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

9CFE-1298

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

Organiza

Herramientas GESCUENCAS y EVARHIS para asesoramiento en la ordenación forestal

TORIBIO FELIPE, M. (1), CHAMIZO DE CASTRO, A. (2), PINEDA VADILLO, J. (3) y DURÁN BARROSO, P. (4)

(1) Graduada en Ingeniería Forestal y del Medio Natural. ECOHÁBITAT Ibérico S.L.
(2) Licenciado en Ciencias Ambientales. Fomento de Técnicas Extremeñas S.L.
(3) Ingeniero de Montes. AMBIENTA Ingeniería y Servicios Agrarios y Forestales S.L.U.
(4) Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Grupo GIGA. Universidad de Extremadura

Resumen

Los beneficios de tener unos bosques sanos son incuestionables, están relacionados con sostener y aumentar la biodiversidad, la regulación del clima, del ciclo del agua y son vitales para las comunidades locales. En este contexto, las cuencas hidrológicas representan unidades ambientales de análisis prioritarias, en las cuales el agua y la dinámica del ciclo hidrológico operan como ejes fundamentales que articulan, estructuran y delimitan la organización del territorio. El Grupo Operativo CLIMAFOREST trabaja en la complejidad de las interacciones entre los ecosistemas, el uso del suelo y los riesgos ambientales lo que herramientas como GESCUENCAS y EVARHIS para gestionarlas de manera integral: GESCUENCAS permite evaluar la calidad ambiental y la percepción social a través un gran número de indicadores divididos en bloques y categorías de fácil interpretación. Por su parte, EVARHIS establece relaciones económicas basadas en la calidad de los ecosistemas y el uso del suelo de la cuenca hidrológica y su relación con el riesgo de desastres naturales torrenciales, incendios, inundaciones y erosión. La aplicación complementaria de ambas herramientas ayuda a encontrar un equilibrio entre el desarrollo/actividad del ser humano y la conservación de los ecosistemas, promoviendo una planificación territorial resiliente y adaptativa, capaz de gestionar y valorar los servicios ecosistémicos frente a los desafíos del cambio climático.

Palabras clave

Bosque, cuenca, cambio climático; adaptación de especies, servicios de los ecosistemas y planificación forestal

1. Introducción

La restauración hidrológico-forestal necesita un enfoque holístico de todos los componentes del territorio. Una unidad espacial idónea para el análisis integral del territorio es la cuenca hidrográfica, al delimitar los procesos ambientales de forma más adecuada que cualquier unidad administrativa. La aplicación de las herramientas GESCUENCAS y EVARHIS, unida a sistemas innovadores como la información obtenida mediante teledetección, la tecnología LiDAR o los drones, permite una planificación a escala de cuenca hidrológica, y más allá de trabajar

con las inundaciones, las medidas a aplicar, a escala de cuenca, están dirigidas a mejorar el suelo, la hidrología forestal, los ecosistemas forestales y la biodiversidad, la calidad de las aguas, la potenciación de la economía forestal basada en el pago por servicios de los ecosistemas, o la mejor integración de jóvenes y mujeres, y la lucha frente a la despoblación rural mediante los nuevos modelos de negocio ligados a la digitalización forestal.

La herramienta GESCUENCAS ha sido desarrollada y aplicada con éxito en las cuencas piloto de las Gargantas de la Comarca de la Vera, abarcando una superficie de 76.000 hectáreas, mientras que EVARHIS se ha implementado en la Ribera de Acebo, en la Sierra de Gata. El sistema GESCUENCAS ha recibido el Sello de Excelencia a la Innovación otorgado por la Comisión Europea en 2018, en reconocimiento a su valor y aportaciones al ámbito de la gestión ambiental.

2. Objetivos

El objetivo es la aplicación práctica y real, junto con la aproximación a los mercados de la transferencia tecnológica y la divulgación de técnicas innovadoras ya investigadas de manejo y gestión sostenible de la cuenca (GESCUENCAS y EVARHIS + satélite + drones), con el fin de que un grupo de cuencas forestales piloto, en el ámbito privado y de las administraciones públicas, puedan aplicar medidas de restauración hidrológico-forestal a escala de explotación.

3. Metodología

GESCUENCAS es un sistema de evaluación para la gestión de los recursos naturales a escala de cuenca. Está basado en una metodología que permite evaluar la calidad e integridad ambiental de cuencas hidrográficas en entornos rurales. Contempla elementos físicos, bióticos, sociales y económicos, que se analizan en busca de indicadores clave que sean los que sirvan al objetivo final, y para facilitar el diseño de una serie de medidas que puedan corregir la progresiva degradación ambiental de las cuencas estudiadas.

Metodológicamente, se basa en un sistema innovador de indicadores dirigido a la evaluación y el seguimiento ambiental de cuencas hidrográficas, pudiéndose definir algunos indicadores que sintetizan información de aspectos ambientales relacionados. Además, el sistema de evaluación se integra en un sistema de información geográfica, con herramientas de geoprocesos desarrolladas ex profeso, generando información espacialmente distribuida, que puede servir de base para parametrizar modelos y generar escenarios de gestión.

La metodología se fundamenta en el concepto de sistemas integrales que reconocen de manera implícita la dinámica de los sistemas ecológicos, y la interconexión de los ecosistemas acuáticos con el resto de componentes de los sistemas ambientales y antrópicos. De esta forma, el enfoque del Sistema de Evaluación GESCUENCAS se ha basado en dos herramientas principales paralelas e independientes entre sí: Sistema de Evaluación de la Calidad Ambiental (SECA), y el Sistema de Evaluación de la Percepción Social (SEPS).

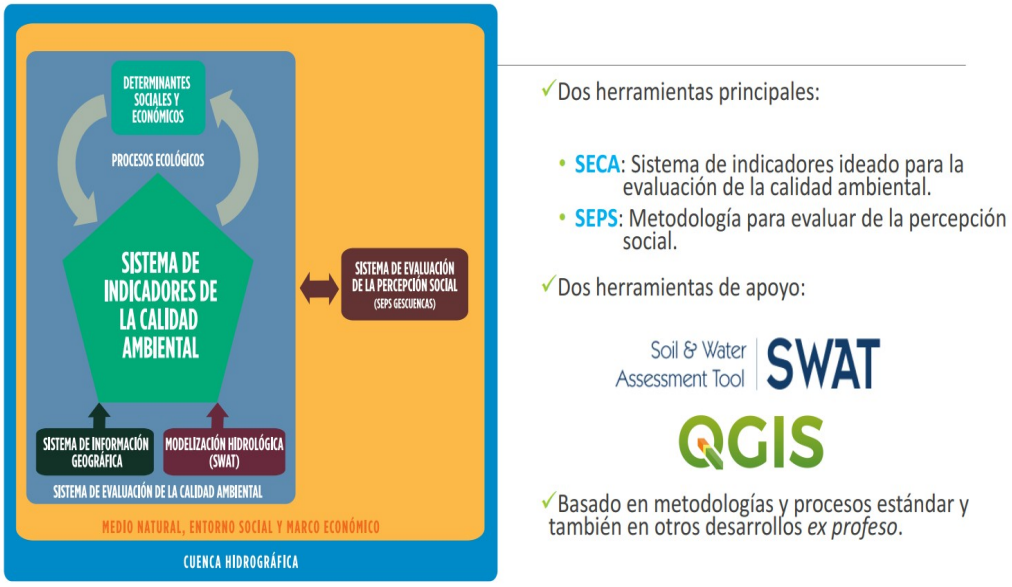

Figura 1. Esquema funcionamiento del Sistema de Evaluación GESCUENCAS.

A partir de esta información básica, se conforman índices sintéticos que resultan de la agregación matemática de dos o más de estos indicadores. Estos índices se presentan en los dos niveles mostrados en la Figura 2 como nivel 1 y 2, existiendo, además, un último nivel correspondiente al índice sintético de calidad ambiental general (ISCG), que aglutina la información de todos los índices de nivel 2.

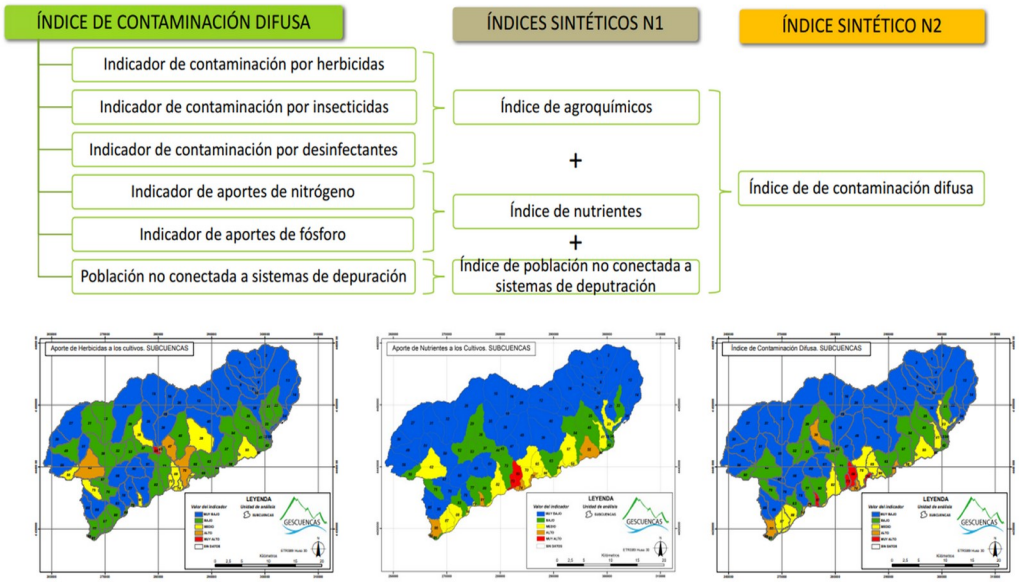

Figura 2. Ejemplo de agregación de indicadores: Contaminación difusa.

Otros de los pilares básicos en la integración de la Herramienta GESCUENCAS en un software de escritorio de licencia libre y código abierto, QGIS, que nos ofrece la posibilidad de generar nuevos códigos para conformar las herramientas específicas para el procesamiento de GESCUENCAS y la construcción de un modelo hidrológico basado en SWAT.

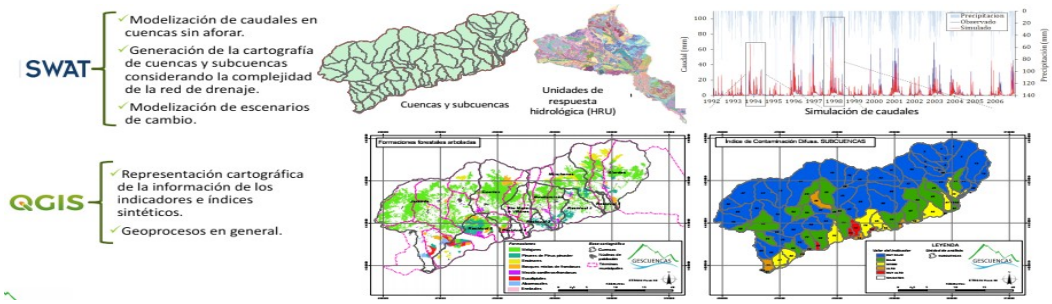

Figura 3. QGIS y SWAT, módulos de la estructura de la herramienta GESCUENCAS.

GESCUENCAS está compuesto por tres componentes que interactúan entre ellos para aportar toda la funcionalidad que compone la plataforma. Estos tres componentes son:

- Servicios Web de la plataforma, API.
- Plugin de QGIS.
- Aplicación web cliente

La API o servicios Web de la Herramienta está encargada de nutrir el resto de los componentes de los datos que necesitan. Está formada por una base de datos y un software servidor.

- Base de Datos: La base de datos utilizada es un servidor de bases de datos relacionales PostgreSQL, con la capa de abstracción que permite el manejo de datos geográficos, PostGIS. En la base de datos se encuentran definidas las tablas que aportan contenido a la lógica de negocio de GESCUENCAS, y las capas geográficas con la información generada en la otra fase del proyecto.
- Software Servidor: La API está desarrollada con Python mediante el uso del framework Django. Está compuesta por una parte de consulta de datos, lo que propiamente definimos como API, y un administrador de la aplicación que nos permite la inserción de los datos en la plataforma. Este software está alimentado por la base de datos anterior.

Por su parte, la herramienta EVARHIS se apoya en la metodología propuesta por la Oficina de Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR), que desglosa el concepto de RIESGO en tres variables: Amenaza, Exposición y Vulnerabilidad. El modelo utilizado en EVARHIS es capaz de calcular de forma segregada el factor “Amenaza*Exposición” y el factor “Vulnerabilidad”.

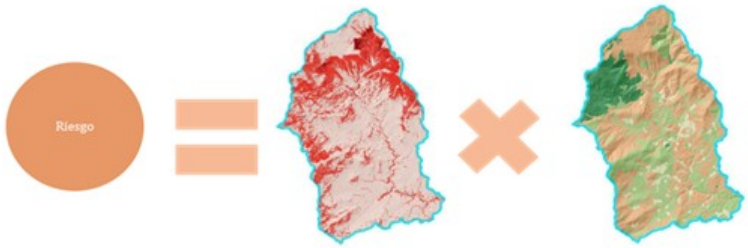

Figura 4. Modelo UNISRD y aplicación a la cuenca de la Rivera de Acebo. Elaboración propia

Para el **Cálculo del factor "Amenaza*Exposición"** se ha tenido en cuenta:

- Incendios: análisis de los modelos de combustible de las distintas formaciones vegetales y la situación topográfica de cada una de ellas (pendiente).
- Pérdida de suelo: Modelo USLE (Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo), que analiza los distintos parámetros que explican las pérdidas de suelo: R-agresividad de la lluvia-, K -susceptibilidad del suelo a ser erosionado-, LS -topografía, incluyendo la longitud de la pendiente y el ángulo de dicha pendiente-, C-cubierta vegetal sobre el suelo- y P -prácticas de conservación de suelos-.
- Avenidas: identificación de tramos de la red de drenaje en los que las avenidas podrían suponer una afección/riesgo para vidas humanas o infraestructuras, análisis de caudales para diferentes periodos de retorno en cada uno de ellos, y estudio de sus cuencas vertientes, identificando las formaciones vegetales que son más relevantes para explicar dicho riesgo de avenida. De esta manera, los tramos de la red de drenaje "problemáticos" se relacionan con las zonas más o menos alejadas de su cuenca vertiente en donde se produce, de manera significativa, la escorrentía que posteriormente genera el riesgo de avenida.

El **cálculo del factor "Vulnerabilidad"** surge como combinación de los conceptos de "Susceptibilidad" y "Capacidad Adaptativa" (resiliencia) de los ecosistemas. Para el caso de Vulnerabilidad frente a riesgos de incendios forestales, se han tenido en cuenta variables para la susceptibilidad como vías de acceso de defensa para combatir los incendios forestales, o tanques de acopio de agua de sofocos. En el cálculo de la resiliencia se han considerado, entre otros factores, la capacidad de rebrote de las especies o bancos de semillas.

El **cálculo del valor económico** de la cuenca resulta de la consideración de los distintos servicios que proporcionan los ecosistemas y la teoría del Valor Económico Total y sus componentes. En este análisis, se han tenido en cuenta hasta 30 servicios ecosistémicos, incluyendo la producción de alimentos y materias primas, los servicios recreativos, la caza y la pesca, el control de la erosión, el tratamiento de vertidos, la captura de carbono y la conservación de la diversidad biológica.

Matrices y de cambio y restricciones

Para garantizar una planificación territorial coherente, se establecieron:

- **Matrices de cambio**, que determinan las transformaciones de las formaciones vegetales a partir de alteraciones o decisiones aplicadas al territorio.
- **Matrices de restricciones**, que incorporan factores legales y

socioeconómicos que limitan o condicionan ciertas acciones en función de las características locales.

Valoración económica y social de medidas

Finalmente, se realizó una valoración económica y social de las actuaciones propuestas, utilizando bases de precios existentes y un Sistema de Evaluación de la Percepción Social, asegurando así que las decisiones estén alineadas con las necesidades y expectativas del territorio.

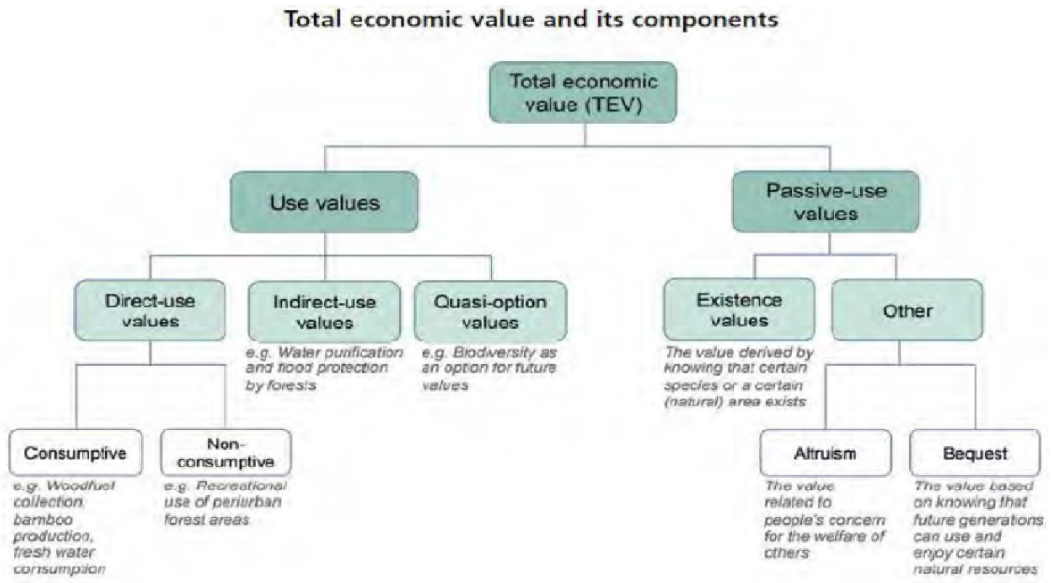

Figura 5. Valor económico total y sus componentes según FAO, 2019

4. Resultados

Los resultados esperados tras la aplicación de las herramientas GESCUENCAS y EVARHIS en las cuencas piloto del Árrago y del Jerte son varios:

Por un lado, determinar la calidad e integridad ambiental de las cuencas hidrográficas piloto, a través de indicadores que pongan de manifiesto los aspectos y áreas problemáticos en términos ambientales y que también sean útiles en la detección de riesgos actuales o futuros. Estos indicadores nos permitirán obtener un Sistema de Apoyo a la Decisión (SAD) en aspectos ambientales en las cuencas piloto, materializado en elementos informáticos aplicables sobre sistemas de información geográfica (SIG) y modelos hidrológicos y poder evaluar la percepción social de los habitantes de las cuencas afectadas por los procesos de decisión.

Por otro lado, se espera obtener resultados específicos e individualizados que permitan evaluar la influencia de las medidas propuestas sobre cada uno de los riesgos analizados (incendios forestales, pérdida de suelo y avenidas), así como su impacto en el valor económico total de la cuenca. Adicionalmente, se llevará a cabo una comparación entre el coste económico asociado a la implementación de dichas medidas y el coste derivado de la ocurrencia de desastres torrenciales. Este análisis permitirá identificar, para un presupuesto de ejecución dado, las actuaciones más efectivas para mitigar los riesgos torrenciales y determinar su ubicación óptima dentro de la cuenca.

5. Discusión

Los resultados obtenidos a través del desarrollo y la implementación de las herramientas GESCUENCAS y EVARHIS destacan la importancia de una planificación forestal integral y adaptativa a escala de cuenca hidrológica. Estas herramientas permiten abordar de manera eficiente los desafíos ambientales asociados a la gestión de los recursos naturales y la restauración hidrológico-forestal, promoviendo un manejo sostenible del territorio que integra criterios ecológicos, sociales y económicos.

En términos metodológicos, el enfoque basado en indicadores clave y sistemas de información geográfica (SIG) ha demostrado ser esencial para la evaluación y el monitoreo de las condiciones ambientales de las cuencas piloto. Este enfoque no solo permite identificar áreas problemáticas, sino que también facilita la elaboración de medidas específicas dirigidas a mitigar riesgos forestales como incendios e hidrológicos como erosión y avenidas. Asimismo, las herramientas han mostrado su utilidad para modelar escenarios de gestión que promuevan la resiliencia de los ecosistemas frente al cambio climático.

Un aspecto relevante es la sinergia generada entre las medidas aplicadas en diferentes fincas forestales, tanto públicas como privadas, dentro de la misma cuenca. Esto refuerza la idea de que una planificación integrada a nivel territorial maximiza los beneficios en términos de adaptación al cambio climático y mitigación de riesgos. Por ejemplo, la restauración de áreas degradadas y la implementación de prácticas de conservación del suelo contribuyen no solo a mejorar la calidad ambiental, sino también a reducir la vulnerabilidad del territorio frente a desastres naturales.

Además de los beneficios ecológicos, el proyecto resalta el impacto positivo en la economía forestal mediante la incorporación del pago por servicios ecosistémicos (PSE) y el desarrollo de nuevos modelos de negocio basados en la digitalización forestal. Este enfoque ofrece una oportunidad para integrar la sostenibilidad en la planificación económica, mejorando la rentabilidad de las actividades forestales y fomentando la participación activa de los propietarios y gestores del territorio.

Por otro lado, la valoración económica y social de las medidas adoptadas subraya la importancia de considerar las percepciones y expectativas de las comunidades locales. El Sistema de Evaluación de la Percepción Social (SEPS) ha permitido asegurar que las decisiones de manejo sean coherentes con las necesidades del territorio, promoviendo una mayor aceptación y compromiso por parte de los actores involucrados.

Finalmente, la integración de GESCUENCAS y EVARHIS en una herramienta tecnológica única representa un avance significativo para la planificación y gestión territorial. Esta integración no solo simplifica el proceso de toma de decisiones, sino que también amplía las posibilidades de transferencia tecnológica y aplicación en diferentes contextos geográficos y socioeconómicos.

En conclusión, el desarrollo de este proyecto pone de manifiesto la relevancia de adoptar enfoques integrales y multidimensionales para la gestión de los recursos naturales. La combinación de innovación tecnológica, planificación estratégica y participación comunitaria es clave para garantizar un manejo sostenible de las cuencas hidrográficas y enfrentar los desafíos del cambio climático. Estos resultados pueden servir como base para futuras iniciativas orientadas a la conservación y restauración del territorio, consolidando el papel de las

herramientas GESCUENCAS y EVARHIS como referentes en la gestión ambiental.

6. Conclusiones

El desarrollo de este proyecto está centrado en mejorar la productividad económica de los ecosistemas agroforestales y forestales, analizando distintas alternativas de manejo para una reducción de los costes de producción y un incremento de los resultados y beneficios de la explotación forestal a escala de cuenca. Para ello se apoya en las nuevas tecnologías para monitorizar, inventariar, evaluar y prever situaciones, con el fin de dotar a los forestales y los gestores de montes públicos y privados de modernas herramientas de toma de decisiones que le permitan optimizar la selvicultura conociendo mejor la realidad de su explotación, así como su papel en el territorio.

Los trabajos económicos y de acceso al mercado son asimismo tarea del proyecto, que está trabajando con las partes implicadas en los foros de discusión con los forestales y tecnólogos, buscando un enfoque de mercado que permita a los forestales tener una visión económica más amplia desde el inicio de la planificación de las prácticas selvícolas, e incorporando los servicios de los ecosistemas y el pago por ellos a la cadena de valor.

Además se está trabajando con los distintos agentes sobre el terreno para poner en valor el elevado potencial ecológico y de proveer servicios ecosistémicos a la sociedad, por un lado, y por otro reforzar ideas con los forestales para que sus producciones selvícolas sean más sostenibles y protejan mejor el territorio, discutiendo y encontrando alternativas en varias líneas:

- Mejora de la conservación del suelo.
- Mejora de la integración de la hidrología forestal y sus beneficios en la cuenta de resultados.
- Mejora de la biodiversidad.
- Reducción del agua de riego, los fertilizantes y fitosanitarios en las explotaciones agroforestales.
- Más respeto a la Red Natura 2000.
- Concienciación respecto a la hidrología de la cuenca y del papel del forestal en el territorio, y de cómo sus acciones afectan de una u otra forma al entorno y a la cuenca.
- Potenciación de la digitalización forestal.
- El papel del medio rural.

La integración de los dos sistemas GESCUENCAS+EVARHIS en una sola herramienta tecnológica es una apuesta de futuro para el apoyo a la toma de decisiones para planificar y gestionar el territorio forestal.

7. Agradecimientos

Los autores agradecen el asesoramiento y el aporte de información cualificada para la realización del proyecto a:

- Asociación de Propietarios Forestales Valle del Árrago.
- Javier Navalpotro Herrero. Ingeniero forestal. Proyecto Mosaico.
- Juan Carlos Giménez Fernández. Ingeniero de montes. Universidad de Extremadura.
- Joaquín Francisco Lavado Contador. Licenciado en biología. Universidad de Extremadura.

- Consejería de Gestión Forestal y Mundo Rural.
- Consejería Agricultura, Ganadería y Desarrollo Sostenible

8. Bibliografía

MASIERO, M; PETTENELLA, D; BOSCOLO, M; BARUA, S.K; ANIMON, I; MATTA, J.R; 2019. Valuing forest ecosystem services: A training manual for planners and project developers. *Forestry Working Paper* Nº 11. 39 p.

Nota: El presente texto presenta información del proyecto ejecutado **Sistema de evaluación para la gestión integral de los recursos naturales en cuencas hidrográficas. Aplicación a las cuencas del margen derecho del río Tiétar, en la Comarca de La Vera (Cáceres, España)**, del cual existe una publicación que incluye toda la bibliografía consultada y utilizada que ha servido de apoyo a la ejecución del Proyecto GESCUENCAS.