2025 | 16·20
GIJÓN | JUNIO
9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1602

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

Organiza

Diseño de senderos recreativos y planificación forestal: optimización del uso público de los bosques a través de un enfoque SIG

ÀVILA CALLAU, A. (1), ERDOZAIN, M. (1), FARÍAS-TORBIDONI, E.I. (3) y DE-MIGUEL, S. (2, 1)

(1) Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Cataluña (CTFC).
(2) Departamento de Ciencia e Ingeniería Forestal y Agrícola, Universitat de Lleida (UdL).
(3) Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña (INEFC), Universitat de Lleida (UdL).

Resumen

Los bosques destinados al uso social se valoran por sus servicios ecosistémicos culturales y deberían ser accesibles al público mediante infraestructuras como senderos. Sin embargo, la planificación forestal y el diseño de senderos raramente se integran. Este estudio propone un método para crear rutas entre senderos oficiales y rodales planificados con objetivos sociales (RPOS). Utilizando los SIG, nuestro enfoque se basa en identificar rutas conectoras sendero-rodal y evaluar la accesibilidad de estos RPOS. En nuestra área de estudio (Cataluña) los hallazgos muestran que el 75% de los RPOS están conectados con senderos oficiales a través de la red viaria, mientras que el 25% no son accesibles. De los accesibles, el 53% se encuentran a más de 20 minutos a pie, mientras que el 22% a menos de 20 minutos. Concluimos que nuestra metodología puede ayudar a integrar la planificación forestal y el diseño de senderos. También discutimos la necesidad de regulaciones que consideren las necesidades de la propiedad forestal, así como los riesgos asociados a la facilitación del uso público en montes públicos y privados.

Palabras clave

Gestión forestal, acceso al medio natural, uso público, servicios ecosistémicos culturales, sistemas de información geográfica.

1. Introducción

Los servicios ecosistémicos culturales (MEA, 2005), vinculados al uso social de los bosques (KRSNIK et al., 2023), han ganado relevancia frente a los usos forestales tradicionales (FÜGER et al., 2021; KAPLAN, 1995), ya que pasar tiempo en entornos naturales mejora tanto la salud física como mental (CALOGIURI & ELLIOTT, 2017; DUDEK, 2017; TURGUT et al., 2020). Esto ha hecho que la recreación al aire libre sea uno de los principales beneficios culturales de los bosques, ya que muchas personas buscan escapar del estrés urbano conectando con la naturaleza (AGIMASS et al., 2018; CAGLAYAN et al., 2020; DAĞISTANLI et al., 2018). Como resultado, el diseño de infraestructuras que faciliten el acceso a las áreas forestales se ha convertido en una prioridad en las políticas públicas globales (LINGUA et al., 2022, 2023). Las actividades relacionadas con senderos son un componente esencial de estas infraestructuras recreativas (SNYDER et al., 2008). Los senderos para caminar, correr o andar en bicicleta promueven tanto la actividad física como el transporte activo, lo que contribuye al bienestar, la salud y la calidad de vida de quienes los utilizan (ÀVILA CALLAU et al., 2023; BROWNSON et al., 2000; CORNING et al., 2012).

En las últimas décadas, la gestión forestal ha pasado a enfocarse en un manejo más

integral, que no solo prioriza la producción, sino también aspectos socioculturales y ambientales (CAGLAYAN et al., 2021; MEO et al., 2015; VADELL et al., 2022). Varios factores influyen en el valor y la demanda recreativa de los bosques, como las características del entorno natural, la disponibilidad de infraestructuras, el perfil de los usuarios y sus preferencias (AGIMASS et al., 2018; FARÍAS-TORBIDONI et al., 2005; GIERGICZNY et al., 2015). La accesibilidad también es clave, ya que las personas suelen preferir los bosques cercanos a vías de comunicación y áreas urbanas o periurbanas que cuenten con una red de caminos o senderos bien desarrollada (ÀVILA CALLAU et al., 2023; MEO et al., 2015; TUDORAN et al., 2022).

La planificación de rutas y el diseño de senderos recreativos aumentan el interés por los espacios naturales y fomentan la actividad física al aire libre al facilitar el acceso a estas áreas (TURGUT et al., 2020). La evaluación de la idoneidad de las infraestructuras de senderos para caminar en entornos naturales es una práctica habitual (por ejemplo, VÍAS et al., 2014, 2018; VÍAS & OCAÑA, 2014), aunque el diseño de senderos requiere tiempo y la consideración de diversos factores para determinar su mejor ubicación y características (KOKKINIDIS et al., 2013). Entre los elementos clave están la topografía, los tipos de paisaje, la infraestructura recreativa y los atractivos de la zona (TURGUT et al., 2020). Además, los senderistas tienden a buscar rutas que ofrezcan interés, desafío, experiencias enriquecedoras y seguridad (FARÍAS-TORBIDONI et al., 2020; FARÍAS-TORBIDONI et al., 2005; SNYDER et al., 2008). Aunque los impactos ambientales de los senderos son una preocupación, un buen diseño puede minimizar estos efectos (SNYDER et al., 2008). Asimismo, la conectividad entre senderos y puntos de acceso, así como la integración con otros caminos, es crucial para garantizar su usabilidad, lo que requiere una planificación detallada de los puntos de inicio y final de las rutas (KOKKINIDIS et al., 2013). En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una herramienta valiosa, ya que permiten un diseño más eficiente de senderos mediante el uso de datos configurables y algoritmos que facilitan la creación y evaluación de rutas óptimas (KOKKINIDIS et al., 2013; SNYDER et al., 2008).

2. Objetivos

Dada la creciente demanda de actividades recreativas en los bosques y la complejidad del diseño de senderos, este estudio propone un método para desarrollar rutas que optimicen el uso socio-recreativo de los bosques y evalúen la accesibilidad a rodales planificados con objetivos sociales (RPOS). Los objetivos del estudio han sido (1) identificar las rutas más cortas que conectan los senderos oficiales con los RPOS y (2) medir la accesibilidad de los RPOS mediante estas rutas identificadas. En este sentido, el estudio busca ayudar a los responsables de la toma de decisiones y del diseño de senderos en la creación de ejes de conexión entre los senderos existentes y los RPOS. Para ello, se han utilizado métodos SIG, creando rutas basadas en matrices de origen-destino. Aunque el caso de estudio se ha focalizado en Cataluña, el enfoque puede aplicarse a nivel global.

3. Metodología 3.1 Área de estudio y fuentes de datos

El área de estudio ha consistido en la comunidad autónoma de Cataluña (Figura 1), con una extensión aproximada de 32,000 km², de los cuales el 64% son bosques (Statistical Institute of Catalonia, 2022). Alrededor del 70% de los bosques en Cataluña carecen de un plan de gestión forestal, mientras que el 30% restante sí cuenta con planificación forestal. De los bosques planificados, el 70% son de propiedad privada y el 30% son públicos (Centre de la Propietat Forestal, 2022).

Cataluña dispone de una extensa red de senderos oficiales, que supera los 10,000 km y representa alrededor del 20% de la red de senderos de España (Figura 1). Para este estudio, se han utilizados archivos (en formato *shapefile*) de los trazados oficiales de senderos, obtenidos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y homologados por tres instituciones distintas: (1) la Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada (FEDME), (2) el Programa de Caminos Naturales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y (3) la Fundación de Ferrocarriles Españoles ("Vías Verdes").

La información sobre la distribución espacial de los rodales forestales bajo un plan de gestión forestal multifuncional (Figura 1) y sus objetivos (y subobjetivos) de gestión se ha obtenido de la base de datos oficial gestionada por el Centre de la Propietat Forestal de la Generalitat de Catalunya.

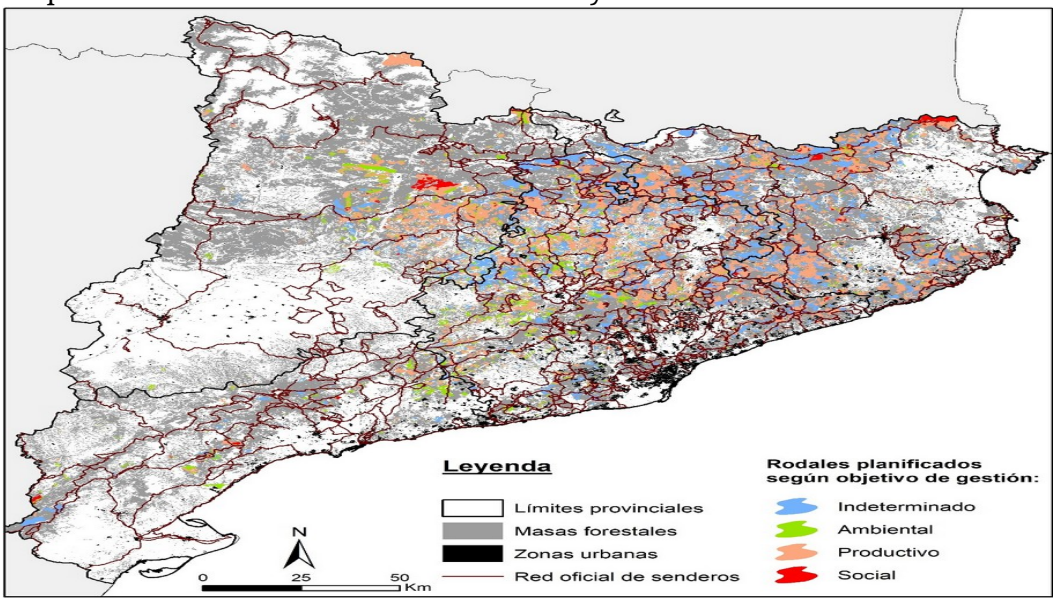

Figura 1. Zona de estudio con los rodales forestales planificados según su objetivo de gestión.

3.2 Creación de rutas conectoras entre senderos oficiales y rodales planificados con objetivos sociales

A continuación, se han identificado las rutas más cortas que conectan los senderos oficiales con los rodales que se han considerado de alto potencial para el uso de servicios ecosistémicos culturales y recreación al aire libre. Para seleccionar los rodales objetivo, se han seguido tres criterios: (1) que tengan un objetivo de gestión social, (2) que no estén atravesados por senderos oficiales y (3) que no tengan senderos oficiales a menos de 50 metros.

Una vez seleccionadas las zonas objetivo, se han generados matrices de origen-destino para determinar las posibles rutas entre los senderos oficiales y los rodales objetivo, seleccionando y extrayendo la ruta más corta. Para calcular estas matrices, se ha utilizado el módulo "Matriz OD a partir de capas como líneas" del complemento QNEAT3 en QGIS 3.3, que permite cartografiar rutas utilizando una capa de red, puntos de partida y puntos finales.

En primer lugar, para seleccionar los puntos de partida en los senderos oficiales, se ha superpuesto la red viaria con los senderos utilizando el algoritmo "intersección de líneas" de QGIS, ya que, según lo considerado, dicha red facilita la conexión entre un sendero y un rodal forestal. La red viaria se ha obtenido de la capa "redes

de transporte" descargada en formato *shapefile* desde el IGN. Posteriormente, se ha empleado el algoritmo "línea más corta entre objetos" de QGIS para identificar los diez puntos de partida más cercanos a cada punto final en los rodales objetivo, reduciendo así la cantidad de puntos de partida y el número de iteraciones necesarias en las matrices de origen-destino.

En segundo lugar, para calcular los puntos de destino en los rodales objetivo, se han extraído los vértices donde los perímetros de dichos rodales intersecaban con la red viaria (algoritmo "intersección de líneas"). Con el fin de operativizar los cálculos, se han creado agrupaciones para cada rodal, emparejando cada punto final con sus diez puntos de partida más cercanos, generando así varias matrices de origen-destino.

Finalmente, después de preparar los puntos de partida (desde los senderos oficiales) y los puntos de destino (en los perímetros de los rodales), se ha utilizado el módulo "Matriz OD a partir de capas como líneas" para encontrar las rutas más cortas entre cada punto de partida y su respectivo punto final. La capa de red viaria ha servido como capa de red, excluyendo las vías prohibidas para peatones. Se ha utilizado el parámetro "La geometría matricial sigue rutas" para que las rutas siguieran la red viaria en lugar de líneas rectilíneas. La tabla de atributos de la capa resultante contenía el identificador de los puntos de origen ("origin_id"), el identificador del rodal correspondiente a los puntos de destino ("destination_id") y el coste total (o distancia total) en metros ("total_cost"). Posteriormente, se ha ejecutado una consulta SQL para encontrar la ruta más corta entre los senderos oficiales y cada rodal objetivo: "origin_id, destination_id, min(total_cost) as shortest_distance, and geometry from input1, grouped by destination_id".

3.3 Análisis de la accesibilidad potencial de los rodales planificados con objetivos sociales

La accesibilidad potencial (en términos de tiempo) de los RPOS se ha calculado considerando el caso hipotético de que un excursionista decida desviarse del sendero oficial para llegar a un rodal forestal determinado, teniendo en cuenta la longitud del recorrido (campo "total_cost") y suponiendo una velocidad promedio caminando de 5 km/h, basada en estudios previos (BOHANNON, 1997; STOIA et al., 2022).

4. Resultados 4.1 Conectores "Sendero oficial – RPOS"

De los 800 rodales forestales analizados, el 75,50% han sido accesibles mediante la red viaria. En el 24,50% restante, no ha resultado posible conectarlos con los senderos oficiales. Por tanto, se han establecido un total de 604 rutas (con un total de 3.130 km y un promedio de 4,5 km de distancia) que han enlazado estos rodales con la red oficial de senderos (Figura 2). Entre las rutas generadas, el 38,74% han conectado rodales destinados a la conservación de espacios forestales, seguidos de rodales orientados al uso recreativo del entorno forestal (26,49%) y a la valorización del paisaje y/o elementos naturales y culturales singulares (25,33%).

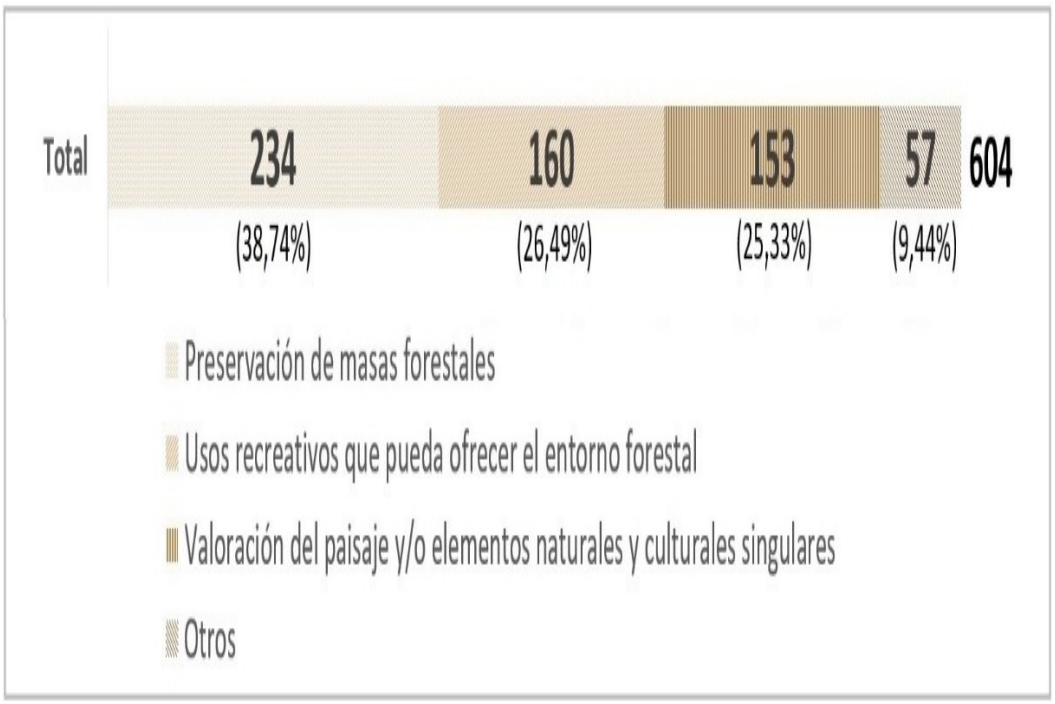

Figura 2. Número (y porcentaje) de rutas más cortas entre senderos oficiales y rodales planificados con objetivos sociales según el subobjetivo de gestión del rodal conectado.

Las rutas más cortas entre los senderos oficiales y los RPOS se han distribuido en distintos sectores (Figura 3). Las rutas más largas se han concentrado principalmente en el sector noroeste del área de estudio, lo que indica que los rodales están más alejados de la red de senderos oficiales en esa zona. Por el contrario, los rodales del sector central están más cerca de los senderos oficiales, lo que da lugar a rutas más cortas.

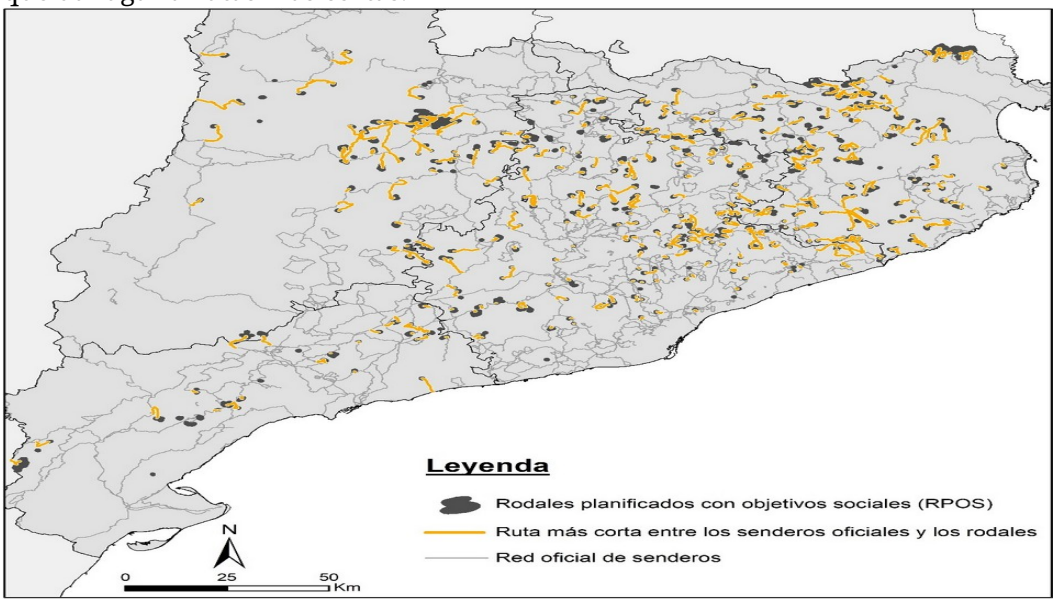

Figura 3. Rutas más cortas entre senderos oficiales y rodales planificados con objetivos sociales. Nota: Se agranda el tamaño de los rodales y las rutas para mejorar su visualización.

4.2 Accesibilidad potencial de los RPOS

De todos los RPOS analizados (Figura 4), más de la mitad (53,50%) se han situado a más de 20 minutos a pie desde el sendero oficial más cercano. Otro 24,50% no han tenido conexión alguna con los senderos oficiales a través de la red viaria, mientras que el 22% restante se han encontrado a menos de 20 minutos caminando. Las tendencias han sido similares para los distintos subobjetivos (Figura 4).

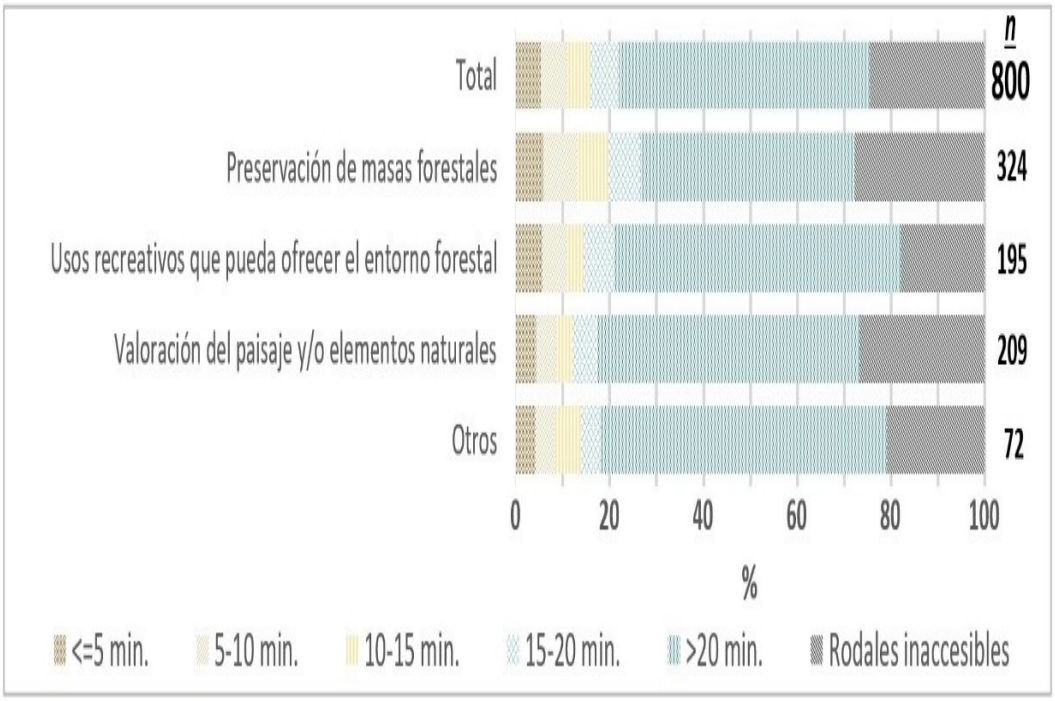

Figura 4. Número (y porcentaje) de rodales planificados con objetivos sociales por subobjetivo de gestión (filas) y tiempo de accesibilidad (colores).

5. Discusión

La metodología presentada constituye una herramienta valiosa para identificar y evaluar rutas de conexión que permitan expandir las redes oficiales de senderos y vincularlas con bosques que tienen funciones sociales reconocidas. Este enfoque mejora el uso social y recreativo de estos ecosistemas, además de que se trata de un método escalable y adaptable a diversos objetivos. Sin embargo, tal como sugieren otros autores (COURTENAY & LOOKINGBILL, 2014), la propuesta de rutas y la evaluación de su viabilidad debe incluir factores adicionales, como las características físicas de los senderos, las limitaciones logísticas y las preferencias de los usuarios. Esto requiere una planificación detallada sobre el terreno y la participación de los actores involucrados. El SIG y el trabajo de campo se complementan en el diseño de senderos (ÀVILA CALLAU et al., 2023), y ambas metodologías son cruciales para una planificación e implementación efectivas.

Como principal limitación metodológica, es importante señalar que los resultados pueden variar según las capas de la red utilizadas. En el presente caso de estudio, se ha empleado la red oficial de carreteras, pero en esta capa podrían haberse omitido algunos caminos. Un análisis comparativo con diversas redes viarias sería útil para identificar discrepancias y evaluar capas alternativas.

En el análisis de accesibilidad, en base a la clasificación de HIPPOLITI (1976), los RPOS han mostrado una baja accesibilidad desde los senderos oficiales y esto podría limitar el uso socio-recreativo de estas zonas. En las rutas de conexión creadas, la mayor proporción vincula la red de senderos oficiales con los rodales

centrados en la conservación. Estos resultados fueron sorprendentes, ya que los bosques destinados a la conservación suelen tener como objetivo limitar el impacto humano para proteger la biodiversidad y los ecosistemas. A pesar de contradecir las normas tradicionales, el creciente énfasis en el desarrollo de senderos recreativos brinda una oportunidad para integrar la planificación recreativa y la conservación, como lo demuestran diversos estudios (por ejemplo, COURTENAY & LOOKINGBILL, 2014; THOMSEN et al., 2014).

Las rutas de conexión propuestas en este estudio tienen como objetivo ampliar la red oficial de senderos, mejorando el acceso y fomentando el uso social de los bosques planificados. Esta expansión aumenta las oportunidades recreativas, pero también plantea retos de gestión, ya que estas pueden tener efectos negativos en el medio ambiente (TUDORAN et al., 2022). La creación y uso de senderos recreativos puede provocar fragmentación de hábitats, cambios en la vegetación, erosión del suelo y alteraciones en el comportamiento de los animales (TOMCZYK, 2011). La gravedad de estos impactos depende de factores como el tipo e intensidad de las actividades, el número de participantes, la sensibilidad de las especies o hábitats afectados y los impactos acumulativos de otros usos del suelo o actividades recreativas (PRÖBSTL, 2003). Es crucial reconocer que los nuevos senderos pueden atraer a más visitantes, lo que podría generar problemas como la masificación, la degradación de los recursos naturales y otros impactos ambientales (TUDORAN et al., 2022), tanto en los alrededores de los senderos como en los espacios planificados que buscan promover un uso público. En este sentido, determinar y gestionar la "capacidad de carga recreativa" —el número máximo de visitantes que un área puede soportar sin sufrir daños ambientales— resulta fundamental (DUDEK, 2017).

La presente metodología se basa en utilizar la red viaria existente para conectar senderos oficiales y rodales forestales. Esto permite evitar algunos impactos, como la fragmentación de hábitats, generados por la implementación de nuevos caminos o la creación espontánea de estos por parte de los usuarios de senderos informales. Por tanto, este enfoque minimiza las alteraciones al entorno, pero plantea otros desafíos, como la titularidad de las rutas. Además, las áreas forestales gestionadas para uso social en este estudio forman parte de planes técnicos de gestión forestal, promovidos principalmente por propietarios privados. Esto puede generar conflictos potenciales entre propietarios y usuarios. Abordar estos conflictos es esencial para homologar nuevas rutas, y la participación de las comunidades locales y actores clave en la planificación y toma de decisiones puede ser una estrategia eficaz para mitigarlos (COURTENAY & LOOKINGBILL, 2014; WIGGS et al., 2008).

Los propietarios de tierras desempeñan un papel clave al facilitar el acceso público a los bosques privados, y algunos estudios han explorado sus perspectivas y preocupaciones al respecto. Los propietarios suelen citar problemas como la pérdida de privacidad, el acceso no autorizado y el uso irresponsable de los senderos, incluyendo aparcamiento indebido, perros sueltos y daños a la propiedad (MOORE, 1994). Sin embargo, estas preocupaciones varían según el contexto territorial, lo que hace que la cuestión sea compleja. Integrar las diferentes dimensiones de la propiedad forestal privada en las negociaciones puede ayudar a los planificadores y responsables políticos a comprender mejor las perspectivas de los propietarios y atender de manera más eficiente los intereses públicos en terrenos privados (BERGSTÉN et al., 2018). Para abordar los conflictos por el acceso a los bosques privados, los responsables políticos deben diseñar

marcos legales que aclaren los derechos de todas las partes implicadas y ofrezcan mecanismos para que los propietarios puedan aplicarlos de manera efectiva (GÓRRIZ-MIFSUD et al., 2017). En definitiva, el diseño de nuevos senderos y la gestión de los existentes deben tener en cuenta múltiples aspectos, especialmente los ecológicos (TOMCZYK, 2011), pero también los de uso público.

6. Conclusiones

En este estudio, se presenta un método para optimizar el uso de los bosques con fines socio-recreativos. Este enfoque fortalece la conexión entre la planificación forestal y el diseño de senderos, al tiempo que ofrece escalabilidad para aplicarlo en otras regiones. Mediante el uso de SIG, esta propuesta identifica rutas que conectan senderos recreativos oficiales con rodales forestales planificados con fines sociales. Asimismo, se analiza la accesibilidad de estas áreas forestales, permitiendo a los responsables de la toma de decisiones seleccionar rutas potenciales para su futura evaluación como senderos homologados. El análisis realizado muestra un bajo grado de accesibilidad de los rodales analizados a través de las rutas generadas. Ante la creciente demanda de servicios ecosistémicos culturales, los gestores forestales y diseñadores de senderos pueden aprovechar estos hallazgos para incrementar las oportunidades socio-recreativas de las áreas forestales, aunque deben hacerlo con precaución para minimizar los impactos ambientales y evitar conflictos con propietarios privados.

7. Agradecimientos

Aitor Àvila tiene un contrato del Programa Investigo financiado por la Unión Europea, Next Generation EU. Agradecemos al Centre de la Propietat Forestal de la Generalitat de Catalunya por la cesión de datos sobre planificación forestal, para el desarrollo de este estudio. Este trabajo también ha contado con el apoyo del proyecto FUNFORCHANGE con número de referencia PID2022-139558OB-I00 financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, la Agencia Estatal de Investigación (MCIN/AEI/10.13039/501100011033) y “ERDF A way of making Europe”.

8. Bibliografía

AGIMASS, F., LUNDHEDE, T., PANDURO, T. E., & JACOBSEN, J. B. (2018). The choice of forest site for recreation: A revealed preference analysis using spatial data. *Ecosystem Services, 31,* 445–454.

ÀVILA CALLAU, A., PÉREZ-ALBERT, Y., & VÍAS MARTÍNEZ, J. (2023). Calculating and Mapping the Naturalness of Peri-Urban Greenways. *Forests, 14(6).*

BERGSTÉN, S., STJERNSTRÖM, O., & PETTERSSON, Ö. (2018). Experiences and emotions among private forest owners versus public interests: Why ownership matters. *Land Use Policy, 79,* 801–811.

BOHANNON, R. W. (1997). Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20–79 years: Reference values and determinants. *Age and Ageing, 26(1),* 15–19.

BROWN, M., & JENKINS, J. S. (2023). Wildfire-driven entry closures influence visitor displacement and spending to alternative park entrance corridors and gateway communities around Yosemite National Park. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism, 43.*

BROWNSON, R. C., HOUSEMANN, R. A., BROWN, D. R., JACKSON-THOMPSON, J., KING, A. C., MALONE, B. R., & SALLIS, J. F. (2000). Promoting physical activity in rural communities: Walking trail access, use, and effects. *American Journal of Preventive Medicine, 18(3),* 235–241.

CAGLAYAN, İ., YEŞIL, A., CIESZEWSKI, C., GÜL, F. K., & KABAK, Ö. (2020). Mapping of recreation suitability in the Belgrad Forest Stands. *Applied Geography, 116.*

CAGLAYAN, İ., YEŞIL, A., KABAK, Ö., & BETTINGER, P. (2021). A decision making approach for assignment of ecosystem services to forest management units: A case study in northwest Turkey. *Ecological Indicators, 121.*

CALOGIURI, G., & ELLIOTT, L. R. (2017). Why do people exercise in natural environments? Norwegian adults' motives for nature-, gym-, and sports-based exercise. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 14(4).*

CENTRE DE LA PROPIETAT FORESTAL. (2022). Forest planning of Catalonia. https://www.observatoriforestal.cat/planificacio-forestal/

CORNING, S. E., MOWATT, R. A., & CHANCELLOR, H. C. (2012). Multiuse trails: Benefits and concerns of residents and property owners. *Journal of Urban Planning and Development, 138(4),* 277–285.

COURTENAY, C. I., & LOOKINGBILL, T. R. (2014). Designing a regional trail network of high conservation value using principles of green infrastructure. *Southeastern Geographer, 54(3),* 270–290.

DAĞISTANLI, C., TURAN, İ. D., & DENGIZ, O. (2018). Evaluation of the suitability of sites for outdoor recreation using a multi-criteria assessment model. *Arabian Journal of Geosciences, 11(17).*

DUDEK, T. (2017). Recreational potential as an indicator of accessibility control in protected mountain forest areas. *Journal of Mountain Science, 14(7),* 1419–1427.

FARÍAS-TORBIDONI, E. I., MAS-ALÒS, S., GIL-MORENO-DE-MORA, G., LAVEGA-BURGUÉS, P., CASTAÑER, M., LORENTE-CATALÁN, E., SEGUÍ-URBANEJA, J., & LACASA-CLAVER, E. (2020). Health and well-being in protected natural areas—visitors' satisfaction in three different protected natural area categories in Catalonia, Spain. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(18),* 1–21.

FARÍAS-TORBIDONI, E. I., GRAU, H. R., & CAMPS, A. (2005). Trail preferences and visitor characteristics in Aigüestortes i Estany de Sant Maurici National Park, Spain. *Mountain Research and Development, 25(1),* 51–59.

FÜGER, F., HUTH, F., WAGNER, S., & WEBER, N. (2021). Can visual aesthetic components and acceptance be traced back to forest structure? *Forests, 12(6).*

GIERGICZNY, M., CZAJKOWSKI, M., ZYLICZ, T., & ANGELSTAM, P. (2015). Choice experiment assessment of public preferences for forest structural attributes. *Ecological Economics, 119,* 8–23.

GÓRRIZ-MIFSUD, E., MARINI GOVIGLI, V., & BONET, J. A. (2017). What to do with mushroom pickers in my forest? Policy tools from the landowners' perspective. *Land Use Policy, 63,* 450–460.

HIPPOLITI, G. (1976). Sulla determinazione delle caratteristiche della rete viable forestale. *Italia Forestale e Montana, 6,* 242–255.

KAPLAN, S. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology, 15(3),* 169–182.

KOKKINIDIS, I., STEIN, B. R., SURENDRABABU, J., SEIGLER, T., HWANG, W. H., LORENTZ, L., & HOWEY, C. (2013). A least-cost algorithm approach to trail design using GIS. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 79(6),* 498–505.

KRSNIK, G., REYNOLDS, K. M., MURPHY, P., PAPLANUS, S., GARCIA-GONZALO, J., & GONZÁLEZ OLABARRIA, J. R. (2023). Forest use suitability: Towards decision-making-oriented sustainable management of forest ecosystem services. *Geography and Sustainability, 4(4),* 414–427.

LINGUA, F., COOPS, N. C., & GRIESS, V. C. (2023). Assessing forest recreational potential from social media data and remote sensing technologies data. *Ecological Indicators, 149.*

LINGUA, F., COOPS, N. C., LAFOND, V., GASTON, C., & GRIESS, V. C. (2022). Characterizing, mapping and valuing the demand for forest recreation using crowdsourced social media data. *PLoS ONE, 17(8 August).*

MEA (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT). (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. *Island Press. Washington, DC.*

MEO, I. D., PALETTO, A., & CANTIANI, M. G. (2015). The attractiveness of forests: Preferences and perceptions in a mountain community in Italy. *Annals of Forest Research, 58(1),* 145–156.

MOORE, R. L. (1994). Conflicts on multiple-use trails: Synthesis of the literature and state of the practice. Federal Highway Administration. Washington, D.C.

PRÖBSTL, U. (2003). NATURA 2000 - The influence of the European directives on the development of nature-based sport and outdoor recreation in mountain areas. *Journal for Nature Conservation, 11(4),* 340–345.

SNYDER, S. A., WHITMORE, J. H., SCHNEIDER, I. E., & BECKER, D. R. (2008). Ecological criteria, participant preferences and location models: A GIS approach toward ATV trail planning. *Applied Geography, 28(4),* 248–258.

STATISTICAL INSTITUTE OF CATALONIA. (2022). Land use of Catalonia. https://www.idescat.cat/indicadors/?id=basics&n=10547&lang=en

STOIA, N. L., NIŢĂ, M. R., POPA, A. M., & IOJĂ, I. C. (2022). The green walk—An analysis for evaluating the accessibility of urban green spaces. *Urban Forestry and Urban Greening, 75.*

THOMSEN, J. M., POWELL, R. B., & ALLEN, D. (2014). Park health resources: Benefits, values, and implications. *Park Science, 30(2),* 30–36.

TOMCZYK, A. M. (2011). A GIS assessment and modelling of environmental sensitivity of recreational trails: The case of Gorce National Park, Poland. *Applied Geography, 31(1),* 339–351.

TUDORAN, G.-M., CICȘA, A., CICȘA, M., & DOBRE, A.-C. (2022). Management of Recreational Forests in the Romanian Carpathians. *Forests, 13(9).*

TURGUT, H., OZALP, A. Y., & AKINCI, H. (2020). Introducing the Hiking Suitability Index to evaluate mountain forest roads as potential hiking routes - a case study in Hatila Valley National Park, Turkey. *Eco.Mont, 13(1),* 55–66.

VADELL, E., PEMÁN, J., VERKERK, P. J., ERDOZAIN, M., & DE-MIGUEL, S. (2022). Forest management practices in Spain: Understanding past trends to better face future challenges. *Forest Ecology and Management, 524.*

VÍAS, J., & OCAÑA, C. (2014). Multicriteria evaluation by GIS to determine trail hiking suitability in a natural park. *Boletin de La Asociacion de Geografos Espanoles, 66,* 323–339.

VÍAS, J., ROLLAND, J., CASTILLO, S., DEL CAMPO-ÁVILA, J., & LUQUE, A. (2014).

Creación de rutas senderistas mediante análisis de redes y algoritmo multicriterio. Aplicación en el parque natural Sierra de las Nieves. *XVI Congreso Nacional de Tecnologías de La Información Geográfica,* 947–953.

VÍAS, J., ROLLAND, J., GÓMEZ, M. L., OCAÑA, C., & LUQUE, A. (2018). Recommendation system to determine suitable and viable hiking routes: A prototype application in Sierra de las Nieves Nature Reserve (southern Spain). *Journal of Geographical Systems, 20(3),* 275–294.

WIGGS, I., BROWNSON, R. C., & BAKER, E. A. (2008). If You Build It, They Will Come: Lessons From Developing Walking Trails in Rural Missouri. *Health Promotion Practice, 9(4),* 387–394.