

LIFE Climawin: impacts, risks and opportunities in the transition to sustainable viticulture

LIFE Climawin: impactos, riesgos y oportunidades en la transición a una viticultura sostenible

Nieves García-Casarejos¹, Pilar Gargallo¹, Alexy Apolo-Romero¹

¹ University of Zaragoza

Abstract. The LIFE Climawin project drives the sustainable transformation of the wine sector in response to climate change through the implementation of an innovative management model applied at the demonstrative winery, Bosque de Matasnos. This initiative aims to mitigate climate-related risks, minimize negative environmental and social impacts, and leverage opportunities to improve operational efficiency and long-term competitiveness. Using a structured methodology based on the analysis of Impacts, Risks, and Opportunities (IROs), and grounded in the principle of double materiality, this study assesses both the effects of project actions on the environment and the influence of external factors on the resilience and sustainability of the viticultural model. The approach adopted has been participatory, involving consultations with technical experts, sector workers, and local community representatives, who have assessed the various actions of the project. The evaluated actions include soil management to enhance quality, the capture and reuse of CO₂ generated during fermentation, the use of groundwater as a thermal exchange medium to improve energy efficiency, and the implementation of a smart, autonomous energy management system covering all consumption areas in both the winery and the vineyard. The results demonstrate that these integrated, low-carbon technologies not only reduce greenhouse gas (GHG) emissions but also strengthen the climate resilience of wine operations, offering transferable insights for replication across the sector.

Resumen. El proyecto LIFE Climawin impulsa la transformación sostenible del sector vitivinícola frente al cambio climático mediante la implementación de un modelo de gestión innovador aplicado en la bodega demostrativa, Bosque de Matasnos. Esta intervención tiene como objetivo mitigar los riesgos climáticos, minimizar los impactos ambientales y sociales negativos, y aprovechar oportunidades para mejorar la eficiencia operativa y la competitividad a largo plazo. Mediante una metodología estructurada basada en el análisis de Impactos, Riesgos y Oportunidades (IROs) y sustentada en el principio de doble materialidad, este estudio evalúa tanto los efectos de las acciones del proyecto sobre el entorno como la influencia de factores externos en la resiliencia y sostenibilidad del modelo vitivinícola. El enfoque adoptado ha sido participativo, incluyendo la consulta a expertos técnicos, trabajadores del sector y representantes de la comunidad local, quienes han evaluado las distintas acciones del proyecto. Las acciones evaluadas comprenden la gestión del suelo para mejorar su calidad, la recuperación y reutilización del CO₂ generado durante la fermentación, el uso del agua subterránea como fuente de intercambio térmico para optimizar la eficiencia energética, y la implementación de un sistema inteligente y autónomo de gestión energética que abarca todos los consumos, tanto en la bodega como en el viñedo. Los resultados evidencian que estas tecnologías integradas y de bajo carbono no solo reducen las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), sino que también fortalecen la resiliencia climática de las explotaciones, generando aprendizajes transferibles para su replicabilidad en el sector vitivinícola.

1. Introducción

El cambio climático se ha consolidado como el mayor desafío sistémico al que se enfrenta el sector agroalimentario en el siglo XXI. En el caso del vino, sus efectos son especialmente sensibles: la vid, como cultivo de alta precisión climática, responde de forma directa a las variaciones térmicas, hídricas y fenológicas [1]. Esto no solo compromete la calidad del producto final y la identidad de las denominaciones de origen, sino también la viabilidad económica de muchas bodegas a medio y largo plazo.

Frente a este escenario, no basta con adaptarse: resulta imprescindible mitigar activamente el cambio climático y liderar una transformación profunda del modelo productivo. Las bodegas que asumen este papel no solo protegen sus viñedos, sino que también refuerzan su posición en un mercado cada vez más sensible al desempeño ambiental. Los consumidores —especialmente en los segmentos premium y exportación— demandan productos alineados con valores de sostenibilidad, transparencia y trazabilidad [2], [3]. Al mismo tiempo, los marcos regulatorios, como la Directiva de Informes de Sostenibilidad Corporativa (CSRD), obligan a reportar con rigor los impactos ambientales y sociales, haciendo de la sostenibilidad un elemento estratégico, no opcional.

Por ello, mitigar el cambio climático desde la viticultura no debe entenderse únicamente como una obligación ambiental, sino como una oportunidad empresarial para acceder a financiación sostenible, generar diferenciación competitiva, anticiparse a las exigencias legales, fortalecer la relación con los clientes y atraer talento joven [4], [5]. Liderar esta transición implica apostar por la innovación tecnológica, rediseñar los flujos de energía y materiales, integrar prácticas regenerativas y adoptar modelos de gobernanza más participativos y orientados al largo plazo.

En este contexto, la bodega Bosque de Matasnos (BM) representa un ejemplo real y replicable de cómo es posible ir más allá de las buenas prácticas tradicionales y avanzar hacia un modelo de bodega climáticamente responsable, tecnológicamente avanzada y comprometida con la sostenibilidad integral. A través del proyecto LIFE Climawin, se han diseñado e implementado medidas concretas orientadas a reducir significativamente la huella de carbono, optimizar los recursos energéticos, aumentar la eficiencia operativa y generar impactos positivos tanto ambientales como sociales. Este enfoque proactivo ha permitido no sólo anticipar riesgos relevantes, como la posible exclusión social de trabajadores ante la digitalización y la automatización de procesos, sino también capitalizar oportunidades ligadas a la diferenciación en mercados sostenibles, la mejora reputacional, la atracción de talento y el acceso a financiación verde.

2. Medidas innovadoras implementadas en el proyecto LIFE Climawin

El proyecto LIFE Climawin se estructura en seis paquetes de trabajo (WP1–WP6). El primero de ellos (WP1) se centra en la coordinación general, gestión administrativa y seguimiento del proyecto, por lo que no contempla medidas técnicas directas sobre el terreno. A partir del WP2 se despliegan las acciones concretas de mitigación y adaptación al cambio climático, siendo estas el foco principal de este apartado.

La bodega BM, ubicada en un enclave natural protegido y gestionada bajo principios ecológicos desde hace más de dos décadas, representa un caso paradigmático de compromiso con la sostenibilidad. Sin embargo, el desafío actual es ir más allá de las buenas prácticas tradicionales —como la fertilización orgánica o el uso de energías renovables— para avanzar hacia soluciones de alto impacto y carácter replicable que sitúen al sector vitivinícola como actor clave en la mitigación del cambio climático.

El punto de partida de esta transformación se encuentra en el propio viñedo, donde se ha puesto en marcha una estrategia de regeneración paisajística y secuestro de carbono mediante la conversión de cultivos cerealistas periféricos en bosques mixtos autóctonos. Esta medida permite aumentar significativamente la fijación de CO₂ y mejorar la biodiversidad local. En bodegas con menor disponibilidad de superficie, esta acción puede replicarse a través de la introducción de setos multifuncionales, arbustos perennes o cubiertas vegetales estructuradas, que cumplen una función equivalente de captura de carbono, regulación hídrica y soporte a la fauna auxiliar [6],[7].

Junto con esta acción, y también enmarcada en el paquete de trabajo WP2, se encuentra otra de las innovaciones destacadas del proyecto: la producción de compost enriquecido con biochar, a partir de residuos orgánicos generados en la propia bodega y el viñedo. Esta práctica combina el compostaje tradicional con la incorporación de biochar, una enmienda carbonosa obtenida mediante pirólisis de biomasa, conocida por su alta estabilidad y capacidad para fijar carbono a largo plazo en el suelo. El resultado es un compost con mayor capacidad de retención de agua, mejora de la estructura del suelo y aumento de la actividad microbiana, lo que se traduce en suelos más fértiles, resilientes y capaces de sostener una viticultura más sostenible. Además, el uso del biochar como sumidero de carbono permite reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero, contribuyendo de forma activa a los objetivos de mitigación climática. Esta medida representa una solución regenerativa de bajo coste y alto impacto, fácilmente replicable en otras bodegas, incluso aquellas con recursos limitados, y alineada con los principios de economía circular y agricultura climáticamente inteligente [8], [9].

En paralelo, y enmarcada dentro del paquete de trabajo WP3, se ha implementado una solución innovadora de aprovechamiento del agua subterránea como fuente de intercambio térmico. Antes de destinarse al riego del

viñedo, el agua se emplea para pre-enfriar bombas y circuitos térmicos en la bodega, mejorando así la eficiencia del sistema de refrigeración y reduciendo la dependencia de tecnologías convencionales con alta demanda energética. Esta solución no solo mejora el rendimiento energético, sino que además optimiza el uso del recurso hídrico, ya que el agua no se desecha tras el proceso térmico, sino que se reutiliza posteriormente para el riego, sin alterar su calidad. De este modo, la intervención se integra armónicamente en el metabolismo hídrico de la finca y representa un ejemplo claro de sinergia entre adaptación climática, eficiencia energética y uso circular del agua.

Una de las acciones más disruptivas del proyecto, incluida en el paquete de trabajo WP3, es la captura y reutilización del CO₂ generado durante la fermentación alcohólica del vino. A través de un sistema cerrado, este gas se recoge, almacena y puede ser reutilizado en distintos procesos de la propia bodega, evitando así su emisión directa a la atmósfera. Esta medida no solo permite reducir de forma efectiva las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también cierra ciclos internos de producción, en línea con los principios de la economía circular.

Entre los usos potenciales del CO₂ capturado, destaca su aplicación en el remontado de los depósitos, reemplazando el uso de oxígeno atmosférico para evitar oxidaciones no deseadas y contribuir a una extracción más controlada de compuestos fenólicos, lo que puede mejorar la calidad sensorial del vino. Asimismo, el CO₂ puede emplearse para inertizar depósitos o recipientes que contienen uva o mosto, protegiéndolos de la oxidación y reduciendo la necesidad de sulfitos, lo que favorece una enología más limpia y respetuosa. También puede ser útil para presurizar tuberías o impulsar líquidos sin necesidad de bombas eléctricas, reduciendo consumos energéticos.

Esta reutilización inteligente convierte un subproducto gaseoso en un recurso valioso para la eficiencia y calidad enológica, integrando sostenibilidad y funcionalidad técnica en una misma estrategia. Estudios recientes han demostrado el potencial transformador de la captura y valorización del CO₂ en bodegas, utilizando este gas como insumo para la producción de compuestos industriales como el carbonato de sodio. Estas estrategias, ya en fase de escalado industrial, permiten compensar más del 80% de las emisiones directas de las bodegas y promover una vitivinicultura baja en carbono, alineada con los principios de la economía circular [10], [11].

Por último, y dentro del paquete WP4, otra de las acciones más ambiciosas del proyecto es la implementación de un sistema inteligente de gestión energética integral, que no solo coordina y optimiza el consumo y la producción de energía en todos los ámbitos de la bodega, sino que también tiene el potencial de transformar el modo en que la bodega gestiona su energía de manera global. Este sistema abarca desde la elaboración del vino y el mantenimiento del viñedo, hasta el uso de maquinaria agrícola, el turismo enológico y otros usos

complementarios, creando una visión integrada y eficiente. La plataforma centraliza datos en tiempo real, lo que permite sincronizar la demanda energética con la generación fotovoltaica, adaptándose a las fluctuaciones tanto de la producción interna como de las condiciones climáticas y operativas. Además, prioriza el uso de energía según criterios económicos, ambientales y operacionales, lo que no solo reduce los picos de consumo, sino que mejora la autonomía energética de la bodega y minimiza la dependencia de fuentes externas. Esta integración de tecnologías inteligentes optimiza el rendimiento energético y, al mismo tiempo, transforma el modelo de gestión de la bodega hacia una estructura más sostenible y resiliente [12], [13]. Con esta visión holística y digitalizada, la bodega avanza hacia un modelo climáticamente neutro, tecnológicamente innovador y territorialmente comprometido, lo que le otorga un alto potencial de replicabilidad en el sector vitivinícola. Este enfoque permite que bodegas de diferentes tamaños y contextos puedan adoptar soluciones similares y beneficiarse de un modelo que combina eficiencia y sostenibilidad a largo plazo.

Más allá de las acciones técnicas implementadas, el proyecto LIFE Climawin también ha puesto un fuerte énfasis en garantizar la sostenibilidad, replicabilidad y explotación de los resultados a través del paquete de trabajo WP5. Este eje estratégico no solo contempla la evaluación del impacto ambiental, económico y social de las medidas aplicadas, sino que incorpora un análisis exhaustivo del estado del sector vitivinícola en materia de sostenibilidad. Este diagnóstico permite identificar tipologías de bodegas, contextos agronómicos y modelos de gestión en los que las soluciones desarrolladas pueden ser transferidas con mayor eficacia. Así, el proyecto sienta las bases para una replicación informada, adaptada y escalable, contribuyendo a extender una viticultura climáticamente responsable en distintos territorios [14].

En paralelo, el paquete WP6 se ha centrado en las acciones de comunicación, visibilización y diseminación, con el objetivo de sensibilizar a los diferentes públicos — desde consumidores hasta tomadores de decisiones— sobre la importancia de integrar la sostenibilidad climática en la cadena de valor del vino. Estas acciones incluyen jornadas técnicas, materiales divulgativos, publicaciones científicas y colaboraciones con redes europeas de innovación. Esta estrategia comunicativa no solo amplifica el alcance del proyecto, sino que también refuerza su legitimidad como iniciativa demostrativa de alto impacto, capaz de posicionar a la vitivinicultura como un sector clave en la lucha contra el cambio climático [15].

3. Metodología participativa para el análisis de IROs

Dada la innovación y el carácter disruptivo de las medidas implementadas en el proyecto, resulta totalmente necesario realizar un análisis exhaustivo de los Impactos, Riesgos y Oportunidades (IROs) asociados a las diversas acciones propuestas. Esta metodología es esencial no sólo

para evaluar los efectos inmediatos de las innovaciones, sino también para comprender los resultados a largo plazo y anticipar los posibles desafíos que puedan surgir. El análisis de IROs proporciona una herramienta clave para gestionar las incertidumbres inherentes a los cambios introducidos y, al mismo tiempo, maximizar los beneficios de las medidas adoptadas, alineándose con los objetivos estratégicos de sostenibilidad y eficiencia de la bodega.

En este sentido, la Directiva (UE) 2022/2464 (CSRD) [16] refuerza la necesidad de este enfoque metodológico, ya que obliga a las empresas a reportar de manera estructurada y verificable el impacto de sus acciones en materia de sostenibilidad, incluyendo las medidas de mitigación del cambio climático, y exige una evaluación sistemática de riesgos y oportunidades en este ámbito. Esta exigencia de transparencia y rigor metodológico es especialmente relevante en el contexto del proyecto LIFE Climawin, ya que permite cuantificar y comunicar de forma fiable el impacto de las innovaciones aplicadas, facilitando la comparación y la mejora continua de las prácticas vitivinícolas sostenibles.

En este contexto, el proceso de IROs permite identificar de manera estructurada los riesgos potenciales, como la resistencia al cambio por parte de los trabajadores o la posible falta de aceptación de las nuevas prácticas en el mercado. A su vez, también facilita la identificación de las oportunidades, como la mejora de la eficiencia energética, la reducción de la huella de carbono y el posicionamiento de la bodega como líder en sostenibilidad en el sector vitivinícola.

Generalmente, el análisis de Impactos, Riesgos y Oportunidades (IROs) es llevado a cabo por expertos en las tecnologías y prácticas implementadas, quienes utilizan su conocimiento especializado para evaluar los efectos de las innovaciones propuestas. Sin embargo, en el contexto de LIFE Climawin, este proceso ha adoptado un enfoque más inclusivo y participativo. La implicación activa de los trabajadores de la bodega —desde operarios de viñedo y enólogos hasta responsables técnicos y comerciales— ha sido clave para aportar una visión práctica y operativa que complementa el análisis técnico. Esta combinación permite una evaluación más realista y completa de la viabilidad, los posibles retos y la aceptabilidad de las nuevas estrategias implementadas.

Asimismo, el análisis IROs se ha extendido al entorno social, integrando la perspectiva de la comunidad local para valorar el impacto socioeconómico y ambiental de las medidas. Esta dimensión territorial del análisis no solo permite detectar riesgos u oportunidades específicas del contexto, sino que también asegura la aceptación social, refuerza la coherencia con los objetivos de sostenibilidad regional y fortalece el vínculo entre la bodega y su entorno. En línea con los principios de la CSRD, esta visión holística y participativa garantiza una gestión más transparente y responsable del cambio climático, sentando las bases para la replicación sostenible en otros territorios vitivinícolas.

4. Resultados

Para garantizar que los resultados del análisis de los IROs fueran representativos, útiles y aplicables, se diseñó una metodología participativa específicamente adaptada al contexto de la bodega Bosque de Matasnos (BM). El proceso se articuló en varias fases que combinan sesiones técnicas con expertos, entrevistas individuales con trabajadores de distintas áreas clave —como viñedo, enología, administración y comercial—, y encuestas online dirigidas a la comunidad local.

Este enfoque híbrido permitió integrar tres niveles de conocimiento complementarios: por un lado, la visión estratégica y técnica de los especialistas en cada una de las innovaciones; por otro, el conocimiento operativo y contextual del personal de la bodega, directamente implicado en la implementación de las medidas; y finalmente, la percepción social y el grado de aceptación del proyecto por parte de la comunidad del entorno.

El análisis se centró en identificar de forma estructurada los impactos ambientales y sociales —tanto positivos como negativos—, así como los riesgos y oportunidades asociados a cada una de las medidas implementadas. La implicación activa de los tres grupos de actores fue clave no solo para detectar aspectos críticos, sino también para validar la viabilidad de las acciones y enriquecerlas con propuestas de mejora basadas en la experiencia práctica, el conocimiento técnico y la sensibilidad territorial.

4.1. Identificación inicial de los IROs

La identificación inicial de los 76 IROs asociados a las acciones del proyecto LIFE Climawin se ha llevado a cabo mediante un proceso colaborativo liderado por los socios técnicos y científicos del consorcio. La distribución de los IROs (en %), para cada una de las entidades socias del proyecto, fue la siguiente: INTERGIA (27,63%), CSIC (23,68%), CEBAS-CSIC (19,74%), bodega BM (10,53%), UNIZAR (9,21%) y PTV (9,21%).

Esta diversidad de entidades permite integrar diversas perspectivas, abarcando enfoques tecnológicos e ingenieriles (como eficiencia energética, almacenamiento, y pirólisis), así como aspectos agronómicos, ecológicos, culturales y socioeconómicos. Así, los IROs no solo cubren los impactos ambientales directos, sino también los efectos sobre la reputación empresarial, la empleabilidad y la percepción social de la sostenibilidad en el ámbito rural.

El CSIC, como institución líder en investigación en España, desempeña un papel fundamental en el desarrollo técnico del proyecto, especialmente en lo relativo a la eficiencia energética y la captura de CO₂. Dentro del CSIC, el CEBAS-CSIC, centro de referencia en sostenibilidad agrícola y gestión de recursos naturales, aporta una perspectiva ecosistémica al análisis de materialidad. Su participación es crucial para integrar los efectos de las prácticas agronómicas, como la regeneración del suelo y los cambios en el uso del mismo, sobre la resiliencia ambiental, la fertilidad del suelo y la biodiversidad.

La Universidad de Zaragoza desempeña un papel estratégico en la identificación de los IROs, proporcionando una visión sistémica y analítica de la sostenibilidad del sector vitivinícola español. Su enfoque es fundamental para vincular las innovaciones del proyecto con los retos estructurales del sector, destacando tanto los riesgos como las oportunidades y estableciendo las bases para futuras estrategias climáticas orientadas a los viticultores.

La participación de INTERGIA, desde el sector empresarial, es clave para reforzar el enfoque aplicado del proyecto. Especializada en la transición energética del medio rural, INTERGIA aporta una visión pragmática centrada en reducir consumos energéticos, incorporar energías renovables y mejorar la rentabilidad ambiental. Su contribución ayuda a transformar los retos en oportunidades tangibles para el sector vitivinícola, equilibrando sostenibilidad y viabilidad económica.

La Plataforma Tecnológica del Vino (PTV) desempeña un papel clave en la identificación de los IROs y en la conexión de las innovaciones con los retos del sector vitivinícola. Su labor en la difusión puede contribuir significativamente a la replicabilidad del modelo en otras bodegas y territorios.

Finalmente, la participación de la bodega es esencial para perfilar los IROs asociados al proyecto y a los paquetes de trabajo, asegurando que las soluciones propuestas estén alineadas con las necesidades del sector vitivinícola.

En conjunto, esta colaboración entre actores académicos, tecnológicos y territoriales ha sido fundamental para construir una matriz de IROs que refleje no solo impactos abstractos, sino también caminos estratégicos adaptados al contexto del sector vitivinícola.

Los 76 IROs identificados en el marco del proyecto LIFE Climawin se han distribuido entre los distintos paquetes de trabajo, reflejando la amplitud y transversalidad del enfoque adoptado. El mayor porcentaje corresponde al WP4 (30,9%), centrado en la implementación de una red inteligente para la gestión energética integral de la bodega y el viñedo. Le siguen el WP3 (26,5%), que incluye innovaciones como la captura y reutilización de CO₂, y el WP2 (22%), dedicado a soluciones de economía circular como el compost enriquecido con biochar. Los WP5 y WP6, enfocados, respectivamente, en la replicabilidad de las soluciones y en la comunicación y diseminación de resultados, concentran cada uno el 10,3% de los IROs. Esta distribución evidencia el carácter sistémico del proyecto y su alineación con un modelo de sostenibilidad integral que abarca aspectos tecnológicos, agronómicos, ambientales y sociales del sector vitivinícola.

Cerca del 41% de los impactos identificados corresponden a la dimensión medioambiental y un 38% a la dimensión social, lo que refleja la centralidad de ambos aspectos en un modelo de vitivinicultura adaptativa al cambio climático. No obstante, resulta especialmente

relevante el peso que adquiere la gobernanza en la matriz de IROs. Este protagonismo no solo responde a la necesidad de una gestión responsable y estratégica, sino que se ve reforzado por la cultura organizacional de la bodega participante, claramente comprometida con la sostenibilidad a través de un enfoque top-down. Este liderazgo activo ha demostrado que no puede haber una sostenibilidad ambiental o social efectiva sin una base sólida de gobernanza. Establecer este pilar —que articula visión estratégica, participación interna, transparencia y rendición de cuentas— es lo que permite que el resto de los indicadores fluyan de forma coherente y transformadora. En este sentido, la gobernanza actúa como el motor estructural que convierte la ambición climática en acciones concretas y sostenibles dentro del sector vitivinícola.

La matriz está compuesta mayoritariamente por impactos (86,8%), lo que evidencia que las transformaciones introducidas en el sector generan consecuencias tangibles y relevantes hacia el entorno y hacia la propia empresa. Las oportunidades (10,5%) y los riesgos (2,6%) aparecen en menor medida, aunque su identificación resulta estratégica, ya que permiten anticipar tendencias, prevenir conflictos y aprovechar ventajas competitivas emergentes. Esta combinación refuerza la utilidad práctica de la matriz como herramienta de planificación y mejora continua.

El 72,4% de los IROs analizados tienen un carácter positivo, lo que sugiere que las innovaciones implementadas en el proyecto tienen un potencial transformador favorable para la sostenibilidad del sector vitivinícola. Estas acciones no solo promueven mejoras ambientales, como la regeneración del suelo o la reducción de emisiones, sino que también fortalecen la productividad, la biodiversidad, la resiliencia al cambio climático y la reputación social de las bodegas participantes.

Finalmente, casi la mitad de los efectos (47,4%) ya son reales, con presencia demostrada en el territorio y en la operación vitícola, lo que consolida la credibilidad y eficacia del proyecto. Los impactos potenciales (39,5%) muestran vías de desarrollo y escalabilidad futura, permitiendo anticipar beneficios, definir indicadores de seguimiento y ajustar políticas de adaptación a medida que las medidas maduren y se extiendan. Esta combinación entre efectos presentes y futuros refuerza el carácter dinámico del análisis, facilitando una toma de decisiones proactiva y basada en evidencia.

Esta base de IROs sirvió como punto de partida para su posterior evaluación participativa, llevada a cabo con la implicación activa de los tres grupos de interés mencionados: expertos técnicos, trabajadores de la bodega y representantes de la comunidad local.

4.2. Reuniones con expertos

La valoración de los impactos generados por la implementación de medidas sostenibles en el marco del

proyecto LIFE Climawin refleja un predominio de percepciones positivas por parte de expertos en distintas áreas: sostenibilidad, energía renovable y aplicación de medidas de mitigación y adaptación del cambio climático.

Los expertos destacan especialmente los beneficios ambientales relacionados con la eficiencia energética y la gestión sostenible de los recursos, siendo las acciones mejor valoradas el aprovechamiento eficiente del agua (9,08), los ahorros energéticos derivados del uso inteligente de la energía (9,00) y la reducción de costes mediante medidas de eficiencia energética (8,91). Estas valoraciones apuntan a una sólida percepción de impacto positivo directo en la reducción del consumo de recursos naturales y en la optimización de procesos productivos en el sector vitivinícola. También son bien acogidas acciones vinculadas a la mejora del suelo y el aire, como la incorporación de materiales ricos en carbono para la fertilidad del suelo (8,75) y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (8,5), así como aquellas relacionadas con la sostenibilidad operativa, como el desarrollo de economía circular (8,17) o la reducción del impacto paisajístico de infraestructuras energéticas (8,00). Además, los expertos valoran favorablemente los efectos sociales y culturales como la promoción de la conciencia ambiental (8,16) y el reconocimiento de los esfuerzos en sostenibilidad de la bodega (7,66).

En cuanto a los impactos negativos percibidos, estos presentan promedios considerablemente más bajos, destacando preocupaciones como los costes de mantenimiento asociados a las nuevas tecnologías (3,91), la posible pérdida de empleos con habilidades convencionales (3,91) y el impacto visual o ambiental en el paisaje cultural (3,00). También se identifican riesgos comunicativos y de adaptación laboral, así como fallos en la divulgación de resultados (4,38) o la dificultad para encontrar personal cualificado (4,33), que, si bien son secundarios en términos de puntuación, podrían requerir atención para evitar barreras en la implementación.

Respecto a las oportunidades generadas por el proyecto se refleja una tendencia clara hacia la apreciación de aspectos vinculados a la identidad, imagen y proyección del producto. Las oportunidades mejor valoradas han sido la conservación de la cultura y tradición del vino, así como la mejora de la imagen de marca y la reputación de la empresa, todas con promedios superiores a 8, lo que sugiere que los expertos técnicos perciben un impacto positivo del proyecto en dimensiones intangibles pero estratégicas para el sector. También se destaca la valoración de la competitividad y diferenciación, así como el acceso a subvenciones y ayudas, lo que indica que los especialistas reconocen beneficios concretos tanto en términos de posicionamiento como de apoyo institucional. En cambio, oportunidades como el incremento de la demanda de los consumidores y la mejora de la rentabilidad económica han recibido valoraciones más moderadas, posiblemente porque sus efectos requieren un mayor plazo para materializarse o no están directamente asociados a las medidas de mitigación implementadas.

Las valoraciones de los expertos, muestran que el proyecto es percibido mayoritariamente como generador de impactos positivos en términos ambientales, económicos y sociales, aunque es importante seguir gestionando los posibles efectos colaterales relacionados con la adaptación tecnológica, la comunicación y la aceptación sociocultural.

4.3. Reuniones con trabajadores de Bosque de Matasnos

A partir de las valoraciones realizadas por los empleados de la bodega Bosque de Matasnos sobre las acciones del proyecto LIFE Climawin, se observa que los impactos positivos mejor valorados corresponden al desarrollo de una economía circular en la gestión de recursos y residuos (9,15), el reconocimiento de los esfuerzos en sostenibilidad de la bodega (9,1), los ahorros y eficiencia energética logrados mediante el uso inteligente de la energía y la eliminación del ruido al sustituir generadores diésel (8,91), la incorporación de materiales ricos en carbono para mejorar la fertilidad y calidad del suelo (8,9), la reducción del consumo y transporte de recursos fósiles a medio plazo (8,9). También destacan, el aprovechamiento eficiente del agua para enfriamiento y riego, la mejora en la formación de los empleados (8,83), la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (8,74) y la disminución de los olores en el compostaje gracias al uso de biochar (8,65).

En cuanto a los impactos negativos, los empleados identifican como principales desafíos el posible impacto negativo en el paisaje cultural por alteraciones visuales y ambientales y la mayor erosión del suelo por el aumento del laboreo asociado al uso de compost y biochar, estos dos valorados con (8,1). Así también, reflejan la preocupación por la dificultad para encontrar trabajadores ya capacitados para los nuevos empleos (8), los altos costes de mantenimiento y operación asociados a las innovaciones (7,66), los posibles fallos en la comunicación que impidan divulgar correctamente las innovaciones (7,23), la pérdida de empleos con habilidades convencionales debido a la incorporación de nuevas tecnologías (7), y el aumento del consumo de materias primas no renovables para fabricar componentes (7,15). Si bien estos impactos son reconocidos, sus valoraciones son algo menores en comparación con los beneficios, lo que indica que se perciben como retos gestionables.

Respecto a los beneficios estratégicos, los empleados otorgan las puntuaciones más altas al reconocimiento de los esfuerzos en sostenibilidad de la bodega (9,1), la mejora en la calidad del vino (8,1), el fomento del enoturismo y la puesta en valor del entorno natural y cultural (8,65), la generación de empleos de mayor cualificación (8,18), la visibilización y divulgación de prácticas sostenibles en el sector (8,5), la reducción del impacto paisajístico por la instalación de la micro-red solar inteligente (8,58), el fomento de la conciencia ambiental (8,50), la replicabilidad y transferencia de las iniciativas

(8,49) y favorecer un entorno y productos más saludables para las personas (8,57).

En síntesis, los empleados perciben que los beneficios ambientales, sociales y económicos derivados de las acciones del proyecto LIFE Climawin superan ampliamente los desafíos identificados, que son vistos como aspectos a gestionar y no como obstáculos críticos. Esto refleja una actitud favorable y comprometida hacia la transición sostenible e innovadora en la bodega.

4.4. Opinión de la comunidad local

Esta sección recoge de manera diferenciada las opiniones de los distintos perfiles involucrados, como empresarios viticultores, miembros de instituciones locales, agentes de promoción del vino y la comunidad en general, con el fin de reflejar una visión integral sobre los efectos y oportunidades que representa el proyecto en su contexto real de aplicación.

La percepción de los empresarios viticultores (competidores) sobre los impactos del proyecto, es en general muy positiva, valorando especialmente la reducción de gases de efecto invernadero (9,75), le siguen la eliminación del ruido y los beneficios de la gestión inteligente de la energía, junto con un bajo impacto paisajístico de la micro-red solar y el fomento de la conciencia ambiental y la aplicación de prácticas sostenibles, todos estos valorados con (9,25). Asimismo, son bien valorados con una puntuación de (9) los impactos que favorecen entornos y productos más saludables, el uso eficiente del agua y el desarrollo de una economía circular en la gestión de recursos y residuos.

En una franja de valoración media-alta, se aprecian la incorporación de biochar para mejorar el suelo, la creación de empleos cualificados, y la reducción de olores, todos estos valorados con (8,75), le siguen el fomento del enoturismo (8,5) y los ahorros energéticos (8,25), además de beneficios indirectos como la mejora del vino (8,0) y el reconocimiento ambiental (8,0).

Sin embargo, también se identifican desafíos. Entre las valoraciones medias-bajas, preocupa la dificultad para encontrar trabajadores capacitados, el posible aumento de la erosión del suelo, los costes de mantenimiento, y los fallos de comunicación todos estos valorados con (7,75) y ciertos impactos visuales o ambientales (7,25). Las puntuaciones más bajas se asocian al consumo de materias primas no renovables en tecnologías (5,75) y al riesgo de pérdida de empleos tradicionales (6,25), siendo estos aspectos los que menos preocupan a los empresarios del vino.

Los miembros de las instituciones locales valoran muy positivamente el proyecto. Los impactos positivos mejor valorados incluyen el aprovechamiento eficiente del agua, la reducción del consumo de recursos fósiles y el desarrollo de una economía circular (todos con 9,33), seguidos por la reducción de olores y ruido, la mejora de la calidad del vino y la reducción de gases de efecto invernadero (9–9,17). También se reconocen aportes como

productos más saludables (9), uso de biochar para suelos (9), eficiencia energética (8,83), formación laboral (8,83), visibilización de prácticas sostenibles (8,33) y replicabilidad del modelo (8,5).

En cuanto a las oportunidades, se valora altamente el acceso a subvenciones y ayudas (9,17), seguido por la mejora de la rentabilidad económica (9), la imagen de marca, la competitividad y la conservación de la tradición vitivinícola (8,83 cada una). También destacan la mejora de la reputación empresarial (8,66), la reducción de costes operativos (8,5) y el incremento potencial de la demanda de consumidores (8,33).

Respecto a los impactos negativos, los más relevantes son el consumo de materias primas no renovables (8,67), la erosión del suelo por uso de compost y biochar (8,66) y los costes de mantenimiento (8,17). Otros impactos menos valorados incluyen la posible afectación visual al paisaje cultural (7,17), la pérdida de empleos tradicionales (7), y errores en la comunicación (7), los cuales no se perciben como barreras estructurales, sino como aspectos a gestionar. Finalmente, el riesgo planteado sobre la dificultad de encontrar trabajadores capacitados para nuevos perfiles tecnológicos recibió una valoración de 7,33, siendo el único riesgo identificado directamente, pero considerado abordable con formación y apoyo institucional. Así, se observa que, la preocupación de los miembros de las instituciones locales por los impactos negativos del proyecto, es algo menor, en relación a la importancia que reflejan en los impactos positivos del mismo.

Los individuos vinculados con el sector turístico o con la promoción del vino valoran de forma muy positiva el proyecto LIFE Climawin. Los impactos positivos mejor valorados (9,66–10) incluyen la reducción de emisiones, el uso eficiente del agua, la economía circular, la mejora del entorno sonoro y olfativo, la formación laboral, el ahorro energético, la salud ambiental y humana, la calidad del vino y el impulso al enoturismo. Estos aspectos reflejan un fuerte alineamiento del proyecto con la sostenibilidad y el desarrollo local. En un segundo nivel (8,33–9,33), también se reconocen beneficios como la visibilidad de prácticas sostenibles, la generación de empleos cualificados, la replicabilidad de las acciones y el reconocimiento de la sostenibilidad en el sector. La posible erosión del suelo por un mal manejo del compost se percibe como un riesgo técnico menor.

Entre los impactos negativos, los más señalados (7–8,66) son el uso de materias primas no renovables para tecnología, los costes de mantenimiento, la pérdida de empleos tradicionales, la dificultad para encontrar personal cualificado y ciertos riesgos visuales o comunicativos. Aunque estos aspectos reciben menor puntuación, no se consideran barreras graves sino retos gestionables.

Finalmente, las oportunidades mejor valoradas (9–9,33) se relacionan con la mejora de la reputación, imagen de marca, rentabilidad, demanda de consumidores y preservación de la cultura del vino. Oportunidades como

acceder a subvenciones o reducir costes operativos reciben una valoración más baja (7–8,33), aunque siguen considerándose relevantes.

Desde la perspectiva de la comunidad, el proyecto recibe una valoración muy positiva. Los impactos positivos mejor puntuados (9,0–9,33) incluyen la mejora de la imagen de marca, la reducción del ruido y del consumo de recursos fósiles, los ahorros energéticos, el uso eficiente del agua, la mejora de la calidad ambiental y del entorno saludable, así como el reconocimiento a la sostenibilidad. También destacan el impacto visual positivo por evitar grandes infraestructuras eléctricas y el fortalecimiento de prácticas sostenibles en el territorio. En una franja media-alta (8,5–8,9), se valoran beneficios como la formación de empleados, la generación de empleos más cualificados, la mejora del vino, el ahorro en costes por eficiencia, la replicabilidad del proyecto, la mejora de la fertilidad del suelo, la economía circular y la reputación de la empresa. Son vistos como elementos sólidos para el desarrollo territorial sostenible.

Por otro lado, los impactos negativos más señalados (7,25–9,0) giran en torno al aumento del uso de materias primas no renovables, los altos costes de mantenimiento, la pérdida de empleos tradicionales, la dificultad para encontrar personal capacitado y los posibles impactos negativos en el paisaje o en la comunicación del proyecto. Aunque estas valoraciones son más bajas, en general superan el 7,0, lo que sugiere que no son vistos como amenazas críticas, sino como desafíos a gestionar.

Respecto a las oportunidades, las más destacadas son la mejora de la imagen de marca (9,33), la competitividad y diferenciación (9,0), el acceso a subvenciones (9,0) y la mejora de la reputación (9,0). Otras oportunidades con valoración media-alta (8,25–8,83) incluyen la rentabilidad, la reducción de costes, el aumento de la demanda de consumidores y la conservación de la cultura del vino.

Las valoraciones de los miembros de organizaciones vinculadas al vino, también reflejan una tendencia positiva de las acciones del proyecto. Las valoraciones más altas (10) destacan el aprovechamiento eficiente del agua para enfriamiento y riego y el ahorro en costes gracias a la eficiencia energética, subrayando que estas medidas son vistas como las más transformadoras para el sector vitivinícola, ya que abordan directamente el estrés hídrico y la reducción de gastos operativos. Seguido de cerca, con valoraciones de (9,66), destacan la eliminación del ruido (al sustituir generadores diésel) y la mejora de la calidad del vino, lo que refleja una fuerte apreciación tanto por el bienestar ambiental como por el producto final.

Las acciones relacionadas con la formación de empleados, la eficiencia energética inteligente, la reducción del impacto paisajístico y la mejora de la imagen de marca reciben puntuaciones entre (9,33 y 9,66), evidenciando que la profesionalización, la innovación tecnológica y la reputación son factores clave para la sostenibilidad y competitividad de las bodegas. Asimismo, la incorporación de materiales ricos en carbono para el suelo, la visibilización de prácticas sostenibles y el

fomento de la conciencia ambiental (valoraciones de 9 a 9,33) muestran que la gestión circular y la educación ambiental son ampliamente valoradas por organismos vinculados al vino.

En el rango de (8,66 a 9) despuntan, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, el fomento del enoturismo, la disminución de olores con biochar, el desarrollo de economía circular y la mayor competitividad, lo que indica la importancia de la sostenibilidad ambiental, la diversificación económica y la diferenciación en el mercado. Por otro lado, aspectos como los altos costes de mantenimiento, el aumento del consumo de materias primas no renovables y la pérdida de empleos convencionales reciben valoraciones más bajas (alrededor de 8), reflejando preocupaciones sobre los retos y riesgos asociados a la transición tecnológica por el grupo encuestado.

Finalmente, aunque la replicabilidad de las iniciativas, el acceso a subvenciones y la mejora de la rentabilidad obtienen puntuaciones más moderadas (7,33 a 6,66), siguen siendo reconocidas como oportunidades relevantes, aunque menos prioritarias frente a los beneficios ambientales, económicos y sociales más inmediatos. Así, las valoraciones reflejan claramente que las organizaciones del vino priorizan la eficiencia hídrica y energética, la calidad del producto, la sostenibilidad ambiental y la proyección de marca, sin perder de vista los desafíos de adaptación tecnológica y social.

5. Conclusiones

En este trabajo se ha evaluado el impacto del proyecto LIFE Climawin, una iniciativa orientada a la descarbonización y adaptación climática del sector vitivinícola a través de soluciones tecnológicas replicables. Las intervenciones implementadas incluyen la regeneración ecológica de suelos agrícolas mediante reforestación autóctona y aplicación de biochar, el aprovechamiento térmico del agua subterránea, la captura y reutilización del CO₂ procedente de la fermentación y el despliegue de un sistema inteligente de gestión energética integral. La evaluación de estas acciones se ha realizado mediante la metodología IROs (Impactos, Riesgos y Oportunidades), basada en el enfoque de doble materialidad. Esta herramienta permite integrar la perspectiva ambiental y socioeconómica para valorar no solo los efectos del proyecto sobre el entorno, sino también la exposición del propio sistema productivo a los riesgos y oportunidades derivados del cambio climático y la transición ecológica. El uso de esta metodología ha facilitado una medición rigurosa y multidimensional de los beneficios, así como la identificación de barreras potenciales, contribuyendo a la toma de decisiones estratégicas orientadas a la sostenibilidad sistémica del modelo vitivinícola.

El análisis de las valoraciones realizadas por los distintos grupos de interés del sector vitivinícola (expertos, empleados, comunidad local, empresarios, organismos gubernamentales y sector turístico del vino) revela un

consenso muy positivo sobre el impacto global del proyecto LIFE Climawin. Las acciones mejor valoradas, con puntuaciones cercanas o superiores a 9, son el aprovechamiento eficiente del agua, los ahorros y eficiencia energética, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, el desarrollo de economía circular y la mejora de la calidad ambiental y del entorno. Estas medidas son percibidas como transformadoras, tanto para la sostenibilidad ambiental como para la competitividad y la resiliencia del sector ante el cambio climático.

De forma transversal, todos los grupos destacan también la mejora de la imagen de marca, la reputación empresarial y la conservación de la cultura vitivinícola como oportunidades estratégicas clave, situando la sostenibilidad como un valor central para la diferenciación y el posicionamiento del vino en los mercados actuales y futuros. El reconocimiento de la innovación tecnológica, la formación y cualificación del personal y la replicabilidad de las acciones refuerza la percepción de que el proyecto no solo aporta beneficios inmediatos, sino que sienta las bases para una transformación estructural del sector.

En cuanto a los impactos negativos y riesgos, aunque se identifican preocupaciones recurrentes como los costes de mantenimiento de nuevas tecnologías, el aumento del consumo de materias primas no renovables, la pérdida de empleos tradicionales y la dificultad para encontrar personal cualificado, estas valoraciones son mucho más bajas (generalmente entre 3 y 7,5) y no se perciben como barreras insalvables, sino como desafíos gestionables mediante formación, comunicación y apoyo institucional.

Además, los riesgos relacionados con la comunicación y el impacto visual o ambiental son vistos como secundarios frente a los beneficios principales.

En síntesis, la valoración integral de los stakeholders muestra que el proyecto LIFE Climawin es ampliamente aceptado y respaldado, no solo por sus efectos tangibles en eficiencia, ahorro y reducción de impactos, sino también por su capacidad para fortalecer la identidad, la cohesión y la proyección del sector del vino.

Los autores agradecen al Programa LIFE de la Comisión Europea su apoyo financiero al proyecto (Id:101113948-LIFE22-CCM-ES-CLIMAWIN) Presupuesto total: 994.195€ Financiación EU: 596.517€ (60%).

6. Referencias

1. C. van Leeuwen, G. Sgubin, B. Bois, N. Ollat, D. Swingeduw, S. Zito, G. A. Gambetta, *Nat Rev Earth Environ* 5, 258–275 (2024).
2. P. Fernández-Serrano, P. Tarancón, L. Bonet, C. Besada, *Agronomy* 12(3) (2022)
3. I. Schäufele, U. Hamm, *J. Clean. Prod.* 147, 379 (2017)
4. R. Bandinelli, D. Acuti, V. Fani, B. Bindi, G. Aiello, *Br. Food J.* 122(5) (2020)
5. M. Wagner, P. Stanbury, T. Dietrich, J. Döring, J. Ewert, C. Foerster, M. Freund, M. Friedel, C. Kammann, M. Koch, T. Owtram, H.R. Schultz, K. Voss-Fels, J. Hanf, *Sustainability (Switzerland)* 15(13) (2023)
6. S.M. Fleishman, H.W. Bock, D.M. Eissenstat, M. Centinari, *Agric. Ecosyst. Environ.* 313 (2021)
7. D. Warren Raffa, D. Antichi, S. Carlesi, C. Frascioni, S. Marini, S. Priori, P. Bàrberi, *Agronomy* 11(4) (2021)
8. X.X. Guo, H.T. Liu, J. Zhang, *Waste Manag.* 102 (2020)
9. S. Behera, K. Samal, *Energy Nexus* 7 (2022)
10. A. Gueddari-Aourir, A. García-Alaminos, S. García-Yuste, C. Alonso-Moreno, J. Canales-Vázquez, J.E. Zafrilla, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 157 (2022).
11. C. Alonso-Moreno, S. García-Yuste, *Sci. Total Environ.* 568 (2016)
12. G. Ciotti, A. Zironi, M. Bietresato, R. Gubiani, R. Zironi, *Sustain. Energy Technol. Assess.* 71, 103983 (2024)
13. M. de Castro, J. Baptista, C. Matos, A. Valente, A. Briga-Sá, *Sci. Total Environ.* 930 (2024)
14. T. Pucci, E. Casprini, A. Galati, L. Zanni, *J. Bus. Res.* 119 (2020)/10.3390/BEVERAGES7010015
15. A. Baiano, *Beverages* 7(1) (2021)
16. Directiva (UE) 2022/2464 del Parlamento Europeo y del Consejo, Diario Oficial de la Unión Europea L 322, 15 (2022) empresas. Diario Oficial de la Unión Europea L 322, de 16 de diciembre de 2022, p. 15.