficie inicial
Sup_RPi <-ddply(MFE_RPi,.(Region), summarize,total=sum(Area_pol)/10^4)
##### Num poligonos x RP
Npol_data <- data.frame(MFE_RP_act = c(summary(MFE_Act$Region)),
RPaut_Desap =c(summary(RPaut_desap$Region)),
RPnoaut_desap= c(summary(RPnoaut_desap$Region)),
RPaut_Dism=c(summary(RPaut_dism$Region)),
RPnoaut_Dism=c(summary(RPnoaut_dism$Region)))
# 3.6 Exportar resultados como libro excel #####
tablas<- list("Superficies"= Data_analisis, "Fuentes_Des"= Fuentes_des,"Fuentes_act_i"=Fuentes_RPaut,
"Fuentes_noaut_i"=Fuentes_RPnoaut,"Dominancia"= Dominanc,"Poligonos"= Npol_data,
"Sup_MFE_act"=
```

```
Sup_MFE_act,"Sup_RPaut_Desap"=Sup_RPaut_Desap,
"Sup_RPnoaut_Desap"= Sup_RPnoaut_Desap,"Sup_RPaut_Dism"= Sup_RPaut_Dism,
"Sup_RPnoaut_Dism"= Sup_RPnoaut_Dism,"Sup_RPi"= Sup_RPi )
wb2<-write.xlsx(tablas, file = "Análisis_datos.xlsx",rowNames= TRUE)
saveWorkbook(wb2, "C:/Users/User/Desktop/Archivos
TFM/Mapas/1.Proyectos_Spp/Proy_Ppinea_201907/Análisis_datos_SP23.xlsx", overwrite = TRUE)
#Error: control variacion en area total MFE antes y despues
E_Sup_MFE <- sum(MFE_Sp$Shape_Area) -sum(MFE_RP_act$Area_pol); E_Sup_MFE
E_Sup_MFE_rel<- E_Sup_MFE*100/sum(MFE_Sp$Shape_Area); E_Sup_MFE_rel
```

2. Actualización de la cartografía de las regiones de procedencia de *Pinus halepensis*.

```
##### ACTUALIZACION MAPA DE REGIONES DE PROCEDENCIA DE P. HALEPENSIS SEGUN MFE ##
##### Librerias #####
library(foreign) #importar dbf
library(dplyr) #funciones con dataframes
library(openxlsx)#exportar en Excel: requiere instalar Rtools en el ordenador
#####
# Establecer directorio
setwd("C:/Users/User/Desktop/Archivos TFM/Mapas/1.Proyectos_Spp/Proyecto Phalepensis")
# Explorar directorio: tablas de atributos de los mapas (dbf)
tablas<-list.files(pattern = ".dbf"); tablas
##### Fase 1: Importar datos Union de mapas MFE con RP y subdividir según escenarios
#####
# 1.0 Importo datos según escenarios en bruto definidos en GIS
MFE_RPi<-read.dbf("MFE_RP_Phalepensis_id.dbf", as.is=FALSE); colnames(MFE_RPi)
# 1.1 Renombrar variables para usar script generico
MFE_RPi <- MFE_RPi %>% rename(FID_MFE = "FID_MFE_Ph", Region = "Region_24",
FID_RP = "FID_RP_Pha", FID_RPaut = "FID_Pinush",
FID_RPnoaut="FID_Pinu_1")
colnames(MFE_RPi) #comprobacion
# 1.2 Conversion de NA implícitos en "NO" en atributo Region
levels(MFE_RPi$Region) #factor con 12 niveles + Na implícitos
MFE_RPi$Region <- factor(MFE_RPi$Region,
levels=c("1", "10", "11", "12", "13", "14", "15", "16", "17",
"19", "2", "20", "3", "4", "5", "6", "7", "8",
"9", "NO"))
MFE_RPi$Region[is.na(MFE_RPi$Region)]<- "NO"
# Lista codigos de RP de la especie
Cod_RP<-list(unique(MFE_RPi$Region)); Cod_RP
#1.3 Generar un campo binario según Origen
MFE_RPi<- mutate(MFE_RPi, Origen_bi = if_else (FID_RPnoaut>0, 1, 0))
#1.4 Subset según escenarios
# RP sin union con MFE (RP_solo)
RP_solo = subset(MFE_RPi, Escenario ==2)
# Genero data frame con escenarios 1 (MFE solo) y 2 (MFE unido RP)
MFE_RP <- filter(MFE_RPi, Escenario ==1 | Escenario ==3)
View(MFE_RP)
##### Fase 2: Actualizacion de mapas #####
# 2.1 Mapa MFE actualizado con RP
#sumo areas mismo FID_MFE
mut1<-mutate(group_by(MFE_RP, FID_MFE), total_area=sum(Area_pol),Origen_sum= sum(Origen_bi))
#MFE completo con RP actualizadas
#Paso 1
MFE_Act<-mutate(mut1, RPactual = if (FID_RP >=0 | total_area>Area_pol) {
"RP"
} else {
"noRP"
})
#Paso 2
```

```
MFE_RP_act<- mutate(MFE_Act, Origen_rev = if(RPactual=="noRP"){
"NoRP"
} else if (Origen_sum == 0){
"A"
} else if (Origen_sum == 1 & Area_pol < total_area) {
"DobleRP"
} else {
"R"
})
View(MFE_RP_act)
MFE_RP_act<-as.data.frame(MFE_RP_act)
# 2.2 Versión corta (para unir a la tabla de atributos de GIS)
MFE_Origen <-
data.frame(id=c(MFE_RP_act$IdFF2015),area=c(MFE_RP_act$total_area),Origen=c(MFE_RP_act$Origen_rev))
MFE_Origen<- distinct(MFE_Origen, id, area, Origen)
summary(MFE_Origen$Origen)
# 2.3 Identificación RP poblaciones desaparecidas/disminuidas.
RP_Desap<-mutate(RP_solo, RP_actual = if_else (RP_solo$Area_RP > RP_solo$Area_pol,
"RP_dism","RP_desap"))
View(RP_Desap)
RP_Desap <- subset(RP_Desap, select = c(28:41)) # Eliminar campos vacíos (MFE)
# 2.4 Exportar a excel
Actualizacion <- list("MFE_Origen"= MFE_Origen,"MFE_RP_ACT"=MFE_RP_act,
"RP_Desap"=RP_Desap)
wb1<-write.xlsx(Actualizacion, file = "Actualizacion_Phalepensis.xlsx",rowNames= TRUE)
saveWorkbook(wb1, "C:/Users/User/Desktop/Archivos TFM/Mapas/1.Proyectos_Spp/Proyecto
Phalepensis/Actualizacion_Phalepensis.xlsx", overwrite = TRUE)
##### Fase 3: Analisis de resultados #####
# 3.1 Importar datos cartografía inicial #####
# Mapa Forestal Español Especie objetivo
MFE_Sp<-read.dbf( "MFE_Phalepensis.dbf"); colnames(MFE_Sp)
# Mapa Regiones de Procedencia autoctonas
RP_Sp_aut<-read.dbf( "Autoctono.dbf"); colnames(RP_Sp_aut)
# Mapa RP no autoctonas
RP_Sp_noaut<-read.dbf("No_aut_desconocido.dbf"); colnames(RP_Sp_noaut)
# Dataframe RP conjunto
RP_Sp <- merge(RP_Sp_aut,RP_Sp_noaut,all= TRUE)
# Lista y nombres dataframes iniciales
Lista_mapas_i <- list(MFE_Sp,RP_Sp_aut,RP_Sp_noaut,RP_Sp)
Mapa_nombre_j <- c("MFE(i)", "RPaut(i)", "RPnoaut(i)", "SumRP(i)")
# 3.2 Subsets cartografía actualizada
# Mapa MFE Actualizado
RPaut_act<- subset(MFE_RP_act, Origen_rev == "A") #Procedencia autoctona
RPnoaut_act<-subset(MFE_RP_act, Origen_rev == "R")#Procedencia no autoctona
MFE_noRP <- subset (MFE_RP_act, Origen_rev == "NoRP") #poligonos MFE sin RP asociada
Doble_RP <- subset (MFE_RP_act, Origen_rev == "DobleRP") #coinciden RP aut y no aut en mismos
poligno MFE
# Mapa RP desaparecidas/disminuidas
RPaut_desap <- subset(RP_Desap, RP_actual=="RP_desap" & FID_RPaut >0)
RPnoaut_desap <- subset(RP_Desap, RP_actual=="RP_desap" & FID_RPnoaut >0)
RPaut_dism <- subset(RP_Desap, RP_actual=="RP_dism" & FID_RPaut >0)
RPnoaut_dism <- subset(RP_Desap, RP_actual=="RP_dism" & FID_RPnoaut >0)
# Dataframes "sumatorios"
SumRP_act<- rbind(RPaut_act,RPnoaut_act,Doble_RP)
SumRP_desap <- rbind(RPaut_desap,RPnoaut_desap)
SumRP_dism <- rbind(RPaut_dism,RPnoaut_dism)
# Lista y nombres dataframes actualizados
Lista_mapas_f<-list(MFE_noRP,Doble_RP,RPaut_act,RPnoaut_act,SumRP_act,RPaut_desap,
RPnoaut_desap,SumRP_desap,RPaut_dism,RPnoaut_dism,SumRP_dism)
Mapa_nombre_f<- c("MFE(noRP)","DobleRP","RPaut(act)", "RPnoaut(act)","SumRP(act)","RPaut(desap)",
"RPnoaut(desap)","SumRP(desap)", "RPaut(dism)","RPnoaut(dism)","SumRP(dism)")
#3.3 Estudio de superficies y poligonos #####
# Cartografía inicial
Num_pol_i<- c(sapply(Lista_mapas_i, FUN = nrow))
```

```
Lista_sup_i <-
list(MFE_Sp$Shape_Area,RP_Sp_aut$Shape_Area,RP_Sp_noaut$Shape_Area,RP_Sp$Shape_Area)
Sup_tot_i<-c(sapply(Lista_sup_i, FUN=sum)/10^4)
# Cartografía final
Num_pol_f<- c(sapply(Lista_mapas_f, FUN = nrow))
Lista_sup_f <-
list(MFE_noRP$Area_pol,Doble_RP$Area_pol,RPaut_act$Area_pol,RPnoaut_act$Area_pol,SumRP_act$
Area_pol,RPaut_desap$Area_pol,
RPnoaut_desap$Area_pol,SumRP_desap$Area_pol,RPaut_dism$Area_pol,RPnoaut_dism$Area_pol,Su
mRP_dism$Area_pol)
Sup_tot_f<-c(sapply(Lista_sup_f, FUN=sum)/10^4)
# Extraer poligonos con la sp dominante inicial
MFE_Dom<-subset(MFE_Sp, SP1==24)
RP_aut_Dom<- subset(RP_Sp_aut, FIRST_DOMI=="D")
RP_noaut_Dom<- subset(RP_Sp_noaut, FIRST_DOMI=="D")
RP_Dom <- subset(RP_Sp, FIRST_DOMI=="D")
Lista_sup_dom_i <-
list(MFE_Dom$Shape_Area,RP_aut_Dom$Shape_Area,RP_noaut_Dom$Shape_Area,RP_Dom$Shape_
Area)
Sup_Dom_i<-c(sapply(Lista_sup_dom_i, FUN=sum)/10^4)
# Extraer poligonos con la sp dominante final
RPaut_act_SP1 <-subset(RPaut_act, SP1==24)
RPnoaut_act_SP1 <-subset(RPnoaut_act, SP1==24)
MFE_noRP_SP1 <-subset(MFE_noRP, SP1==24)
Doble_RP_SP1 <-subset(Doble_RP, SP1==24)
RPaut_desap_SP1 <-subset(RPaut_desap, Dominancia == "D")
RPnoaut_desap_SP1 <-subset(RPnoaut_desap, Dominancia == "D")
RPaut_dism_SP1 <-subset(RPaut_dism, Dominancia == "D")
RPnoaut_dism_SP1 <-subset(RPnoaut_dism, Dominancia == "D")
RP_SP1_act<-subset(SumRP_act,SP1==24)
RP_SP1_desap<-subset(SumRP_desap,Dominancia == "D")
RP_SP1_dism<-subset(SumRP_dism,Dominancia == "D")
Lista_sup_dom_f<- list(MFE_noRP_SP1$Area_pol,Doble_RP_SP1$Area_pol,RPaut_act_SP1$Area_pol,
RPnoaut_act_SP1$Area_pol,
RP_SP1_act$Area_pol,RPaut_desap_SP1$Area_pol,RPnoaut_desap_SP1$Area_pol,RP_SP1_desap$A
rea_pol,
RPaut_dism_SP1$Area_pol,RPnoaut_dism_SP1$Area_pol,RP_SP1_dism$Area_pol)
SUP_Dom_f<- c(sapply(Lista_sup_dom_f, FUN=sum)/10^4)
##### Generar Data frame con resultados de superficies
Mapas<-c(Mapa_nombre_i,Mapa_nombre_f)
Num_polig<-c(Num_pol_i, Num_pol_f)
Sup_total<-c(Sup_tot_i, Sup_tot_f)
Sup_Domin<-c(Sup_Dom_i, SUP_Dom_f)
Data_analisis<-data.frame(Mapas,Num_polig, Sup_total,Sup_Domin)
# 3.4 Estudio de poblaciones desap/dism
# Segun fuente cartografica (poblaciones desaparecidas e iniciales)
Fuentes_des <- data.frame(RPaut_des=c(summary(RPaut_desap$Fuente_Car)),
RPnoaut_des=c(summary(RPnoaut_desap$Fuente_Car)),
RPaut_dis=c(summary(RPaut_dism$Fuente_Car)),
RPnoaut_dis=c(summary(RPnoaut_dism$Fuente_Car)))
Fuentes_RPaut<- data.frame(RPaut_i=c(summary(RP_Sp_aut$FUENTE)))
Fuentes_RPnoaut <- data.frame(RPnoaut_i=c(summary (RP_Sp_noaut$FUENTE)))
# Segun dominancia
Dominanc <- data.frame(RPaut_des=c(summary(RPaut_desap$Dominancia)),
RPnoaut_des=c(summary(RPnoaut_desap$Dominancia)),
RPaut_dis=c(summary(RPaut_dism$Dominancia)),
RPnoaut_dis=c(summary(RPnoaut_dism$Dominancia)))
# 3.5 Analisis de Superficies y poligonos Por Regiones de Procedencia
library(plyr) #funciones de recombinación de datos
# MFE_Act
Sup_MFE_act<- ddply(MFE_RP_act,.(Region), summarize, total=sum(Area_pol)/10^4)
#RPaut_Desap
Sup_RPaut_Desap<-ddply(RPaut_desap,.(Region), summarize,total=sum(Area_pol)/10^4)
#RPnoaut_Desap
Sup_RPnoaut_Desap<-ddply(RPnoaut_desap,.(Region), summarize,total=sum(Area_pol)/10^4)
```

```
#RPaut_dism
Sup_RPaut_Dism<-ddply(RPaut_dism,.(Region), summarize,total=sum(Area_pol)/10^4)
#RPnoaut_dism
Sup_RPnoaut_Dism<-ddply(RPnoaut_dism,.(Region), summarize,total=sum(Area_pol)/10^4)
#Superficie inicial
Sup_RPi <-ddply(MFE_RPi,.(Region), summarize,total=sum(Area_pol)/10^4)
##### Num poligonos x RP
Npol_data <- data.frame(MFE_RP_act = c(summary(MFE_Act$Region)),
RPaut_Desap =c(summary(RPaut_desap$Region)),
RPnoaut_desap= c(summary(RPnoaut_desap$Region)),
RPaut_Dism=c(summary(RPaut_dism$Region)),
RPnoaut_Dism=c(summary(RPnoaut_dism$Region)))
# 3.6 Exportar resultados como libro excel #####
tablas<- list("Superficies"= Data_analisis, "Fuentes_Des"= Fuentes_des,"Fuentes_aut_i"=Fuentes_RPaut,
"Fuentes_noaut_i"=Fuentes_RPnoaut,"Dominancia"= Dominanc,"Poligonos"= Npol_data,
"Sup_MFE_act"=
Sup_MFE_act,"Sup_RPaut_Desap"=Sup_RPaut_Desap,
"Sup_RPnoaut_Desap"= Sup_RPnoaut_Desap,"Sup_RPaut_Dism"= Sup_RPaut_Dism,
"Sup_RPnoaut_Dism"= Sup_RPnoaut_Dism,"Sup_RPi"= Sup_RPi )
wb2<-write.xlsx(tablas, file = "Analisis_datos_SP24.xlsx",rowNames= TRUE)
saveWorkbook(wb2, "C:/Users/User/Desktop/Archivos TFM/Mapas/1.Proyectos_Spp/Proyecto
Phalepensis/Analisis_datos_SP24.xlsx", overwrite = TRUE)
#Error: control variacion en area total MFE antes y despues
E_Sup_MFE <- sum(MFE_Sp$Shape_Area) -sum(MFE_RP_act$Area_pol); E_Sup_MFE
E_Sup_MFE_rel<- E_Sup_MFE*100/sum(MFE_Sp$Shape_Area); E_Sup_MFE_rel
```

3. Actualización de la cartografía de las regiones de procedencia de *Pinus pinaster*.

```
### ACTUALIZACION MAPA DE REGIONES DE PROCEDENCIA DE P. PINASTER SEGUN MFES ###
##### Librerias #####
library(foreign) #importar dbf
library(dplyr) #funciones con dataframes
library(openxlsx)#exportar en Excel: requiere instalar Rtools en el ordenador
#####
# Establecer directorio
setwd("C:/Users/User/Desktop/Archivos TFM/Mapas/1.Proyectos_Spp/Proyecto Ppinaster")
# Explorar directorio: tablas de atributos de los mapas (dbf)
tablas<-list.files(pattern = ".dbf"); tablas
##### Fase 1: Importar datos Union de mapas MFE con RP y subdividir segun escenarios #####
# 1.0 Importo datos segun escenarios en bruto definidos en GIS
MFE_RPi<-read.dbf( "MFE_RP_Ppinaster_id.dbf", as.is=FALSE); colnames(MFE_RPi)
# 1.1 Renombrar variables para usar script generico
MFE_RPi <- MFE_RPi %>% rename(FID_MFE = "FID_MFE_Pp", Region = "Region26",FID_RP =
"FID_RP_Ppi",
FID_RPaut = "FID_Autoct",FID_RPnoaut="FID_No_aut")
colnames(MFE_RPi) #comprobacion
# 1.2 Conversión de NA implícitos en "NO" en atributo Region
levels(MFE_RPi$Region) #factor con 12 niveles + Na implícitos
MFE_RPi$Region <- factor(MFE_RPi$Region,
levels=c("10", "11", "12", "13", "14", "15", "16", "17", "18", "19",
"1a", "1b", "2", "20", "3", "4", "5", "6", "7", "8", "9", "A", "B",
"C", "D", "E", "F", "G", "NO"))
MFE_RPi$Region[is.na(MFE_RPi$Region)]<- "NO"
# Lista codigos de RP de la especie
Cod_RP<-list(unique(MFE_RPi$Region)); Cod_RP
#1.3 Generar un campo binario según Origen
MFE_RPi<- mutate(MFE_RPi, Origen_bi = if_else (FID_RPnoaut>0, 1, 0))
#1.4 Subset segun escenarios
# RP sin union con MFE (RP_solo)
```

```
RP_solo = subset(MFE_RPi, Escenario ==2)
# Genero data frame con escenarios 1 (MFE solo) y 2 (MFE unido RP)
MFE_RP <- filter(MFE_RPi, Escenario ==1 | Escenario ==3)
View(MFE_RP)
##### Fase 2: Actualizacion de mapas #####
# 2.1 Mapa MFE actualizado con RP
#sumo areas mismo FID_MFE
mut1<-mutate(group_by(MFE_RP, FID_MFE), total_area=sum(Area_pol),Origen_sum= sum(Origen_bi))
#MFE completo con RP actualizadas
#Paso 1
MFE_Act<-mutate(mut1, RPactual = if (FID_RP >=0 | total_area>Area_pol) {
"RP"
} else {
"noRP"
})
#Paso 2
MFE_RP_act<- mutate(MFE_Act, Origen_rev = if(RPactual=="noRP"){
"NoRP"
} else if (Origen_sum == 0){
"A"
} else if (Origen_sum == 1 & Area_pol < total_area) {
"DobleRP"
} else {
"R"
})
View(MFE_RP_act)
MFE_RP_act<-as.data.frame(MFE_RP_act)
# 2.2 Versión corta (para unir a la tabla de atributos de GIS)
MFE_Origen <-
data.frame(id=c(MFE_RP_act$IdFF2015),area=c(MFE_RP_act$total_area),Origen=c(MFE_RP_act$Origen_rev))
MFE_Origen<- distinct(MFE_Origen, id, area, Origen)
summary(MFE_Origen$Origen)
# 2.3 Identificación RP poblaciones desaparecidas/disminuidas.
RP_Desap<-mutate(RP_solo, RP_actual = if_else (RP_solo$Area_RP > RP_solo$Area_pol,
"RP_dism","RP_desap"))
View(RP_Desap)
RP_Desap <- subset(RP_Desap, select = c(28:43)) # Eliminar campos vacios (MFE)
# 2.4 Exportar a excel
Actualizacion <- list("MFE_Origen"= MFE_Origen,"MFE_RP_ACT"=MFE_RP_act,
"RP_Desap"=RP_Desap)
wb1<-write.xlsx(Actualizacion, file = "Actualizacion.xlsx",rowNames= TRUE)
saveWorkbook(wb1, "C:/Users/User/Desktop/Archivos TFM/Mapas/1.Proyectos_Spp/Proyecto
Ppinaster/Actualizacion_Ppinaster.xlsx", overwrite = TRUE)
##### Fase 3: Analisis de resultados #####
# 3.1 Importar datos cartografía inicial #####
# Mapa Forestal Españaol Especie objetivo
MFE_Sp<-read.dbf("MFE_Ppinaster.dbf"); colnames(MFE_Sp)
# Mapa Regiones de Procedencia autoctonas
RP_Sp_aut<-read.dbf("Autoctono.dbf"); colnames(RP_Sp_aut)
# Mapa RP no autoctonas
RP_Sp_noaut<-read.dbf("No_aut_desconocido.dbf"); colnames(RP_Sp_noaut)
# Dataframe RP conjunto
RP_Sp <- merge(RP_Sp_aut,RP_Sp_noaut,all= TRUE)
# Lista y nombres dataframes iniciales
Lista_mapas_i <- list(MFE_Sp,RP_Sp_aut,RP_Sp_noaut,RP_Sp)
Mapa_nombre_i <- c("MFE(i)", "RPaut(i)", "RPnoaut(i)", "SumRP(i)")
# 3.2 Subsets cartografía a actualizada
# Mapa MFE Actualizado
RPaut_act<- subset(MFE_RP_act, Origen_rev == "A") #Procedencia autoctona
RPnoaut_act<-subset(MFE_RP_act, Origen_rev == "R")#Procedencia no autoctona
MFE_noRP <- subset (MFE_RP_act, Origen_rev == "NoRP") #poligonos MFE sin RP asociada
Doble_RP <- subset (MFE_RP_act, Origen_rev == "DobleRP") #coinciden RP aut y no aut en mismos
poligno MFE
# Mapa RP desaparecidas/disminuidas
```

```
RPaut_desap <- subset(RP_Desap, RP_actuall== "RP_desap" & FID_RPaut >0)
RPnoaut_desap <- subset(RP_Desap, RP_actuall== "RP_desap" & FID_RPnoaut >0)
RPaut_dism <- subset(RP_Desap, RP_actuall== "RP_dism" & FID_RPaut >0)
RPnoaut_dism <- subset(RP_Desap, RP_actuall== "RP_dism" & FID_RPnoaut >0)
# Dataframes "sumatorios"
SumRP_act<- rbind(RPaut_act,RPnoaut_act,Doble_RP)
SumRP_desap <- rbind(RPaut_desap,RPnoaut_desap)
SumRP_dism <- rbind(RPaut_dism,RPnoaut_dism)
# Lista y nombres dataframes actualizados
Lista_mapas_f<-list(MFE_noRP,Doble_RP,RPaut_act,RPnoaut_act,SumRP_act,RPaut_desap,
RPnoaut_desap,SumRP_desap,RPaut_dism,RPnoaut_dism,SumRP_dism)
Mapa_nombre_f<- c("MFE(noRP)","DobleRP","RPaut(act)","RPnoaut(act)","SumRP(act)","RPaut(desap)",
"RPnoaut(desap)","SumRP(desap)","RPaut(dism)","RPnoaut(dism)","SumRP(dism)")
#3.3 Estudio de superficies y poligonos #####
# Cartografía inicial
Num_pol_i<- c(sapply(Lista_mapas_i, FUN = nrow))
Lista_sup_i <-
list(MFE_Sp$Shape_Area,RP_Sp_aut$Shape_Area,RP_Sp_noaut$Shape_Area,RP_Sp$Shape_Area)
Sup_tot_i<-c(sapply(Lista_sup_i, FUN=sum)/10^4)
# Cartografía final
Num_pol_f<- c(sapply(Lista_mapas_f, FUN = nrow))
Lista_sup_f <-
list(MFE_noRP$Area_pol,Doble_RP$Area_pol,RPaut_act$Area_pol,RPnoaut_act$Area_pol,SumRP_act$
Area_pol,RPaut_desap$Area_pol,
RPnoaut_desap$Area_pol,SumRP_desap$Area_pol,RPaut_dism$Area_pol,RPnoaut_dism$Area_pol,Su
mRP_dism$Area_pol)
Sup_tot_f<-c(sapply(Lista_sup_f, FUN=sum)/10^4)
# Extraer poligonos con la sp dominante inicial
MFE_Dom<-subset(MFE_Sp, SP1==26)
RP_aut_Dom<- subset(RP_Sp_aut, FIRST_DOMI=="D")
RP_noaut_Dom<- subset(RP_Sp_noaut, FIRST_DOMI=="D")
RP_Dom <- subset(RP_Sp, FIRST_DOMI=="D")
Lista_sup_dom_i <-
list(MFE_Dom$Shape_Area,RP_aut_Dom$Shape_Area,RP_noaut_Dom$Shape_Area,RP_Dom$Shape_
Area)
Sup_dom_i<-c(sapply(Lista_sup_dom_i, FUN=sum)/10^4)
# Extraer poligonos con la sp dominante final
RPaut_act_SP1 <-subset(RPaut_act, SP1==26)
RPnoaut_act_SP1 <-subset(RPnoaut_act, SP1==26)
MFE_noRP_SP1 <-subset(MFE_noRP, SP1==26)
Doble_RP_SP1 <-subset(Doble_RP, SP1==26)
RPaut_desap_SP1 <-subset(RPaut_desap, Dominancia == "D")
RPnoaut_desap_SP1 <-subset(RPnoaut_desap, Dominancia == "D")
RPaut_dism_SP1 <-subset(RPaut_dism, Dominancia == "D")
RPnoaut_dism_SP1 <-subset(RPnoaut_dism, Dominancia == "D")
RP_SP1_act<-subset(SumRP_act,SP1==26)
RP_SP1_desap<-subset(SumRP_desap,Dominancia == "D")
RP_SP1_dism<-subset(SumRP_dism,Dominancia == "D")
Lista_sup_dom_f<- list(MFE_noRP_SP1$Area_pol,Doble_RP_SP1$Area_pol,RPaut_act_SP1$Area_pol,
RPnoaut_act_SP1$Area_pol,
RP_SP1_act$Area_pol,RPaut_desap_SP1$Area_pol,RPnoaut_desap_SP1$Area_pol,RP_SP1_desap$A
rea_pol,
RPaut_dism_SP1$Area_pol,RPnoaut_dism_SP1$Area_pol,RP_SP1_dism$Area_pol)
SUP_Dom_f<- c(sapply(Lista_sup_dom_f, FUN=sum)/10^4)
#### Generar Data frame con resultados de superficies
Mapas<-c(Mapa_nombre_i,Mapa_nombre_f)
Num_polig<-c(Num_pol_i, Num_pol_f)
Sup_total<-c(Sup_tot_i, Sup_tot_f)
Sup_Domin<-c(Sup_Dom_i, SUP_Dom_f)
Data_analisis<-data.frame(Mapas,Num_polig, Sup_total,Sup_Domin)
# 3.4 Estudio de poblaciones desap/dism
# Segun fuente cartografica (poblaciones desaparecidas e iniciales)
Fuentes_des <- data.frame(RPaut_des=c(summary(RPaut_desap$Fuente_Car)),
RPnoaut_des=c(summary(RPnoaut_desap$Fuente_Car)),
RPaut_dis=c(summary(RPaut_dism$Fuente_Car)),
```

```
RPnoaut_dis=c(summary(RPnoaut_dism$Fuente_Car))
Fuentes_RPaut<- data.frame(RPaut_i=c(summary(RP_Sp_aut$FUENTE)))
Fuentes_RPnoaut <- data.frame(RPnoaut_i=c(summary(RP_Sp_noaut$FUENTE)))
# Segun dominancia
Dominanc <- data.frame(RPaut_des=c(summary(RPaut_desap$Dominancia)),
RPnoaut_des=c(summary(RPnoaut_desap$Dominancia)),
RPaut_dis=c(summary(RPaut_dism$Dominancia)),
RPnoaut_dis=c(summary(RPnoaut_dism$Dominancia)))
# 3.5 Analisis de Superficies y polígonos Por Regiones de Procedencia
library(plyr) #funciones de recombinación de datos
# MFE_Act
Sup_MFE_act<- ddply(MFE_RP_act,.(Region), summarize, total=sum(Area_pol)/10^4)
#RPaut_Desap
Sup_RPaut_Desap<-ddply(RPaut_desap,.(Region), summarize,total=sum(Area_pol)/10^4)
#RPnoaut_Desap
Sup_RPnoaut_Desap<-ddply(RPnoaut_desap,.(Region), summarize,total=sum(Area_pol)/10^4)
#RPaut_dism
Sup_RPaut_Dism<-ddply(RPaut_dism,.(Region), summarize,total=sum(Area_pol)/10^4)
#RPnoaut_dism
Sup_RPnoaut_Dism<-ddply(RPnoaut_dism,.(Region), summarize,total=sum(Area_pol)/10^4)
#Superficie inicial
Sup_RPi <-ddply(MFE_RPi,.(Region), summarize,total=sum(Area_pol)/10^4)
##### Num poligonos x RP
Npol_data <- data.frame(MFE_RP_act = c(summary(MFE_Act$Region)),
RPaut_Desap =c(summary(RPaut_desap$Region)),
RPnoaut_desap= c(summary(RPnoaut_desap$Region)),
RPaut_Dism=c(summary(RPaut_dism$Region)),
RPnoaut_Dism=c(summary(RPnoaut_dism$Region)))
# 3.6 Exportar resultados como libro excel #####
tablas<- list("Superficies"= Data_analisis, "Fuentes_Des"= Fuentes_des,"Fuentes_aut_i"=Fuentes_RPaut,
"Fuentes_noaut_i"=Fuentes_RPnoaut,"Dominancia"= Dominanc,"Poligonos"= Npol_data,
"Sup_MFE_act"=
Sup_MFE_act,"Sup_RPaut_Desap"=Sup_RPaut_Desap,
"Sup_RPnoaut_Desap"= Sup_RPnoaut_Desap,"Sup_RPaut_Dism"= Sup_RPaut_Dism,
"Sup_RPnoaut_Dism"= Sup_RPnoaut_Dism,"Sup_RPi"= Sup_RPi )
wb2<-write.xlsx(tablas, file = "Analisis_datos_SP26.xlsx",rowNames= TRUE)
saveWorkbook(wb2, "C:/Users/User/Desktop/Archivos TFM/Mapas/1.Proyectos_Spp/Proyecto
Ppinaster/Analisis_datos_SP26.xlsx", overwrite = TRUE)
#Error: control variacion en area total MFE antes y despues
E_Sup_MFE <- sum(MFE_Sp$Shape_Area) -sum(MFE_RP_act$Area_pol); E_Sup_MFE
E_Sup_MFE_rel<- E_Sup_MFE*100/sum(MFE_Sp$Shape_Area); E_Sup_MFE_rel
```

4. Estudio de índices de conservación

```
##### INDICES DE CONSERVACION RGF #####
#### Librerias #####
library(foreign) #importar dbf
library(dplyr) #funciones con dataframes
library(openxlsx) #exportar en Excel: requiere instalar Rtools en el ordenador
#Establecer directorio
setwd("C:/Users/User/Desktop/Archivos TFM/Mapas/0.Mapas_iniciales/MB_EUFORGEN")
# Explorar directorio: tablas de atributos de los mapas (dbf)
tablas1<-print(list.files(pattern = ".dbf"))
# 1. Unidades de Conservación EUFORGEN
UC_EUFORGEN<-read.dbf("Propuesta_UC_Euforgen_completa.dbf"); colnames(UC_EUFORGEN)
UC_EUFORGEN<-UC_EUFORGEN %>% rename (Especie ="nombre_cie",Region_PR= "Región_Pr")
View(UC_EUFORGEN)
# 1.1 Verificador 1 DYNAMIC CONSERVATION EFFORT (NB_UNITS)
nb_units <- print(nrow(UC_EUFORGEN)) # Verificador a escala nacional
# Extraer parte del dataframe que interesa
EUFORGEN<-data.frame(Especie=(UC_EUFORGEN$Especie),RP=(UC_EUFORGEN$Region_PR))
```

```
# Contar UC por region de procedencia
EUFORGEN<- EUFORGEN %>% group_by(Especie,RP) %>% mutate(Contador=row_number())
EUFORGEN<-EUFORGEN %>% group_by(Especie,RP) %>% mutate(RP_uds=max(Contador))
EUFORGEN<-distinct(EUFORGEN, Especie, RP, RP_uds)
# Calculo verificadores por especie
Ver_EUFORGEN<-mutate(group_by(EUFORGEN,Especie), nb_tot=sum(RP_uds),
nb_units_sp=max(row_number()))
Ver_EUFORGEN<-distinct(Ver_EUFORGEN,Especie, nb_tot, nb_units_sp)
View(Ver_EUFORGEN)
# 1.2 Verificador 2 SPECIES DIVERSITY INDEX (ind_species)
nb_species<-print(nrow(Ver_EUFORGEN))
nt_species <- 63 # num total de especies en el pais (lista RD 289/2003)
ind_species <- print(nb_species/nt_species) # Verificador a escala nacional
# nb_units_sp (verificador por especie de estudio)
nb_units_Ppinea<- print(Ver_EUFORGEN[Ver_EUFORGEN$Especie=="Pinus pinea",2])
nb_units_Phalep<- print(Ver_EUFORGEN[Ver_EUFORGEN$Especie=="Pinus halepensis",2])
nb_units_Ppinaster<- print(Ver_EUFORGEN[Ver_EUFORGEN$Especie=="Pinus pinaster",2])
# nb_units todas las especies de la propuesta a EUFORGEN
nb_units_sp<-print(summary(UC_EUFORGEN$Especie))
# 1.3 Verificador ind_ecozonas
# num ecozonas representadas en red UC
nrp_Ppinea <- print(Ver_EUFORGEN[Ver_EUFORGEN$Especie=="Pinus pinea",3])
nrp_Phalep<- print(Ver_EUFORGEN[Ver_EUFORGEN$Especie=="Pinus halepensis",3])
nrp_Ppinaster<- print(Ver_EUFORGEN[Ver_EUFORGEN$Especie=="Pinus pinaster",3])
# ind_ecozonas de spp en estudio (en este caso ecozone=region de procedencia)
ind_rp_Ppinea <- print(nrp_Ppinea/12) #ind_rp = nb_units/num RP
ind_rp_Phalep<- print(nrp_Phalep/20)
ind_rp_Ppinaster <- print(nrp_Ppinaster/28)
# 1.4 verificador ind_insurance ( >1 UC por RP)
ind_insurance_Ppinea<- print(nrow(subset(EUFORGEN, Especie== "Pinus pinea" & RP_uds>1))/12)
ind_insurance_Phalep<- print(nrow(subset(EUFORGEN, Especie== "Pinus halepensis" & RP_uds>1))/20)
ind_insurance_Ppinaster<- print(nrow(subset(EUFORGEN, Especie== "Pinus pinaster" & RP_uds>1))/28)
# 2. MB IDENTIFICADO
MB_identif <- read.dbf("MB_identificado.dbf"); colnames(MB_identif)
MB_ident_Ppinea <- subset(MB_identif, ESPECIE=="Pinus pinea")
n_ident_Ppinea<-print(nrow(MB_ident_Ppinea))
MB_ident_Phalepensis <- subset(MB_identif, ESPECIE=="Pinus halepensis")
n_ident_Phalep<- print(nrow(MB_ident_Phalepensis))
MB_ident_Ppinaster <- subset(MB_identif, ESPECIE=="Pinus pinaster")
n_ident_Ppinaster<- print(nrow(MB_ident_Ppinaster))
# 3. MB SELECCIONADO
MB_select <- read.dbf("MB_seleccionado.dbf"); colnames(MB_select)
MB_select_Ppinea <- subset(MB_select, ESPECIE == "Pinus pinea")
n_select_Ppinea<- print(nrow(MB_select_Ppinea))
MB_select_Phalepensis <- subset(MB_select, ESPECIE == "Pinus halepensis")
n_select_Phalep<- print(nrow(MB_select_Phalepensis))
MB_select_Ppinaster <- subset(MB_select, ESPECIE == "Pinus pinaster")
n_select_Ppinaster<- print(nrow(MB_select_Ppinaster))
# 4. Resumen por Regiones de Procedencia y especie
UC_Phalepensis <- data.frame(subset(EUFORGEN, Especie == "Pinus halepensis"))
UC_Ppinaster <- data.frame(subset(EUFORGEN, Especie == "Pinus pinaster"))
UC_Ppinea<- data.frame(subset(EUFORGEN, Especie == "Pinus pinea"))
Ident_Ppinea=data.frame(Identificado=c(summary(MB_ident_Ppinea$REG_PROCE)))
Ident_Phalep= data.frame(Identificado=c(summary(MB_ident_Phalepensis$REG_PROCE)))
Ident_Ppinaster=data.frame(Identificado=c(summary(MB_ident_Ppinaster$REG_PROCE)))
Select_Ppinea=data.frame(Seleccionado= c(summary(MB_select_Ppinea$REG_PROCE)))
Select_Phalep=data.frame(Seleccionado=c(summary(MB_select_Phalepensis$REG_PROCE)))
Select_Ppinaster= data.frame(Seleccionado=c(summary(MB_select_Ppinaster$REG_PROCE)))
Lista_UC<-
list("UC_Ppinea"=UC_Ppinea,"UC_Phalepensis"=UC_Phalepensis,"UC_Ppinaster"=UC_Ppinaster,
"Ident_Ppinea"=Ident_Ppinea,"Ident_Phalep"=Ident_Phalep,"Ident_Ppinaster"=Ident_Ppinaster,
"Select_Ppinea"=Select_Ppinea,"Select_Phalep"=Select_Phalep,"Select_Ppinaster"=Select_Ppinaster )
# 5. Exportar datos
wb1<-createWorkbook()
wb1<-write.xlsx(Lista_UC, file = "Indices_conservacion.xlsx",rowNames= TRUE)
```

```
saveWorkbook(wb1,"C:/Users/User/Desktop/Archivos
TFM/Mapas/1.Proyectos_Spp/Indices_Euforgen/Indices_conservacion.xlsx", overwrite = TRUE)
# 6. Estudio errores de localización de MB y UC (antes y despues de Buffer 1 km)
# Establecer nuevo directorio
setwd("C:/Users/User/Desktop/Archivos TFM/Mapas/1.Proyectos_Spp/Indices_Euforgen")
# Explorar directorio: tablas de atributos de los mapas (dbf)
tablas2<- print(list.files(pattern = ".dbf"))
# 6.1 MB IDENTIFICADO
# P.pinea
MB_ident_Ppineas_MFE <-read.dbf("MB_identificado_Ppineas_MFE.dbf")
Cod_ident_Ppineas_MFE <- data.frame(Codigo = (unique(MB_ident_Ppineas_MFE$CÓDIGO_MB)));
# Se compara el mapa MB con el mapa de unión MB_MFE
E_MB_ident_Ppineas_MFE<- print(nrow(MB_ident_Ppineas) - nrow(Cod_ident_Ppineas_MFE) ) # >0 se
compara con buffer 1 km
# Importo mapa unión del MFE con el de MB despues de hacer buffer = 1km
MB_ident_Ppineas_1km <- read.dbf("MB_identif_Ppineas_MFE_1km.dbf");
colnames(MB_ident_Ppineas_1km)
# Elimino duplicados del buffer y comparo con datos iniciales mediante leftjoin
Cod_ident_Ppineas_1km<- data.frame(Codigo = (unique(MB_ident_Ppineas_1km$CÓDIGO_MB)), ID=
(unique(MB_ident_Ppineas_1km$FID_MB_ide)))
Cod_ident_Ppineas<- data.frame(Codigo = (MB_ident_Ppineas$CÁ.DIGO_MB),
RP=(MB_ident_Ppineas$REG_PROCE))
Cod_ident_Ppineas_join <- left_join(Cod_ident_Ppineas,Cod_ident_Ppineas_1km, all.x = T)
View(Cod_ident_Ppineas_join) # hay NA implícitos
# Función para pasar NA implícitos a valor negativo (hay ceros en tabla original)
conv.na=function(x){
ifelse(is.na(x),-1,x)}
Cod_ident_Ppineas_join <- data.frame(sapply(Cod_ident_Ppineas_join,conv.na)) # aplico funcion
Cod_ident_Ppineas_error<- subset.data.frame(Cod_ident_Ppineas_join, ID == -1) # identifico uds no
incluidas dentro del
buffer
E_ident_Ppineas_1km <-print(nrow(Cod_ident_Ppineas_error))# mayor de cero
# P.pinaster
MB_ident_Ppinaster_MFE <-read.dbf("MB_identificado_Ppinaster_MFE.dbf")
Cod_ident_Ppinaster_MFE <- data.frame(Codigo = (unique(MB_ident_Ppinaster_MFE$CÓDIGO_MB)));
E_MB_ident_Ppinaster_MFE<- print(nrow(MB_ident_Ppinaster) - nrow(Cod_ident_Ppinaster_MFE)) # >0
se compara con buffer
1 km
MB_ident_Ppinaster_1km <- read.dbf( "MB_identificado_Ppinaster_MFE_1km.dbf");
colnames(MB_ident_Ppinaster_1km)
Cod_ident_Ppinaster_1km<- data.frame(Codigo = (unique(MB_ident_Ppinaster_1km$CÓDIGO_MB)), ID=
(unique(MB_ident_Ppinaster_1km$FID_MB_ide)))
Cod_ident_Ppinaster<- data.frame(Codigo = (MB_ident_Ppinaster$CÁ.DIGO_MB),
RP=(MB_ident_Ppinaster$REG_PROCE))
Cod_ident_Ppinaster_join <- left_join(Cod_ident_Ppinaster,Cod_ident_Ppinaster_1km, all.x = T)
Cod_ident_Ppinaster_join <- data.frame(sapply(Cod_ident_Ppinaster_join,conv.na))
Cod_ident_Ppinaster_error<- subset.data.frame(Cod_ident_Ppinaster_join, ID == -1)
E_ident_Ppinaster_1km <-print(nrow(Cod_ident_Ppinaster_error))# mayor de cero
# P.halepensis
MB_ident_Phalepensis_MFE<- read.dbf("MB_identificado_Phalepensis_MFE.dbf")
Cod_ident_Phalepensis_MFE <- data.frame(Codigo=
(unique(MB_ident_Phalepensis_MFE$CÓDIGO_MB)))
E_MB_ident_Phalepensis_MFE <- print(nrow(MB_ident_Phalepensis) -
nrow(Cod_ident_Phalepensis_MFE))# >0 se compara con
buffer 1 km
MB_ident_Phalep_1km <- read.dbf( "MB_identificado_Phalepensis_MFE_1km.dbf");
colnames(MB_ident_Phalep_1km)
Cod_ident_Phalep_1km<- data.frame(Codigo = (unique(MB_ident_Phalep_1km$CÓDIGO_MB)), ID=
(unique(MB_ident_Phalep_1km$FID_MB_ide)))
Cod_ident_Phalep<- data.frame(Codigo = (MB_ident_Phalepensis$CÁ.DIGO_MB),
RP=(MB_ident_Phalepensis$REG_PROCE))
Cod_ident_Phalep_join <- left_join(Cod_ident_Phalep,Cod_ident_Phalep_1km, all.x = T)
Cod_ident_Phalep_join <- data.frame(sapply(Cod_ident_Phalep_join,conv.na))
Cod_ident_Phalep_error<- subset.data.frame(Cod_ident_Phalep_join, ID == -1)
E_ident_Phalep_1km <-print(nrow(Cod_ident_Phalep_error))# mayor de cero
```

```
# 6.2 MB SELECCIONADO
# P.pinea
MB_select_Ppinea_MFE <-read.dbf("MB_seleccionado_Ppinea_MFE.dbf")
Cod_sel_Ppinea_MFE <- data.frame(Codigo = (unique(MB_select_Ppinea_MFE$CÓDIGO_MB)))
E_MB_sel_Ppinea_MFE <- print(nrow(MB_select_Ppinea) - nrow(Cod_sel_Ppinea_MFE)) # es cero, no
se hace buffer
#P.pinaster
MB_select_Ppinaster_MFE <-read.dbf( "MB_seleccionado_Ppinaster_MFE.dbf")
Cod_sel_Ppinaster_MFE <- data.frame(Codigo=(unique(MB_select_Ppinaster_MFE)))
E_sel_Ppinaster_MFE <-print(nrow(MB_select_Ppinaster) - nrow(Cod_sel_Ppinaster_MFE))# es cero, no
se hace buffer
# P.halepensis
MB_select_Phalepensis_MFE <- read.dbf("MB_seleccionado_Phalepensis_MFE.dbf")
Cod_sel_Phalep_MFE <- data.frame(Codigo=(unique(MB_select_Phalepensis_MFE$CÓDIGO_MB)))
E_MB_sel_Phalep_MFE <- print(nrow(MB_select_Phalepensis) - nrow(Cod_sel_Phalep_MFE)) # >0 se
hace buffer
MB_select_Phalepensis_1km <-read.dbf( "MB_seleccionado_Phalepensis_MFE_1km.dbf")
Cod_sel_Phalep_1km<- data.frame(Codigo = (unique(MB_select_Phalepensis_1km$CÓDIGO_MB)), ID=
(unique(MB_select_Phalepensis_1km$FID_MB_sel)))
Cod_sel_Phalep<- data.frame(Codigo = (MB_select_Phalepensis$CÁ.DIGO_MB),
RP=(MB_select_Phalepensis$REG_PROCE))
Cod_sel_Phalep_join <- left_join(Cod_sel_Phalep,Cod_sel_Phalep_1km, all.x = T)
Cod_sel_Phalep_join <- data.frame(sapply(Cod_sel_Phalep_join,conv.na))
Cod_sel_Phalep_error<- subset(Cod_sel_Phalep_join, ID == -1)
E_sel_Phalep_1km<- print(nrow(Cod_sel_Phalep_error)) # es cero
# 6.3 UNIDADES DE CONSERVACIÓN
#P.pinea
UC_Ppinea_MFE <- read.dbf("UC_MFE_Ppinea.dbf")
Cod_UC_Ppinea_MFE<-data.frame(Codigo=unique(UC_Ppinea_MFE$Código))
UC_Ppinea_dat<-subset(UC_EUFORGEN, Especie == "Pinus pinea")
E_UC_Ppinea_MFE<-print(nrow(UC_Ppinea_dat) - nrow(Cod_UC_Ppinea_MFE))# >0 se hace buffer
UC_Ppinea_1km<-read.dbf("UC_MFE_Ppinea_1km.dbf")
Cod_UC_Ppinea_1km<-data.frame(Codigo=(unique(UC_Ppinea_1km$Código)),
ID=(unique(UC_Ppinea_1km$ID)))
Cod_UC_Ppinea <-data.frame(Codigo=(UC_Ppinea_dat$Código), RP=(UC_Ppinea_dat$Region_PR))
Cod_UC_Ppinea_join<-left_join(Cod_UC_Ppinea,Cod_UC_Ppinea_1km)
Cod_UC_Ppinea_join<-data.frame(sapply(Cod_UC_Ppinea_join,conv.na))
Cod_UC_Ppinea_error<-subset(Cod_UC_Ppinea_join, ID== -1)
E_UC_Ppinea_1km<- print(nrow(Cod_UC_Ppinea_error))# es cero
#P.pinaster
UC_Ppinaster_MFE<-read.dbf("Propuesta_UC_Euforgen_Ppinaster_MFE.dbf")
Cod_UC_Ppinaster_MFE<-data.frame(Codigo=unique(UC_Ppinaster_MFE$Código))
UC_Ppinaster_dat<-subset(UC_EUFORGEN, Especie == "Pinus pinaster")
E_UC_Ppinaster_MFE<- print(nrow(UC_Ppinaster_dat) - nrow(Cod_UC_Ppinaster_MFE))# >0 se hace
buffer
UC_Ppinaster_1km<-read.dbf( "UC_MFE_Ppinaster_1km.dbf" )
Cod_UC_Ppinaster_1km<-data.frame(Codigo=(unique(UC_Ppinaster_1km$Código)),
ID=(unique(UC_Ppinaster_1km$FID_Propue)))
Cod_UC_Ppinaster <-data.frame(Codigo=(UC_Ppinaster_dat$Código),
RP=(UC_Ppinaster_dat$Region_PR))
Cod_UC_Ppinaster_join<-left_join(Cod_UC_Ppinaster,Cod_UC_Ppinaster_1km)
Cod_UC_Ppinaster_join<-data.frame(sapply(Cod_UC_Ppinaster_join,conv.na))
Cod_UC_Ppinaster_error<-subset.data.frame(Cod_UC_Ppinaster_join, ID== -1)
E_UC_Ppinaster_1km<- print(nrow(Cod_UC_Ppinaster_error))# mayor de cero
#P.halepensis
UC_Phalep_MFE <- read.dbf("Propuesta_UC_Euforgen_Phalepensis_MFE.dbf")
Cod_UC_Phalep_MFE<-data.frame(Codigo=unique(UC_Phalep_MFE$Código))
UC_Phalep_dat<-subset(UC_EUFORGEN, Especie == "Pinus halepensis")
E_UC_Phalep_MFE<-print(nrow(UC_Phalep_dat) - nrow(Cod_UC_Phalep_MFE))# >0 se hace buffer
UC_Phalep_1km<-read.dbf("UC_MFE_Phalepensis_1km.dbf" )
Cod_UC_Phalep_1km<-data.frame(Codigo=(unique(UC_Phalep_1km$Código)),
ID=(unique(UC_Phalep_1km$FID_UC_Euf)))
Cod_UC_Phalep <-data.frame(Codigo=(UC_Phalep_dat$Código), RP=(UC_Phalep_dat$Region_PR))
Cod_UC_Phalep_join<-left_join(Cod_UC_Phalep,Cod_UC_Phalep_1km)
Cod_UC_Phalep_join<-data.frame(sapply(Cod_UC_Phalep_join,conv.na))
```

```
Cod_UC_Phalep_error<-subset(Cod_UC_Phalep_join, ID==1)
E_UC_Phalep_1km<- print(nrow(Cod_UC_Phalep_error))# es cero
# Lista con los dataframes de las unidades con error > 1km
Lista_Errores_1km <- list("E_ident_Ppinea" = Cod_ident_Ppinea_error,
"E_ident_Ppinaster" = Cod_ident_Ppinaster_error,
"E_ident_Phalepensis" = Cod_ident_Phalep_error,
"E_UC_Ppinaster" = Cod_UC_Ppinaster_error )
# 6.4 Exportar datos
wb2<-createWorkbook()
wb2<-write.xlsx(Lista_Errores_1km, file = "UCMB_Error_1km.xlsx",rowNames= TRUE)
saveWorkbook(wb2,"C:/Users/User/Desktop/Archivos
TFM/Mapas/1.Proyectos_Spp/Indices_Euforgen/UCMB_Error_1km.xlsx",
overwrite = TRUE)
```

ANEXO IV: PLAN DE GESTIÓN DE DATOS

CONTENIDO:

Lista de Acrónimos	75
1. Datos administrativos.....	76
2. Resumen de los datos	76
3. Datos FAIR	77
3.1. Localización de datos	78
3.2. Acceso público a los datos	80
3.3. Interoperabilidad de los datos.....	80
3.4. Reutilización de datos	80
4. Asignación de recursos.....	81
5. Copias de seguridad.....	81
6. Aspectos éticos.....	81

Lista de Acrónimos

DOI: Digital Object Identifier;

ESRI: Environmental System Research Institute;

EUFORGEN: European Forest Genetic Resources Programme;

FAIR: Findable, Accessible, Interoperable, Reusable;

GB: Giga Byte;

GDB: GeoDataBase;

GENFORED: Red Española de Ensayos Genéticos Forestales;

GIS: Geographic Information System;

INIA: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria;

IFN: Inventario Forestal Nacional;

MAPA: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación;

MFE: Mapa Forestal Español;

MS: Microsoft;

PDF: Portable Document Format;

PNG: Portable Network Graphics;

RAR: Roshal Archive;

RGF: Recursos Genéticos Forestales;

RP: Región de Procedencia;

XLSX: Excel Microsoft Office Open XML Format Spreadsheet file;

XML: eXtensible Markup Language;

1. Datos administrativos

Nombre del proyecto: Actualización de las Regiones de Procedencia y desarrollo de Indicadores del Estado de Conservación y Uso de los Recursos Genéticos para tres especies del género *Pinus*.

Acrónimo del proyecto: RPICpinus

Investigador(es) principal(es): Carlos Guadaño Peyrot, Ricardo Alía Miranda, José M. García del Barrio.

Datos de contacto: Carlos Guadaño Peyrot, carlos.guadano@alumnos.uva.es

Fecha primera versión: 23/12/2018

Fecha última actualización: 31/08/2019

2. Resumen de los datos

El presente documento consiste en la primera revisión del Plan de Manejo de Datos correspondiente a la fase intermedia entre la finalización del estudio y su publicación.

El principal objetivo del proyecto fue realizar una comparación, mediante técnicas de geoprocésamiento, entre los mapas disponibles de distribución de regiones de procedencia con el mapa de más reciente actualización del MAPA para tres especies españolas del género *Pinus*. Una vez actualizados los mapas de procedencias se calcularon indicadores relacionados con el estado de conservación de los recursos genéticos de las especies útiles para el desarrollo de programas de conservación y uso de los recursos genéticos forestales.

El primer paso del proyecto fue, por tanto, la obtención de dos bases de datos: la cartografía digital de las Regiones de Procedencia de las especies objetivo y el Mapa Forestal Español, basado principalmente en el último IFN. La principal fuente de estos recursos cartográficos fue el INIA.

Para la consecución del primer objetivo del estudio, se compararon las capas vectoriales de ambas cartografías mediante procesos de geoprocésamiento y minería de datos, dando como resultado un nuevo output cartográfico que incluía información asociada, procedente de los mapas iniciales, y generada durante su procesamiento (ejemplo: Poblaciones desaparecidas). Además, se asignaron a los nuevos mapas un campo correspondiente al origen que quedara asociado para las nuevas actualizaciones del Mapa Forestal Español, y del Inventario Forestal. Los archivos relevantes se manejaron en formatos GIS, hojas de cálculo y R.

A partir de los nuevos mapas de distribución de las especies se procedió a la fase analítica con el software R para el estudio de los resultados y el cálculo de los índices de conservación de los RGF. Esta fase analítica generó datos no estructurados o semiestructurados: resumen de datos y hojas de cálculo principalmente. La descripción, valoración y discusión de los procesos, así como la presentación de los resultados, se plasmaron en archivos de texto convencionales.

Específicamente, los formatos utilizados fueron:

- Archivos GDB: la información cartográfica digital de partida se presenta en formato geodatabase.
- Datos vectoriales GIS: ESRI Shapefiles. Un archivo shape consiste en varios archivos. Los siguientes tres son necesarios: archivo .shp contiene las geometrías de los objetos espaciales; archivo .dbf contiene los atributos en formato dBase y archivo del índice .shx.
- Datos XLSX: utilizados para los datos tabulares relacionados tanto con los datos cartográficos como con los análisis de los resultados y estudio de índices.
- Scripts de R: utilizados para el análisis estadístico de datos.
- Archivos PNG: utilizados para las salidas gráficas de GIS.
- Documentos PDF, MS Word: utilizados para la presentación de los resultados.
- Archivos RAR: archivos comprimidos para facilitar su manejo en caso de gran tamaño.
- XML: para la organización y etiquetado de metadatos.

El tamaño de los datos iniciales (archivos gdb y xlsx, principalmente) superaban ligeramente las 2 GB, alcanzando el global del estudio las 13 GB.

3. Datos FAIR

La preparación progresiva de los datos para su publicación se organizó según una jerarquía de carpetas que contienen archivos estructurados de la siguiente manera:

- **Actualización RP Pinos:** repositorio o data set general
 - Léeme: archivo de texto con una descripción general del estudio
 - 0. Información inicial
 - Léeme: archivo de texto con una descripción de los datos de partida
 - 1. Actualización cartográfica
 - 2. Índices EUFORGEN
 - 3. Índices RGF nacionales
 - 1. Actualización Ppinea
 - Léeme: archivo de texto con una descripción sobre el estudio de la RP particular.
 - 1. Proyecto Ppinea GIS: archivos de proyecto GIS para el desarrollo del estudio
 - 2. Script Ppinea: script R elaborado para el estudio
 - 3. Tablas Ppinea:
 - 4. Outputs Ppinea: documentos resultantes del estudio
 - Zip: archivo comprimidos a publicar
 - 2. Actualización Phalepensis
 - 3. Actualización Ppinaster

- 4. Índices EUFORGEN
- 5. Índices RFG nacionales
- 6. Análisis de resultados: documentos, imágenes, gráficos y presentaciones que explican los outputs del estudio.
 - 1. Informes
 - 2. Tablas editadas
 - 3. Imágenes
- 7. Bibliografía general
- Metadata: archivos de metadatos referentes al estudio
- METADATA.xml

3.1. Localización de datos

Una vez que el estudio de distribución de una especie (cartografía e información asociada) esté listo para su reutilización pública, toda la estructura de la carpeta relativa se empaquetará y comprimirá utilizando un formato de empaquetado común (nombredelarchivo.zip) que se nombrará de acuerdo con el esquema de codificación definido a continuación. La persona responsable del estudio estará a cargo de la inclusión en el paquete final de los datos pertinentes, siempre y cuando haya determinado que no está implicada la infracción de material confidencial o de los derechos de propiedad intelectual, al consultar a todas las demás personas de contacto sobre los datos vinculados. El archivo resultante se cargará previsiblemente en el repositorio público **Zenodo** y en el repositorio institucional **UVaDoc**. Las capas de los mapas de RP actualizados se subirán a la página de **GENFORED**.

Por lo tanto, el proceso para la elaboración del estudio de distribución de cada especie consta de dos etapas: i) en elaboración (internas: solo tienen acceso las personas relacionadas con la elaboración del estudio de caso); y ii) pública (disponible en Zenodo y UVaDoc, posiblemente con un período de bloqueo de acuerdo con el esquema de publicación de acceso abierto elegido). Durante la primera etapa, se utilizará la herramienta OwnCloud como repositorio externo de datos. La transición de un estado a otro, después de la revisión y el acuerdo de los analistas involucrados, se desarrollará en los siguientes pasos:

- Preparar archivo de metadatos;
- Paquete (archivo .zip);
- Cargar archivo a Zenodo y UVaDoc, utilizando los metadatos disponibles anteriormente;
- Apuntar el DOI hacia el archivo "METADATA.xml".

Tanto los archivos de datos como las publicaciones serán registrados. Los DOI se obtendrán al registrar los resultados de cada RP en Zenodo. Los metadatos seguirán los estándares **Dublin Core** e **ISO 19139**, relativo a metadatos de información geográfica, utilizando para ello la herramienta **GeoNetwork**. Una vez registrados, los DOI resultantes serán especificados en las plataformas UVaDoc y GeoNetwork.

Cuando un estudio pase de la fase "en elaboración" a la fase "pública", los metadatos del estudio se exportarán y se colocarán en un archivo "METADATA.xml"

que se encuentra en la carpeta raíz del estudio de RP antes del empaquetado final general.

Los archivos se identificarán según la siguiente convención:

Para la información final a publicar (zip):

País_Recursos Genéticos Forestales_ Género_especie_código especie_Región de Procedencia+Código Región de Procedencia_año_mes_día

Utilizando las siguientes abreviaturas: S = Spain (España); FGR = Forest Genetic Resources (Recursos Genéticos Forestales); RP = Regions of Provenance (Regiones de Procedencia).

Por ejemplo, para las Regiones de Procedencia de *Pinus pinea* en España a 1 de enero del 2020:

S_FGR_Pinus_pinea_023_RP01_2020_01_01

Para los procesos del estudio:

Objeto del estudio + Inicial Género + nombre especie + acción específica + fecha* (año/mes/día).

*La fecha se incorpora solamente en aquellos archivos que dispongan de varias versiones.

Utilizando las siguientes convenciones: MFE = Mapa Forestal Español; RP = Región de Procedencia; aut = autóctono; noaut = no autóctono; desap = desaparecido; dism = disminuido; id = identificador; cod = código; act = actualizado.

Por ejemplo, para referirse al mapa de regiones de procedencia autóctono *Pinus pinea* en una versión distinta de otra anterior:

RPaut_Ppinea_20190630

Otro ejemplo, para la unión del Mapa Forestal Español con el mapa de Regiones de procedencia de *Pinus halepensis*:

MFE_RP_Phalepensis

Si a éste se le añade un identificador para los nuevos polígonos resultantes de la unión:

MFE_RP_Phalepensis_id

Palabras clave:

Se proporcionarán palabras clave para facilitar la localización de los datos en español, inglés y latín (para la nominación científica de las especies). Por ejemplo: *Pino piñonero*, *Stone Pine*, *Pinus pinea*.

Organización de las versiones de los archivos:

Los archivos serán nombrados únicamente por la persona encargada del estudio de distribución de cada especie.

3.2. Acceso público a los datos

Cuando un paquete de datos relacionados con un estudio de distribución se haya marcado como público y no esté bajo periodo de embargo, se pondrá a disposición de manera abierta. Solo los datos protegidos por derechos de propiedad intelectual se mantendrán cerrados por razones de privacidad. Solo los resúmenes agregados se harán accesibles según las Directrices de la Comisión Europea sobre Acceso Abierto a Publicaciones Científicas e Información de Investigación en Horizonte 2020. Esta opción es compatible con el esquema de acceso ofrecido por Zenodo.

Como se ha descrito anteriormente, el acceso público a los datos estará disponible por medio de varios conjuntos de datos de Zenodo y UVaDoc, uno por estudio de distribución de especie (Zenodo se vinculará automáticamente a OpenAIRE). Todos estos datos serán completamente accesibles gracias a los metadatos incluidos y al servicio de búsqueda disponible en Zenodo Y UVaDoc.

La mayoría de los datos se compartirán en formatos de código abierto. Cualquier herramienta de software capaz de descodificar estructuras de datos y desarrollada durante el estudio se lanzará bajo una licencia de código abierto y se hará accesible al final del proyecto por un repositorio GitHub vinculado al conjunto de datos de Zenodo. El código publicado permanecerá alojado en GitHub y se vinculará a los mismos conjuntos de datos con un DOI específico, por lo que se puede abrir para reutilizarlo y descodificar los conjuntos de datos.

Cada archivo final comprimido incluirá un archivo de texto con las especificaciones de los software utilizados y necesarios para el manejo de los datos, así como el nombre y contacto de la persona o equipo responsable de la autoría.

3.3. Interoperabilidad de los datos

No se prevé implementar un sistema de metadatos interno.

3.4. Reutilización de datos

Los datos publicados pueden ser útiles y reutilizados por personas relacionadas con las áreas cubiertas por el proyecto: gestión y manejo de recursos genéticos forestales, ambientales, tecnológicas, así como profesionales del mundo académico.

Para cualquier pieza de datos que requiera una licencia, la propuesta es: Creative Commons Attribution-Non Commercial-Share Alike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0).

Los estudios de cada especie o índice en desarrollo se mantendrán accesibles solo para los miembros del equipo del proyecto hasta que la configuración, cálculos, revisión y otras fases de verificación (incluida la verificación de la propiedad intelectual) se finalicen y la divulgación sea autorizada por el coordinador. Una vez que estén disponibles públicamente en Zenodo y UVaDoc, los datos serán completamente reutilizables.

Los datos seguirán siendo reutilizables hasta que Zenodo y los otros repositorios interrumpan los conjuntos de datos (garantizados por un mínimo de 20 años).

4. Asignación de recursos

Como el estudio se basó en el uso de recursos gratuitos y software de código abierto o ya adquirido anteriormente, el único coste radicó en el tiempo de trabajo empleado.

El coordinador del estudio tiene la responsabilidad última sobre la gestión de los datos y su almacenamiento.

El almacenamiento a largo plazo está garantizado sin costes adicionales al utilizarse los repositorios Zenodo y UVaDoc.

5. Copias de seguridad

Se garantizó un doble mecanismo de copia de seguridad, uno externo local y otro en OwnCloud, durante la vida útil del proyecto para guardar la información. La información compartida en OwnCloud fue sólo accesible a los miembros del equipo.

Todas las responsabilidades relacionadas con la recuperación de datos y el almacenamiento seguro a largo plazo versarán sobre de los repositorios Zenodo y UVaDoc.

6. Aspectos éticos

No se aplican aspectos éticos a este conjunto de datos.