



2025 | **16-20**
GIJÓN | JUNIO

9º CONGRESO **FORESTAL** ESPAÑOL

9CFE-1891

Organiza





Comparativa de modelos silvícolas de haya según la intensidad de gestión forestal

LESTIDO-CARDAMA, Y. (1), GONZÁLEZ-LÓPEZ, S. (1), MOLINA-VALERO, J. A. (2), SEVILLA-MARTÍNEZ, F. (3), DIÉGUEZ-ARANDA, U. (4) y PÉREZ-CRUZADO, C. (1).

(1) Proyectos y Planificación (PROePLA), Escuela Politécnica Superior de Ingeniería. Universidad de Santiago de Compostela.

(2) Faculty of Environmental Sciences, Czech University of Life Sciences Prague (CZU), 16 500 Prague, Czech Republic.

(3) Servicio Territorial de Medio Ambiente de Burgos, Junta de Castilla y León.

(4) Unidad de Gestión Ambiental y Forestal Sostenible (UXAFORES). Escuela Politécnica Superior de Ingeniería. Universidad de Santiago de Compostela.

Resumen

El estudio cuantifica la intensidad de gestión forestal en función del modelo silvícola aplicado en masas forestales dominadas por haya. Para ello se han comparado diferentes modelos de gestión forestal: Aclareo Sucesivo Uniforme (FS1), ProSilva (FS2) y un modelo de bosque maduro gestionado para su conservación (FS3).

Para la comparación, se emplea un índice de intensidad de gestión forestal recientemente diseñado que incorpora como factores la frecuencia e intensidad de cortas, la cantidad de inputs económicos aplicados y el esfuerzo del gestor en el seguimiento y gestión de las masas forestales. Dicho índice permite una cuantificación precisa del nivel de intervención aplicado en cada modelo.

Los resultados demuestran que FS1 pretende maximizar la producción a expensas de una mayor inversión de recursos económicos. Por su parte, FS2 proporciona una alta producción mientras mantiene una cubierta forestal continua. Sin embargo, requiere un nivel de dedicación por parte del gestor elevado, aunque a cambio implica una menor demanda de inputs. El modelo FS3 también sugiere una gran demanda de tiempo, pero sin implicar grandes inversiones económicas para conservar la dinámica natural de la masa.

Palabras clave

Fagus sylvatica, aclareo sucesivo uniforme, prosilva, *old-growth forest*, gestión forestal sostenible.

1. Introducción

En la actualidad, los montes se han convertido en un espacio donde convergen múltiples intereses. Además de ser un entorno esencial para el desarrollo y conservación de la naturaleza, estos territorios también se configuran como escenarios donde la humanidad lleva a cabo diversas actividades. Estas acciones influyen, positiva o negativamente y en menor o mayor medida, en las dinámicas naturales de los ecosistemas, y es por ello que el uso que se hace de estos espacios debe ser conforme a una gestión forestal sostenible que garantice su preservación a lo largo de los años. Además, es frecuente encontrar casos en los que la gestión forestal, afectada por las nuevas tendencias sociales, está migrando de objetivos productivistas a otros con propósitos multifuncionales. Prueba de ello son algunos montes ordenados que están abandonando los métodos diseñados para masas regulares y empezando a implementar métodos de silvicultura cercana a la naturaleza con carácter multifuncional, también conocidos con el nombre de ProSilva (GOBIERNO DE NAVARRA et al., 2008).

Consecuentemente, existen diversas formas de gestionar las masas forestales. Por una parte, estarían los métodos tradicionales con una predominante función productora, como pueden ser los modelos silvícolas que emplean cortas de aclareo



sucesivo uniforme (FS1). Por otro lado, los métodos de masas irregulares con fuerte carácter multifuncional (productor, protector, cultural y natural) con gestión cercana a la naturaleza, como es ProSilva (FS2), donde se realizan claras selectivas y se mantiene una cubierta forestal continua. Y otro ejemplo de esta gran variedad podrían ser las masas que persiguen objetivos de conservación (funciones naturales o bio-ecológicas, protectoras y culturales) en masas maduras inalteradas como pueden ser los denominados bosques *old-growth*, donde lo que se pretende es preservar las dinámicas naturales del ecosistema, permitiéndose en estos espacios solamente el uso científico y recreativo (FS3).

A partir de esta variedad de modelos silvícolas surge la hipótesis de este estudio, siendo la pregunta que se formula si la intensidad de gestión forestal, entendida como el grado de intervención humana (BETTINGER et al., 2016) y medida a partir de un índice específico para modelos silvícolas (LESTIDO-CARDAMA et al., 2025), es mayor o menor en función del modelo aplicado. Para ello se han contrastado métodos de orientación más productivista (FS1) frente a métodos con un fuerte enfoque multifuncional (FS2) y otros en los que solo se persiguen objetivos conservacionistas (FS3), ya que en todos ellos se realizan actuaciones necesarias para la consecución de sus objetivos que suponen un esfuerzo de gestión.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo consiste en analizar la intensidad de gestión forestal en diferentes modelos silvícolas implementados en masas forestales dominadas por haya (*Fagus sylvatica* L.). En este contexto, se busca analizar, por un lado, la variabilidad intramodal, es decir, dentro de cada modelo, considerando el índice de sitio (*IS*), los turnos definidos por la silvicultura de referencia para la especie, la periodicidad de las extracciones y la tasa de interés aplicada como principales variables. Por otro lado, se pretende evaluar la variabilidad intermodal, es decir, entre los distintos modelos, en función de los objetivos de gestión establecidos para cada uno.

3. Metodología

3.1. Índice de Intensidad de Gestión Forestal (*IGF*)

Para evaluar la intensidad de gestión forestal aplicada se empleó un índice recientemente desarrollado (*IGF*) (LESTIDO-CARDAMA et al., 2025) basado en tres factores: (1) intensidad y frecuencia de las cortas (*FC*), (2) inputs incorporados al sistema (*I*), y (3) tiempo dedicado por el gestor (*T*).

1. Para *FC* se han identificado los aprovechamientos realizados en cada uno de los modelos silvícolas analizados en función del turno de corta o rotación y la calidad de estación, como se detalla en el apartado 3.2.

2. Para la determinación de *I* se ha calculado el Valor Esperado del Suelo (VES), simulado para diferentes tasas de interés (del 1 al 5%). Para hallar el VES se han identificado todos los trabajos e intervenciones llevados a cabo sobre la masa y presupuestado según las tarifas de TRAGSA (2022). Además, se han asumido los siguientes supuestos:

- Todos los turnos son de la misma duración para una misma calidad de estación.
- La secuencia de actuaciones dentro de cada turno es la misma para todos los turnos sucesivos.
- El coste asociado con cada actuación dentro de cada turno también es el mismo para todos los turnos.

3. En cuanto a *T*, se han tenido en cuenta las siguientes tareas para cada actuación

realizada y para el documento de gestión pertinente en cada caso:

- Planificación de la gestión.
- Supervisión previa a la toma de decisiones.
- Procedimientos administrativos.
- Contratación de trabajos.
- Monitoreo y control de actuaciones.

Para el cálculo de I y T en un mismo modelo silvícola, las actividades de gestión se han considerado las mismas, independientemente de la calidad de estación, para que puedan ser comparables entre sí. La estandarización empleada se ha realizado en función del máximo alcanzado en el caso de estudio para cada uno de los tres factores, siendo posible así apreciar las diferencias entre modelos de manera visual y sencilla.

3.2. Caso de estudio

Se ha seleccionado el haya para este caso de estudio por varios motivos. En primer lugar, debido a la existencia de masas gestionadas según los tres modelos silvícolas (FS1, FS2 y FS3) en zonas próximas dentro de la Comunidad Foral de Navarra. Además, existen modelos estáticos de crecimiento para obtener FC (MADRIGAL et al., 1992), así como bibliografía suficiente como para establecer las principales intervenciones que se realizan en cada modelo silvícola de manera estándar. Por último, en esta región se encuentran dos Reservas Integrales (Lizarzoia y Aztaparreta) en las que el principal objetivo es la conservación, siendo masas donde el haya es la especie codominante junto con el abeto (*Abies alba*) y consideradas en la bibliografía científica como bosques *old-growth* (MARTIN-BENITO et al., 2022; MOLINA-VALERO et al., 2021).

El objetivo principal de gestión del modelo silvícola FS1 es la producción de madera de sierra. No obstante, también cumple otras funciones, como la protección contra la erosión y la conservación del hábitat, entre otras. Las cortas de regeneración empleadas son por aclareo sucesivo uniforme, dando lugar a masas regulares mediante regeneración natural. El esquema silvícola de actuaciones ha sido diseñado a partir de las directrices reflejadas en la bibliografía de referencia para masas de haya en Navarra (SERRADA et al., 2008; PUERTAS y ERASO-CENTELLES, 1995). El crecimiento en $m^3/ha/año$ ha sido extraído de las tablas de producción para haya en Navarra (MADRIGAL et al., 1992). En la Tabla 1 se muestran los turnos de corta considerados para cada calidad (IS de 15, 18, 21, 24 y 27 m de altura dominante a los 100 años de edad) para la silvicultura de referencia (PUERTAS y ERASO-CENTELLES, 1995).

Tabla 1. Características principales del modelo silvícola FS1.

Calidad de estación	(<i>MADRIGAL et al., 1992</i>)	Turno de corta (años)	Crecimiento medio ³ (m)	Volumen extraído en cada turno (m ³ /ha/año)
Calidad I – <i>IS</i>	27	90	6,2	557,9
Calidad II – <i>IS</i>	24	100	5,0	498,0
Calidad III – <i>IS</i>	21	120	3,9	466,7
Calidad IV – <i>IS</i>	18	135	2,9	391,5
Calidad V – <i>IS</i>	15	165	2,1	346,5

Con todo ello, se han identificado como esquema general las siguientes



actuaciones para un índice de sitio de 21 m (Calidad III) y un turno de corta final de 120 años:

- Año 10: clareo.
- Año 30: selección de pies, desbroce y clara.
- Años 40, 50, 60, 70, 80 y 90: selección de pies y clara.
- Años 100 y 110: cortas preparatorias.
- Año 120: corta final.

En la Figura 1 se muestra la evolución del volumen en pie de la masa para distintas calidades de estación siguiendo el modelo silvícola FS1.

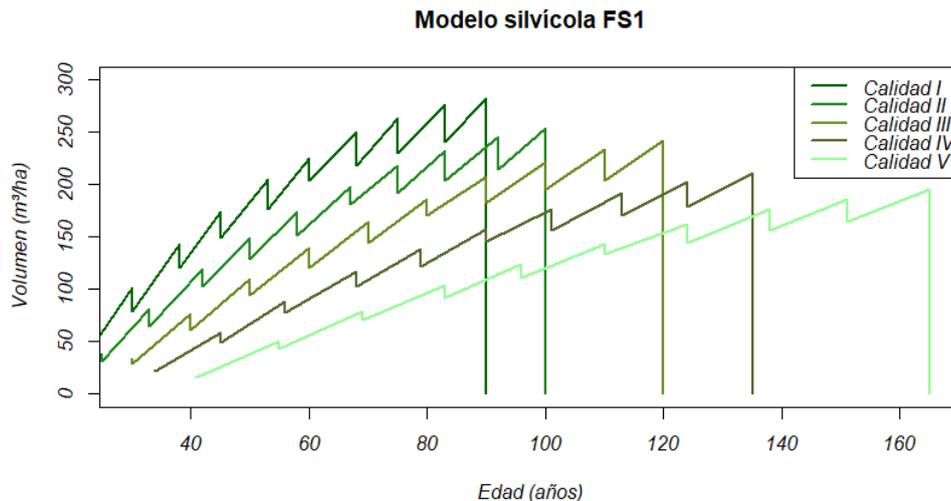


Figura 1. Evolución del volumen en pie de la masa según el modelo silvícola FS1 (simulaciones realizadas a partir de las tablas de producción de MADRIGAL et al., 1992).

En el modelo silvícola FS2 (ProSilva) pierde protagonismo el fin productor para potenciar otras funcionalidades como la paisajística y la ecológica, por lo que se busca gestionar masas irregulares con una cubierta forestal continua. Las directrices para evaluar la intensidad de este modelo han sido extraídas de la bibliografía, donde se detalla la periodicidad de las extracciones, su intensidad y los criterios de cortabilidad (SABÍN GALÁN et al., 2013); la distribución de pies por clases diamétricas en una masa ya irregularizada objeto de aprovechamiento (SERRADA et al., 2008); y el volumen medio maderable con corteza por árbol, especie, calidad y clase diamétrica resultado del análisis de los datos del 4º Inventario Forestal Nacional Español. Así, se ha considerado un volumen extraído en cada entresaca de 37,5 m³/ha, determinándose la rotación de la misma para cada calidad de estación de manera directamente proporcional al índice de sitio, con el fin de obtener un crecimiento medio similar a los valores proporcionados por MADRIGAL et al. (1992).

Tabla 2. Características principales del modelo silvícola FS2.

Calidad de estación	(MADRIGAL et al., 1992)	Rotación (años)	Crecimiento medio (m ³ /ha/año)	Volumen extraído en cada rotación (m ³ /ha)
Calidad I -	IS	27	6	6,3	37,5	
Calidad II -	IS	24	8	4,7	37,5	
Calidad III -	IS	21	10	3,8	37,5	
Calidad IV -	IS	18	12	3,1	37,5	
Calidad V -	IS	15	14	2,7	37,5	

Como ejemplo, para una masa de Calidad III ya irregularizada según los estándares definidos por SERRADA et al. (2008), el esquema FS2 implicaría cuatro actuaciones cada 10 años: en el año 1 tendría lugar la selección de pies, desbroce y clareo, y en el año 10 la clara periódica. En la Figura 2 se muestra la evolución del volumen en pie de la masa en tres ciclos de extracción para distintas calidades de estación siguiendo el modelo silvícola FS2.

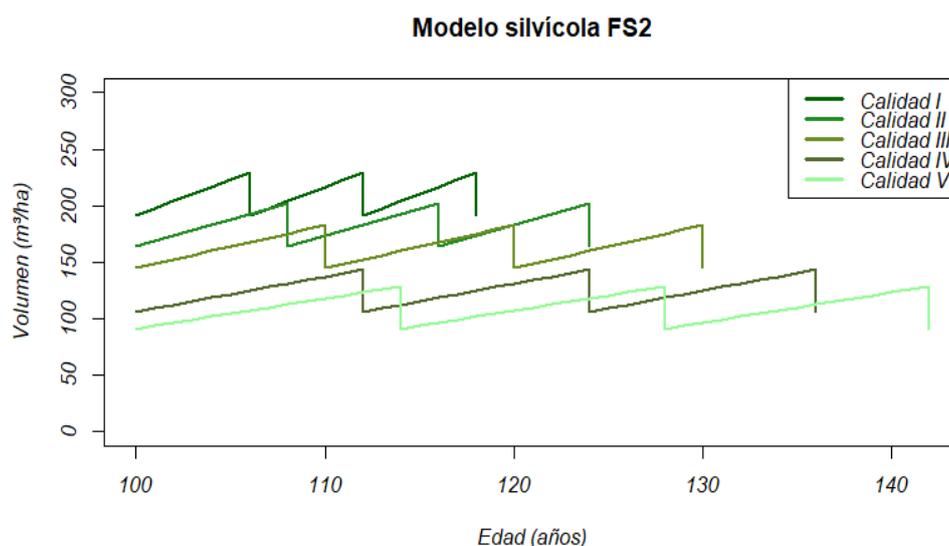


Figura 2. Evolución del volumen en pie de la masa según el modelo silvícola FS2 (simulaciones realizadas a partir de los datos disponibles en la bibliografía para masas irregulares de haya).

En cuanto al modelo silvícola FS3, al carecer de objetivo productor se considera que las extracciones son nulas. Para determinar el IGF se ha recurrido a reunir brevemente las actividades llevadas a cabo por el órgano gestor, en este caso el Gobierno de Navarra, dentro de las Reservas Integrales de Aztatparreta y Lizarzoia. Las labores de gestión asociadas a estas masas, clasificadas como bosques *old-growth* (MARTIN-BENITO et al., 2022), están vinculadas con la regulación de accesos y trámites administrativos, así como con la supervisión de trabajos de investigación llevados a cabo dentro de las Reservas y la vigilancia. Además, se han tenido en cuenta determinadas acciones de la Guardería forestal en censos e inventarios, así como la delimitación y señalización del espacio. Dado que en este caso no se realizan intervenciones regularizadas o de manera cíclica, I y T se han

estimado a partir de la información recogida del trabajo anual medio que suponen ambas Reservas. Además, el cómputo de horas alcanzado para el total de las Reservas Integrales en un año se ha distribuido entre toda la superficie que ocupan, para obtener como resultado el número de horas por hectárea y año dedicadas a la gestión.

Los tres modelos evaluados en este trabajo (FS1, FS2 y FS3) se han comparado entre sí y con otros modelos silvícolas previamente evaluados por esta metodología, como son algunos de los recomendados para la Comunidad Autónoma de Galicia (XUNTA DE GALICIA, 2021). Para ello, se han estandarizado conforme a los valores expuestos en el caso de estudio que se ha realizado para la elaboración del *IGF* (LESTIDO-CARDAMA et al., 2025), al no ser alcanzados valores superiores de ninguno de los tres factores para el nuevo caso de estudio (FS1, FS2 y FS3).

4. Resultados

Al comparar los tres modelos silvícolas, empleando una estandarización con los máximos de cada factor para este caso de estudio, se obtuvo la siguiente fórmula:

$$IGF = \frac{FC}{6,30 \text{ m}^3/\text{ha/año}} + \frac{I}{8\,915,61 \text{ €/ha}} + \frac{T}{2,08 \text{ h/ha/año}}$$

A partir de la fórmula anterior se puede apreciar que la media de *IGF* para el modelo FS2 supera a la de FS1, mientras que FS3 es el que alcanza el menor valor medio de *IGF* en este caso de estudio (Figura 3).

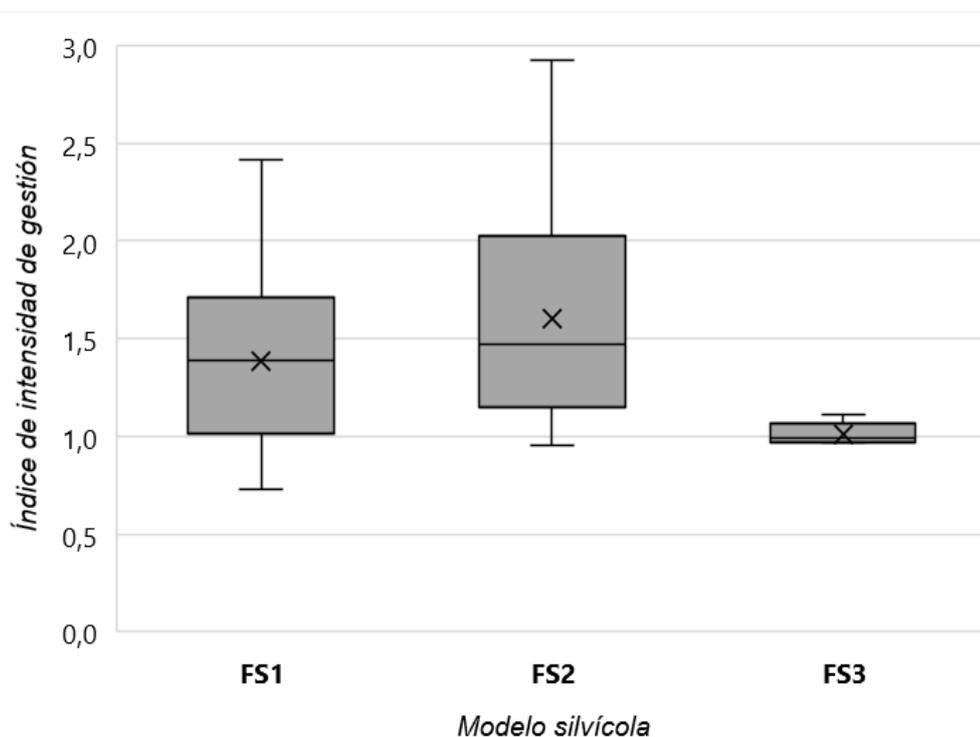


Figura 3. Diagrama de cajas de los valores obtenidos de *IGF* para los modelos silvícolas FS1, FS2 y FS3 para haya en Navarra.

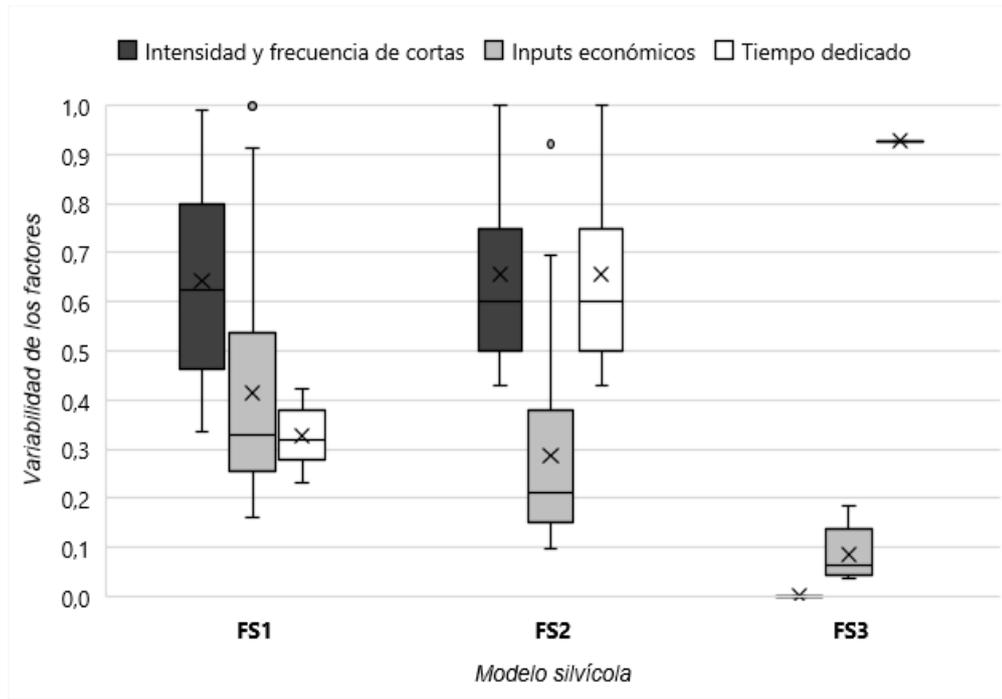


Figura 4. Diagrama de cajas de los valores obtenidos de cada factor normalizado para los modelos silvícolas FS1, FS2 y FS3 para haya en Navarra.

En la Figura 4 se puede ver que los valores del primer factor para FS1 y FS2 son bastante similares, siendo para FS3 nulo debido a la inexistencia de extracciones de madera. En cuanto a *I*, FS2 requiere una menor cantidad de inputs que FS1, pero mayor que FS3. El valor de FS3 en cuanto a *T* es más elevado que las medias de FS1 y FS2 para este factor, aunque los valores máximos son alcanzados por FS2.

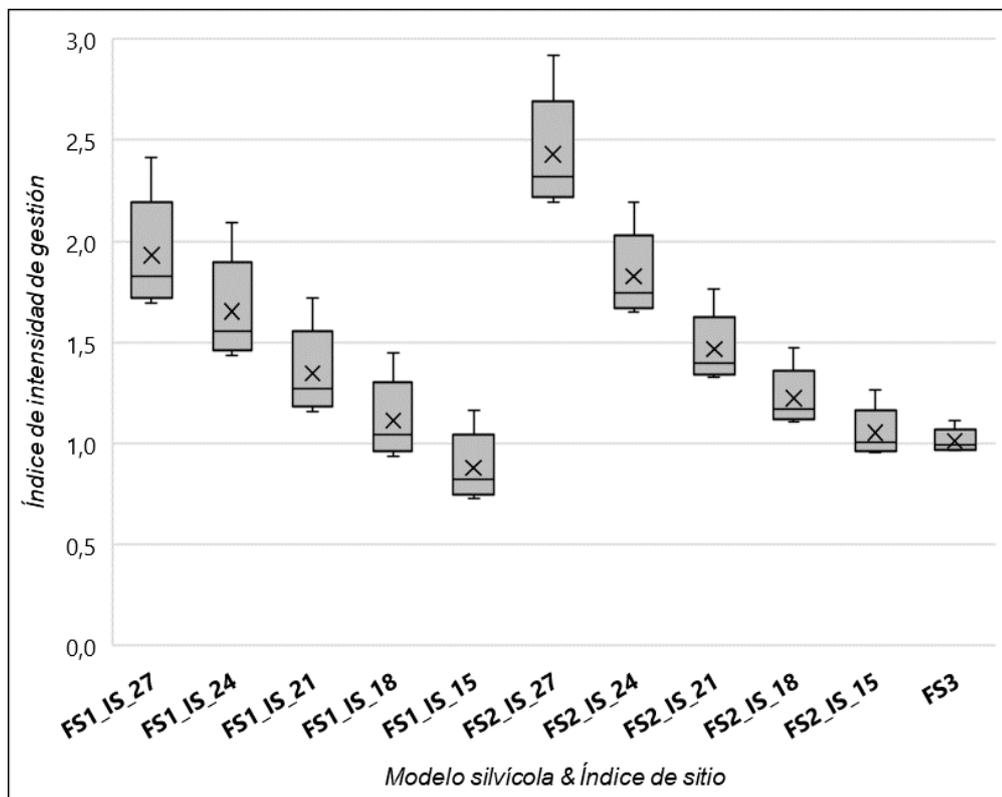


Figura 5. Diagrama de cajas de los valores obtenidos de IGF para los modelos silvícolas FS1, FS2 y FS3 para haya en Navarra con diferentes IS.

En la Figura 5 se observa que, para un mismo modelo silvícola, a medida que disminuye IS también lo hace el valor de IGF.

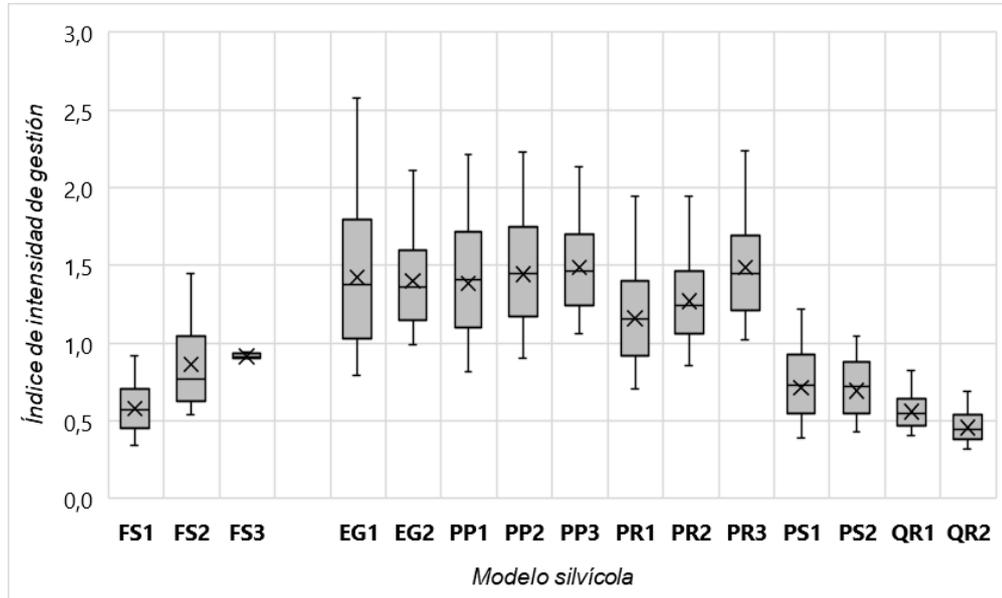


Figura 6. Diagrama de cajas de los valores obtenidos de IGF para los modelos silvícolas FS1, FS2 y FS3 para haya en Navarra y los obtenidos en un caso de estudio probado en modelos silvícolas diseñados para Galicia (XUNTA DE GALICIA, 2021; LESTIDO-CARDAMA et al., 2025).

La Figura 6 compara los resultados de este trabajo con los obtenidos previamente en un caso de estudio para Galicia (LESTIDO-CARDAMA et al., 2025). Así, empleando la misma estandarización en ambos estudios, IGF clasifica los modelos silvícolas definidos para haya de manera similar a PS1 y PS2 para la especie *Pinussylvestris*, siendo PS1 de los más similares en cuanto al régimen de claras. Por su parte, FS2 y FS3 mantienen su media por debajo de los modelos propuestos en Galicia para especies como *Eucalyptus globulus* (EG1 y EG2), *Pinus pinaster* (PP1, PP2 y PP3) y *Pinus radiata* (PR2 y PR3). Las diferencias con respecto a estos últimos radican principalmente en la aportación de cada factor al valor final de IGF.

5. Discusión

La gestión forestal tiene una compleja definición (FAO, 2020) y por eso son pocas las herramientas que existen para evaluar la intensidad que requieren los modelos silvícolas. Sin embargo, siguiendo la metodología del IGF recientemente desarrollado por LESTIDO-CARDAMA et al. (2025) sería posible cuantificar este parámetro. El caso de estudio mostrado en dicho trabajo no se había evaluado con modelos silvícolas multifuncionales o con objetivos de conservación. Por tanto, el nuevo caso de estudio demuestra la versatilidad de la metodología, que parece apropiada para contrastar el desempeño de modelos silvícolas con diferentes propósitos.

A diferencia de lo que cabría esperar inicialmente, el modelo FS2 mostró el valor de IGF más alto (Figura 3). Esto es debido en gran parte a la necesidad de una inversión de tiempo importante por parte del gestor, ya que el resto de factores muestran valores relativamente parecidos al modelo FS1 (Figura 4). En la gestión de FS2 es muy importante la toma de decisiones y establecer los criterios de



cortabilidad, los cuales deben ser adaptados a la capacidad del monte. También el estudio y ejecución de actividades para lograr objetivos como la función paisajística en FS2, manteniendo una cubierta forestal continua, demanda una notable inversión de recursos. Sin embargo, esta mayor demanda de tiempo no va acompañada de una mayor demanda de costes (Figura 2), lo que reafirma la independencia entre estos dos factores. Además, FS2 se considera una vez irregularizada la masa, por lo que no se está teniendo en cuenta el proceso anterior de gestión para alcanzar ese estado ni sus costes asociados. Sin embargo, para poder emplear la metodología es necesario considerar que todos los ciclos son iguales, obligando a emplear el ciclo de extracciones de la masa ya irregularizada y no antes. Los crecimientos medios obtenidos para FS2 a partir de las extracciones periódicas de $37,5 \text{ m}^3/\text{ha}$ son a veces incluso superiores a los de FS1 para una misma calidad de estación (Tablas 1 y 2). De no emplear un valor fijo e implementar de forma directamente proporcional al índice de sitio el rango de extracción documentado de 25 a $50 \text{ m}^3/\text{ha}$ (SABÍN GALÁN et al., 2013), como en FS1 (Tabla 1), el crecimiento medio para un índice de sitio de 27 m alcanzaría los $8,33 \text{ m}^3/\text{ha/año}$, valor muy superior a los registrados en la bibliografía para la especie en España (SERRADA et al., 2008; MADRIGAL et al., 1992), siendo este el motivo de descarte.

En FS3 se analiza un año completo, pudiendo variar si ampliamos el horizonte y se realiza un análisis exhaustivo de los proyectos que se llevan a cabo a lo largo de un período determinado de tiempo, tomando en este caso de estudio un año promedio. Sería interesante disponer de un documento de gestión más detallado que el Plan Rector de Uso y Gestión, en el que se indiquen los presupuestos aprobados para el período de vigencia concreto de cada Reserva Integral. De este modo, el factor I podría determinarse con mayor precisión. En cuanto a T , siempre y cuando no exista un aumento del personal o una dedicación exclusiva por parte de la guardería forestal a estas Reservas, permanece casi constante, dado que se ha calculado a partir del número de profesionales empleados en su demarcación y la superficie total que abarcan. Además, cabe destacar la alta influencia que tiene T en el valor de IGF para FS3 (Figura 4). La gestión realizada en entornos naturales destinados a conservación requiere una elevada carga de trabajo que consume principalmente tiempo a sus gestores. Al realizar una comparación conjunta con todos los modelos (Figura 6), FS3 supera incluso al valor medio de IGF para FS1 y FS2, debido a que el peso que tiene en estos últimos el factor FC se reduce al ser estandarizado con un valor considerablemente superior al de la comparación inicial (Figura 3). Esto sugiere que las comparaciones locales (con un reducido número de casos) pueden ofrecer unos resultados útiles en ocasiones, pero es preciso alcanzar un índice universal para ofrecer una mayor objetividad a los resultados del IGF (LESTIDO-CARDAMA et al., 2025) con el propósito de comparar o caracterizar la intensidad de gestión de modelos silvícolas.

Por otra parte, resulta interesante observar el efecto que tiene IS sobre IGF (Figura 5), de manera que este disminuye a medida que lo hace IS . Esto se debe principalmente al alargamiento del turno de corta o del ciclo de extracción y a una menor productividad del terreno. En consecuencia, los factores I y T también se ven reducidos al aumentar el denominador, realizándose las mismas tareas e invirtiéndose el mismo dinero en un período mayor de tiempo. Por lo tanto, la estimación de la calidad de estación es importante a la hora de optimizar la gestión de cualquier monte no solo en base a los recursos extraídos, sino también a los recursos invertidos en su gestión. De este modo, aquellos montes con mejores calidades demandarán una gestión más activa que aquellos con peor calidad. Por



ello, a la hora de seleccionar un modelo silvícola u otro es necesario conocer la capacidad productiva del monte, así como los objetivos que se quieren alcanzar.

En la comparación realizada conjuntamente con los resultados del caso de estudio de modelos silvícolas gallegos (LESTIDO-CARDAMA et al., 2025), los modelos de crecimiento empleados para haya han sido estáticos, mientras que los del caso gallego son modelos dinámicos. Para poder realizar una comparación con mayor veracidad sería necesario poder contar con modelos dinámicos de crecimiento para *Fagus sylvatica* en Navarra. Sin embargo, los modelos silvícolas FS1 y FS2 alcanzan valores de *IGF* similares a los modelos silvícolas para *Pinus sylvestris*, siendo estos últimos más orientados a fines productores. Pero a pesar de tener valores de *IGF* similares, su gestión es diferente dado que los valores de sus factores difieren al comparar FS2 y FS3 con el resto de alternativas, de forma que es posible caracterizar el tipo de gestión desempeñada según el valor alcanzado en cada factor.

Cabe señalar que, en el caso del modelo FS2, basado en los principios de gestión de ProSilva, el *IGF* tiene un carácter especulativo en el contexto navarro, dado que en la actualidad este enfoque no se aplica de manera completa en la región. No obstante, existe la intención de incorporar algunos de sus criterios en la gestión forestal, como ya se ha visto en algunos proyectos de ordenación (GOBIERNO DE NAVARRA et al., 2008).

6. Conclusiones

Tal y como se demostró en este trabajo, *IGF* clasifica de manera eficiente modelos silvícolas con objetivos similares y también cuando estos son claramente distintos. Destaca la gran demanda de gestión que requieren los modelos silvícolas con un fuerte enfoque multifuncional, como el denominado ProSilva, y aquellos orientados a la conservación estricta, en comparación con los modelos tradicionales, donde la producción maderera tiene un mayor peso. No obstante, es importante reconocer que los modelos de gestión tradicionales también han integrado múltiples funciones, como la protección contra la erosión o la provisión de hábitat para la fauna, lo que demuestra una gradación en el enfoque multifuncional de la gestión forestal.

Así mismo, se ha evidenciado que las labores de gestión de un bosque *old-growth* también demandan atención, demostrando que el valor nulo de intensidad de gestión forestal no se obtiene en estas masas, ya que requieren un tiempo considerable de dedicación. A la vista de los resultados, una línea de mejora posible y factible pasaría por testar *IGF* con modelos silvícolas que requieran importantes tiempos de gestión e inputs económicos, así como una productividad elevada, para así poder dimensionar de manera más precisa el *IGF* y favorecer su aplicación universal, fijando los parámetros globales de estandarización para cada factor.

7. Agradecimientos

Se agradece el financiamiento del proyecto CONGESTION (PID2022-119204RB-C22) – “Conservación vs. gestión. Definición de índices para la caracterización de la intensidad de gestión y provisión de servicios ecosistémicos: seguimiento y optimización” del Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España. Agradecemos también la ayuda Ramón y Cajal (RYC2018-024939-I) y al proyecto “Diseño de sistemas de monitoreo forestal a escala regional – Consolidación 2020 – Modalidad C – Proyectos de Excelencia” (ED431F-2020/02). YLC agradece el financiamiento otorgado por el programa de ayudas predoctorales de la Xunta de Galicia (Consellería de Educación, Ciencia, Universidades e Formación Profesional). JAMV agradece el financiamiento otorgado a través del marco del



proyecto Marie Skłodowska-Curie Actions - COFUND, cofinanciado por la Unión Europea (MERIT - Grant Agreement No. 101081195).

Agradecer al Gobierno de Navarra por colaborar en la definición del índice de gestión de las Reservas Integrales de Lizarzoia y Aztaparreta y al equipo gestor del Monte Aralar.

8. Bibliografía

BETTINGER, P.; BOSTON, K.; GREBNER, D.; 2016. Forest Management and Planning (2nd ed.). Elsevier Sci. Retrieved from:

<https://www.perlego.com/book/1833340/forest-management-and-planning-pdf> (Original work published 2016).

FAO, 2020. Natural Forest Management. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/forestry/sfm/85084/en/>

GOBIERNO DE NAVARRA; BASARTEA TERRITORIO Y MEDIOAMBIENTE; 2008. 5ª Revisión del proyecto de ordenación del Monte Aralar. Navarra.

LESTIDO-CARDAMA, Y.; GONZÁLEZ-LÓPEZ, S.; DIÉGUEZ-ARANDA, U.; PÉREZ-CRUZADO, C.; 2025. Aproximación inicial a un índice de gestión forestal aplicado a los modelos silvícolas de Galicia. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.*, 50(1), 209-226.

<https://doi.org/10.31167/csef.v0i1.19956>

MADRIGAL, A.; PUERTAS, F.; MARTÍNEZ-MILLÁN, F.J.; 1992. Tablas de producción para *Fagus sylvatica* en Navarra. Serie Agraria nº3. Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes. Gobierno de Navarra. Pamplona, 122.

MARTIN-BENITO, D.; MOLINA-VALERO, J.A.; PÉREZ-CRUZADO, C.; BIGLER, C.; BUGMANN, H.; 2022. Development and long-term dynamics of old-growth beech-fir forests in the Pyrenees: Evidence from dendroecology and dynamic vegetation modelling. *For. Ecol. Manag.* 524, 120541.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120541>

MOLINA-VALERO, J. A., CAMARERO, J. J., ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, J. G., CERIONI, M., HEVIA, A., SÁNCHEZ-SALGUERO, R., ... & PÉREZ-CRUZADO, C. (2021). Mature forests hold maximum live biomass stocks. *For. Eco. Manag.*, 480, 118635.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118635>

PUERTAS, F. y ERASO-CENTELLES, E.; 1995. La ordenación de hayedos en Navarra. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For.*, (1), 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118635>

SABÍN GALÁN, P.; ZURITA LAINA, M.; TRASSIERRA VILLA, A.; RODRIGUEZ-NORIEGA, P.; 2013. Redacción de proyectos de ordenación bajo criterios de selvicultura próxima a la naturaleza. *6º Congreso Forestal Español*, 02-11.

SERRADA, R.; MONTERO, G.; REQUE, J.A.; 2008. Compendio de selvicultura aplicada en España.

TARIFAS TRAGSA, 2022. Consulta de tarifas para asignación de tratamientos. Tomo I Tarifas 2022 para encomiendas sujetas a impuestos. Grupo F. Trabajos Forestales y Medioambientales. GrupoTragsa.

XUNTA DE GALICIA, 2021. Orden de 9 de febrero de 2021 por la que se modifica el anexo I de la Orden de 19 de mayo de 2014 por la que se establecen los modelos silvícolas o de gestión forestal orientativos y referentes de buenas prácticas forestales para los distritos forestales de Galicia. *DOG 39, 26 feb. 2021*. 12222-12261.