
Manual de buenas prácticas

Grupo Operativo Clima-Forest



Una aproximación a los servicios de los ecosistemas forestales

J. F. Lavado Contador

Grupo de Investigación Geo-Ambiental

INTERRA - Universidad de Extremadura

Manual de buenas prácticas

Grupo Operativo Clima-Forest

Una aproximación a los servicios de los ecosistemas forestales

J. F. Lavado Contador

Grupo de Investigación Geo-Ambiental

INTERRA - Universidad de Extremadura

Junio de 2025

1. El Bosque, algo más que madera

Tradicionalmente, la gestión de los bosques se ha centrado, en gran medida, en la producción de madera. Sin embargo, esta visión ha evolucionado significativamente. Hoy en día se reconoce, de forma creciente, que los bosques nos aportan una gran variedad de beneficios que van mucho más allá de ser, simplemente, una fuente de materias primas. Estos beneficios, tanto directos como indirectos, que la naturaleza nos brinda y que contribuyen a nuestro bienestar, son lo que conocemos como Servicios Ecosistémicos (Millennium Ecosystem Assessment [MA], 2005).

En España, los bosques cubren el 36,6% del territorio, representando una superficie de 18,5 millones de hectáreas, lo que nos sitúa como el tercer país con mayor área forestal en la UE. Estos ecosistemas no solo proporcionan bienes tangibles, sino que **su valor económico total**, incluyendo servicios productivos, recreativos y ambientales, fue estimado por el tercer Inventario Forestal Nacional en **más de 202.804 millones de euros anuales para el periodo 2009-2011**, de los que un 46% correspondía a la componente ambiental de los bosques, un 36% a la productiva y un 18% al valor recreativo.



Figura 1: El agua y la hidrología desempeñan un rol fundamental para el funcionamiento de los ecosistemas y la estabilidad de la fauna y la flora

Los ecosistemas forestales son fundamentales para sustentar la vida en todas sus formas. Desempeñan funciones ambientales de gran importancia a diversas escalas, desde lo local hasta lo global. Los bosques no sólo nos proporcionan productos como madera, leña, corcho o alimentos, sino que también realizan procesos naturales esenciales para nuestro planeta y nuestro bienestar (MA, 2005). Por ejemplo, son cruciales en la regulación del ciclo del carbono,

pudiendo actuar como sumideros de carbono, ayudando a mitigar el cambio climático (IPCC, 2019). También regulan el flujo y protegen la calidad del agua, controlan la erosión del suelo y son el hábitat de una enorme cantidad de especies. Además, ofrecen beneficios no materiales como oportunidades para el recreo o el turismo, ostentando valores estéticos y paisajísticos (Daniel et al., 2012).

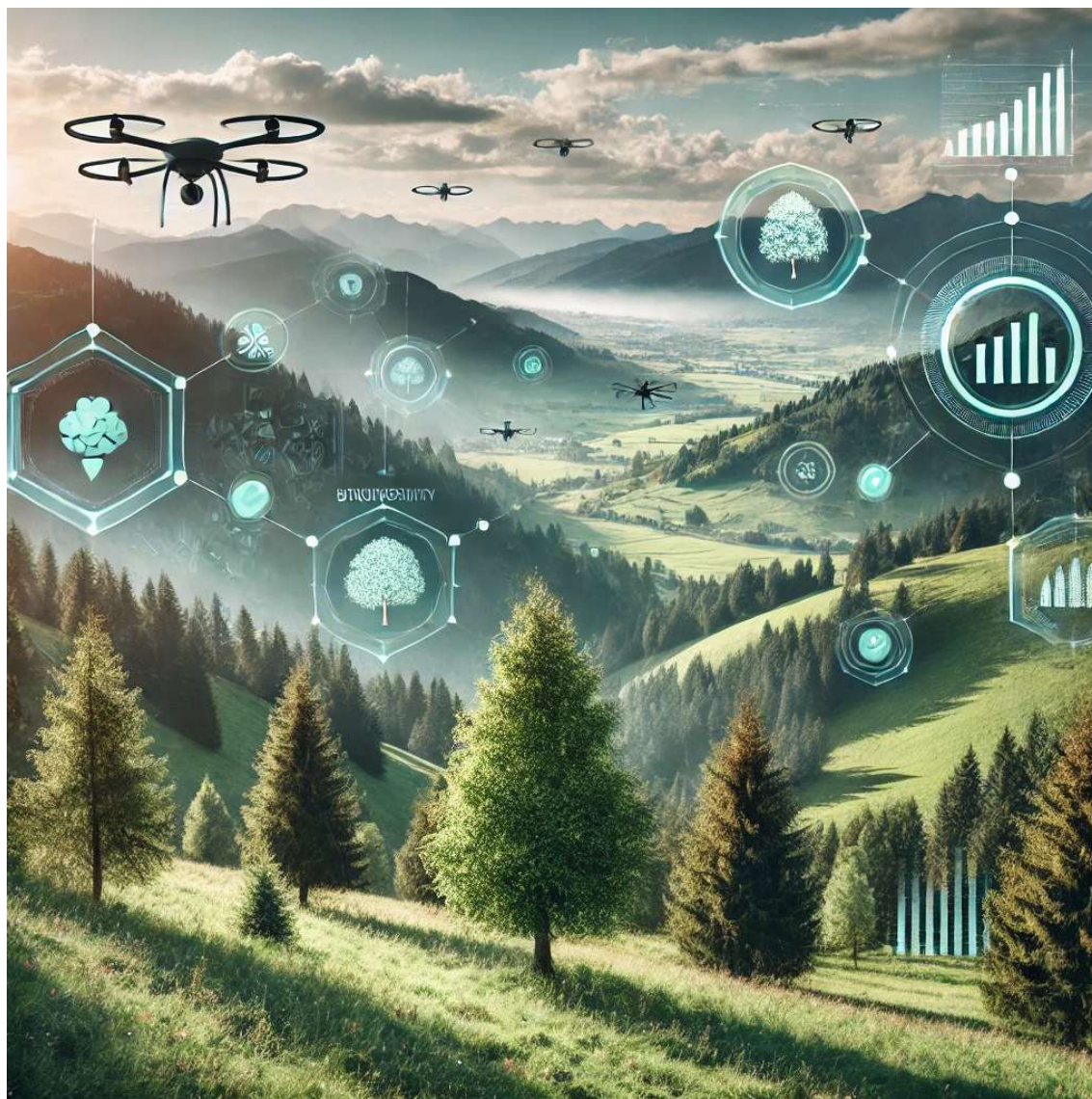


Figura 2: La digitalización y las nuevas tecnologías aplicadas a la gestión de los ecosistemas forestales ayudan a mejorar las metodologías de valoración de los servicios ecosistémicos

Comprender y valorar estos servicios es de vital importancia porque, a menudo, los damos por sentados, y su valor no siempre se refleja en los balances económicos tradicionales o las estadísticas oficiales del sector forestal. Esta falta de valoración económica o social puede llevar a decisiones de gestión inadecuadas o, incluso, a la degradación o eliminación de los bosques, si se considera que no tienen valor aparente más allá de la madera (TEEB, 2010). Sin embargo, es

incuestionable que los bosques son necesarios para la existencia humana y contribuyen tanto al desarrollo socioeconómico (especialmente en el mundo rural) como al bienestar físico y mental de las personas.

Por ello, evaluar y contabilizar los diversos servicios que proporcionan los ecosistemas forestales se presenta como un tema de vital importancia. Se están desarrollando herramientas y enfoques, como el enfoque de capital natural y la contabilidad del capital natural (United Nations et al., 2024), para identificar, cuantificar y valorar estos beneficios en términos cualitativos, cuantitativos e, incluso, monetarios. Esta perspectiva integrada es clave para la gestión forestal sostenible, que busca mantener el equilibrio entre la provisión de múltiples servicios y funciones, así como para la adaptación a desafíos como el cambio global.

Este manual pretende ser una breve guía para entender esta multifuncionalidad de los bosques, explorando los diferentes tipos de servicios que ofrecen, las metodologías para su evaluación y valoración, así como la manera de integrarlos en una gestión forestal y planificación territorial que asegure su provisión a largo plazo para el bien común y para las futuras generaciones.

2. Tipos de servicios ecosistémicos forestales

Los ecosistemas forestales, como se ha comentado, nos proveen de una amplia gama de beneficios. Estos beneficios, conocidos como Servicios Ecosistémicos (SE), son esenciales para el bienestar humano. Para facilitar su comprensión y estudio, los SE forestales se suelen agrupar en diferentes categorías (Figura 3) (MA, 2005; Haines-Young & Potschin, 2018):

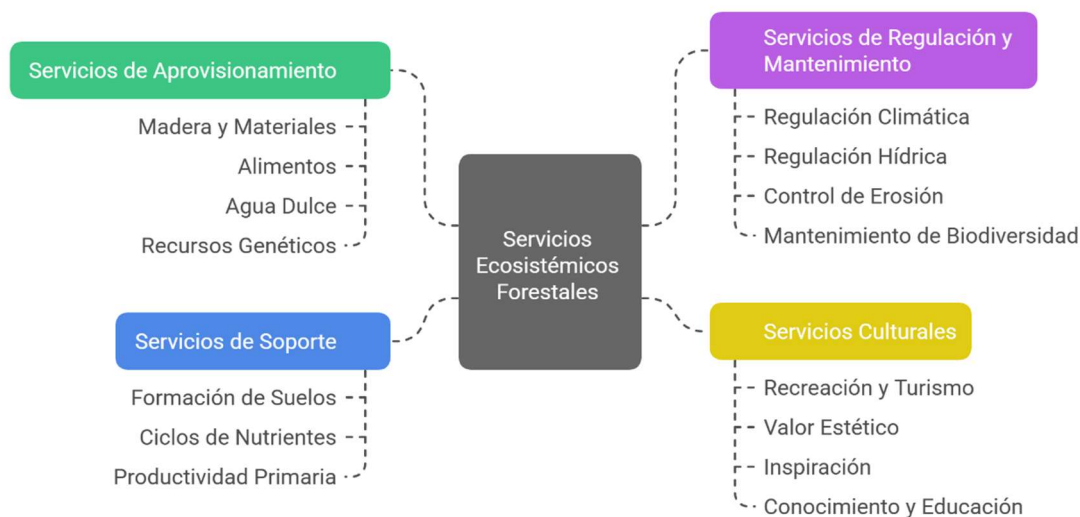


Figura 3: Tipologías de servicios ecosistémicos forestales y contribuciones a la sociedad

- **Servicios de aprovisionamiento:** Son los productos tangibles que obtenemos directamente de los bosques. Estos servicios tienen un valor económico más evidente y a menudo se comercializan en mercados. Incluyen:

- ✓ Productos madereros y no madereros: Madera, leña, corcho, resina, biomasa para energía.
- ✓ Alimentos: Frutos (como bellotas, castañas o piñones), setas, miel, carne de caza o de ganado extensivo (muy importante en sistemas como las dehesas).
- ✓ Agua dulce: El agua captada y regulada por los bosques.
- ✓ Recursos genéticos y medicinales: Material genético para la mejora forestal o ganadera y plantas con usos medicinales o aromáticos.

En el contexto de Extremadura, los sistemas de dehesa son particularmente relevantes dentro de los servicios de aprovisionamiento, destacando la producción de alimentos de calidad como el jamón ibérico de bellota y la cría de ganado extensivo (Campos et al., 2013). La producción de corcho a partir de los alcornocales también es un servicio de aprovisionamiento significativo en la región y en otras zonas del suroeste peninsular.

- **Servicios de regulación y mantenimiento:** Son los procesos naturales cruciales que los bosques realizan para mantener la calidad ambiental y la estabilidad de los ecosistemas. Su valor, a menudo, no tiene un precio de mercado directo y son más difíciles de cuantificar económicamente. Son fundamentales para la estabilidad territorial, e incluyen:
 - ✓ Regulación climática y microclimática: Los bosques desempeñan un papel crucial en la regulación climática mediante la fijación de carbono atmosférico, contribuyendo a la mitigación del cambio climático (Canadell & Raupach, 2008). La cuantificación de este servicio se basa en la estimación de la biomasa forestal y su conversión a carbono almacenado, utilizando para ello datos de inventarios y ecuaciones alométricas (para un resumen técnico de indicadores y métodos, ver Anexo: Notas técnicas sobre la evaluación de SE forestales).
 - ✓ Regulación del ciclo hidrológico y calidad del agua: Los bosques regulan el flujo del agua, facilitan la recarga de acuíferos, reducen la escorrentía superficial y purifican el agua. Los bosques de ribera y los palustres son especialmente importantes para la calidad del agua (MEA, 2005). La regulación hídrica se puede evaluar mediante modelos hidrológicos que simulan los procesos del ciclo del agua a escala de cuenca (véase el Anexo para detalles sobre indicadores y herramientas de modelización)
 - ✓ Control de la erosión y formación de suelo: La cubierta forestal protege el suelo de la erosión, especialmente en pendientes pronunciadas, y contribuye a su formación y fertilidad (Morgan, 2005).
 - ✓ Prevención y regulación de riesgos naturales: Los bosques pueden ayudar a mitigar riesgos como inundaciones, deslizamientos de tierra o aludes.
 - ✓ Mantenimiento de la biodiversidad: Los bosques son hábitats clave para una gran cantidad de especies, contribuyendo a la diversidad de hábitats, especies y genética. La presencia de madera muerta, por ejemplo, es un indicador importante relacionado con la biodiversidad forestal (Lindenmayer et al., 2006). Los bosques complejos (mixtos e irregulares) tienden a ofrecer una mayor variedad de servicios ecosistémicos que los simplificados.

- ✓ Polinización y control biológico: Los bosques y matorrales albergan poblaciones de polinizadores y enemigos naturales de plagas, lo que beneficia a otros ecosistemas, incluyendo cultivos.
- ✓ Diservicios: También existen efectos negativos (o "diservicios") asociados a los bosques en ciertas condiciones, como el aumento del riesgo de incendios forestales debido a la acumulación de biomasa.



Figura 4: Las dehesas y los bosques de quercíneas son ecosistemas mediterráneos de gran valor ecológico y económico

En Extremadura, la regulación del ciclo del agua es fundamental dada su climatología mediterránea, y los bosques (incluyendo los de ribera en cuencas como las del Tajo o el Guadiana) juegan un papel crucial. La conservación de la biodiversidad es otro servicio clave en Extremadura, especialmente en áreas protegidas como el Parque Nacional de Monfragüe o los parques naturales, que albergan especies singulares. Al tiempo, el control de la erosión es vital en una región propensa a la desertificación.

- **Servicios Culturales:** Son los beneficios no materiales que los bosques aportan a nuestro bienestar psicológico, cultural e intelectual.
 - Recreación y turismo: Oportunidades para actividades al aire libre, turismo rural y ecoturismo.
 - Valor estético y paisajístico: La belleza escénica y la contribución de los bosques al paisaje perceptible.

- Inspiración y valor espiritual: Los bosques como fuente de inspiración artística, espiritual o religiosa.
- Conocimiento y educación: El conocimiento tradicional asociado a los bosques, la investigación científica y las oportunidades para la educación ambiental.
- Identidad cultural: La conexión de las comunidades con los paisajes forestales y el conocimiento local.
- Caza: Un aprovechamiento con valor económico y cultural.

En Extremadura, estos servicios son cada vez más valorados, especialmente por la población urbana, que busca en los espacios forestales lugares para el esparcimiento y el disfrute del paisaje, como en sus espacios naturales protegidos. La singularidad de paisajes como la dehesa aporta un fuerte componente de identidad cultural.



Figura 5: El agua y los cursos fluviales son además elementos del paisaje con valor económico adicional basado en la belleza escénica

El reconocimiento y la valoración de esta multifuncionalidad son cruciales para una gestión forestal sostenible que beneficie tanto a los ecosistemas como a la sociedad.

3. Evaluación y valoración: midiendo lo invaluable

Muchos de los servicios que se han comentado, especialmente los de regulación y culturales, carecen de un precio de mercado explícito reconocido (Brander et al, 2024). Esta ausencia de valor económico o social reconocido puede llevar a que no se les dé la debida importancia en las decisiones de gestión, lo que, potencialmente, resulta en la degradación o pérdida de estos servicios fundamentales. Para contrarrestar esta situación y asegurar una gestión forestal sostenible, es crucial desarrollar métodos y herramientas que permitan la evaluación y valoración de la totalidad de los beneficios que los ecosistemas forestales ofrecen (TEEB, 2010).

El proceso de valoración económica de los SE implica varios pasos: primero, identificar y desagregar las funciones, productos y servicios ambientales; luego, valorar cada uno de ellos utilizando diferentes métodos; y finalmente, agregar estos valores para obtener el valor económico total de los servicios que el bosque proporciona (de Groot et al., 2002).

Para una aproximación técnica a los indicadores biofísicos y las metodologías de cuantificación y valoración económica más empleadas para los principales servicios ecosistémicos forestales, se presenta un cuadro resumen en el Anexo: Notas técnicas sobre la evaluación de SE forestales



Figura 6: La regulación del clima y el efecto de isla de calor es otro de los valores que los bosques ofrecen a la sociedad

La valoración de los servicios ecosistémicos forestales se puede abordar desde distintas dimensiones:

- **Valoración biofísica:** Se centra en la capacidad intrínseca de los ecosistemas para generar servicios, analizando y midiendo sus características y funciones físicas. Esto implica cuantificaciones basadas en datos espaciales, modelos e indicadores biofísicos (Burkhard & Maes, 2017).
- **Valoración sociocultural:** Considera los valores que la sociedad atribuye a los servicios ecosistémicos. Se basa en la percepción de las personas y puede implicar la participación de los agentes sociales a través de encuestas, entrevistas o talleres para identificar la importancia relativa de los distintos servicios (Scholte et al., 2015).
- **Valoración económica:** Busca estimar el valor de los SE en términos monetarios. Aunque la naturaleza tiene un valor intrínseco, la valoración monetaria sigue siendo una herramienta utilizada para integrar estos beneficios en análisis económicos y facilitar la toma de decisiones (Pascual et al., 2010). Para la valoración económica de los servicios sin precio de mercado, se recurre a métodos indirectos. Estos métodos se basan en las preferencias de los individuos, ya sean reveladas (observando elecciones reales en mercados relacionados, como el método del coste del viaje o precios hedónicos) o declaradas (basadas en la disposición a pagar o compensación exigida en mercados hipotéticos o simulados, como la valoración contingente). Otros enfoques incluyen los métodos de costes, que valoran un servicio ambiental en función de los costes que evita o los que conllevaría su pérdida (como el método de los costes evitados o los costes de conservación).

En un metaanálisis basado en múltiples estudios de valoración de servicios de los bosques en Europa, Grammatikopoulou y Vačkářová (2021) proponen un valor a escala continental de 2842 US\$ ha⁻¹, siendo los servicios de regulación y mantenimiento los que más valor aportan. La Tabla 1 presenta el valor económico medio, en Euros por hectárea y año, de diferentes biomas forestales presentados en el estudio.

Tabla 1: Valor económico medio de los servicios prestados por los bosques de diferentes tipologías de biomas forestales en Europa.

Bioma	Valor Medio (€ ha ⁻¹ año ⁻¹)	Desviación Estándar
Bosques Mediterráneos	306,691	467,196
Bosques templados de hoja ancha y mixtos	1.115,976	2.121,222
Bosques templados de coníferas	106,948	179,072

En España, proyectos como la Valoración de los Activos Naturales de España (VANE) han aplicado estas metodologías para cuantificar y valorar físicamente los servicios ambientales de diversos activos naturales, incluidos los bosques (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [MITERD], 2019). El VANE empleó métodos directos e indirectos, identificando la captura de carbono y la provisión de agua como los servicios con valores económicos más significativos. El Inventario Forestal Nacional también ha evolucionado para incluir la valoración económica integral de las masas forestales, cuantificando rigurosamente el valor de servicios no cubiertos por el mercado, como la estabilización del clima o el control biológico. El IFN4 en Extremadura, por ejemplo, utilizó la metodología VANE como referencia para valorar 15 servicios ambientales, los cuales son agregados en 7 aspectos diferentes, actualizando algunos valores con índices económicos oficiales. Los resultados de esta valoración para Extremadura (Tabla 2)

mostraron que la provisión de agua y la producción de alimentos/materias primas (donde la dehesa y el corcho son servicios clave) representaban la mayor parte del valor total estimado, seguidos por la captura de carbono y otros servicios. El Plan Forestal de Extremadura también ha destacado la multifuncionalidad y el valor integral de los bosques extremeños.

Tabla 2: Valoración de las siete tipologías de servicios considerados en el IFN4 para de Extremadura según la metodología VANE

Categoría	Valor (€/año)
Producción de alimentos y materias primas	73.786.508
Provisión de agua	628.467.354
Servicio recreativo	13.823.331
Caza deportiva	9.097.685
Sedimentación evitada en embalses	17.656.349
Captura de carbono	59.749.078
Conservación de la diversidad biológica	38.915.586
Total	841.495.891

La integración de la valoración de SE en la gestión forestal y la planificación territorial es fundamental. En este sentido, se están desarrollando herramientas y sistemas, como los basados en el enfoque de capital natural y la contabilidad del capital natural (siguiendo marcos como el SEEA EA de la ONU) (United Nations et al., 2024), para identificar, cuantificar y valorar los SE en términos cualitativos, cuantitativos y monetarios. Estos enfoques buscan ir más allá de la contabilidad económica tradicional para capturar el valor total de los activos ambientales y los beneficios que proporcionan.

A pesar de los avances, la valoración de los SE presenta desafíos, dada la complejidad de cuantificar beneficios sin mercado y la interdependencia de los servicios. No obstante, los esfuerzos continuos por medir y hacer visibles estos "servicios invaluable" son esenciales para informar la toma de decisiones, priorizar acciones de conservación y restauración, y avanzar hacia una gestión forestal multifuncional y sostenible que asegure el bienestar humano a largo plazo. La combinación de valoraciones biofísicas, socioculturales y económicas, junto con herramientas como los sistemas multicriterio, permite una visión más completa para la toma de decisiones (Martín-López et al., 2012).

4. Gestión integrada y planificación: Cuidar los bosques para el bien común

Para asegurar la provisión continua y sostenible de todos estos servicios, tanto tangibles como intangibles, es imprescindible adoptar enfoques de gestión integrada y planificación territorial que consideren la multifuncionalidad inherente de los ecosistemas forestales.

El objetivo fundamental es avanzar hacia una gestión forestal sostenible que armonice y equilibre las múltiples funciones y servicios que proporcionan los bosques, tanto ambientales como socioeconómicos. Esto requiere reconocer que la conservación de la biodiversidad es la base de todos los SE y que el manejo de un servicio no debe ir en detrimento de otros. En este sentido, la

gestión adaptativa, que implica un flujo constante de información y conocimiento entre técnicos, investigadores y gestores, se presenta como un enfoque esencial para reducir la incertidumbre y mejorar la toma de decisiones en un contexto de cambio constante.



Figura 7: Tras un incendio forestal el bosque necesita un tiempo de recuperación que puede alargarse durante décadas, lo que repercute también, además de la degradación de la naturaleza, en la pérdida de valor económico

La integración de los SE en la planificación y gestión se apoya en diversos marcos y herramientas:

- **Enfoque de capital natural y contabilidad del capital natural:** Este enfoque permite identificar, cuantificar y valorar los activos naturales (las existencias) y los beneficios que generan (los flujos de SE). Estos sistemas buscan ir más allá de la contabilidad económica tradicional para capturar el valor total de los activos ambientales y los beneficios que proporcionan a la sociedad (United Nations et al., 2024). La información derivada del análisis del capital natural es crucial para la toma de decisiones, permitiendo priorizar inversiones en activos ambientales y acciones de gestión, mitigación o restauración.
- **Infraestructura Verde:** La planificación y desarrollo de una red de espacios multifuncionales, interconectados y estratégicamente localizados (como áreas protegidas, corredores ecológicos, y espacios naturales en entornos rurales y urbanos) constituye una infraestructura verde que proporciona una amplia gama de SE, especialmente los de regulación (European Commission, 2013). Las Directrices de Ordenación Territorial en regiones como el País Vasco ya integran la infraestructura verde y los SE, considerándolos condicionantes en la ordenación del medio físico y definiendo elementos y criterios para su delimitación y gestión (Gobierno Vasco, 2019). La

identificación de zonas de alto valor para la provisión de múltiples SE mediante cartografía puede ayudar a delimitar los elementos prioritarios de esta infraestructura y orientar la planificación territorial y urbanística.

- **Soluciones basadas en la naturaleza:** Este concepto, promovido en marcos internacionales como el Acuerdo de París, integra objetivos de sostenibilidad y promueve el uso de ecosistemas y procesos naturales para abordar retos sociales, como el cambio climático (Cohen-Shacham et al., 2016). Priorizar las soluciones basadas en la naturaleza en el desarrollo de infraestructuras y la planificación territorial refuerza los SE y contribuye a la resiliencia del territorio y el bienestar de la población.
- **Pago por servicios ambientales:** Como instrumento económico, el pago por servicios ambientales busca compensar a los propietarios o gestores forestales por los beneficios sociales que generan a través de la provisión de SE que carecen de precio de mercado (Engel et al., 2008). Este mecanismo puede ser una herramienta útil para incentivar la gestión orientada a la conservación y la provisión de servicios con bajo valor monetario directo, haciendo rentables prácticas tradicionales que benefician al conjunto de la sociedad. La Política Agraria Común, a través de los Programas de Desarrollo Rural, financia actuaciones ligadas a la gestión forestal y la conservación de la naturaleza, incluyendo medidas que podrían compensar el lucro cesante asociado a objetivos de conservación.

La integración de estos diferentes enfoques se materializa a través de diversos instrumentos de planificación y gestión:

- **Planes de ordenación territorial y urbanística:** Documentos como los Planes Territoriales Parciales y los Planes Generales de Ordenación Urbana están incorporando los servicios ecosistémicos y la infraestructura verde. La identificación y valoración de los SE en las fases de información y diagnóstico de estos planes facilitan la toma de decisiones para proteger zonas de alto valor ecológico, orientar la restauración ecológica y desarrollar la infraestructura verde.
- **Planificación forestal:** La ley de montes y la estrategia forestal española, junto con los planes forestales autonómicos, proporcionan el marco para la gestión de los bosques. Instrumentos de gestión a escala de monte, como los Proyectos de Ordenación de Montes o Planes Técnicos de Gestión Forestal Sostenible, son clave para la implementación de medidas de adaptación y para integrar criterios de SE y biodiversidad. La Estrategia Forestal Española, horizonte 2050 establece objetivos para reforzar el papel protector de los bosques (agua, suelo), mitigar el cambio climático (sumideros de carbono), e impulsar la bioeconomía forestal, siempre bajo el paraguas de la gestión forestal sostenible y la multifuncionalidad.
- **Otros planes sectoriales y políticas:** La integración de los SE se promueve en diversas políticas sectoriales, como las de desarrollo rural, cambio climático, gestión del riesgo de catástrofes, agricultura, y medio ambiente. Ejemplos incluyen planes de prevención de incendios forestales, estrategias de conservación de la biodiversidad, o iniciativas relacionadas con la gobernanza del agua.

La implementación efectiva de esta gestión integrada requiere la coordinación entre las distintas administraciones públicas (estatal, autonómica, local) y la participación de los agentes sociales, incluyendo propietarios forestales, comunidades locales, organizaciones y el sector privado.

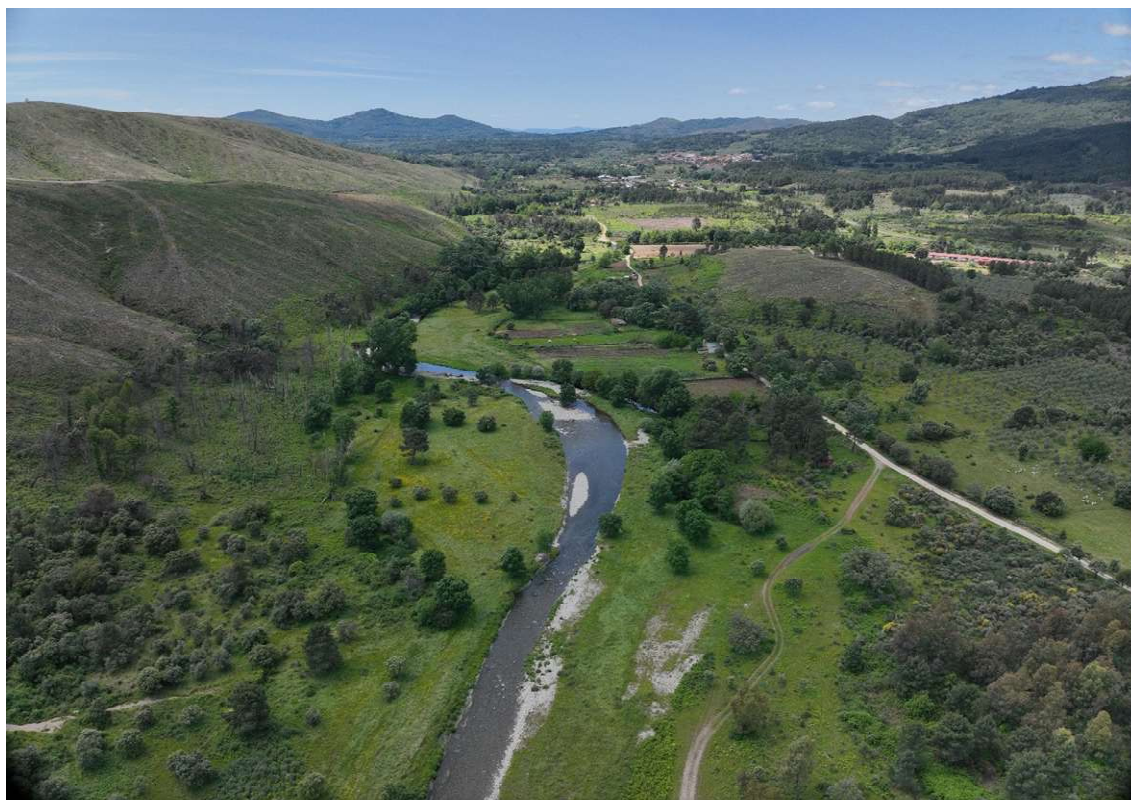


Figura 8: El Valle del Árrago, arrasado por los incendios forestales de los años 2020 y 2022, ofrece imágenes a uno y otro lado del río en los que se aprecia la diferencia entre el bosque antes y después del incendio, y el valor ecológico y económico asociado a ambas laderas

La combinación de instrumentos normativos, económicos y de planificación, junto con la colaboración entre actores, es fundamental para garantizar la resiliencia de los bosques y su capacidad para sustentar el bienestar humano a largo plazo en un contexto de cambio global.

5. Retos y futuras direcciones

La gestión forestal sostenible y la planificación territorial en el contexto del cambio global se enfrentan a desafíos complejos y multifacéticos. A pesar de los avances significativos en el reconocimiento de la multifuncionalidad de los bosques y la importancia de los servicios ecosistémicos para el bienestar humano, la incertidumbre asociada al clima futuro y la respuesta de los ecosistemas exigen un enfoque fundamentalmente adaptativo que vaya más allá de las prácticas de manejo tradicionales (Millar et al., 2007).

Entre los principales retos identificados en el ámbito forestal y territorial en España y el suroeste de Europa se destacan:

- **Integración efectiva en la planificación territorial y sectorial:** A pesar de la existencia de instrumentos legales y estrategias a nivel estatal y autonómico que reconocen la importancia de integrar la adaptación al cambio climático y los servicios ecosistémicos en la planificación, su traducción a instrumentos de planificación a menor escala y la

coordinación entre diferentes niveles de la administración pública (estatal, autonómica, local) sigue siendo un desafío. Es crucial fomentar la coordinación y colaboración interdepartamental y potenciar mecanismos de cooperación interadministrativa.

- **Superar la incertidumbre y mejorar el conocimiento:** El cambio global introduce una gran incertidumbre en las proyecciones climáticas regionales y en la respuesta de los ecosistemas. Es fundamental mejorar la base de conocimiento científico y técnico y desarrollar sistemas robustos de indicadores y seguimiento. La investigación sobre los ecosistemas forestales y sus vínculos con el bienestar humano es clave.
- **Desarrollo e implementación de silvicultura adaptativa:** Las prácticas de manejo deben ajustarse a las nuevas condiciones, incluyendo estrategias para reducir la competencia por recursos hídricos, alargar turnos de corta para favorecer árboles más resistentes y maduros o promover masas mixtas y diversidad funcional (Bolte et al., 2009). El abandono rural ha llevado a la progresión de vegetación natural, lo que requiere un análisis cualitativo del estado del territorio forestal más allá de la mera extensión. La silvicultura preventiva frente a incendios es también una dirección necesaria.
- **Valoración económica y viabilidad financiera:** Es necesario valorar integralmente las funciones de los espacios forestales y explorar mecanismos que reconozcan el valor económico de los servicios ecosistémicos. La viabilidad económica de las explotaciones forestales y la diversificación de productos y servicios son importantes para su sostenibilidad. Se requieren modelos financieros estables y mecanismos de compensación por externalidades positivas. El pago por servicios ambientales es un enfoque que presenta interés en este sentido (Wunder, 2015).
- **Gobernanza, coordinación y participación de actores:** La complejidad de los sistemas forestales exige colaboración multidisciplinar. La coordinación entre diferentes niveles de administración y la participación activa e informada de los agentes sociales, especialmente las poblaciones locales, son fundamentales. Es importante fomentar la colaboración público-privada.
- **Digitalización, tecnología y transferencia de conocimiento:** La aplicación de nuevas tecnologías y la digitalización son esenciales para mejorar la información, la planificación y la toma de decisiones en la gestión forestal. Esto incluye el uso de datos de inventarios forestales, teledetección (LiDAR, satélites) y herramientas de modelización y sistemas de información geográfica. Es crucial facilitar la transferencia de conocimiento entre la investigación, la administración y los gestores y propietarios forestales.

El Grupo Operativo **CLIMAFOREST** (Figura 9) se ha desarrollado como un ejemplo concreto e innovador que aborda muchos de estos retos en el contexto específico de la Comunidad Autónoma de Extremadura, centrándose inicialmente en las cuencas piloto del Valle del Jerte y el Valle del Árrago.

En el ámbito de la integración en la planificación y gestión adaptativa, el objetivo general del proyecto es aplicar tecnología y digitalización para una mejor planificación territorial a escala de cuenca hidrológica, considerándola un factor de decisión rentable y adaptativo al cambio climático. Busca diseñar y ejecutar medidas de restauración hidrológico forestal a escala de explotación, trabajando la idea de la influencia en el territorio de la cuenca y las sinergias entre acciones en diferentes espacios. El proyecto se enfoca en la gestión adaptativa, buscando ajustar

el manejo forestal para mejorar la adaptación de los ecosistemas mediterráneos a la sequía y desertificación, incluyendo enfoques para la prevención de incendios.

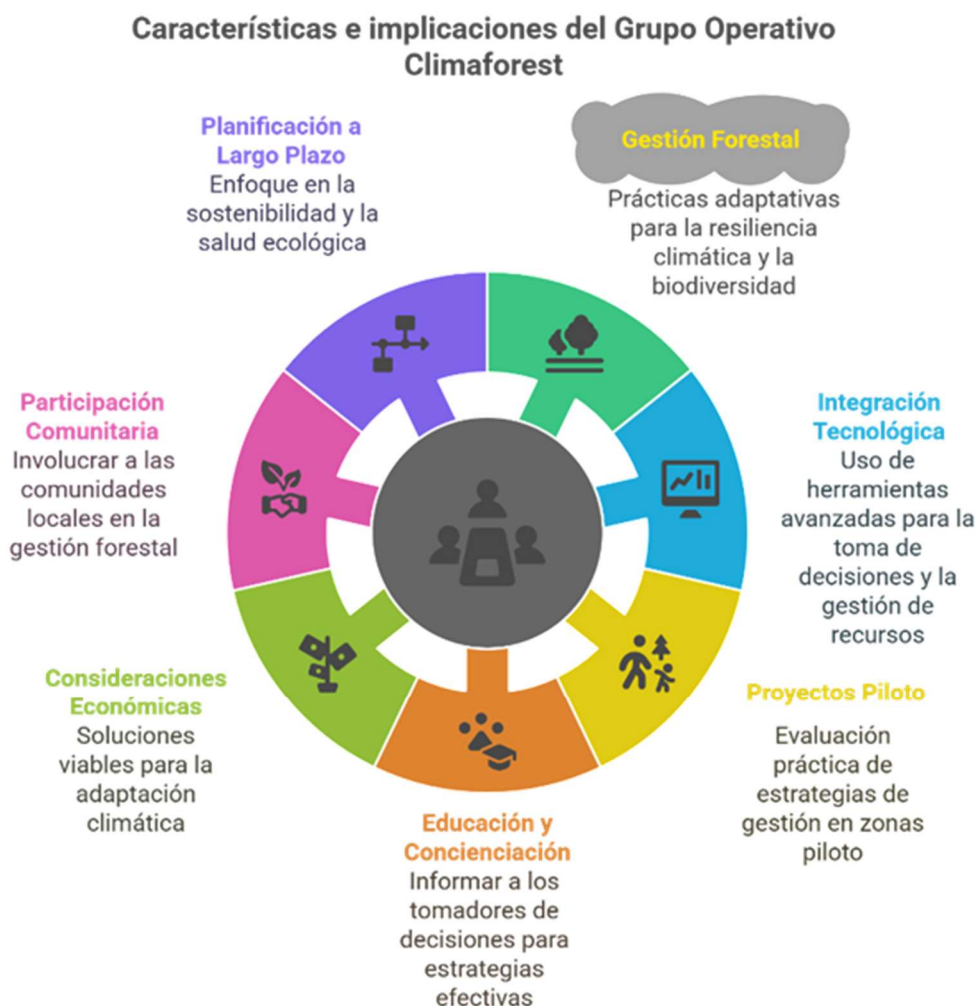


Figura 9: Principales características e implicaciones prácticas del GO CLIMAForest en los bosques de Extremadura

En lo referente a la tecnología, digitalización y conocimiento, un pilar fundamental del GO CLIMAForest es el desarrollo de un servicio tecnológico integral de asesoramiento basado en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) y herramientas como GESCUENCAS (evaluación ambiental y modelización hidrológica a escala de cuenca) y EVARHIS (riesgos hidrológico-forestales y valoración económica total). Estas herramientas permiten obtener información detallada del territorio y diagnosticar la vulnerabilidad y riesgo a nivel de explotación forestal. El proyecto busca mejorar el conocimiento sobre especies forestales y estructura de masas y su potencial frente a riesgos climáticos.

El Grupo Operativo busca, además, la mejora de la rentabilidad económica de los bosques mediante la integración del valor de los servicios de los ecosistemas forestales. EVARHIS permite el desglose del valor económico total en diferentes servicios, como producción agrícola, madera, corcho, leña, ganadería-forestal, caza, y control de la erosión. Se contempla, también, la cuantificación económica de alternativas de manejo.

En el ámbito de la coordinación y colaboración, el GO CLIMAForest se compone de un grupo multidisciplinar que incluye empresas, investigadores universitarios y asociaciones locales. Busca la coordinación y el codiseño de medidas con las partes interesadas en el territorio y colabora con otros grupos operativos y redes a nivel autonómico, nacional e internacional.

Para la transferencia de conocimiento, el proyecto incluye un plan de comunicación y divulgación explícito; posibilitando la formación técnica y la celebración de jornadas de demostración y asesoramiento en diversas materias.

Como desafío de futuro, abordar los retos de la gestión forestal y territorial requiere un esfuerzo continuado que replique y escale iniciativas como la del GO CLIMAForest. Esto implica integrar conocimiento ecológico, económico y social en la planificación y gestión, potenciando la resiliencia de los ecosistemas y la capacidad adaptativa de nuestra sociedad. La innovación, la colaboración, la aplicación de tecnología y la puesta en valor integral de los bosques y sus servicios son determinantes para asegurar su contribución al bienestar humano y al desarrollo rural sostenible en un futuro marcado por el cambio global.

5. Referencias

- Alberdi, I., Condes, S., Martínez-Millán, J., & Saura, S. (2016). Review of forest monitoring in Spain: New proposals for the future. *Forest Systems*, 25(2), eR03S. <https://doi.org/10.5424/fs/2016252-08953>
- Bolte, A., Ammer, C., Löf, M., Madsen, P., Nabuurs, G. J., Schall, P., Spathelf, P., & Rock, J. (2009). Adaptive forest management in central Europe: Climate change impacts, strategies and integrative concept. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24(6), 473-482. <https://doi.org/10.1080/02827580903418224>
- Burkhard, B., & Maes, J. (Eds.). (2017). *Mapping Ecosystem Services*. Pensoft Publishers.
- L.M. Brander, R. de Groot, J.P. Schägner, V. Guisado-Goñi, V. van 't Hoff, S. Solomonides, A. McVittie, F. Eppink, M. Sposato, L. Do, A. Ghermandi, M. Sinclair, R. Thomas (2024). Economic values for ecosystem services: A global synthesis and way forward, *Ecosystem Services*, 66. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101606>.
- Campos, P., Huntsinger, L., Oviedo, J. L., Starrs, P. F., Díaz, M., Standiford, R. B., & Montero, G. (Eds.). (2013). *Mediterranean Oak Woodland Working Landscapes: Dehesas of Spain and Ranchlands of California*. Springer.
- Canadell, J. G., & Raupach, M. R. (2008). Managing forests for climate change mitigation. *Science*, 320(5882), 1456-1457. <https://doi.org/10.1126/science.1155458>
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (Eds.). (2016). *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>
- Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S., & Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>
- Daniel, T. C., Muhar, A., Arnberger, A., Aznar, O., Boyd, J. W., Chan, K. M. A., ... & von der Dunk, A. (2012). Contributions of cultural services to the ecosystem services agenda. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(23), 8812-8819. <https://doi.org/10.1073/pnas.1114773109>
- De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393-408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- Engel, S., Pagiola, S., & Wunder, S. (2008). Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. *Ecological Economics*, 65(4), 663-674. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.03.011>
- European Commission. (2013). *Green Infrastructure (GI). Enhancing Europe's Natural Capital*. COM (2013) 249 final. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52013DC0249>
- Gobierno de Extremadura. *Red de Áreas Protegidas de Extremadura*. Tomado de http://extremambiente.juntaex.es/index.php?option=com_content&view=article&id=2774&Itemid=392.
- Gobierno Vasco. (2019). *Directrices de Ordenación Territorial (DOT). Revisión*. Tomado de <https://www.euskadi.eus/directrices-de-ordenacion-territorial-dot/web01-a2lurral/es/>
- Ioanna Grammatikopoulou, Davina Vačkářová. (2021). *The value of forest ecosystem services: A meta-analysis at the European scale and application to national ecosystem accounting*. *Ecosystem Services* 48. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101262>.

- Haines-Young, R., & Potschin, M. B. (2018). *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1*. European Environment Agency. Tomado de <https://cices.eu/>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2019). *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. (P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, Eds.). Tomado de <https://www.ipcc.ch/srccl/>
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). (2020). *Global Standard for Nature-based Solutions. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS*. IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.09.en>
- Lindenmayer, D. B., Franklin, J. F., & Fischer, J. (2006). General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 131(3), 433-445. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.02.019>
- Martín-López B, Iniesta-Arandia I, García-Llorente M, Palomo I, Casado-Arzuaga I, Amo DGD, et al. (2012) Uncovering Ecosystem Service Bundles through Social Preferences. *PLoS ONE* 7(6): e38970. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038970>
- Millar, C. I., Stephenson, N. L., & Stephens, S. L. (2007). Climate change and forests of the future: Managing in the face of uncertainty. *Ecological Applications*, 17(8), 2145-2151. <https://doi.org/10.1890/06-1715.1>
- Millennium Ecosystem Assessment (MA). (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD). (2019). *Valoración de los Servicios de los Ecosistemas de España. Informe de Síntesis del Proyecto VANE*. Tomado de <https://remotedesktop.google.com/access/session/e6863095-5416-4538-f16a-f3f1c7d743f3>
- Morgan, R. P. C. (2005). *Soil Erosion and Conservation* (3rd ed.). Blackwell Publishing.
- Pascual, U., Muradian, R., Brander, L., Gómez-Baggethun, E., Martín-López, B., Verma, M., ... & Farley, J. (2010). The economics of valuing ecosystem services and biodiversity. En P. Kumar (Ed.), *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations* (pp. 183-256). Earthscan.
- Scholte, S. S. K., van Teeffelen, A. J. A., & Verburg, P. H. (2015). Integrating socio-cultural perspectives into ecosystem service valuation: A review of concepts and methods. *Ecological Economics*, 114, 67-78. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.03.007>
- TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity). (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*. UNEP.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development, The International Bank for United Nations, European Union, Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development, The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank (2024). *System of Environmental-Economic Accounting—Ecosystem Accounting (SEEA EA)*. Tomado de <https://desapublications.un.org/publications/system-environmental-economic-accounting-ecosystem-accounting-seea-ea>

-
- Williams, B. K., & Brown, E. D. (2014). Adaptive management: From more talk to real action. *Environmental Management*, 53(2), 465-479. <https://doi.org/10.1007/s00267-013-0205-7>
 - Wunder, S. (2015). Revisiting the concept of payments for environmental services. *Ecological Economics*, 117, 234-243. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.08.016>

Anexo: Notas técnicas sobre la evaluación de servicios ecosistémicos forestales

Este anexo proporciona una visión técnica resumida de los indicadores, métodos de cuantificación/evaluación y valoración económica, así como herramientas y consideraciones clave para algunos de los servicios ecosistémicos forestales más relevantes. Su objetivo es ofrecer una guía rápida para la aproximación técnica a la evaluación de SE. **Nota:** Esta tabla no es exhaustiva. Muchos servicios ecosistémicos están interrelacionados y su evaluación puede requerir enfoques integrados. La elección de métodos e indicadores específicos dependerá del objetivo del estudio, la escala, los datos disponibles y los recursos. Se recomienda siempre consultar bibliografía especializada y adaptar las metodologías al contexto local.

Servicio Ecosistémico	Indicadores Biofísicos Clave	Métodos de Cuantificación / Evaluación Técnica	Métodos de Valoración Económica (Ejemplos)	Herramientas / Consideraciones Técnicas
1. Fijación de Carbono	Stock de carbono (Mg C/ha). Tasa de secuestro (Mg C/ha/año).	Inventarios forestales (IFN) + ecuaciones alométricas + factores de conversión biomasa-carbono (aprox. 0.5). Modelos de crecimiento (ej. CO2Fix, GORCAM). Teledetección (LiDAR para biomasa, índices NDVI/EVI para NPP).	Precio de mercado del carbono (ETS, mercados voluntarios). Coste social del carbono (SCC).	Datos IFN, ecuaciones alométricas locales/regionales, software de modelización, datos LiDAR/satélite. Contabilizar reservorios (aéreo, radical, necromasa, suelo). Incertidumbre en factores de expansión y conversión.
2. Regulación Hídrica (Producción de Agua)	Caudal (m³/s). Producción de agua (mm/año o m³/ha/año). Calidad del agua (turbidez, N, P).	Modelos hidrológicos (ej. SWAT). Balances hídricos ($P - ET - \Delta S = Q$). Muestreo y análisis de calidad del agua.	Coste de reemplazo (ej. nuevas infraestructuras de captación/tratamiento). Disposición a pagar (DAP) por agua de calidad/cantidad.	Datos climáticos (precipitación, T^a , ET_0), MDT, usos del suelo (LULC), propiedades del suelo. Necesidad de calibración/validación de modelos. Influencia de la estructura forestal en interceptación y ET.
3. Control de Erosión	Tasa de erosión evitada (t/ha/año). Reducción de sedimentos en cauces.	Modelos de erosión (ej. USLE/RUSLE, InVEST SDR). Comparación de escenarios con/sin cubierta forestal. Medición directa de sedimentos.	Coste evitado (dragado de embalses, pérdida de fertilidad, daños por colmatación). Coste de restauración de áreas erosionadas.	MDT, datos de precipitación (factor R), edafología (factor K), pendiente/longitud (LS), tipo de cubierta (C), prácticas de conservación (P). Sensibilidad al factor C.

Servicio Ecosistémico	Indicadores Biofísicos Clave	Métodos de Cuantificación / Evaluación Técnica	Métodos de Valoración Económica (Ejemplos)	Herramientas / Consideraciones Técnicas
4. Recreación y Turismo	Nº de visitantes/año. Presencia y calidad de infraestructuras (senderos, áreas recreativas). Calidad paisajística.	Encuestas a visitantes. Conteos (aforadores, apps). Análisis GIS multicriterio (accesibilidad, atractivos). Evaluaciones de paisaje.	Método de costes de viaje (MCV). Valoración contingente (DAP por acceso/mejora). Precios hedónicos (influencia en valor de propiedades).	Diseño de encuestas riguroso, GIS, datos sociodemográficos. Definición de "viaje" y "costes" en MCV. Identificación de atributos relevantes en valoración contingente.
5. Provisión de Madera y Biomasa	Volumen de madera (m³/ha). Biomasa aprovechable (t/ha).	Inventarios forestales (medición de diámetros, alturas). Tarifas de cubicación. Modelos de crecimiento y rendimiento.	Precios de mercado (madera en pie, en cargadero; leña; biomasa para energía).	IFN, herramientas dasométricas (forcípula, hipsómetro), conocimiento de mercados y calidades. Considerar costes de extracción y transporte.
6. Mantenimiento de Biodiversidad	Riqueza de especies. Abundancia de especies clave/amenazadas. Diversidad estructural del hábitat (ej. madera muerta, estratos verticales). Conectividad.	Muestreos de campo (flora, fauna, hongos). Teledetección (LiDAR para estructura). Modelos de Idoneidad de Hábitat (MIH, ej. MaxEnt). Índices de integridad/conectividad.	DAP por conservación de especies/hábitats. Costes de oportunidad. Costes de programas de conservación. (Valoración económica compleja y a menudo indirecta).	Protocolos de muestreo estandarizados, GIS, software para MIH, bases de datos de especies. Definición de indicadores proxy adecuados. Dificultad en vincular directamente estructura con todas las facetas de la biodiversidad.
7. Polinización (Forestal-Agrícola)	Abundancia y diversidad de polinizadores. Distancia a hábitats fuente (bosques). Incremento en rendimiento de cultivos dependientes.	Muestreo de polinizadores. Análisis GIS de proximidad de cultivos a fragmentos forestales. Experimentos de exclusión de polinizadores.	Valor del incremento de producción agrícola atribuible a polinizadores. Coste de reemplazo (polinización manual, alquiler de colmenas).	Identificación de cultivos dependientes, conocimiento de la ecología de polinizadores locales, datos de rendimiento agrícola. Considerar la escala espacial de la dispersión de los polinizadores.



Manual de buenas prácticas

Grupo Operativo Clima-Forest

Transferencia de tecnología, digitalización y fortalecimiento de los servicios de los ecosistemas forestales de Extremadura

Una aproximación a los servicios de los ecosistemas forestales
