



**2025** | **16-20**  
**GIJÓN** | **JUNIO**

**9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL**

**9CFE-1334**

Actas del Noveno Congreso Forestal Español  
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**  
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





## Información necesaria en mapas de variables forestales generados por teledetección y barreras encontradas con cartografías actuales: cómo satisfacer las necesidades de los usuarios finales

CANDEL-PÉREZ, D. (1,2), GOMEZ-ROUX, M. (1), ÁGUEDA, B. (1), GONZÁLEZ-GARCÍA, C. (3) y MAURO, F. (1)

(1) iuFOR, EiFAB, Campus Duques de Soria, Universidad de Valladolid.

(2) Sección de Desarrollo Territorial Sostenible, NASUVINSA, Pamplona (Navarra).

(3) Dpto. Ingeniería y Gestión Forestal y Ambiental, Universidad Politécnica de Madrid.

### Resumen

Durante las últimas décadas, se han desarrollado importantes esfuerzos para combinar datos de inventarios forestales y bases de datos de teledetección para generar productos cartográficos que mejoren la información disponible para la gestión y planificación forestal. Pese a ello, existe cierta desconexión entre los ámbitos de investigación y desarrollo de cartografía y los usuarios finales. La interacción directa con los potenciales usuarios de cartografía generada por teledetección es fundamental para solucionar este problema y aumentar las tasas de adopción de nuevos productos cartográficos. En nuestro caso, tratamos de generar productos espacialmente explícitos con un alto nivel de desagregación que puedan vincularse con simuladores de crecimiento o incendios. Con el fin de maximizar el uso de los productos desarrollados, se efectuaron una serie de sesiones interactivas donde usuarios potenciales (selvicultores, gestores forestales o personal técnico) son preguntados por sus preferencias y necesidades en términos de información espacial, así como por los problemas que encuentran a la hora de utilizar cartografías existentes. Nuestros resultados muestran problemas de conocimiento técnico y/o dificultades para acceder a la cartografía y mantener dichos datos, poniendo en evidencia la necesidad de desarrollar actividades de formación continua y aumentar los esfuerzos para facilitar el uso de datos abiertos, respectivamente.

### Palabras clave

Desagregación, encuestas, teledetección, gestión forestal, modelización, tree-lists

### 1. Introducción

La Estrategia Forestal de la Unión Europea para 2030 identifica las amenazas más importantes para los bosques (por ejemplo, los incendios forestales o el cambio climático) y establece las directrices y los objetivos que deben configurar las prácticas de gestión forestal en los próximos años. Los gestores forestales deben contar con herramientas adecuadas para anticipar las posibles consecuencias que pueda ocasionar la adopción de diferentes alternativas de gestión. Entre estas herramientas podemos encontrar, por ejemplo, modelos de crecimiento de árbol individual independientes de la distancia y sensibles al clima (p.ej. SIMANFOR o Medfate) o herramientas de simulación del comportamiento y efectos del fuego (p.ej. Flammap o FOFEM). Estos modelos están disponibles para la mayoría de las tipologías forestales existentes en España, pero requieren datos de entrada en



forma de mapas de listas de árboles (tree-lists) que aún no han sido desarrollados. Actualmente en España se dispone de abundante información abierta procedente de teledetección y observaciones terrestres en entornos forestales para elaborar mapas de listas de árboles. Sin embargo, el alto nivel de desagregación de estos productos cartográficos requiere considerar las principales preferencias de los usuarios finales de estos mapas generados a partir de teledetección.

Se propone desarrollar una metodología replicable para integrar fuentes de información disponibles en modelos predictivos y generar mapas de listas de árboles que puedan satisfacer las necesidades de información de los gestores forestales. Esta metodología adapta la desarrollada por MEDDENS et al. (2022) al contexto español y se basa en la realización de sesiones interactivas donde se pregunta a los gestores del territorio sobre sus principales necesidades de información, sus requisitos de precisión y el detalle espacial con el que desarrollan su trabajo.

## 2. Objetivos

Se pretende desarrollar una interacción directa con los potenciales usuarios de cartografía de variables forestales generada por teledetección para minimizar la posible desconexión entre los investigadores y desarrolladores de cartografía y dichos usuarios finales. Así, se persigue conocer las preferencias y necesidades en términos de información espacial, p.ej. precisión o detalle, de los potenciales usuarios (selvicultores, gestores forestales o personal técnico), así como los problemas que encuentran a la hora de utilizar cartografías existentes.

Por otro lado, se aspira a satisfacer las necesidades de los usuarios finales y aumentar las tasas de adopción de nuevos productos cartográficos, como son los mapas de listas de árboles (tree-lists) y productos espacialmente explícitos con un alto nivel de desagregación que puedan vincularse con simuladores de crecimiento o incendios.

## 3. Metodología

La caracterización de necesidades y preferencias se organiza en dos tareas. La primera se centra en contactar con grupos de usuarios potenciales y proporcionar un cuestionario para identificar las respuestas más importantes para las aplicaciones de gestión. Para este primer propósito, se contactó con cinco grupos diferentes de usuarios de mapas de listas de árboles (gestores forestales de la administración pública, propietarios forestales particulares, personal de extinción de incendios, científicos de universidades y centros de investigación, y profesionales de empresas privadas). Se utilizó la metodología descrita en MEDDENS et al. (2022) para la identificación de necesidades sobre productos de teledetección. Se solicitó a los entrevistados que enumeraran las variables de interés, verificando que se pueden calcular utilizando datos de las parcelas del Inventario Forestal Nacional (IFN) y que facilitarían su trabajo si estuvieran disponibles en formato de mapa.

Así, en esta serie de sesiones interactivas dichos usuarios potenciales de cartografía fueron preguntados por (1) el tipo de tecnologías geoespaciales que usan en su día a día, (2) sus preferencias y necesidades en términos de información espacial, así como por (3) los principales problemas que encuentran a la hora de utilizar cartografías existentes generadas por teledetección. Los cuestionarios



incluían además preguntas abiertas donde se podía informar de aspectos no considerados inicialmente en el diseño del cuestionario. Para las secciones 2 y 3 del cuestionario se agruparon las necesidades de información espacial en tres tipos de aplicaciones o ámbitos de trabajo: 1) Aplicaciones en silvicultura y ordenación forestal, 2) Aplicaciones en defensa contra incendios, y 3) Aplicaciones en conservación de la biodiversidad.

En total se completaron 57 encuestas, de las que 44 se realizaron de forma interactiva y 13 enviando el cuestionario vía email, pero adjuntando una presentación con la descripción de los objetivos de la encuesta. Los encuestados fueron potenciales usuarios de cartografía de variables forestales generada por teledetección de ámbitos que desarrollan su actividad en la administración pública o en entidades privadas dedicándose en los siguientes sectores: 1) Académico, 2) Conservación y biodiversidad, 3) Silvicultura, 4) Prevención y lucha contra incendios, y 5) Otros. El 75% de los encuestados contaba con más de 10 años de experiencia profesional. En una segunda etapa, se implementarán sesiones interactivas para recolectar respuestas a cuestionarios de Proceso Analítico Jerárquico (encuestas AHP), con el objetivo de obtener ponderaciones y pesos preferenciales para las variables identificadas en la tarea anterior, priorizando y cuantificando su valor. Las respuestas obtenidas se utilizarán para derivar pesos preferenciales que se utilizarán en la etapa de ajuste de modelos.

#### **4. Resultados**

##### **Uso de tecnologías geoespaciales**

Los resultados de las encuestas muestran que el uso de sistemas de información geográfica es muy frecuente entre los profesionales encuestados, con un 83% de los encuestados reportando un uso prácticamente diario o semanal. Sin embargo, el uso de herramientas especializadas, como modelos de crecimiento o simulación de incendios, es mucho menor siendo solo el porcentaje de usuarios frecuentes de estas tecnologías inferior al 11%.

##### **Necesidades de información para aplicaciones en el ámbito de la ordenación de montes y silvicultura**

En base a los resultados de la encuesta, las variables área basimétrica, volumen, altura dominante y fracción de cabida cubierta son las más relevantes para los profesionales que se dedican a la ordenación de montes y silvicultura. Obtener información desagregada para clases diamétricas y especies es también una necesidad de información para un alto porcentaje de los encuestados. Sorprendentemente, menos de dos tercios de los encuestados indicaron necesidades de cartografías de biomasa. Finalmente, cabe destacar que múltiples encuestados indicaron variables adicionales relacionadas con el crecimiento, p.ej. el índice de sitio, como una necesidad de información espacial que necesitan en su trabajo. En este ámbito de aplicación, destaca la necesidad de cartografía con un nivel de detalle de entre 10 y 30 metros de resolución o agregada para unidades espaciales como rodales o polígonos de 5 a 10 hectáreas (Figura 1).



Figura 1. Necesidad de información en el ámbito de la silvicultura y ordenación de montes. Ponderación de la importancia de variables forestales de aplicación en dicho ámbito y niveles de detalle espacial requerido.

### Necesidades de información para aplicaciones en el ámbito de la defensa contra incendios

En el ámbito de la defensa contra incendios forestales, las variables más relevantes fueron el modelo de combustible de superficie y la fracción de cabida cubierta. El resto de las variables fueron evaluadas con una importancia ligeramente inferior. En este ámbito, los usuarios destacaron como importantes variables que no pueden computarse directamente a partir de datos del IFN. Las variables que se repitieron con mayor frecuencia son la carga de matorral y el contenido de humedad del combustible. En este ámbito de aplicación destaca la necesidad de cartografía con un nivel de detalle de 30 metros de resolución espacial, seguida por una resolución de 10 m. El número de usuarios que indicó resoluciones agregadas para unidades mayores como un aspecto relevante fue muy pequeño (Figura 2).



Figura 2. Necesidad de información en el ámbito de la defensa contra incendios. Ponderación de la importancia de variables forestales de aplicación en dicho ámbito y niveles de detalle espacial requerido.

### Necesidades de información para aplicaciones en el ámbito de la conservación de la biodiversidad

En el ámbito de la conservación de la biodiversidad, las variables más relevantes fueron la cantidad de árboles muertos en pie o caídos y la riqueza de especies. Índices de diversidad estructural o taxonómica recibieron una importancia menor y no se sugirieron variables adicionales. El nivel de detalle ideal de las cartografías para este ámbito fue similar al requerido en aplicaciones de silvicultura y ordenación, con resoluciones de 30 o 10 metros como opciones mayoritariamente preferidas y con resoluciones a nivel de rodal de 100 metros como opciones útiles para un número importante de usuarios (Figura 3).

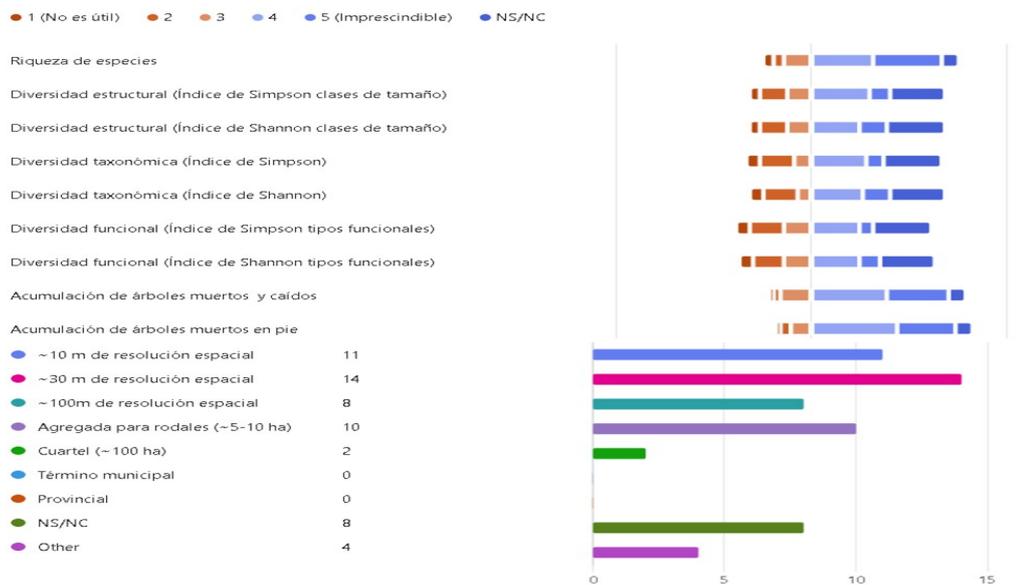


Figura 3. Necesidad de información en el ámbito de la conservación de la biodiversidad. Ponderación de la importancia de variables forestales de aplicación en dicho ámbito y niveles de detalle espacial requerido.

### Necesidad de cuantificar la incertidumbre a distintos niveles espaciales

La mayoría de los encuestados indicó la necesidad de conocer, de forma cuantitativa, la incertidumbre asociada a los productos de teledetección que puedan emplear. Sin embargo, el número de usuarios que necesita alcanzar un nivel de incertidumbre predefinido para usar un determinado producto de teledetección o que compara la incertidumbre asociada a productos alternativos es reducido. En cuanto al nivel espacial de detalle que se requiere para la cuantificación de incertidumbre, destacan los niveles de 10 y 30 metros para un reporte de incertidumbre local, es decir, reportar la incertidumbre para cada píxel de 10 o 30 metros, o las escalas agregadas de rodal y reportar un valor de incertidumbre medio (Figura 4).

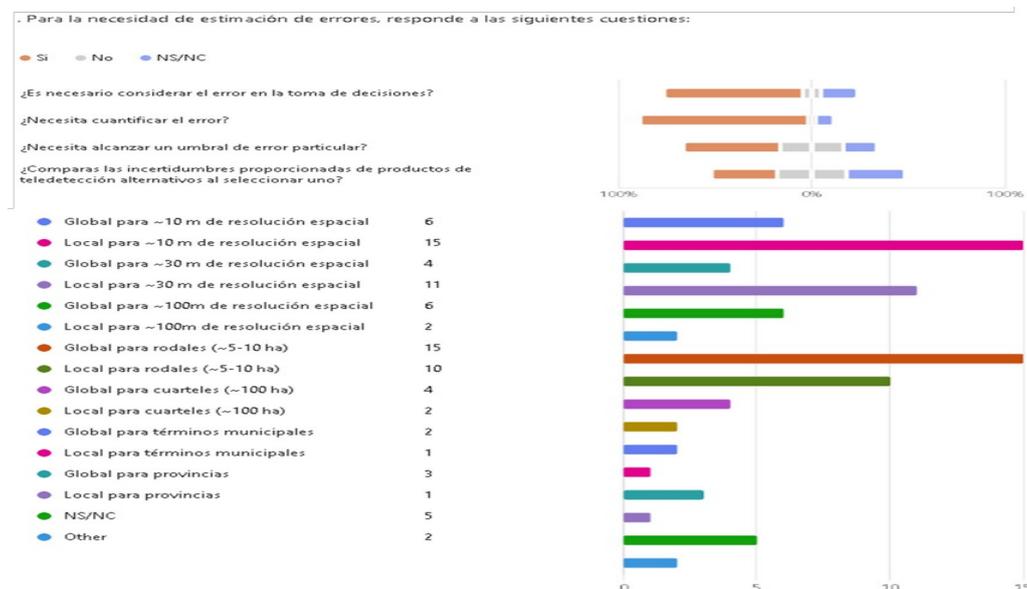
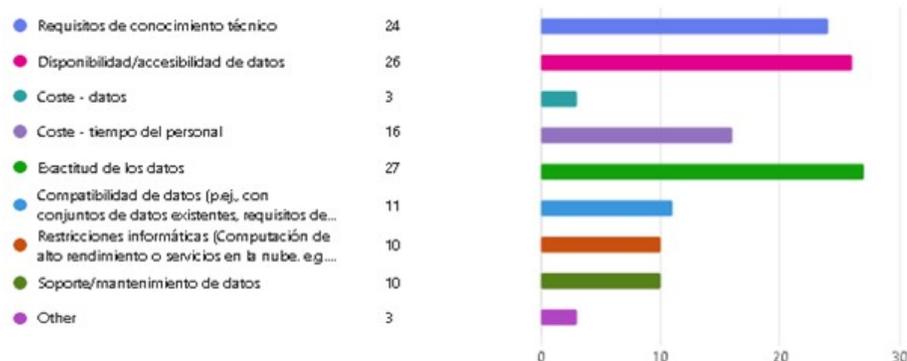


Figura 4. Necesidad de información para el reporte de incertidumbre para productos de teledetección en el ámbito forestal y niveles de detalle a los que se necesita dicho reporte.

### Problemas encontrados al usar cartografías y productos generados por teledetección

Los usuarios encuestados que se identifican con los ámbitos de la silvicultura y ordenación, prevención y lucha contra incendios y la conservación gestión para la biodiversidad, indican, entre un 30% y un 50% de las ocasiones, los siguientes aspectos a tener en cuenta: (1) problemas de exactitud de los datos, (2) problemas de conocimiento técnico para usar cartografías generadas por teledetección, (3) dificultades para acceder a dichas cartografías o para mantener dichos datos y (4) coste de tiempo o personal para usar los datos. En la Figura 5, se muestran los resultados obtenidos para aquellas personas que respondieron la encuesta y que trabajan en el ámbito de la ordenación de montes o silvicultura, pero los

resultados para los otros dos grupos (defensa contra incendios y conservación de la biodiversidad) mostraron resultados totalmente análogos.



*Figura 5. Problemas encontrados por profesionales del sector forestal en el ámbito de la silvicultura y ordenación de montes para usar cartografías de variables forestales desarrolladas por teledetección.*

## 5. Discusión

Los resultados obtenidos con este cuestionario proporcionan una base objetiva para el desarrollo de nuevos productos de teledetección en el ámbito forestal exclusivamente basada en las necesidades indicadas por profesionales del sector. Esta información es altamente relevante para futuros trabajos. Gran parte de los trabajos de teledetección que se desarrollan en el país responden a encargos para satisfacer ciertas necesidades de información en un determinado ámbito de trabajo. Sin embargo, este tipo de demandas generalmente se expresan de forma local o regional y se centran en un problema muy específico o concreto. Los resultados recopilados, proporcionan una guía para el desarrollo de nuevos productos que puede ser consultada de forma pública.

Por otro lado, disponer de una cuantificación de la importancia que distintas variables forestales tienen en distintos ámbitos de aplicación es relevante para el desarrollo de mapas que puedan usarse como input en modelos de simulación de incendios y dinámica forestal. Este tipo de modelos de simulación requieren el uso de datos con un alto nivel de desagregación que, en ocasiones, exige desarrollar modelos de imputación donde un único modelo se emplea para predecir múltiples respuestas. Tener información sobre el grado de importancia que debe darse a cada respuesta es crítico, ya que aquellas variables más relevantes para los usuarios finales deberían tener un peso mayor en la selección de los modelos de imputación (MAURO et al. 2019).

Un aspecto que requiere recabar más información es el relativo al reporte de incertidumbres para las cartografías de variables forestales generadas por teledetección. Si bien hay una gran mayoría de usuarios que indican la necesidad de cuantificar la incertidumbre de estos productos, el porcentaje de usuarios que conoce los niveles de incertidumbre que pueden tolerarse en las aplicaciones que desarrolla es bajo y el porcentaje de usuarios que compara la incertidumbre de productos alternativos es aún menor. Esto indica que es necesario estudiar mejor cómo debe reportarse la incertidumbre para cartografías de variables forestales y



cómo debe comunicarse dicha incertidumbre a los usuarios finales. En este sentido, trabajos de revisión como el desarrollado por KENNEDY et al. (2024) son útiles para establecer una base común para el reporte de incertidumbres en el ámbito de la teledetección forestal.

Uno de los problemas detectados con este cuestionario es el alto porcentaje de usuarios que indican problemas de conocimiento técnico para usar productos de teledetección. Esto pone en evidencia la necesidad de desarrollar actividades de formación continua. Por otro lado, los entrevistados informaron frecuentemente de dificultades en el acceso a datos disponibles y su mantenimiento. Este resultado puede sorprender dada la disponibilidad de numerosos conjuntos de datos abiertos en nuestro país, pero a la vez indica que existe un problema cuyas causas hay que investigar y que es necesario aumentar los esfuerzos para facilitar el uso de datos abiertos.

## 6. Conclusiones

La recopilación de datos mediante este cuestionario es útil para futuros esfuerzos en el campo de la teledetección forestal. En primer lugar, aporta información de primera mano de las necesidades de información que deben cubrirse con mayor prioridad en distintos ámbitos, proporcionando además información sobre los niveles de detalle que se requieren en cada campo de aplicación. No conocemos resultados de un muestreo similar en el ámbito forestal y, aunque los resultados nunca van a representar a toda la comunidad forestal, sí que proporcionan una base objetiva para priorizar el tipo de variables forestales que se deben cartografiar y definir cómo debe hacerse dicha cartografía.

## 7. Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación recibida por parte del Ministerio de Ciencia e Innovación para el desarrollo del proyecto TLM-PROJECT (PID2022-140104OA-I00). David Candel-Pérez recibió una ayuda postdoctoral (CONTPO-2021-105) financiada por la Universidad de Valladolid. Manuel Gomez-Roux disfruta de una ayuda predoctoral FPI (CONTFPI-2023-91) asociada al proyecto TLM-PROJECT. Francisco Mauro recibió una ayuda María Zambrano financiada por la Universidad de Valladolid.

## 8. Bibliografía

KENNEDY, R.E.; SERBIN, S.P.; DIETZE, M.C.; ANDERSEN, H.E.; BABCOCK, C.; BAKER, D.F.; BROWN, M.E.; DAVIS, K.; DUNCANSON, L.; FENG, S.; HUDAK, A.T.; LIU, J.; PATTERSON, P.; RACZKA, B.; COCHRANE, M.A.; SEPÚLVEDA, E.; VARGAS, R.; 2024. Characterizing and communicating uncertainty: lessons from NASA's Carbon Monitoring System. *Environ. Res. Lett.* 19(12) 123003

MAURO, F.; FRANK, B.; MONLEON, V.J.; TEMESGEN, H.; FORD, K.R.; 2019. Prediction of diameter distributions and tree-lists in southwestern Oregon using LiDAR and stand-level auxiliary information. *Can. J. For. Res.* 49 775-787

MEDDENS, A.J.H.; STEEN-ADAMS, M.M.; HUDAK, A.T.; MAURO, F.; BYASSEE, P.M.; STRUNK, J.; 2022. Specifying geospatial data product characteristics for forest and fuel management applications. *Environ. Res. Lett.* 17(4) 045025