



2022
Lleida

27 · 1
junio · juny
juliol · 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

CROSS-FOREST, un proyecto de datos forestales abiertos de España y Portugal

FIERRO GARCIA, B.¹, ROLDÁN ZAMARRÓN, A.¹, LERNER CUZZI, M.¹, BAIGET LLOMPART, R.¹, AGUIRRE BRIONES, F.¹, GONZALVO MORALES, V.¹, VEGA GORGOJO, G.², GIMENEZ GARCÍA, J.M.², ORDOÑEZ ALONSO, C.², BRAVO OVIEDO, F.², FONSECA, A.³, GOMES, A.L.³, FANEGO LOBO, A.⁴, LORENZANA CAMPILLO, J.⁴, PORTOLÉS RODRIGUEZ, D.⁵

¹ Grupo Tragsa

² Universidad de Valladolid (UVA)

³ Direção-Geral do Território (DGT - Portugal)

⁴ Fundación Centro de Supercomputación Castilla y León (SCAYLE)

⁵ Idearium Consultores SRL

Resumen

Cross-Forest (<https://crossforest.eu/>) ha desarrollado una plataforma de datos abiertos forestales compartida entre España y Portugal. Para ello, se han elaborado ontologías forestales con modelos de datos transfronterizos y publicado como datos abiertos enlazados inventarios y cartografías. Así, se facilita el acceso y la explotación a los agentes implicados en la gestión forestal, permitiendo el desarrollo de herramientas para la toma de decisiones.

Las ontologías y datos publicados en Cross-Forest han sido:

- IFN3 (Tercer Inventario Forestal Nacional). España
- IFN6 (Sexto Inventario Forestal Nacional). Portugal
- IFI (Inventario Forestal Ibérico). España y Portugal
- MFE50 (Mapa Forestal 1:50.000). España
- COS2018 (Cartografía de Ocupación de Suelos). Portugal
- ILU (Mapa Ibérico de Usos de Suelo). España y Portugal
- INES (Inventario Nacional de Erosión de Suelos). España
- Estadísticas de Incendios Forestales. España y Portugal

Además, se ha creado un visor, el Explorador Forestal, que permite navegar fácilmente por la mayoría de los datos anteriores mediante un mapa interactivo.

En el proyecto se han desarrollado dos pilotos que explotan los datos abiertos generados: CAMBRIC enfocado a la evolución de masas forestales y calidad de la madera, y FRAME enfocado al control de incendios forestales. Dada la complejidad de los modelos y la necesidad de realizar numerosas simulaciones con distintas configuraciones, se ha empleado computación de alto rendimiento.

Cross-Forest está cofinanciado por CEF-INEA, y desarrollado en consorcio entre el Grupo Tragsa (coordinadores), la Universidad de Valladolid (UVA), el Centro de Supercomputación de Castilla y León (SCAYLE) y la Direção Geral do Território de Portugal (DGT). Cuenta con el apoyo del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO - SG de Política Forestal y Lucha contra la Desertificación) y del Instituto da Conservação da Natureza e Florestas (ICNF) de Portugal, que actúan como proveedores de datos y forman parte del Comité Asesor.

Palabras clave

Linked Open Data, ontología, simulaciones, HPC, transfronterizo.

1. Introducción

La importancia de los ecosistemas forestales se hace cada vez más evidente, dada su relevancia como fuente de recursos renovables y proveedores de servicios esenciales, además de su importancia estratégica como sumidero natural en el objetivo de neutralidad climática a 2050 de España y la UE (MITECO, 2020). Sin embargo, nuestras masas forestales se encuentran sometidas a serios riesgos y amenazas, principalmente derivados de los efectos del cambio climático y de la presión antrópica, lo cual hace necesario impulsar medidas de protección y gestión con el fin de asegurar su permanencia y estabilidad y, en consecuencia, la provisión de esos bienes y servicios tan necesarios y demandados.

Los responsables de la gestión y la política forestal se enfrentan, por tanto, a grandes retos, y deben tener a su alcance modelos robustos, nutridos con datos de calidad, que reflejen las condiciones y evolución de nuestras masas, y que permitan simular distintas alternativas y escenarios, en base a los cuales poder fundamentar la toma de decisiones.

En España y Portugal disponemos de datos públicos forestales de gran calidad (inventarios, mapas, información sobre el suelo e incendios...), pero el acceso y la explotación entrañan bastante complejidad, lo que limita en gran medida el desarrollo de servicios y aplicaciones a partir de ellos. En esta línea, es considerable el impulso que se está dando a nivel europeo a la reutilización y apertura de datos del sector público (DIRECTIVAS 2019/1024/UE, 2013/37/UE), con el correspondiente reflejo a nivel nacional.

Estas Directivas han alentado la creación de infraestructuras de servicios digitales (DSI) en el sector público. Los DSI son plataformas temáticas que agregan información gratuita y armonizada de varios países que permite la reutilización y combinación de datos públicos abiertos para el desarrollo de productos y servicios de información para ciudadanos, empresas y administraciones públicas. El acceso mejorado a la información del sector público es un componente esencial de la estrategia de la UE para estimular nuevas oportunidades de negocio y abordar los desafíos sociales, incluida la investigación, con un enorme potencial de reutilización aún sin explotar, especialmente a nivel transfronterizo e intersectorial.

2. Objetivos

En este contexto, Cross-Forest surge con el objetivo principal de facilitar e incrementar el uso de las bases de datos forestales disponibles, mediante la publicación de los datos en formato abierto y enlazado. De esta forma, la información se ofrece integrada y se mejora su accesibilidad, permitiendo no sólo la descarga de ficheros sino también el uso de servicios de consulta e incluso herramientas de visualización y de simulación. Se pretende así impulsar una explotación coherente de las fuentes de datos existentes y que permita el desarrollo de herramientas de utilidad para todos los agentes implicados en el ámbito de la gestión e investigación forestal.

Cuando las fronteras geográficas no tienen ningún sentido, como ocurre con muchas cuestiones medioambientales, la publicación común, compartida y transfronteriza de datos, utilizando tecnologías de la Web Semántica como Linked Open Data (LOD), puede ser una herramienta muy poderosa para responsables políticos, administraciones públicas, expertos forestales y ciudadanos en general.

LOD es la mejor tecnología existente para publicar datos abiertos (BIZER et al., 2009). El uso de ontologías o vocabularios comunes y la integración de datos, así como la inclusión de enlaces a fuentes de datos externas, permiten enriquecer la red de datos existente. Sin embargo, hay otras áreas donde esta publicación de información no es suficiente y donde también es necesario

desarrollar algoritmos que, utilizando LOD, puedan modelar procesos complejos que involucren grandes volúmenes de datos (por ejemplo, incendios forestales).

Cross-Forest persigue desarrollar infraestructuras de servicios digitales orientadas al control de incendios forestales y la evaluación del crecimiento forestal, mediante el uso de modelos que requerirán computación de alto rendimiento (HPC, High Performance Computing) para funcionar de forma óptima. Los cimientos de estos servicios son los conjuntos de datos forestales geográficos de Portugal y España, utilizando el enfoque de LOD para compartir y publicar los datos georreferenciados de las administraciones públicas de ambos países.

Cross-Forest tiene como objetivo desarrollar Infraestructuras de Servicios Digitales - DSI - orientados a:

(I) predecir el comportamiento de los incendios forestales y difundir información precisa sobre materiales combustibles, mapas forestales y modelos de propagación que necesitan recursos de HPC para funcionar correctamente;

(ii) modelos de evolución forestal a nivel de país.

Los cimientos de esos servicios son los conjuntos de datos forestales y GIS que proceden de Portugal y España.

Con el fin de cumplir con los objetivos antes mencionados, Cross-Forest ha producido ontologías de datos forestales de Portugal y España. Cross-Forest también ha proporcionado puntos finales públicos que exponen los datos forestales, según los modelos producidos. En este sentido, los datos publicados y los modelos de base constituyen uno de los principales resultados del proyecto Cross-Forest.

3. Metodología

La metodología que se ha empleado se puede resumir mediante el siguiente esquema (Figura 1).

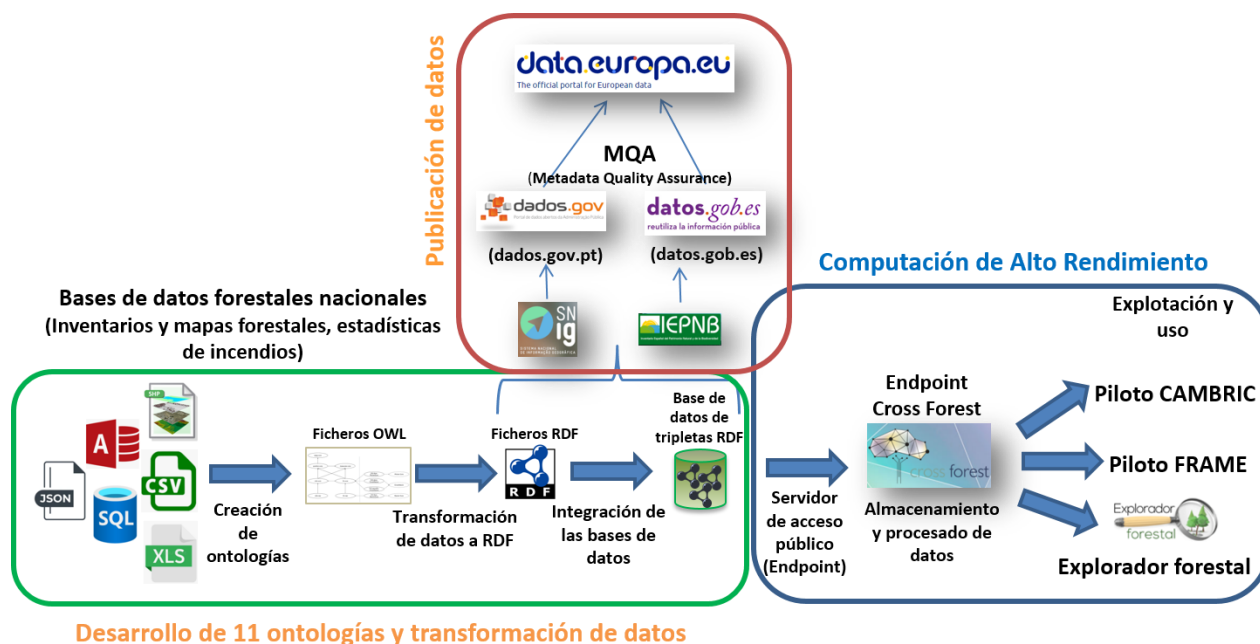


Figura 1. Esquema de Cross-Forest y resumen de resultados.

En primer lugar, se parte de unos conjuntos de datos forestales, los cuales son analizados para seguidamente elaborar sus respectivas ontologías. A continuación, se crean los RDFs que permiten la publicación de los datos en formato LOD en repositorios públicos. Además, se ha conseguido publicar en un repositorio propio de Cross-Forest, se ha creado un visor propio (Explorador Forestal) y se han desarrollado 2 pilotos (CAMBRIC y FRAME) mediante uso de HPC (High Performance Computing). A continuación, se detalla cada una de las fases.

3.1 Conjunto de datos:

Las principales bases de datos en las que se basa Cross-Forest son los inventarios y las cartografías forestales de España y Portugal, todas ellas de publicación periódica y de cobertura nacional.

El Inventario Forestal Nacional de España (IFN), elaborado por MITECO, es un proyecto continuo, homogéneo para todo el territorio español y de base provincial. Las mediciones se repiten cada 10 años, recorriéndose todo el territorio nacional en cada ciclo decenal. Se basa en la toma de datos con parcelas de un muestreo sistemático realizado en la superficie forestal arbolada a nivel provincial. Los datos obtenidos en campo llevan un proceso que proporciona información exhaustiva en forma de tablas, mapas y bases de datos alfanuméricas y cartográficas. Actualmente se encuentra disponible para descarga el Tercer IFN (1997-2007), y el 4º IFN está en proceso de elaboración, con más de la mitad del territorio nacional muestreado. El IFN se ofrece para descarga como una base de datos SQL en formato Microsoft Access descompuesta en dos ficheros por provincia (comprimidos en ZIP).

El Mapa Forestal de España (MFE), elaborado por MITECO, recoge la distribución de los ecosistemas forestales a nivel estatal. Su objetivo principal es ser la cartografía base del IFN. Por ello, análogamente al IFN, la unidad básica de trabajo es la provincia y su periodicidad es decenal, recorriéndose todo el territorio nacional en cada ciclo de diez años. La metodología se basa en fotointerpretación sobre imagen digital donde se identifican polígonos homogéneos (teselas) y sus características (especies, estructura, Fracción de Cobertura Cubierta ...). Posteriormente, se comprueba en campo un porcentaje de las teselas fotointerpretadas. Actualmente, se encuentran en descarga el MFE50 (escala 1:50.000) desarrollado entre 1998 y 2007, y el MFE de máxima actualidad, donde conviven provincias del MFE25 (escala 1:25.000) y MFE50 para aquellas provincias donde no se ha finalizado la versión 25. Los datos recopilados se dividen en archivos GIS, donde cada tesela está caracterizada por un polígono. Hasta ahora, el MFE se ofrece para descarga como un conjunto de ficheros shapefile, uno por provincia y comprimido en ZIP.

El Inventario Nacional de Erosión de Suelos (INES) de España, elaborado por MITECO, es un Sistema de información geográfica homogénea sobre procesos erosivos para todo el territorio nacional para el periodo 2002-2019. La escala de trabajo es de 1:50.000 y se incluyen todo tipo de suelos (forestal, pastizal y cultivo). El INES se ofrece para descarga según los cinco tipos de erosión en formato GIS (raster o vectorial) para cada provincia del territorio.

El Inventario Forestal Nacional (IFN) de Portugal, elaborado por el ICNF, es un proyecto continuo, periódico y homogéneo para todo el territorio portugués. La metodología consta de una fase de fotointerpretación y otra de mediciones en campo, que recorre todo el territorio nacional cada 10 años aproximadamente, desde 1965. Los resultados se obtienen a nivel NUTI (Portugal continental, Azores y Madeira), regional (NUTS II) y, a partir del IFN 6, a nivel subregional (NUTS III) para los principales indicadores. El IFN6 (año de referencia 2015) se ofrece ahora para descarga en tablas de Microsoft Excel (ficheros ZIP). Actualmente no hay conexión directa entre el IFN de Portugal y COS.

Carta de Uso y Ocupación del Suelo (COS), elaborada por DGT, es una cartografía de la ocupación del suelo en Portugal con una unidad cartográfica mínima de 1 ha, basada en fotointerpretación y con una nomenclatura con más de 80 clases. Existen cinco versiones de COS (1995, 2007, 2010, 2015, 2018), con una periodicidad de actualización de unos tres años. Todas las versiones de COS están disponibles en SNIG (Sistema Nacional de Informação Geográfica) mediante servicios WMS y ATOM.

La estadística de incendios forestales contiene información sobre los incendios registrados en España (1983-2015) y en Portugal (1980-2015) con datos específicos como año, municipio, causa y superficie quemada. Las posiciones de los incendios forestales comienzan a registrarse a partir de 2005 en España y 2001 en Portugal. Estas estadísticas se pueden descargar actualmente en formato Excel.

Todo lo referido a la publicación de datos de Incendios fue analizado y acordado con el personal de MITECO responsable de dichos datos desde el CCINIF (Centro de Coordinación de la Información Nacional sobre Incendios Forestales) para el caso de España. En Portugal, todo el trabajo realizado con estos datos se hizo con el apoyo del Instituto da Conservação da Natureza e Florestas (ICNF).

Sólo se dispone de datos hasta 2015 debido a que la última Estadística Definitiva de Incendios disponible es la de 2015 en el caso de España (www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/Incendios_default.aspx), y lo mismo sucedió con Portugal, aunque los datos han sido revisados y actualizados desde entonces y ahora están disponibles hasta 2020 (www.icnf.pt/florestas/dfci/dfcigestaodainformacao/estatisticas).

3.2 Publicación como datos abiertos enlazados:

Las bases de datos forestales públicas mencionadas son de un gran valor y calidad, pero su uso es a menudo complejo, dado el gran volumen de datos a manejar, la falta de homogeneidad de las distintas fuentes, la necesidad de descargas múltiples, el uso de formatos propietarios... Cross-Forest busca facilitar e incrementar la explotación de dichas bases de datos mediante su publicación en formato abierto y enlazado.

El término datos abiertos enlazados (Linked Open Data – LOD) se refiere a un conjunto de buenas prácticas para la publicación de datos en la Web de manera estructurada (BIZER et al., 2009) siguiendo estándares abiertos, de manera que están siempre accesibles en un repositorio público (endpoint) que permite realizar consultas y procesos “on-line”, y pueden además combinarse y explotarse de forma integrada con otros datos publicados de forma análoga (web semántica), lo cual añade gran valor a la información y aumenta enormemente las posibles aplicaciones

Para llevar a cabo la publicación es necesario generar modelos de datos (llamados ontologías) que conceptualicen el dominio de manera formal (es decir, procesable computacionalmente) y permitan organizar la información de acuerdo con los principios de los LOD, utilizando términos comprensibles por los usuarios finales.

En Cross-Forest, se ha desarrollado un conjunto de ontologías para el dominio forestal mediante el trabajo conjunto de ingenieros de ontologías y expertos para entender los conceptos y relaciones existentes en los datos. El diseño de estas ontologías es modular (Figura 2), consistiendo en una ontología de posiciones, otra de medidas, una de mallas geográficas, una de inventarios y otra de mapas forestales. Se han definido módulos ibéricos que homogeneizan la terminología y permiten el manejo de datos de forma transfronteriza.

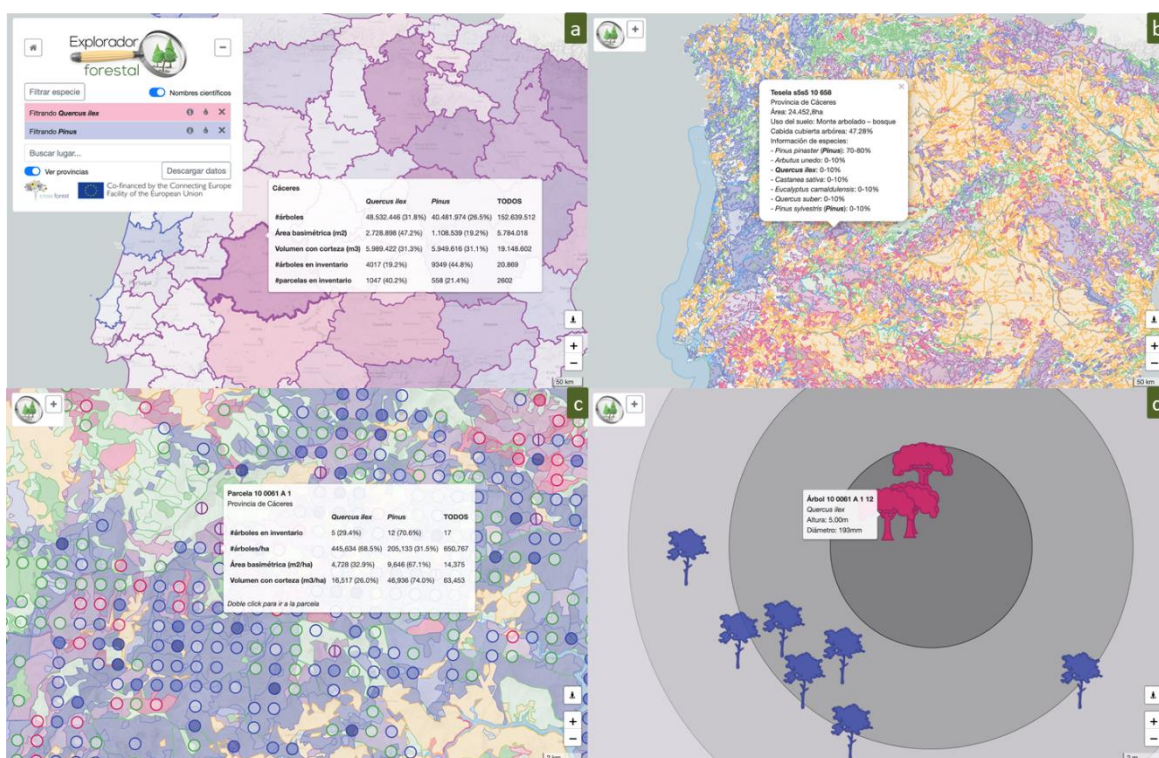


Figura 3. Distintos niveles de visualización del Explorador Forestal.

La malla geográfica permite acceder a las mallas terrestres desarrolladas, con tamaño de celda 25m², 1km² y 10km², para la publicación de datos espaciales de manera multipropósito. Estas mallas dividen el territorio español en celdas cuadradas, cada una de ellas con un identificador único (IRI- Internationalized Resource Identifier), que hace posible que cualquier capa de información temática publicada como LOD pueda vincularse con sus celdas y hacer referencia a la localización de sus elementos (Figura 4).

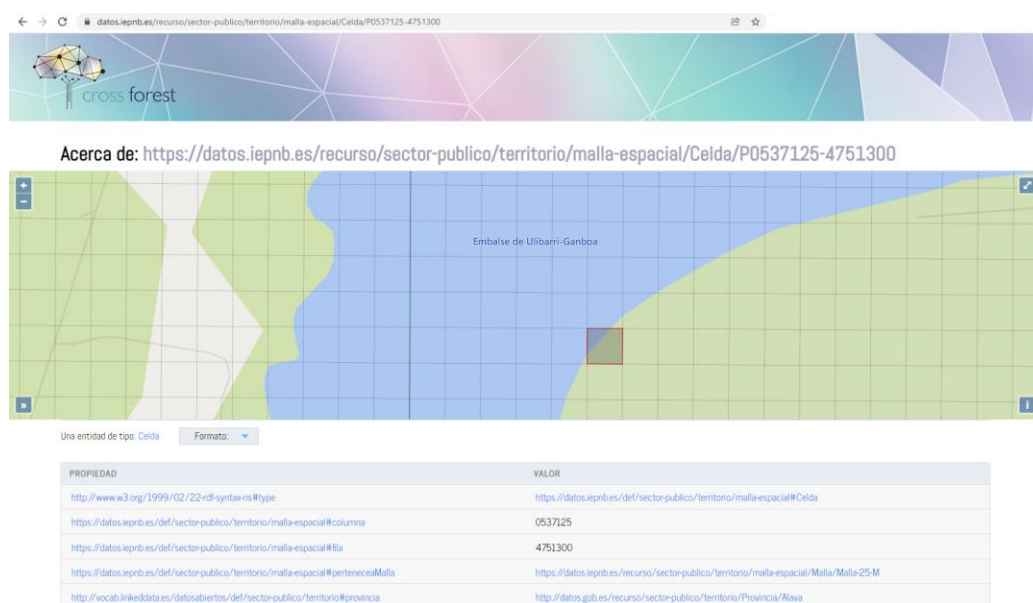


Figura 4. Representación en formato .html del identificador (IRI) de una de las celdas de 25m²

Es importante destacar que estas herramientas son ejemplos concretos de posibles aplicaciones desarrolladas a partir de los datos publicados; es decir, nos enseñan la parte de la información que hemos elegido, y nos la enseñan de la forma que hemos diseñado.

El conjunto de datos publicados en formato abierto y enlazado es lo que ofrece realmente potencial, ya que cada usuario, según sus necesidades e intereses (y con las competencias técnicas adecuadas), puede elegir qué datos le interesan y desarrollar las aplicaciones que necesite para visualizar, analizar, calcular y apoyar sus tomas de decisiones.

3.4 Simulaciones en base a los datos publicados: pilotos CAMBRIC y FRAME:

Cross-Forest incluye dos casos prácticos, centrados en el desarrollo de simulaciones orientadas a avanzar en dos aspectos de gran importancia para la gestión forestal:

El **Piloto CAMBRIC** (CALidad de la Madera en Bosques mixtos) parte del simulador SIMANFOR (BRAVO et al., 2012) y tiene como objetivo modelizar la evolución de masas forestales en condiciones estables y su consecuencia en la calidad de la madera resultante. Los modelos desarrollados permitirán estimar la situación actual de la calidad de la madera de las principales especies forestales de un área, y simular cuál sería su evolución en diferentes escenarios silvícolas con diferentes intensidades de manejo, basados en los definidos por DUNKER et al., (2012). Las especies contempladas son las más representativas en España, contemplando masas puras y mixtas: *Pinus sylvestris*, *Pinus pinaster*, *Pinus nigra*, *Fagus sylvatica*, *Quercus pyrenaica*, *Quercus robur* y *Quercus petraea*. En la siguiente imagen se muestran las parcelas incluidas en las simulaciones (Figura 5).

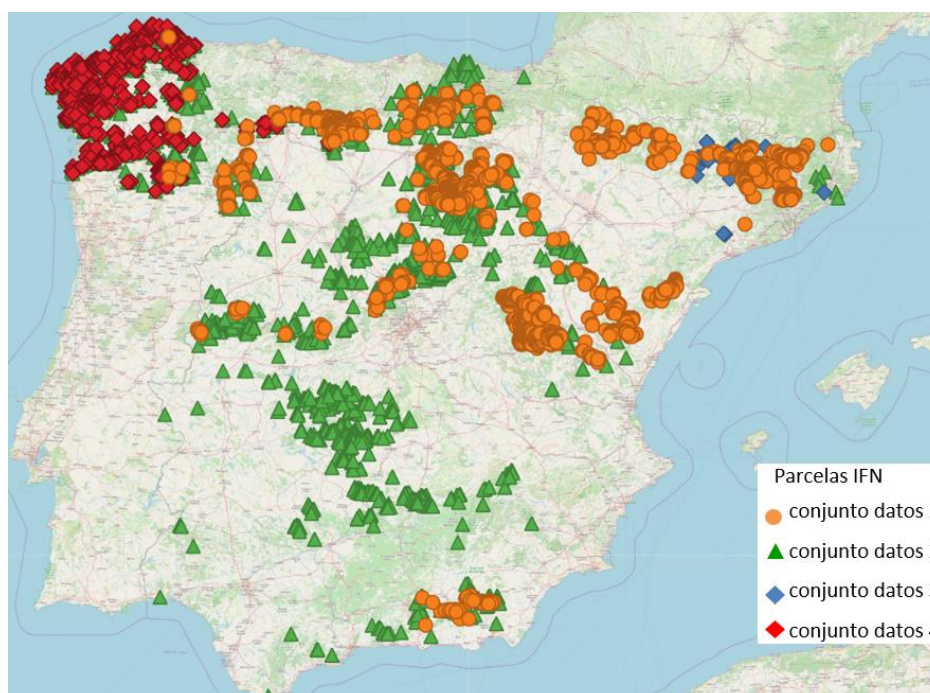


Figura 5. Parcelas del IFN incluidas en las simulaciones.

El **Piloto FRAME** (Forest fiRes Advanced ModElization) tiene como objetivo simular el comportamiento y propagación de un incendio forestal sobre celdas de propagación de 1m², obteniendo los valores de entrada relativos a elevaciones, viales e infraestructuras, modelos de combustible y datos meteorológicos, a partir de los datos publicados en abierto de las distintas administraciones. Las simulaciones contemplan la posibilidad de modificar las condiciones de

partida, y de ejecutar acciones de combate sobre el escenario operativo propuesto. FRAME utiliza una modificación del motor de propagación desarrollado para el entrenador virtual de incendios forestales ERVIN (AGUIRRE et al., 2017), empleando como interfaz de acceso la plataforma de gestión de combate y planificación EMERCARTO tal y como se muestra en el siguiente ejemplo (Figura 6).

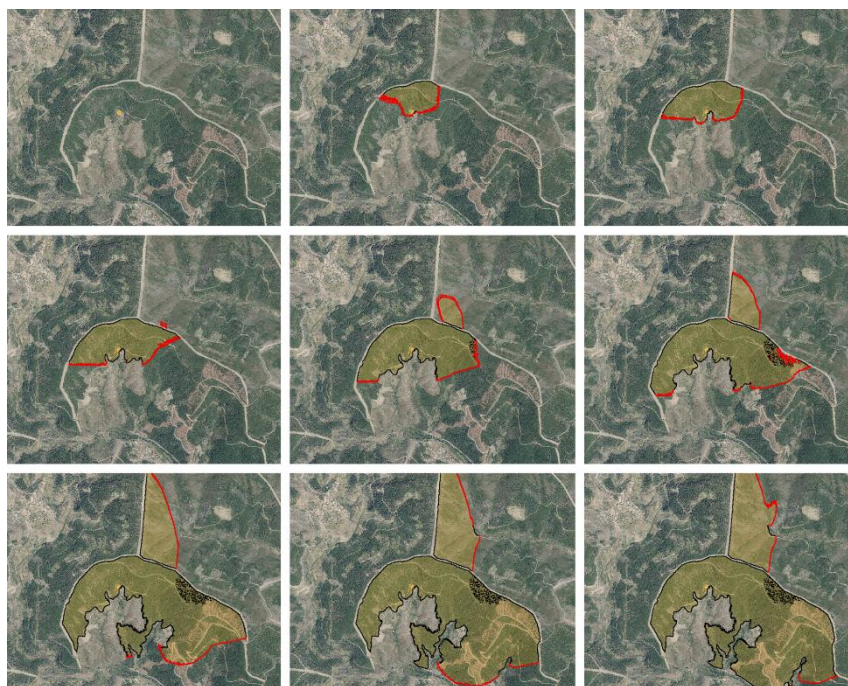


Figura 6. Ejemplo de una simulación en la plataforma EMERCARTO

Ambos pilotos están cimentados sobre los conjuntos de datos LOD forestales geográficos publicados, ya que las simulaciones requieren de datos de calidad, accesibles, integrados y enlazados.

3.5 Supercomputación de Alto Rendimiento (High Performance Computing – HPC)

En Cross-Forest se están empleando recursos HPC, que resultan necesarios tanto para albergar y gestionar los grandes volúmenes de datos publicados en abierto y las herramientas que funcionan sobre ellos, como para ejecutar las simulaciones de CAMBRIC y FRAME, muy exigentes en recursos informáticos debido a la complejidad de los modelos, al volumen de datos manejado y a la necesidad de realizar numerosas simulaciones con distintas configuraciones.

La infraestructura HPC la proporciona el superordenador Caléndula, gestionado por SCAYLE, con 345 servidores que aportan una capacidad de cálculo total de 397 TFlops (Rpeak), una capacidad agregada de memoria de 18.7 TB y 650 TB de almacenamiento disponible para cálculo científico.

4. Resultados

Los datos y ontologías se encuentran publicados en el entorno de Cross-Forest bajo [licencia CC BY 4.0](#) en los catálogos oficiales respectivos (<https://datos.gob.es/> para España, <https://dados.gov.pt> para Portugal) y en el catálogo oficial europeo (<https://data.europa.eu/>). En la siguiente tabla se muestran los conjuntos de datos publicados en Cross-Forest con sus enlaces de acceso (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de resultados y rutas de acceso

Datos publicados como LOD	Tercer Inventario Forestal Nacional de España (IFN3) - GitHub Cross-Forest - datos.gob.es - data.europea.eu
	Sexto Inventario Forestal Nacional de Portugal (IFN6) - GitHub Cross-Forest - dados.gov.pt - data.europea.eu
	Mapa Forestal de España 1:50.000 (MFE50) - GitHub Cross-Forest - datos.gob.es - data.europea.eu
	Cartografía de Ocupación de Suelos de Portugal (COS2018) - GitHub Cross-Forest - dados.gov.pt - data.europea.eu
	Inventario Nacional Erosión de Suelos de España (INES) - datos.gob.es - data.europea.eu
	Estadísticas Incendios Forestales. España y Portugal - dados.gov.pt - datos.gob.es - data.europea.eu (SP) y data.europea.eu (PT)
Herramientas para la explotación de los datos	Explorador Forestal
	Malla geográfica
Simulaciones en desarrollo y pruebas	CAMBRIC proporciona una cuantificación de las existencias actuales de madera y su calidad para las especies seleccionadas, así como su evolución en distintos escenarios silvícolas. Se pueden ver los resultados de las simulaciones en el repositorio de GitHub .
	FRAME proporciona gráficamente el comportamiento y propagación de un incendio forestal, sobre el que puedan ejecutarse acciones de extinción y modificaciones de las condiciones de partida.

La integración de nuevas fuentes de datos y la actualización de las ya publicadas (IFN4, MFE25, estadística de incendios forestales a partir de 2016) está previsto que se vaya haciendo de forma progresiva en el marco de otros proyectos, en base a los procesos establecidos en Cross-Forest.

5. Discusión

Los datos de inventario y cartografía forestal publicados en formato abierto y enlazado dentro del proyecto Cross-Forest facilitan el acceso y la explotación de la gran cantidad de datos producidos por España y Portugal a todos los agentes implicados en la gestión forestal. La información publicada

permite que cualquier usuario con el perfil adecuado pueda lanzar consultas y desarrollar herramientas adaptadas a sus necesidades, para la gestión y el apoyo a la toma de decisiones.

La tecnología LOD permite ir construyendo de forma modular e interconectada una infraestructura de información abierta, pública y de calidad. Dar continuidad a este tipo de publicación permite a las Administraciones Públicas cumplir con sus obligaciones de transparencia, optimizar recursos y llevar un control estadístico del uso que se hace de la información.

Como contrapartida, “consumir datos abiertos” no es fácil, por lo que resulta necesario crear eslabones intermedios y equipos multidisciplinares que permitan acercar las nuevas tecnologías a los usuarios, para poder diseñar soluciones útiles a los problemas del sector forestal, haciendo uso de la excelente y abundante información disponible. El Explorador Forestal es un ejemplo de cómo puede mejorarse la accesibilidad de los datos abiertos enlazados al usuario final, sin necesidad de conocimientos de las tecnologías subyacentes. Por otro lado, las mallas geográficas desarrolladas ofrecen la posibilidad de vincular distintos tipos de datos temáticos publicados como LOD, dándoles así localización geográfica.

El empleo de la supercomputación supone un importante salto cualitativo y cuantitativo en la resolución de problemas del ámbito forestal, ya que permite gestionar grandes volúmenes de datos y abordar cálculos de gran complejidad.

Poder modelizar la evolución de las masas y la calidad de la madera (piloto CAMBRIC), y el comportamiento de incendios incluyendo acciones de extinción y variación de las condiciones de partida (piloto FRAME), constituirán herramientas de gran utilidad para la planificación y gestión forestal.

A continuación, se muestran de manera integrada los productos, principios y principales beneficios del proyecto (Figura 7):

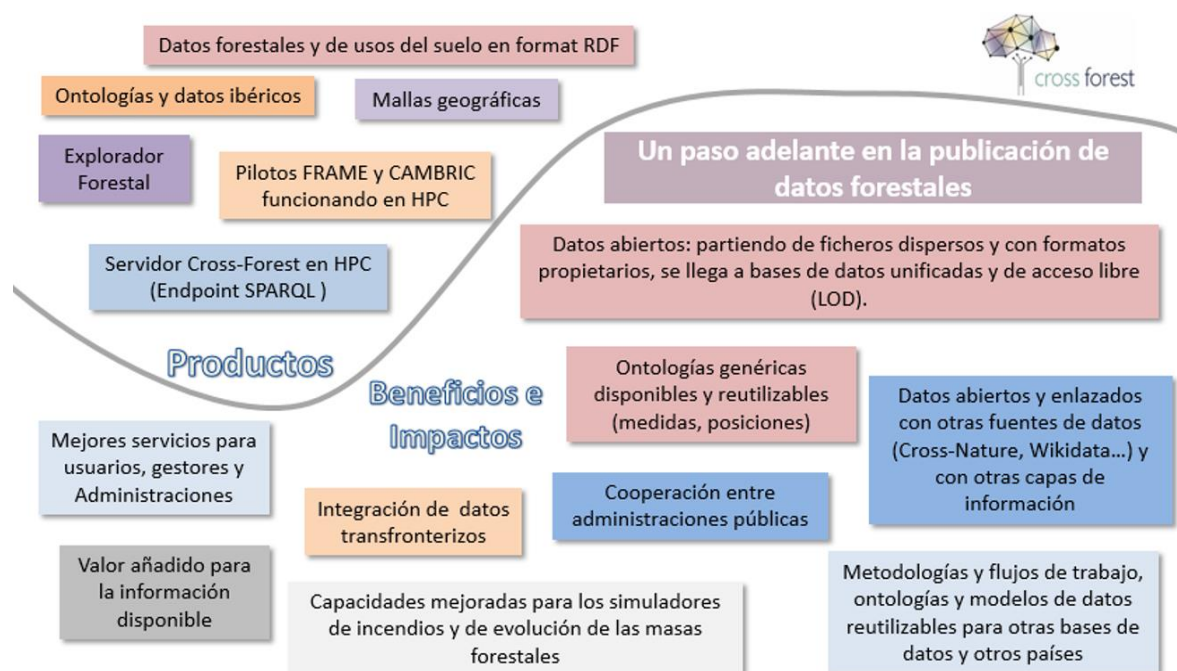


Figura 7. Productos, beneficios e impactos de Cross-Forest.

6. Conclusiones

Existe un mercado en la UE donde los productos de Cross-Forest encajan como educación e inteligencia empresarial en el marco del servicio de datos abiertos. Cross-Forest se adapta a la estrategia digital de la UE en un enfoque doble:

(i) estos productos proporcionan datos para fomentar el intercambio de conocimientos entre las tecnologías de la información y los recursos ambientales y naturales (materias primas, biodiversidad...). El intercambio de datos intersectoriales y el análisis los datos abren las puertas a nuevas estrategias comerciales.

(ii) las ontologías, los datos y las simulaciones del proyecto proporcionan un marco de intercambio de datos armonizado, el cual permite a las organizaciones públicas y privadas crear servicios para fomentar la economía de la base de datos.

A través de Cross-Forest se consolida, junto con otros proyectos similares, un primer paso hacia una Infraestructura de Servicios Digitales sectorial que enriquecerá los Datos Públicos Abiertos de la UE permitiendo la reutilización de salidas (datos, simulaciones y escenarios).

7. Agradecimientos

Cross-Forest ha sido cofinanciado por el programa CEF (*Connecting Europe Facility*), que coordina INEA (*Innovation & Networks Executive Agency*). Ha contado con el apoyo de MITECO en España y del ICNF de Portugal y en su Comité Asesor también participaron investigadores de CIFOR-INIA y UPM.

8. Bibliografía

AGUIRRE, F.; BENITO, I.; CARRILLO, A.; DÍAZ, M.; GONZÁLEZ, D.; GONZALVO, V.; LÓPEZ, J.; 2017. El Grupo Tragsa y los Incendios Forestales. Proyecto AF3., Integración de tecnologías de apoyo en la gestión de incendios. *Revista Montes* 127: 29-35.

AGUIRRE, F.; CARRILLO, A.; GONZALVO, V.; HOMBRADOS, E.; 2017. ERVIN instruye de forma virtual en incendios forestales. *Revista Montes* 130: 37-40.

BIZER, C.; HEATH, T., BERNERS-LEE, T.; 2009. Linked Data: The Story So Far. *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, 5(3):1–22.

BRAVO, F.; RODRÍGUEZ, F.; ORDÓÑEZ, A.C.; 2012. A web-based application to simulate alternatives for sustainable forest management: SIMANFOR. *For. Syst.* 2012, 21, 4–8.

Directiva 2013/37/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2013, por la que se modifica la Directiva 2003/98/CE relativa a la reutilización de la información en el sector público. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2013.175.01.0001.01.SPA&toc=OJ:L:2013:175:TOC

Directiva (UE) 2019/1024 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de junio de 2019, relativa a los datos abiertos y la reutilización de la información del sector público. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/1024/oj?locale=es>

DUNKER, P.; BARREIRO, S.; HENGVELS, G.; LIND, T.; MASON, W.; AMBROZY, S.; SPIECKER, H.; 2012. Classification of forest management approaches: A new conceptual framework and its applicability to European forestry. *Ecology and Society*, 17(4), 51.

MITECO; 2020. Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo. https://www.miteco.gob.es/es/prensa/documentoelp_tcm30-516109.pdf

VEGA GORGOJO, G.; GIMÉNEZ-GARCÍA, J.M.; ORDÓÑEZ, C.; BRAVO, F.; 2021. Pioneering Easy-to-Use Forestry Data with Forest Explorer. *Semantic Web Journal*. <http://www.semantic-web-journal.net/system/files/swj2682.pdf>