



2022  
Lleida

27·1  
junio · juny  
julio · juliol

Cataluña  
Catalunya

## 8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

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



8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

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

**ISBN 978-84-941695-6-4**

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



## Potencial del teleférico forestal en España

BLASCO FERNANDEZ, I.<sup>1</sup>, VELASCO CASTRO, H.<sup>1</sup> y CALERO GIL, R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Empresa de Transformación Agraria, S.A., S.M.E., M.P. (Tragsa).

### Resumen

Dentro del proyecto de I+D+i BIOFOREST desarrollado por Tragsa, se han llevado a cabo trabajos de desembosque mediante un teleférico forestal (cable aéreo) de corta distancia. Este sistema de trabajo es empleado de forma casi anecdótica en España, aunque podría ser la solución para tratar masas ubicadas en orografías complicadas con elevadas pendientes, que no pueden ser tratadas con equipos convencionales de forma segura. Los datos recogidos durante los trabajos llevados a cabo entre 2015 y 2016 en Yunquera (Málaga) muestran que, bajo determinadas circunstancias, resulta viable y económicamente rentable el empleo de teleféricos forestales. Además, en dichos trabajos se cumplieron dos funciones principales: tratar y mejorar el estado de una masa que, debido a su complicada ubicación, se encontraba prácticamente abandonada; y amortizar parcialmente el elevado coste de los trabajos utilizando la madera extraída como fuente de energía en una red de calor del municipio. Tras esta positiva experiencia, se ha procedido a estudiar el territorio nacional, a través de información geográfica, en busca de masas de pinar en condiciones de montaña susceptibles de ser tratadas mediante teleférico, así como la mejor forma de optimizar los rendimientos y costes de su tratamiento.

### Palabras clave

Cable aéreo, desembosque, elevadas pendientes, masas de montaña.

### 1. Introducción

En las masas arboladas situadas en zonas escarpadas y con marcadas pendientes se tiene elevada dificultad para movilizar los recursos, debido a las restricciones existentes en el empleo de maquinaria convencional y al desconocimiento de alternativas tecnológicas. Como consecuencia, en muchos de estos territorios no se han realizado los tratamientos selvícolas necesarios, por lo que en la actualidad muchos de ellos son montes con densidades excesivas. A su vez, el exceso de densidad supone trastornos de desarrollo cualitativo y cuantitativo del arbolado, con la consecuente pérdida de valor comercial “tradicional” de los productos a extraer.

Al mismo tiempo, debido a las densidades excesivas de estas masas, los modelos de combustibilidad son altamente peligrosos, lo que incrementa el riesgo de ocurrencia de incendios forestales y facilita su propagación. Además, al ser terrenos escarpados y con elevadas pendientes, las labores de extinción de incendios son más difíciles y peligrosas. Y la escasez de accesos incrementa el tiempo de respuesta de los medios de extinción y dificulta una detección precoz de enfermedades y plagas.

Estas zonas de pendiente acusada, con accesibilidad restringida o de marcada fragilidad, donde los sistemas convencionales para el aprovechamiento de madera no pueden manejarse de forma segura, son los ámbitos de actuación ideales para el empleo de los teleféricos forestales (ASCASIBAR y CARRASCOSA, 1997). Las peculiaridades orográficas del estado español, junto con la sensibilidad ambiental de la sociedad actual, deberían favorecer el uso de esta alternativa, sin embargo, su empleo en España es casi testimonial (TOLoSANA *et al.*, 2005).

Para atender esta problemática, Tragsa adquirió en 2015 un teleférico forestal tricable de corta distancia que puso a ensayo en el término municipal de Yunquera (Málaga) entre 2015 y 2016 para llevar a cabo el tratamiento de masas de pinar en zonas de marcada pendiente. Durante los trabajos se realizó una exhaustiva toma de datos de la cual se concluyó que el teleférico forestal es una solución adecuada para llevar a cabo las actuaciones selvícolas necesarias en zonas donde no es posible trabajar de forma segura con equipos convencionales. Además, una parte importante de la madera extraída durante los trabajos se utilizó para alimentar la caldera de la red de calor del municipio.

## 2. Objetivos

Para conocer el potencial de trabajo de los teleféricos forestales, se plantea desarrollar un procedimiento que permita identificar en el territorio nacional masas arboladas ubicadas en situaciones complejas que no están siendo tratadas en la actualidad y donde se podría llevar a cabo la saca de madera mediante el uso de teleféricos forestales.

Las zonas a identificar deberán contar con ciertos indicadores que señalen la necesidad de tratamiento de sus masas arboladas, por ejemplo, tener una densidad adecuada y una clase natural de edad de latizal o fustal. Otro distintivo de las zonas a identificar son las características del terreno, pues los teleféricos forestales deben ser utilizados en zonas donde no es posible o seguro trabajar con equipos convencionales, por lo que se deberán encontrar en terrenos escarpados, con fuertes pendientes y/o de difícil acceso. Como la mayor parte de las masas arboladas que cumplan estas características estarán cubiertas de pinar, para simplificar el procesado se decide ubicar solo las que contengan alguna especie del género *Pinus*.

Además de la superficie, se considera de interés obtener una estimación de las densidades y existencias disponibles y su potencial de cara al empleo de la biomasa extraída como fuente de energía renovable.

## 3. Metodología

En primer lugar, se ha llevado a cabo una búsqueda, recopilación y análisis de información de base para llevar a cabo la selección de las superficies potenciales objeto de estudio. El procesado de la información se ha realizado mediante un programa de SIG (Sistema de Información Geográfica). Para comprobar que la información geográfica da una respuesta adecuada que se corresponde con la realidad, se han tomado puntos de control en campo.

La identificación de las zonas cubiertas de pinar con suficiente densidad, se ha realizado utilizando la información del Mapa Forestal Nacional (MFE) de máxima actualidad. En concreto la relativa a FCC (fracción de cabida cubierta), clase natural de edad y especie principal. En primer lugar, se ha filtrado la información seleccionando únicamente los polígonos con alguna especie principal del género *Pinus* y con clases naturales de edad de latizal y fustal. De este modo se ha asegurado contar con masas adultas de pinar.

Por otro lado, las masas de interés son aquellas que tienen una espesura excesiva y que necesitan ser tratadas cuando antes, o las que tienen una espesura suficiente que indique la necesidad de tratamiento en los próximos años. Para realizar la estimación de espesura también se ha utilizado la información contenida en el MFE de máxima actualidad, en este caso la relativa a la FCC. Para determinar la FCC mínima de interés se ha realizado un muestreo de puntos de control en campo y en gabinete utilizando ortofotos y la capa previamente filtrada del MFE con solo masas de pinar con clase natural de edad de latizal y fustal. Se ha determinado que la FCC mínima de interés del MFE es del 42 %. Con esta información se ha procedido a volver a filtrar la capa, seleccionando

solo aquellos polígonos con más del 42 % de FCC. De este modo se obtiene una capa de polígonos con las masas de pinar de latizal y/o fustal con una espesura suficiente que indica la necesidad de tratamiento actual o en los próximos años.

Respecto al terreno, se han utilizado dos fuentes de información: el Modelo Digital del Terreno – MDT25 del IGN (Instituto Geográfico Nacional) del que se han obtenido las pendientes y el Mapa Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias a escala 1:1.000.000, edición 1995, obtenida a través del IGME (Instituto Geológico y Minero). Con ambas fuentes se ha modelado la transitabilidad del terreno para tener en cuenta que, además de la pendiente, el tipo de suelo también limita el que un equipo pueda o no transitar de forma segura. Con esta información, se ha desglosado el territorio en 4 clases según qué equipos pueden moverse adecuadamente por el terreno, a saber, ordenados de mayor a menor limitación: tractor agrícola, autocargador, skidder y teleférico.

Por otro lado, se ha tomado como unidad mínima de trabajo una unidad de gestión con una superficie de 25 ha. Este valor se basa en experiencias anteriores de las que se concluye que, por ejemplo, montar, extraer los árboles y desmontar cada línea de teleférico, podría llevar una media de 2,5 días; y que en cada línea se podría actuar de media sobre unas 0,7 ha. Por lo que tratar 25 ha podría llevar 4 o 5 meses, tiempo de trabajo adecuado por unidad de gestión.

Para conseguir unidades de gestión de 25 ha se ha optado por identificar, además de las zonas clasificadas como teleférico, también las aledañas a estas. De este modo, se trata el monte en su conjunto, se compensan los costes y se mantienen los equipos de trabajo optimizados. Por ejemplo, para mover la madera desde la zona de descarga del teleférico hasta la zona de acopio en monte, es necesario un autocargador. Pero este equipo va a tener muchos tiempos de espera si solo trabaja como apoyo al teleférico. Por lo que lo ideal es que también trabaje realizando desembosque de madera en zonas aledañas, por ejemplo, durante los tiempos de montaje y desmontaje del teleférico.

Cruzando la información de la vegetación y del terreno, se han obtenido las zonas potenciales para ser tratadas por teleféricos forestales y las aledañas a estas. En la Figura 1 se muestran las superficies resultantes del procesado llevado a cabo.

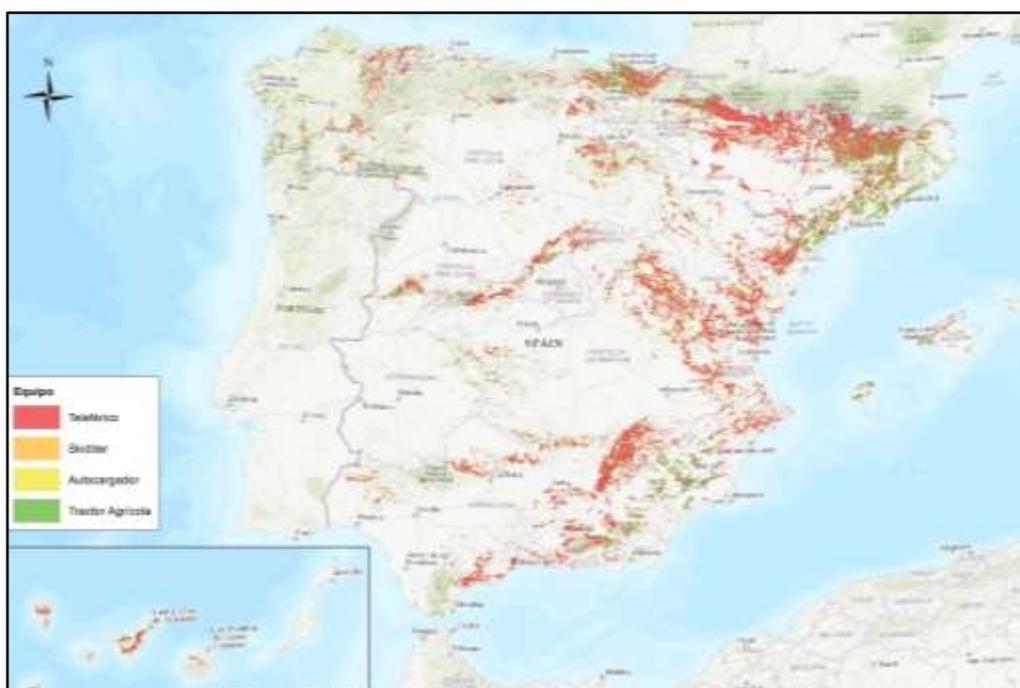


Figura 1. Vista del resultado de las zonas susceptibles de tratamiento identificadas.

El último paso del procesado ha sido incorporar la información de densidades y existencias de todas las CC. AA. que contaban con IFN4 (cuarto Inventario Forestal Nacional) y MFE25 en la fecha de elaboración del procesado. Para ello, se ha cruzado la capa resultante con la información de las bases de datos de IFN4, en concreto con la tabla “Estratos\_exs”, que proporciona por clase diamétrica, estrato y especie información relativa al número de pies, al área basimétrica o al volumen con corteza.

Para convertir las existencias a peso se han utilizado los valores modulares de biomasa de la publicación Producción de biomasa y fijación de CO2 por los bosques españoles (MONTERO *et al.*, 2005). Para ello, se han transcrito los valores modulares de la biomasa aérea de las especies del género *Pinus* a una hoja de cálculo utilizando la misma codificación de especie que se emplea en el MFE. El resultado de cruzar esta información con la capa resultante, ha sido la incorporación de la información de toneladas anhidras por clase diamétrica, lo que ha permitido calcular las toneladas anhidras por hectárea para cada estrato y especie a partir del número de pies del IFN4 y de las superficies.

En la Figura 2 se muestra un esquema-resumen del proceso llevado a cabo.

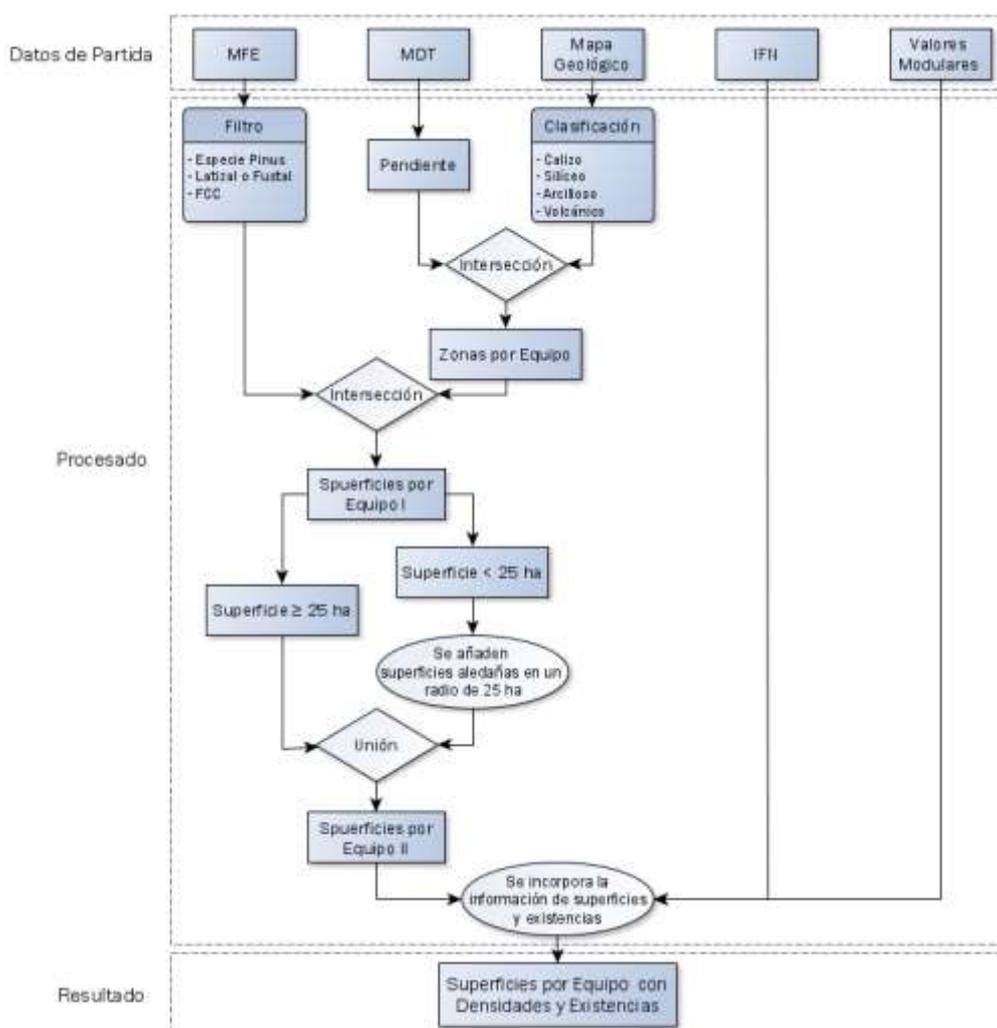


Figura 2. Esquema del procesado de la información geográfica para obtener las superficies potenciales a tratar con teleférico forestal.

Para intentar conocer cómo serán las masas en el momento del tratamiento, se ha llevado a cabo una extrapolación de la información de las densidades y existencias, realizando simulaciones de posibles cortas, utilizando criterios habituales respecto a densidad de apeo, áreas basimétricas a extraer, etc. En la Figura 3 se muestra una simulación de un estrato del IFN de *Pinus nigra* en Álava, en la que aparece la densidad por clase diamétrica de la masa antes de tratar (inicial), la densidad a apeo y como quedaría la masa tras el tratamiento (final).

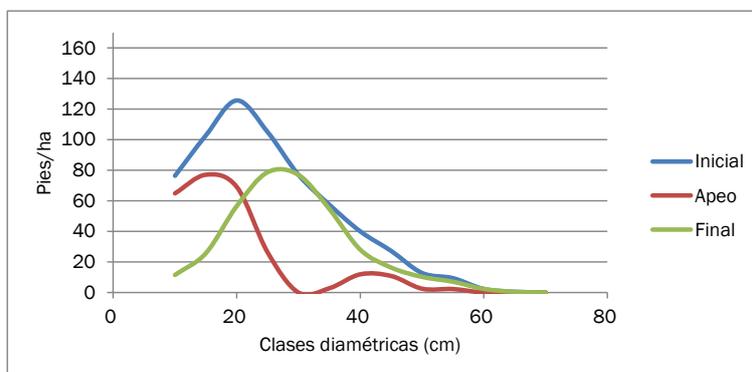


Figura 3. Dinámica de densidades por clase diamétrica debido a las cortas sobre el estrato 17 de *Pinus nigra* en Álava.

Con el objetivo de hacer más accesibles los resultados, se ha generado un visor *online* que muestra las superficies obtenidas, y la información de densidades y existencias de las zonas que cuentan con IFN4. El visor permite filtrar la información a visualizar, mostrando en el mapa la superficie filtrada clasificada en cuatro colores en función del equipo más adecuado para llevar a cabo el tratamiento de las masas de pinar, siendo siempre el teleférico el equipo principal de trabajo. En la Figura 4 se muestra una imagen del visor en el que se ha realizado un filtro para seleccionar los resultados en la provincia de Lleida. El mapa se puede visualizar en el siguiente enlace:

<https://sic-arccgis.tragsatec.es/portal/apps/webappviewer/index.html?id=d3e7ef16713e45b9bc2db11e84d89f24>

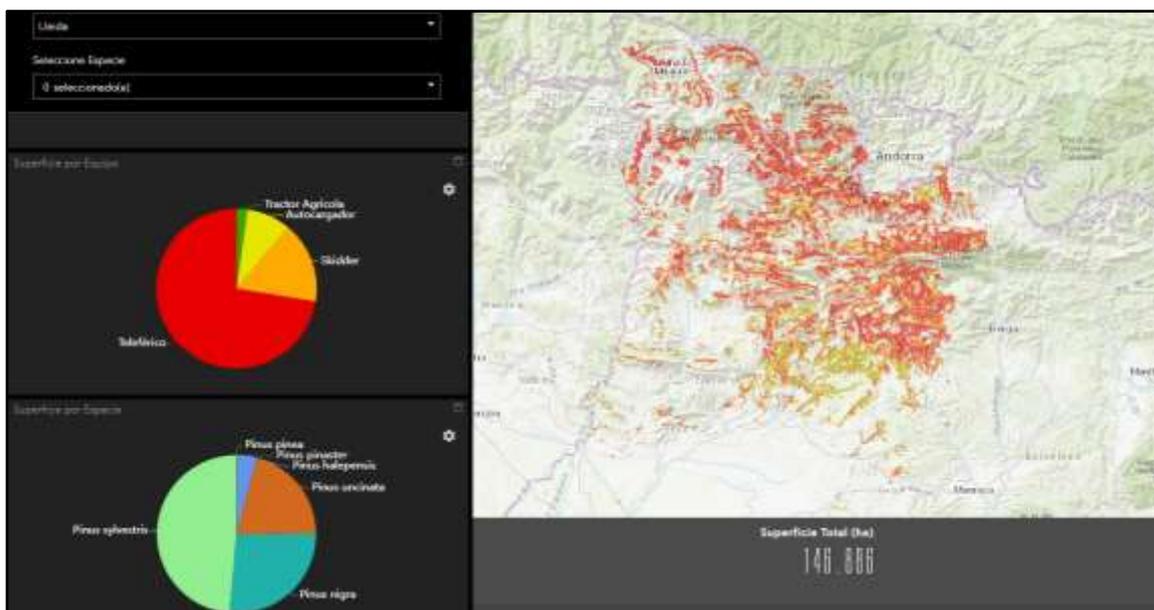


Figura 4. Ejemplo del visor al filtrar los resultados en la provincia de Lleida.

## 4. Resultados

Un primer resultado es la metodología para identificar y calcular superficies potenciales para ser tratadas con teleférico. El valor de esta metodología reside principalmente en que las superficies estudiadas están en continuo cambio: crecen, se queman, se aprovechan, se llevan a cabo reforestaciones, etc. Por ello, si se quieren mantener las superficies potenciales actualizadas, se tendrá que procesar la información en cada actualización de la cartografía del MFE.

Las superficies obtenidas suman un total de 1.641.256 ha, de las cuales algo más de la mitad están identificadas con el teleférico como equipo de trabajo, en concreto 897.621 ha. Esta es una superficie significativa que pone de manifiesto la necesidad de tratamiento de las masas arboladas de alta montaña.

Además de identificar superficies, también se obtienen las densidades y existencias de las masas identificadas según la información por estratos proporcionada por el IFN4.

Y para hacer más accesible la información, se ha elaborado un visor *online* que permite que cualquier persona interesada pueda visualizar las superficies obtenidas y su información asociada, como la especie, el estrato, la densidad y las existencias (estas dos últimas en las CC. AA. que cuentan con IFN4). En la Figura 5 se muestra una captura del visor donde se ven las superficies obtenidas en la zona a la que se ha hecho zoom, así como la tabla de atributos con los resultados de densidades y existencias obtenidos a partir del IFN4.

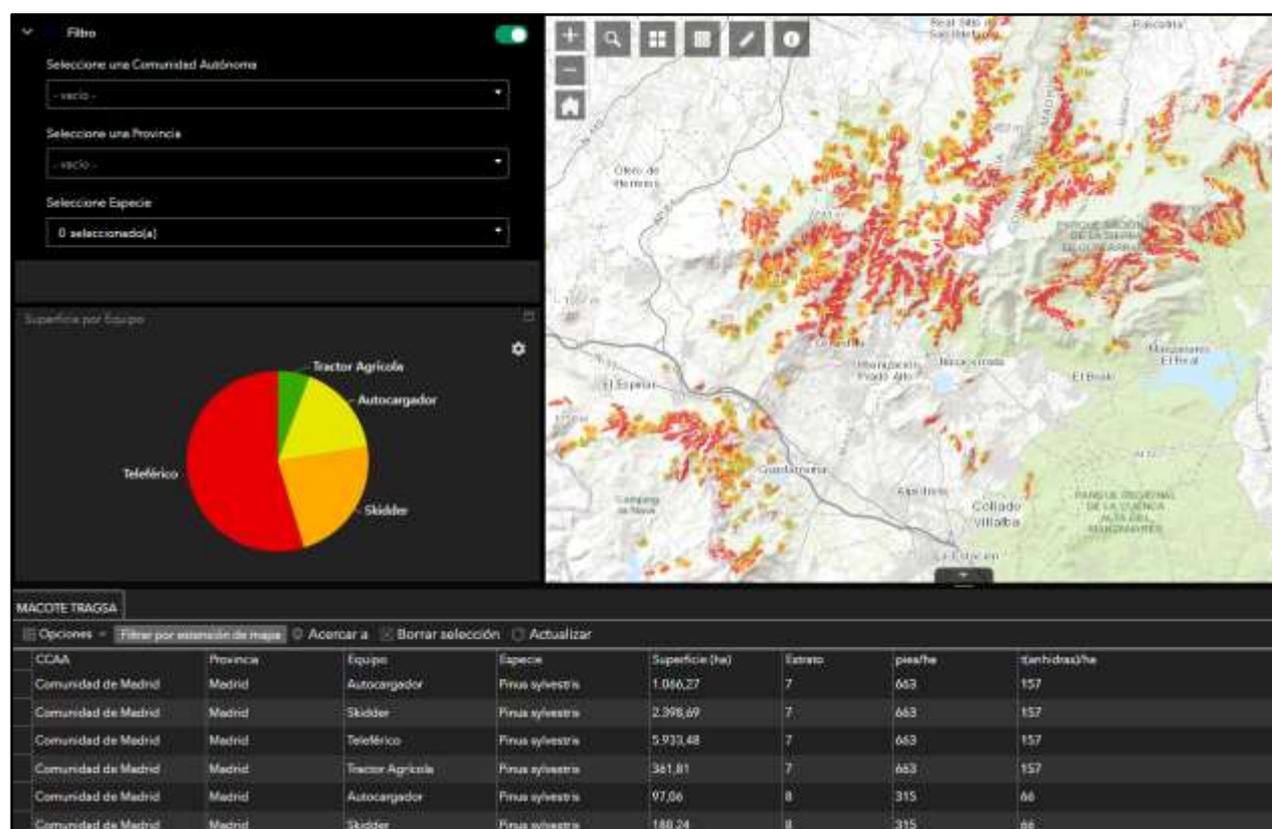


Figura 5. Vista de los resultados de potencial a través del visor. Los datos mostrados en el gráfico y en la tabla de atributos se actualizan según la vista del mapa.

## 5. Discusión

Mediante información geográfica accesible ha sido posible identificar zonas potenciales para trabajar con teleférico a nivel nacional. Esta información sirve para hacerse una idea del potencial del equipo, pero es necesario recalcar que la información de partida, aunque es muy valiosa, también es genérica. Sin ninguna intención de quitar valor al gran trabajo realizado para obtener el MFE y el IFN, es necesario tener en cuenta la escala a la que están elaborados. Por ello, en ningún caso los datos obtenidos se deben utilizar a la ligera sin realizar una visita de campo y una toma de datos.

La metodología empleada solo tiene en cuenta las zonas con elevadas pendientes que se han considerado inaccesibles por los equipos habituales de trabajo. Pero el teleférico puede ser útil en otros escenarios, por ejemplo, en zonas pantanosas o en zonas frágiles que requieran especial cuidado y protección durante la ejecución de los trabajos (VALLADARES, 1970). Estas zonas no han podido ser identificadas mediante el procesado llevado a cabo, pero es importante matizar que existen otras superficies en las que también puede ser de interés utilizar los teleféricos forestales, ya que estos ofrecen la ventaja de ser prácticamente indiferentes a la orografía del terreno, siempre y cuando existan vías de acceso a las zonas de saca. Además, al tratarse de equipos de desembosque de madera mediante cable aéreo, protegen el suelo y la vegetación remanente mejor que cualquier otro equipo convencional.

Por otro lado, la actual demanda de fuentes de energía alternativa supone una razón más para tratar las masas identificadas. Muchas de ellas hasta hace poco no tenían ningún interés, pues suelen ser masas en las que no se han realizado los tratamientos selvícolas adecuados, por lo que tienen un exceso de densidad lo que supone trastornos en el desarrollo cualitativo y cuantitativo del arbolado. Pero en el actual marco de contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero, la extracción de esta madera tiene interés para ser utilizada como fuente de energía renovable en forma de biomasa. Asimismo, este tipo de actuaciones pueden contribuir a mejorar la situación de la llamada “España vaciada” generando empleo local. Además, mantener las masas arboladas correctamente tratadas disminuye el riesgo de incendios forestales y ayuda a prevenir la aparición y el desarrollo de enfermedades y plagas.

## 6. Conclusiones

La superficie obtenida, a priori, es suficiente para justificar la viabilidad de impulsar el uso de teleféricos forestales para mejorar el estado de los bosques de España a los que, por estar ubicados en zonas complejas, no se les aplica tratamiento alguno a día de hoy. De modo que mediante la implementación de esta herramienta podrán pasar a ser valorizables, cumpliendo al mismo tiempo diversas funciones favorables para el medioambiente, como la reducción de riesgo de incendios, la mejora sanitaria de los bosques o el empleo de biomasa como fuente de energía renovable.

Con la información obtenida del IFN y el MFE se han podido obtener las superficies desglosadas por estratos. Pero la información contenida en el IFN respecto a densidades de arbolado, al estar extrapolados los resultados de las parcelas de muestreo a nivel de estrato y conteniendo dichos estratos superficies con arbolados heterogéneos (más o menos dependiendo de las provincias), se concluye que la información de existencias es demasiado genérica como para servir de herramienta de toma de decisiones. Lo que sí proporciona es una idea de cómo son las masas de los estratos y una orientación de dónde sería mejor actuar. Pero siempre será necesario realizar un inventario y un estudio de costes antes de llevar a cabo una actuación en un lugar concreto.

## 7. Agradecimientos

Los trabajos descritos forman parte de un proyecto de I+D+i del Grupo Tragsa denominado BIOFOREST, dentro del cual se ha llevado a cabo la adquisición de un teleférico tricable Ritter de corta distancia con el que se han llevado a cabo trabajos selvícolas y se ha tenido la oportunidad de desarrollar los trabajos descritos anteriormente, además de muchos otros. Este proyecto ha permitido a los integrantes del equipo de trabajo conocer más de cerca el teleférico forestal y aprender que puede ser una herramienta más para llevar a cabo tratamientos selvícolas en los montes españoles, como ocurre en otros países de nuestro entorno de forma habitual.

## 8. Bibliografía

ASCASIBAR, J.; CARRASCOSA, A.; 1997. Transformación forestal del valle de Leizarán (Guipuzkoa). Experiencia de la extracción de madera mediante teleférico tricable. *II Congreso Forestal Español*. 67 - 71.

MONTERO, G.; RUIZ-PEINADO, R. Y MUÑOZ, M.; 2005. Producción de biomasa y fijación de CO<sub>2</sub> por los bosques españoles. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. 274. Madrid.

TOLOSANA E.; RODRÍGUEZ J.; PIQUÉ M.; AGUDÍN S.; BOTICARIO P.; AMBROSIO Y.; 2005. Estudio de tiempos, rendimientos y costes del desembosque con cable aéreo en Cataluña. *4º Congreso Forestal Español*. 1 - 7.

VALLADARES CONDE, A.; 1970. Manual de teleféricos forestales. Realigraf. 234. Madrid.