



2025 | **16-20**
GIJÓN | **JUNIO**

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1933

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

Organiza





De los datos a la acción: una base de datos integrada para la planificación y gestión forestal en Murcia

ROJO NÚÑEZ, I. (1), GARCÍA RODRÍGUEZ, J. (1), JORDÁN GONZÁLEZ, E. (2),
COLLADO CORREDOR, MC.(2), ALCOBA GÓMEZ, P. (2)

(1) Subdirección General de Montes, Caza y Pesca Fluvial, Dirección General de Patrimonio Natural y Acción Climática de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

(2) Ingeniería del Entorno Natural.

Resumen

En 2015, la Región de Murcia inició un proceso de ordenación de montes que fue impulsado en 2018, alcanzando un 97% de la superficie ordenada en montes públicos.

La digitalización representa una herramienta esencial para enfrentar los retos asociados al cambio climático en la gestión forestal. En este trabajo, se presenta el diseño y la implementación de una base de datos integrada que organiza de manera multitemática información climática, forestal, espectral y registros históricos de gestión. Esta base de datos permite abordar las necesidades específicas de la Región de Murcia, caracterizada por un clima semiárido y una alta vulnerabilidad a la desertificación, las sequías y los incendios forestales.

La integración de herramientas digitales como Google Earth Engine, índices espectrales (NDVI, GDVI), y análisis geospaciales ha permitido desarrollar una base de datos que optimiza la toma de decisiones, prioriza acciones en tiempo real y mejora la planificación adaptativa. El diseño de la base de datos y sus posibilidades de uso resultan de interés para su transferencia a otros ámbitos geográficos, contribuyendo a la digitalización urgente del sector forestal.

Este trabajo presenta la planificación y desarrollo de un sistema integrado de bases de datos para la planificación y gestión forestal en la Región de Murcia. La solución se basa en PostgreSQL/PostGIS y combina datos de múltiples fuentes, incluyendo inventarios forestales, modelos digitales del terreno, información climática (procedente de AEMET y SIAM) y datos de teledetección procesados mediante Google Earth Engine. La metodología empleada abarca la recopilación, estandarización y almacenamiento estructurado de la información, junto con el desarrollo de una aplicación web interactiva que facilite el análisis espacial y la generación de mapas temáticos.

Palabras clave

Ordenación de montes, digitalización, bases de datos, información geográfica, silvicultura.

1. Introducción

La Región de Murcia, situada en el SE de España, se caracteriza por su clima mediterráneo semiárido, con precipitaciones escasas y altas temperaturas estivales. Históricamente, la gestión forestal se ha enfocado en la conservación de los montes públicos, con el 97% de la superficie forestal ordenada y con instrumento vigente desde 2020. Sin embargo, los impactos del cambio climático han aumentado la vulnerabilidad de estos ecosistemas. Sequías prolongadas, incremento de plagas y mayor riesgo de incendios forestales han transformado la gestión forestal en un desafío crítico.

En este sentido, la conservación de la infraestructura verde forestal es vital para



mitigar la desertificación y la escasez de agua, requiere una gestión adaptativa y optimizada basada en tecnologías avanzadas y datos en tiempo real.

La multifuncionalidad de los montes en Murcia (protección, conservación y producción) requiere un enfoque integrado y basado en datos. La resiliencia de los ecosistemas debe maximizarse mediante herramientas que permitan analizar el impacto del cambio climático y priorizar acciones eficaces.

Las masas forestales de la Región de Murcia se enfrentan a grandes desafíos debido a la aridez del clima, las plagas forestales, la alta vulnerabilidad a incendios forestales y los impactos del cambio climático. Estas condiciones hacen necesario disponer de sistemas integrados que permitan analizar datos de manera eficiente y facilitar intervenciones basadas en evidencia.

Las herramientas digitales, como los sistemas de información geográfica (GIS), sensores remotos y bases de datos avanzadas, permiten recopilar y analizar grandes volúmenes de datos sobre el estado y las necesidades de las masas forestales. Además, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático se están utilizando para modelizar escenarios futuros y optimizar la gestión.

Estrategias de silvicultura adaptativa, como la selección de especies resilientes, el manejo de densidades y la restauración ecológica, son fundamentales. Ejemplos prácticos en Murcia incluyen la reintroducción de especies autóctonas como el pino carrasco (*Pinus halepensis*) en zonas afectadas por incendios y la restauración de suelos degradados en Sierra Espuña. (MITECO, 2020; MITECO, 2023)

En un contexto marcado por los efectos del cambio climático y la intensificación de fenómenos extremos como la sequía, la digitalización se presenta como una herramienta clave para alcanzar los objetivos de gestión forestal sostenible. El uso de tecnologías avanzadas permite anticipar posibles adversidades y optimizar las estrategias de intervención. Este enfoque digital facilita la toma de decisiones basadas en datos, garantizando una mayor resiliencia de los sistemas forestales frente a los retos presentes y futuros. (Turner et al., 2020; MAPA; 2018)

La Gestión Forestal Sostenible debe utilizar las herramientas más eficaces disponibles con datos precisos que ayuden a la toma de decisiones y planificaciones. En los últimos años hemos visto un incremento en el uso de las bases de datos espaciales que, unido al avance de las tecnologías geoespaciales, han demostrado ser vitales para integrar información de las diferentes fuentes, como imágenes satelitales, inventarios forestales, modelos digitales del terreno, datos climáticos y LiDAR (Hudak et al., 2012). A nivel internacional, diversos existen estudios que destacan la utilidad de estas herramientas en la gestión de recursos naturales, permitiendo desde la evaluación de biomasa hasta la identificación de áreas de alto riesgo de incendios mediante modelos predictivos y aprendizaje automático (Pettorelli et al., 2014; Turner et al., 2020; Oliveira et al., 2012).

Este trabajo muestra la implementación de una base de datos espacial optimizada, construida con PostgreSQL/PostGIS, que integrará información multifuente permitiendo el desarrollo de una plataforma web para su visualización y análisis.

2. Objetivos

El presente trabajo persigue optimizar la gestión forestal mediante el desarrollo de herramientas digitales que permitan un monitoreo continuo y eficiente, así como la automatización de la recopilación y el análisis de datos. La integración de tecnologías como Google Earth Engine (GEE), la disponibilidad de imágenes



satelitales, servidores dedicados y herramientas como ArcGIS Online permite aprovechar la oportunidad tecnológica actual para mejorar significativamente los sistemas de gestión.

El desarrollo de un ecosistema digital facilita la integración y gestión eficiente de información relevante, incluyendo:

- Cartografía histórica y fuentes documentales: Incorporación de datos existentes para establecer una base sólida.
- Estado de las masas forestales: Monitorización mediante indicadores de vigor y salud forestal, y datos de ordenaciones tradicionales.
- Registros de gestión forestal: Seguimiento detallado de las actividades realizadas en el terreno.
- Incidencias en tiempo real: Identificación de riesgos emergentes como incendios, sequías o plagas.

El sistema propuesto busca cumplir con los siguientes objetivos específicos:

- Atender prioridades de gestión programadas y sobrevenidas: Asegurar la implementación efectiva de los planes de ordenación de montes y responder a eventos críticos como incendios o sequías.
- Generar eficiencia en la gestión forestal: Optimizar los recursos disponibles para maximizar su impacto.
- Transferencia informativa entre niveles de decisión: Facilitar la comunicación entre técnicos, gestores y responsables políticos mediante herramientas integradas.

Se persigue la integración de datos en tiempo real, tales como índices espectrales e índices climáticos (CDI, SPEI), datos de daños bióticos y abióticos, y análisis geoespaciales es clave para priorizar acciones adaptativas permitiendo identificar riesgos tempranos como incendios o sequías.

El objetivo principal de la Base de Datos Integrada, es mejorar la eficiencia en la planificación forestal, la evaluación de riesgos y el seguimiento de los efectos del cambio climático en la Región de Murcia

3. Metodología

De los modelos tradicionales a los nuevos modelos de base de datos

Los modelos tradicionales de bases de datos se han centrado en la incorporación de variables estáticas, como los inventarios forestales y los datos dasométricos. Estas bases de datos no son óptimas para poder reflejar cambios dinámicos en tiempo real, llegando a limitar la toma de decisiones en contextos de urgencias climáticas. Además, al no soler integrar variables relacionadas con el cambio climático, como índices de sequía o datos espectrales, dificultan el análisis de la evolución temporal de las masas forestales y la predicción de su futuro.

La implementación de bases de datos relacionales, como PostgreSQL/PostGIS, nos permite almacenar y analizar información geoespacial y temporal de manera eficiente. Estas bases de datos dinámicas son capaces de integrar de manera óptima variables climáticas, índices espectrales y datos de cambio climático, ofreciendo un marco para proyectar escenarios futuros. Esto facilita la identificación de zonas críticas y prioriza las actuaciones en función de su vulnerabilidad.

Los recursos ofrecidos por el Observatorio de la Sequía, como el “Índice Combinado de Sequia CDI” (MITECO, 2023), o desde el CSIC, como el “Índice de Precipitación Evapotranspiración Estandarizada SPEI” (Begueria et al., 2025), proporcionan datos de gran interés para la modelización climática avanzada. Junto con los índices espectrales, como NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia

Normalizada), SPEI (Índice de Precipitación Evapotranspiración Estandarizada) y NBR (Índice Normalizado de Quemado), permiten monitorear la salud vegetal, evaluar sequías e incluso identificar impactos post-incendio con alta precisión (Google LLC. 2023; Pettorelli et al., 2014; Turner et al., 2020).

La flexibilidad y escalabilidad de estas bases de datos permiten su adaptación a otras regiones mediterráneas. En comunidades autónomas como Andalucía o la Comunidad Valenciana, se podrían replicar estas herramientas para abordar desafíos forestales similares, optimizando la gestión adaptativa a nivel regional.

Diseño multitemático de las variables de la base de datos

La base de datos se ha diseñado bajo un enfoque multitemático que organiza las variables en diferentes categorías, reflejando la complejidad inherente a la planificación forestal moderna. Este enfoque, no solo permite una gestión integral y especializada, sino que también facilita el análisis cruzado entre temáticas. Actualmente la estructura del esquema general se sigue encontrando en continua evolución, ante la aparición de nuevos retos. Entre las principales categorías de variables se incluyen:

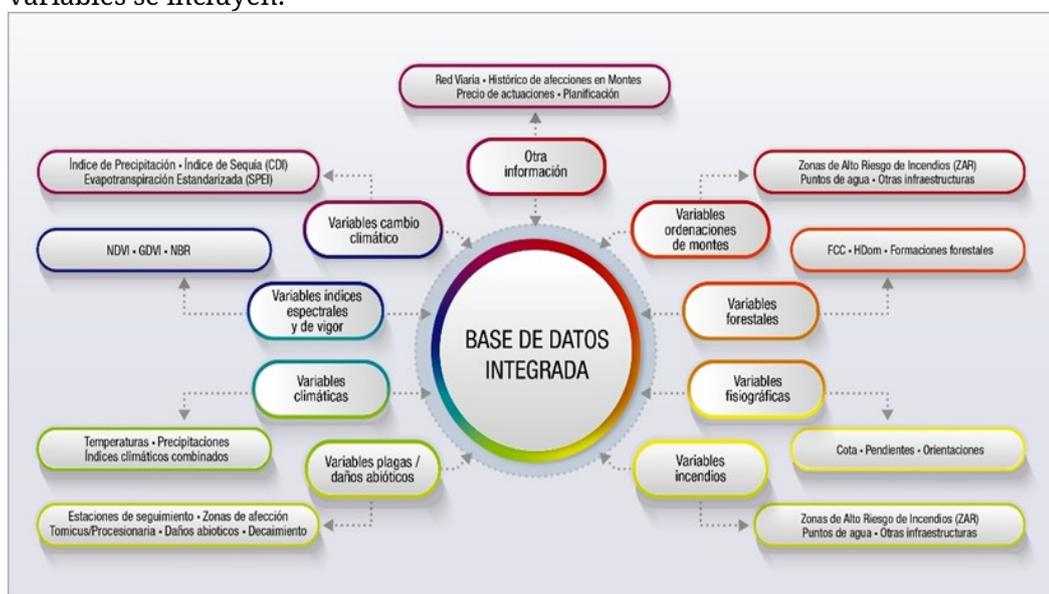


Figura 1. Estructura de la base de datos integrada

La base de datos geoespacial se implementó sobre PostgreSQL/PostGIS la cual integra de manera eficaz datos de diferentes fuentes de información, a la vez de poseer un almacenamiento sencillo y buena estructuración para la realización de los análisis espaciales futuros.

Las fuentes de datos principales utilizadas han sido:

- Inventarios forestales: Datos sobre estructura, biomasa y especies presentes en diferentes áreas de la región.
- Teledetección: Imágenes satelitales Sentinel-2 y Landsat, procesadas en Google Earth Engine (GEE) para la obtención de índices de vegetación (NDVI, NBR, GDVI), detección de cambios en la cobertura terrestre y estimación de la biomasa.
- Variables climáticas: Datos de temperatura, precipitación y humedad obtenidos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y del Sistema de Información Agroclimática de Murcia (SIAM), y modelos climáticos regionales.
- Variables de cambio climático: Datos como el Índice Combinado de Sequía

(CDI) del Observatorio de la Sequía y el Índice de Precipitación Evapotranspiración Estandarizada (SPEI) del CSIC, esenciales para evaluar el estrés hídrico y su impacto en los ecosistemas forestales.

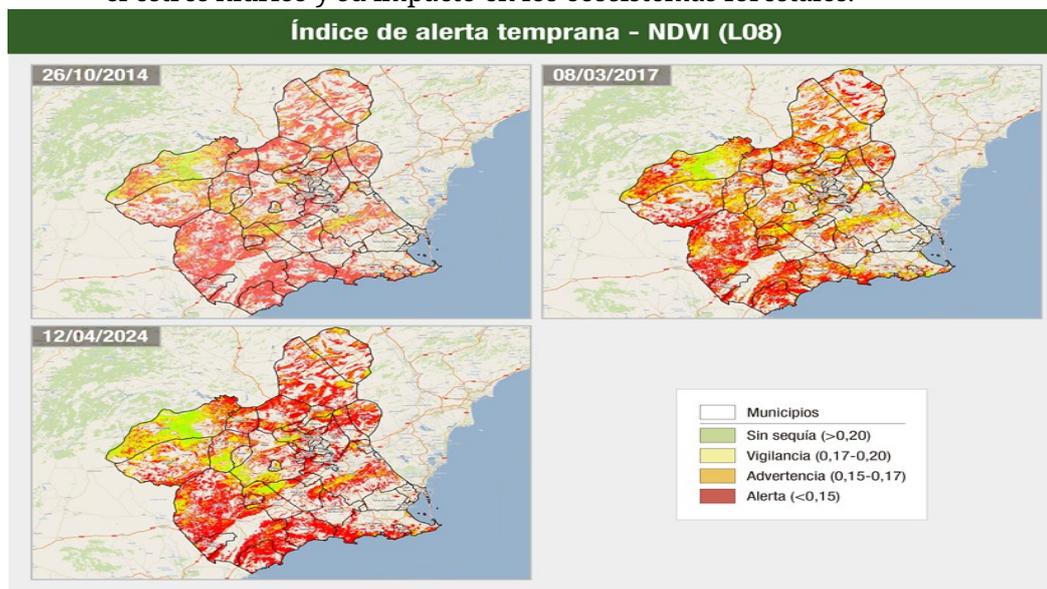


Figura 2. Análisis de NDVI mediante Landsat 8 de los principales episodios de Sequía en la Región de Murcia

Dado que la operatividad en diferentes plataformas GIS es crucial, se han seleccionado tecnologías que garantizan interoperabilidad y alto rendimiento. El diseño modular y escalable que se aplica a la BBDD asegura que pueda adaptarse a las necesidades futuras sin comprometer su estructura, incluyendo:

- Ampliación temática: nuevas variables pueden incorporarse sin alterar los componentes existentes.
- Integración en plataformas SIG y visores web: preparada para interoperar con los principales softwares de SIG y herramientas web de visualización, facilitando su uso por un amplio rango de usuarios.
- Gestión de grandes volúmenes de datos: soporte para datos complejos y en tiempo real, provenientes de drones, estaciones meteorológicas y satélites.

La aplicación web interactiva se desarrollada utilizando Dashboard modernos como pueden ser MapStore, o ArcGIS Online, como visor y ayuda a la creación de mapas web y cuadros de mandos interactivos. La aplicación permite a los usuarios realizar consultas espaciales, visualizar datos en mapas temáticos, generar gráficos y tablas, y descargar datos en diferentes formatos.

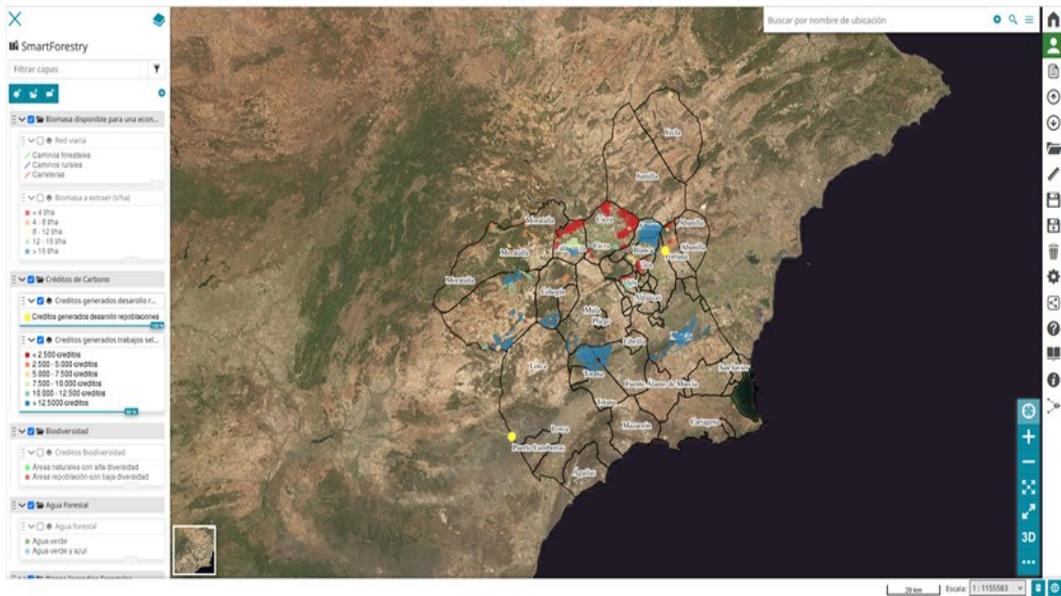


Figura 3. Ejemplo de Visor web creado mediante MapStore

4. Resultados

Descripción de la base de datos integrada

La base de datos desarrollada integra información multitemática relacionada con la gestión forestal en la Región de Murcia, permitiendo una representación detallada y transversal de las variables más relevantes. Entre las principales categorías de datos destacan:

La base de datos desarrollada integra información multitemática relacionada con la gestión forestal en la Región de Murcia, permitiendo una representación detallada y transversal de las variables más relevantes. Entre las principales categorías de datos destacan:

- Variables climáticas: información histórica y en tiempo real sobre precipitaciones y temperaturas.
- Indicadores de cambio climático: como el Índice Combinado de Sequía (CDI) y el Índice de Precipitación Evapotranspiración Estandarizada (SPEI).
- Indicadores espectrales: NDVI, GDVI y NBR, que permiten evaluar la salud y el vigor de la vegetación.
- Datos dasométricos y forestales: Fracción de Cobertura (FCC), altura dominante y especies forestales predominantes.
- Infraestructuras y riesgos: como puntos de agua, zonas de alto riesgo de incendios (ZAR) y estaciones de seguimiento de plagas.

Esta estructura temática permite analizar de manera integral la evolución de las masas forestales, así como modelar escenarios futuros para priorizar acciones de gestión adaptativa.

Desarrollo de la aplicación de explotación de los datos

Se ha propuesto una aplicación de apoyo a la explotación de los datos, buscando facilitar la utilización de los datos almacenados. Este sistema permitirá a los usuarios realizar consultas interactivas, generar reportes automáticos y recibir alertas, además de integrarse con herramientas externas de SIG, logrando así una gestión forestal optimizada y basada en datos. La aplicación proporcionará una interfaz intuitiva que permitirá a los usuarios seleccionar puntos geográficos específicos, como rodales o montes, y consultar las variables asociadas a estas



unidades.

Para mejorar el análisis de los datos, la aplicación incluirá herramientas de visualización gráfica que permitirán la creación de:

- Consultas interactivas: visualización de variables por puntos geográficos o unidades de gestión forestal.
- Análisis gráfico: generación de series temporales y comparaciones espaciales entre áreas.
- Series temporales: creación de gráficos que muestran la evolución temporal de variables clave como temperaturas, índices de sequía o NDVI.
- Comparaciones espaciales: posibilidad de comparar variables entre diferentes áreas, como rodales cercanos o montes, para identificar patrones y diferencias relevantes.

Para garantizar la versatilidad y el aprovechamiento máximo de los datos, la aplicación estará diseñada para integrarse con otras herramientas tecnológicas, permitiendo:

- Análisis avanzado en SIG: compatibilidad con software como QGIS y ArcGIS para realizar análisis detallados y modelado geoespacial.
- Carga de datos externos: incorporación de información adicional, como imágenes satelitales o estadísticas climáticas, de forma manual o automática.

La integración de datos geoespaciales es una herramienta clave que mejora la precisión para la identificación de zonas prioritarias en gestión forestal, así como para evaluar la dinámica de los ecosistemas y vulnerabilidades ante riesgos como incendios, sequías y plagas forestales.

Algunos de los hallazgos y ejemplos prácticos que se han alcanzado son:

- **Precisión en la identificación de riesgos:**
 - Un aumento de hasta un 20% en la precisión para detectar áreas de afección por plagas forestales, en comparación con metodologías tradicionales basadas en SIG y en observaciones visuales de campo.
 - Modelos predictivos de riesgo de incendios, sequías o plagas, que facilitan la planificación de medidas correctivas.
- **Monitoreo de dinámica forestal:**
 - Evaluación mejorada mediante series temporales de imágenes satelitales, permitiendo el seguimiento de cambios en la cobertura forestal y la regeneración post-incendio.
- **Impacto del cambio climático:**
 - Análisis de la vulnerabilidad de especies forestales a sequías y aumento de temperaturas, apoyando la selección de especies más resilientes.
 - Evaluación de la efectividad de medidas de restauración en zonas afectadas por incendios o sequías graves mediante índices de vegetación derivados de satélites.
- **Aplicaciones prácticas en gestión forestal:**
 - Planificación de actuaciones selvícolas (claras, podas) basadas en densidad forestal, estado fisiológico y riesgo de incendios.
 - Generación de mapas temáticos online (biomasa, riesgo de incendios, vulnerabilidad a sequías) mediante el uso de plataformas webs interactivas, mejorando la colaboración entre gestores y reduciendo tiempos de respuesta.



5. Discusión

El uso de la Base de Datos ha transformado la manera en que se gestiona la información forestal en la Región de Murcia, estableciendo un precedente en la integración de tecnologías avanzadas para abordar los retos del cambio climático. Los resultados obtenidos son comparables con otros estudios previos realizados en otras regiones con condiciones climáticas similares, como el sureste de España y otras zonas del Mediterráneo, donde metodologías basadas en sistemas de información geográfica (SIG) y teledetección han mejorado significativamente la gestión forestal (Turner et al., 2020; (Piqué et al., 2018); Pettorelli et al., 2014). La FAO (2020) destaca que estas herramientas son clave para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente en la gestión sostenible de bosques (ODS 15).

Entre los principales impactos se destacan:

- Fortalecimiento de la toma de decisiones: gracias a la visualización en tiempo real y los análisis predictivos.
- Mejora en la gestión de recursos: mediante una distribución más eficiente de las inversiones en infraestructura y restauración.
- Capacidad de replicabilidad: el modelo implementado en Murcia, o partes del mismo, podría ser adaptado a otras regiones mediterráneas con condiciones similares.

Retos y limitaciones del diseño e implementación

A pesar de los avances, el proyecto ha enfrentado diversos desafíos:

- Disponibilidad de datos: en algunos casos, la información histórica es incompleta o de baja resolución.
- Dificultad en la integración de datos heterogéneos: datos procedentes de diversas fuentes con diferentes formatos y resoluciones espaciales y temporales.
- Actualización constante de información.
- Validación de los modelos predictivos, como los de riesgo de incendios o sequía, en los cuales se requieren un gran trabajo de investigación.
- Capacitación del personal: el uso de herramientas avanzadas requiere formación específica para maximizar su potencial.

Oportunidades de mejora y evolución futura

El sistema tiene un gran potencial de mejora mediante:

- Ampliación de variables: incorporar nuevos indicadores relacionados con biodiversidad o calidad del suelo.
- Integración con datos ciudadanos: incluir información proveniente de sensores comunitarios o redes de monitoreo participativo.
- Apoyo de modelos de inteligencia artificial (aprendizaje automático) para predecir cambios en las tendencias de variables clave (Pettorelli et al., 2014).
- Simulación de escenarios climáticos, evaluando vulnerabilidad de especies ante sequía y aumento de temperaturas.
- Optimización del aprendizaje automático: mejorar los modelos predictivos para escenarios futuros más precisos.

6. Conclusiones

El desarrollo e implementación de bases de datos multitemática ha demostrado



ser una herramienta fundamental para enfrentar los retos del cambio climático en la gestión forestal de la Región de Murcia. La integración de datos de diversas fuentes (Inventarios forestales, Modelos digitales del terreno, Datos climáticos y Teledetección) ha permitido optimizar la identificación de áreas prioritarias de conservación, evaluar dinámicas espaciales clave en los ecosistemas forestales y aumentar la eficiencia en la toma de decisiones. Entre las principales conclusiones destacan:

- Estrategia nacional de digitalización que genera un marco favorable para fomentar la digitalización de todos los aspectos de interés para la gestión forestal.
- El uso de nuevos datos y el uso de herramientas geoespaciales ha transformado la gestión forestal sostenible en una disciplina más precisa y adaptativa.
- Existencia de aplicaciones prácticas como son la Planificación de intervenciones selvícolas, Evaluación de riesgos de incendios forestales, Seguimiento de los impactos del cambio climático, Generación de mapas temáticos para facilitar la comunicación y colaboración entre gestores forestales y otros actores involucrados.
- Generación de Planes de Ordenaciones de Montes con una planificación optimizada a la realidad del territorio y de la masa forestal, siendo fácilmente adaptable a actualizaciones de temporalidad y prioridades de actuaciones.
- La disponibilidad de información de utilidad, aumenta la efectividad frente a los imprevistos del Cambio climático, como: Incendios, inundaciones (año 2019), o periodos de sequía (años 1994-1996, 2013-2018, 2024-2025)
- Gran facilidad para planificar actuaciones futuras en periodos o grupos de años.
- Optimizar la Gestión forestal, de acuerdo con la programación económica disponible.
- Generar Replicabilidad y escalabilidad entre áreas de gestión: el modelo implementado puede servir de referencia para otras regiones con características similares, promoviendo una gestión forestal sostenible a nivel mediterráneo.
- Contribución a la sostenibilidad forestal: las estrategias desarrolladas fortalecen la resiliencia de los ecosistemas forestales, alineándose con los objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático.

Las futuras líneas de trabajo se deben centrar en: regresar hacia los análisis geoespaciales mediante IA, datos climáticos en tiempo real y mejores datos disponibles; Evaluación de los riesgos climáticos con modelos predictivos; Transferencias del modelo a otras regiones de interés; e Impulsar la divulgación y participación ciudadana. El objetivo final es conseguir una gestión forestal precisa, adaptativa y en tiempo real.

La combinación de tecnología, datos y estrategias adaptativas posiciona a la Región de Murcia como un referente en la gestión forestal sostenible y digitalizada, marcando un camino hacia la resiliencia frente a los impactos del cambio climático.

7. Bibliografía

Beguiria, S., Trullenque-Blanco, V., Vicente-Serrano, S. M., & González-Hidalgo, J. C.



(2025). Aridity on the rise: Spatial and temporal shifts in climate aridity in Spain (1961–2020). *International Journal of Climatology*, 45(3). <https://doi.org/10.1002/joc.8775>

FAO. (2020). *The State of the World's Forests 2020: Forests, biodiversity and people.* Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/ca8642en>

Google LLC. (2023). *Google Earth Engine Developer Guide [Manual técnico]*. <https://developers.google.com/earth-engine>

Giglio, L., Boschetti, L., Roy, D. P., Humber, M. L., & Justice, C. O. (2018). The Collection 6 MODIS burned area mapping algorithm and product. *Remote Sensing of Environment*, 217, 72-85. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.08.005>

Hudak, A. T., Strand, E. K., Vierling, L. A., Byrne, J. C., Eitel, J. U. H., Martinuzzi, S., & Falkowski, M. J. (2012). Quantifying aboveground forest carbon pools and fluxes from repeat LiDAR surveys. *Remote Sensing of Environment*, 123, 25-40. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.02.023>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [MAPA]. (2018). *Estrategia de Digitalización del Sector Agroalimentario y Forestal y del Medio Rural (Informe No. 1-15)*. Gobierno de España.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [MITECO]. (2020). *Los bosques españoles como soluciones naturales frente al cambio climático.* Gobierno de España. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/publicaciones/bosques_cambio_climatico_web_tcm30-522734.pdf

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [MITECO]. (2023). *Informes y mapas de seguimiento de la sequía.* Observatorio Nacional de la Sequía. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/informes-mapas-seguimiento.html>

Oliveira, S., Oehler, F., San-Miguel-Ayanz, J., Camia, A., & Pereira, J. M. C. (2012). Modeling spatial patterns of fire occurrence in Mediterranean Europe using Multiple Regression and Random Forest. *Forest Ecology and Management*, 275, 117-129. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.03.003>

Pettorelli, N., Laurance, W. F., O'Brien, T. G., Wegmann, M., Nagendra, H., & Turner, W. (2014). Satellite remote sensing for applied ecologists: Opportunities and challenges. *Journal of Applied Ecology*, 51(4), 839-848. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12261>

Piqué, M., & Domènech, R. (2018). Effectiveness of mechanical thinning and prescribed burning on fire behavior in *Pinus nigra* forests in NE Spain. *Science of The Total Environment*, 618, 1539-1546. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.316>

Soudani, K., Hmimina, G., Delpierre, N., Pontailleur, J.-Y., Aubinet, M., Bonal, D., ... & Dufrêne, E. (2012). Ground-based Network of NDVI measurements for tracking temporal dynamics of canopy structure and vegetation phenology in different biomes. *Remote Sensing of Environment*, 123, 234-245. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.03.012>

Turner, M. G., Calder, W. J., Cumming, G. S., Hughes, T. P., Jentsch, A., LaDeau, S. L., ... & Carpenter, S. R. (2020). Climate change, ecosystems and abrupt change: Science priorities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1794),



20190105. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0105>