



Trabajo Fin de Grado

Análisis económico del tratamiento convencional y
con ozono en la viticultura riojana en el caso del
proyecto INNOZONE

Autor

Mario Eguizábal Fernández

Directora

Yolanda Martínez Martínez

Facultad de Economía y Empresa

2025

RESUMEN

En este trabajo se analiza la viabilidad económica del proyecto INNOZONE, desarrollado en una parcela de viñedo de las Bodegas Campo Viejo de la DOCa Rioja. El estudio compara dos estrategias de tratamientos para combatir el oídio en la vid. El tratamiento convencional, basado en el uso de fitosanitarios y el tratamiento con ozono, que emplea agua ozonizada para luchar contra la plaga como alternativa sostenible. El análisis se realiza durante las campañas de 2022, 2023 y 2024, recopilando datos sobre costes, ingresos y márgenes netos.

Los resultados muestran que, el tratamiento convencional presenta de media rentabilidades negativas, mientras que el tratamiento con ozono requiere incrementos en la producción superiores al 5% para cubrir los costes. No obstante, el uso de ozono podría ser una alternativa a examinar si se considera su menor uso de fitosanitarios, ya que podría optarse a la venta de las producciones en los mercados ecológicos.

El trabajo muestra una aproximación práctica para valorar la incorporación de tratamientos innovadores en viticultura como es el ozono, pudiendo servir de referencia para viticultores y bodegas de La Rioja.

ABSTRACT

This study analyses the economic viability of the INNOZONE project, developed on a vineyard plot belonging to Bodegas Campo Viejo in the Rioja DOCa. The study compares two treatment strategies for combating powdery mildew in vines. The conventional treatment, based on the use of phytosanitary products, and the ozone treatment, which uses ozonated water to combat the pest as a sustainable alternative. The analysis is carried out during the 2022, 2023 and 2024 campaigns, collecting data on costs, revenues and net margins.

The results show that conventional treatment has negative returns on average, while ozone treatment requires production increases of more than 5% to cover costs. However, the use of ozone could be an alternative to consider given its lower use of phytosanitary products, as it could be eligible for sale in organic markets.

Título del Trabajo Fin de Grado

The study presents a practical approach to assessing the incorporation of innovative treatments in viticulture, such as ozone, and could serve as a reference for winegrowers and wineries in La Rioja.

ÍNDICE

1. Introducción	5
1.1. Retos actuales en viticultura	9
1.2. Proyecto INNOZONE	10
1.3. Objetivos, motivaciones y utilidad	11
2. Metodología	13
2.1 Área de estudio y diseño experimental.....	13
2.2 Variables económicas evaluadas	15
3. Resultados	17
3.1 Tratamiento convencional	17
3.2 Tratamiento con ozono	18
3.3 Análisis comparativo	20
4. Conclusiones	23
5. Referencias bibliográficas	24

1. Introducción

La Comunidad Autónoma de la Rioja, se caracteriza por unas condiciones climáticas y edafológicas particulares que influyen significativamente en su agricultura. Su clima templado, con temperaturas medias anuales entre 12 y 14 grados y con lluvias distribuidas equilibradamente a lo largo del año, junto con una amplia variedad de suelos, hacen de la región un territorio particularmente adecuado para el buen desarrollo de diversos cultivos como la vid.

La viticultura, constituye uno de los pilares económicos y sociales más relevantes en la región, englobando tanto el cultivo como la industria manufacturera, que se encarga de elaborar el vino. En La Rioja, tanto la agricultura como la industria manufacturera presentan un mayor peso en la economía que el resto del país. En concreto, el índice de especialización productiva en la agricultura es de un 2,17 y de 1,82 en la industria manufacturera (Afi & INE, en OIVE, 2023). Un valor de este índice superior a 1 indica que la región está más especializada en esa actividad que el promedio nacional.

La relevancia de este sector se refleja también en su aportación al Producto Interior Bruto (PIB) de la región, pues aporta más del 6,5% del PIB de La Rioja, según el informe de la Organización Interprofesional del Vino de España, (2023). Además, dicho sector genera más de 12.210 empleos tanto directos, indirectos e inducidos, lo que representa casi un 10% del empleo total de la Comunidad según esta misma fuente

El sector se caracteriza por un marcado perfil exportador. Las ventas al exterior del sector de la fabricación de bebidas, representan un 13,4% del total de la región (Gobierno de La Rioja, 2023), mostrando un superávit comercial superior a los 320 millones de euros anuales, situando a La Rioja en la tercera Comunidad con mayores exportaciones de dichos productos, por detrás de Castilla-La Mancha y Cataluña.

Según el Plan de Internacionalización 2024-2025 del Gobierno de La Rioja, dentro del sector de las bebidas, el vino, representa cerca de un 42% en el sector y el porcentaje de exportación correspondiente al sector alimenticio representa más del 36%, mostrando el vino un elevado peso dentro del comercio exterior de La Rioja.

El cultivo de la vid, se encuentra presente en 117 municipios de La Rioja, lo cual representa un 67,2% del total de municipios. Destaca el comportamiento demográfico

en dichos municipios, siendo más favorable en los que cuentan con viñedo, con un crecimiento de la población de un 6% y de forma desfavorable en los municipios sin viñedo la población ha disminuido en un 8,8% (Organización Interprofesional del Vino de España, 2023). Esta característica muestra la importancia del cultivo como fijador de población y generador de riqueza, especialmente en las zonas rurales.

Por otro lado, en La Rioja se encuentran dos Denominaciones de Origen Protegidas (DOP), la DOCa Rioja y la DOP Cava. En cuanto a la DOCa Rioja, cuenta con más de 65.000 hectáreas de viñedo compartidas con Navarra y Álava (Comunicación personal, 2025). A la superficie de La Rioja le corresponden más de 45.000 hectáreas según los últimos datos publicados, lo que representa alrededor del 5% de toda la superficie de viñedo nacional (Organización Interprofesional del Vino de España, 2023). Respecto a la DOP Cava comparte con otras 6 Comunidades Autónomas en las que se encuentran, Aragón, Cataluña, Comunidad Valenciana, Extremadura, Navarra y País Vasco.

El tejido empresarial que forma el sector vitivinícola riojano está mayoritariamente compuesto por bodegas de reducida dimensión, siendo más de 300 bodegas inscritas en la DOCa Rioja y en la DOP Cava con domicilio social en La Rioja. El 71% de estas bodegas son microempresas, mientras que el 23% son pequeñas empresas. Solo un 6% son medianas empresas y apenas el 1% se corresponde con grandes empresas (OIVE, 2023).

Esta estructura, basada principalmente en micro y pequeñas empresas, muestra la relevancia social y territorial de la viticultura en La Rioja, además de la necesidad de buscar proyectos de innovación y eficiencia para mantener la competitividad en el sector.

La Denominación de Origen Rioja es la más antigua de España. Fue creada en 1925 y un año más tarde surgió el Consejo Regulador Denominación Origen Calificada Rioja.

Sin embargo, existen referencias sobre acuerdos entre los productores de vino de la región para distinguirlos del resto de regiones, para llevar a cabo su comercialización y garantizar su calidad que datan el siglo XVI. Se decidió etiquetar los vinos de una forma común.

Más tarde, ya a comienzos del siglo XX, las juntas de viticultores se pusieron de acuerdo para crear un precinto de garantía, es decir, una marca que permitiese distinguir los vinos de La Rioja del resto del mundo, lo que dio lugar a la creación de la Denominación de Origen Rioja.

Con el paso de los años, a finales del siglo XX, los viticultores comenzaron a conocer y aplicar diferentes métodos para la maduración de los vinos, mejorando su calidad. Se generó la categoría “crianza”, otorgando un nuevo precinto de garantía para diferenciarse, siendo vinos que necesariamente tienen que pasar períodos mínimos de envejecimiento.

En 1991, “Rioja” se convirtió en la primera Denominación de Origen Calificada (DOCa), lo que supuso un hito para la comunidad y un refuerzo para el precinto de garantía incorporando elementos de seguridad en el etiquetado.

En los últimos años la DOCa Rioja junto al Consejo Regulador, han diseñado planes estratégicos para posicionar la DOCa Rioja en el mercado y hacer crecer su notoriedad. Se han desarrollado campañas de promoción para revalorizar la marca “Rioja”, se ha trabajado en el fomento del enoturismo definiendo rutas de calidad turística y se ha potenciado la internacionalización a través de las exportaciones entre otras estrategias.

Desde 2017, se está haciendo un esfuerzo por hacer una clasificación más detallada de vinos vinculados a zonas concretas, creando de esta manera sub-denominaciones, con el objetivo de destacar características únicas de zonas concretas de la región (Consejo Regulador DOCa Rioja – Riojawine, 2023).

En la Imagen 1 se muestra el mapa de la DOCa Rioja donde se localizan las tres sub-zonas que integran la Denominación Rioja. Rioja Alta, Rioja Alavesa y Rioja Baja, cada una con sus particularidades y que forman la prestigiosa y reconocida DOCa Rioja.

Imagen 1: Mapa de las subzonas de la DOCa Rioja



Fuente: Blog de vino Decántalo (2018)

Además de su valor histórico, la DOCa Rioja se caracteriza por disponer de una sólida organización regida por el Consejo Regulador Denominación de Origen Rioja, quien se encarga del control y la gestión de la Denominación de Origen Rioja.

El Consejo lleva a cabo exhaustivos controles tanto en bodega como en los cultivos, con el fin de otorgar la garantía sobre cada partida de vino elaborada, y que pueda pasar a ser considerada Rioja. Estos controles van más allá del ámbito de producción y elaboración del vino, también se llevan a cabo controles sobre los vinos comercializados, tanto en el mercado nacional como en el internacional. Todo ello, permite garantizar la trazabilidad y calidad a los consumidores, a través del sello DOCa Rioja (Consejo Regulador DOCa Rioja, 2023).

Asimismo, formar parte de la DOCa Rioja supone diversas ventajas tanto para las bodegas como los viticultores. Entre ellas destacan la protección legal del nombre “Rioja”, el reconocimiento internacional del sello “Rioja”, que otorga un mayor acceso a la comercialización en mercados exteriores, así como la posibilidad de beneficiarse de proyectos de innovación y la garantía de calidad que ofrece el vino al estar sometido a estrictos mecanismos de supervisión y certificación por parte del Consejo Regulador (Marqués del Atrio, 2024).

1.1. Retos actuales en viticultura

En las últimas décadas, La Rioja ha registrado un incremento de temperatura media de casi 1°C entre 1975 y 2018, lo que ha modificado los ciclos de la vid y aumentando de esta manera los riesgos del estrés hídrico en fases críticas de maduración (AEMET, 2020). A ellos se le suma una distribución notablemente irregular de las precipitaciones, favoreciendo la proliferación de plagas como *Plasmopara viticola* (mildiu) y *Erysiphe necator* (oídio), lo que ha llevado a elevar la carga de tratamientos fitosanitarios y, por tanto, originando la necesidad de aplicar el Real Decreto 1311/2012, que regula un uso sostenible de fitosanitarios (MAPA, 2013).

Por otro lado, la importante diversidad dentro de la propia DOCa, derivada de las diferencias en los tipos de suelo, la altitud y microclima, origina zonas de vigor y rendimiento dispares, lo que dificulta la medición uniforme y hace necesario recurrir a herramientas de teledetección para obtener datos de mayor precisión sobre cada parcela (Peña Ramírez, María del Carmen, 2014).

Asimismo, la escasez de mano de obra en períodos clave para la viticultura, que ha llegado a superar el 60 % de déficit, genera una gran incertidumbre en labores como la vendimia y la poda, lo que impulsa la búsqueda de soluciones en las nuevas tecnologías que optimicen algunas de estas tareas (UAGR, 2019).

En los últimos años, la inteligencia artificial se está consolidando en nuestra sociedad de una forma muy rápida. En viticultura, la inteligencia artificial junto a la teledetección se ha consolidado como una herramienta esencial para la gestión eficiente y sostenible del viñedo.

La DOCa Rioja cuenta con más de 65.000 hectáreas de viñedo, lo cual hace físicamente imposible realizar tareas como el control de uva producida o la detección anticipada de plagas (comunicación personal, 2025). La posibilidad de desarrollar modelos aplicados a imágenes satelitales y a datos de sensores representa una oportunidad de mejorar la gestión de grandes extensiones de cultivo. Estos modelos que permiten analizar grandes volúmenes de información, como datos de climatología y de cultivo para analizar la presencia de plagas y poder realizar intervenciones tempranas, además de analizar los cultivos para controlar el uso de productos fitosanitarios, entre otras funciones.

Recientes estudios, muestran precisiones superiores al 90 % en la detección de zonas con déficit de riego (IIAMA-UPV, 2024) y se han logrado predecir rendimientos con márgenes de error inferiores al 5% gracias a modelos de regresión avanzados (Universidad de Zaragoza, 2023). Estas metodologías además de optimizar los recursos y controlar plagas, son capaces de generar datos cuantitativos muy precisos que ayudan a la toma de decisiones por parte de las Bodegas Campo Viejo, en este caso de estudio.

1.2. Proyecto INNOZONE

El proyecto INNOZONE, desarrollado por la empresa SpectralGeo, es una iniciativa de innovación aplicada al viñedo riojano cuyo propósito es mejorar el control del oídio mediante una combinación de agua ozonizada y herramientas de monitorización basadas en inteligencia artificial y teledetección (comunicación personal, Julio 2025). El proyecto se desarrolla en parcelas de viñedo DOCa Rioja de las Bodegas Campo Viejo, donde se llevan a cabo ensayos con el objetivo de evaluar la eficacia de los tratamientos además de la viabilidad técnica y operativa en condiciones reales de cultivo.

En términos generales, con el proyecto se busca reducir el uso de fitosanitarios sin comprometer la sanidad del viñedo ni la calidad del vino, además de cumplir criterios de sostenibilidad y eficiencia (Universidad de La Rioja, 2023; Pernod Ricard Winemakers Spain, 2022; Gobierno de La Rioja, 2025). El proyecto cuenta con financiación pública y se alinea con los objetivos europeos de reducción del uso de productos fitosanitarios, poniendo énfasis en reducir el uso de tratamientos convencionales (Universidad de La Rioja, 2023; Pernod Ricard Winemakers Spain, 2022).

El proyecto se lleva a cabo en las Bodegas Campo Viejo (Pernod Ricard Winemakers Spain) que coordina la parte experimental en campo y el seguimiento en bodega. La Universidad de La Rioja, es la responsable de la investigación y la evaluación científico-técnica, mientras que SpectralGeo, se encarga de desarrollar los modelos predictivos y los mapas a partir de datos meteorológicos, observación a través de satélites e información de campo.

Finalmente, el Servicio de Investigación Agraria y Sanidad Vegetal del Gobierno de La Rioja, aporta soporte técnico y se ocupa de la transferencia de los resultados al sector.

INNOZONE persigue introducir soluciones de IA y ozono en la viticultura riojana, para conseguir así una reducción en el uso de fitosanitarios, además de una optimización en los costes de los cultivos, consiguiendo una gestión del viñedo más precisa y sostenible.

El proyecto plantea la observación de variables técnicas y el diseño de estrategias que afectan notablemente a la gestión del cultivo, por lo que es previsible que los resultados tendrán un impacto sobre las variables económicas de las explotaciones vitivinícolas. El análisis de los efectos sobre la viabilidad económica, sin embargo, no se ha incluido entre los objetivos específicos del proyecto.

1.3. Objetivos, motivaciones y utilidad

El presente trabajo tiene como objetivo general, evaluar el impacto técnico-económico del proyecto INNOZONE, que plantea aplicar una gestión innovadora de plagas en el cultivo de la vid, basada en herramientas de inteligencia artificial y aplicación de agua ozonizada. En concreto, se plantea una comparación de la rentabilidad económica entre el tratamiento convencional y el tratamiento innovador. Esta información resulta esencial para determinar la viabilidad del proyecto de mejora de la gestión de plagas en el cultivo y puede ser de gran utilidad para complementar la información técnica generada durante el mismo.

Los objetivos específicos del trabajo son los siguientes:

- Describir las variables implicadas en el cultivo de la vid para realizar el análisis de costes de producción para los tratamientos convencional y por ozono.
- Recopilar y realizar el cálculo y la comparación de los costes de producción para los tres años en los que se ha llevado a cabo el proyecto (2022-2023-2024)
- entre ambos tratamientos.
- Valorar el impacto del uso de ozono para combatir el oídio en la vid, como alternativa sostenible al uso de fitosanitarios.

En el entorno vitivinícola actual, los agricultores se enfrentan a desafíos cada vez más complejos que amenazan tanto la calidad de los vinos como la rentabilidad de sus cultivos y obligan a los viticultores a buscar soluciones innovadoras para gestionar sus viñedos de forma más eficiente, precisa y sostenible.

Por tanto, la motivación personal de realizar mi trabajo de fin de grado sobre este tema se debe a la vinculación personal que tengo con La Rioja y con la agricultura, en particular con la viticultura. Además, soy un apasionado de las nuevas tecnologías y del potencial que pueden llegar a tener como el que se está viendo con la inteligencia artificial.

Por todo ello, he optado por centrar mi Trabajo de Fin de Grado en combinar la viticultura riojana con las nuevas tecnologías, a través de la empresa SpectralGeo, de la cual dispongo de acceso a datos y metodologías reales a través de una persona conocida que se encuentra trabajando en la empresa.

Con todo ello me permiten desarrollar una evaluación completa de su proyecto INNOZONE en las parcelas de las Bodegas Campo Viejo, con el objetivo de observar cómo la IA y el ozono pueden combatir el oídio en la vid a través de recursos naturales como es el ozono, para evitar en la mayor medida posible el uso de fitosanitarios y, en definitiva, conseguir la propuesta de la Unión Europea con la reducción de dichos químicos en los cultivos.

Asimismo, tras la evaluación económico-técnica del proyecto INNOZONE, los resultados obtenidos pueden ser útiles para analizar si el nuevo tratamiento innovador para combatir el oídio en la vid, resulta rentable para las Bodegas Campo Viejo y poder implementar dicho tratamiento en más de sus cultivos o dejar de aplicarlo.

Además, aunque el estudio es realizado para los cultivos de una Bodega en particular, el trabajo puede ser de gran utilidad para la toma de decisiones de otros viticultores, ya que el estudio aporta información útil sobre los costes del uso de tratamientos para los cultivos de vid en La Rioja.

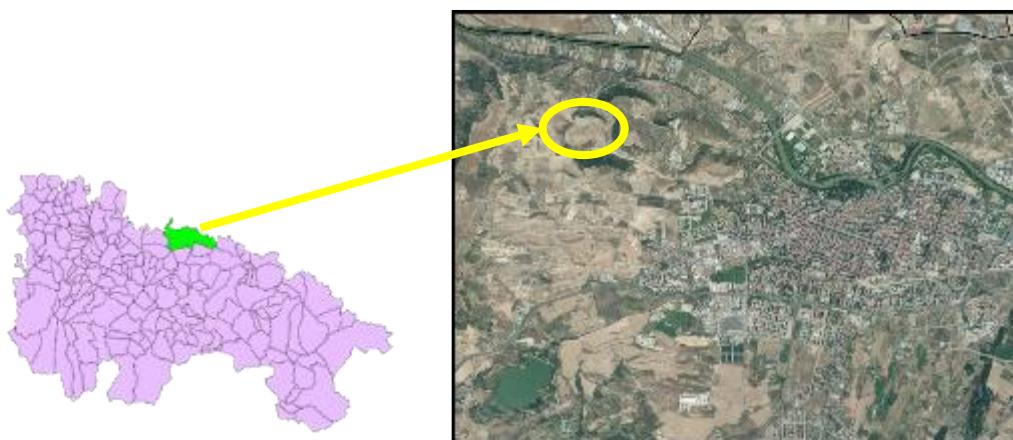
2. Metodología

2.1 Área de estudio y diseño experimental

El estudio se realiza en una parcela de las Bodegas Campo Viejo (Pernod Ricard Winemakers Spain, S.A.U.) localizada en Logroño, La Rioja, con las variedades de uva de Tempranillo (1990) y Graciano (2003). El proyecto se llevó a cabo durante tres campañas, desde 2022 hasta 2024.

La Imagen 2 muestra una vista de satélite de la zona exacta donde se ha realizado el estudio.

Imagen 2: Área de estudio



La zona de estudio se caracteriza por un clima mediterráneo continental con estaciones notablemente marcadas, caracterizadas por veranos calurosos y secos e inviernos fríos. Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 10°C y 13°C, con máximas que pueden alcanzar los 30°C en verano y mínimas que rondan los 0°C en invierno. Respecto a las precipitaciones, se registra una media anual de entorno 400-500 mm de agua, que se distribuyen principalmente entre otoño y primavera, con sequía en los meses de verano (AEMET, 2025).

La parcela del ensayo es un viñedo integrado en una superficie propia de la bodega de 54 hectáreas de viña en espaldera, con un sistema de riego por goteo localizado, lo que asegura una correcta distribución del agua. Los suelos son predominantemente arcillo-calcáreos, característicos de dicha zona, con una potente retención de humedad y

profundidad que favorecen al cultivo. Respecto a la altitud, la parcela ronda los 400-450 metros sobre el nivel del mar, siendo una altitud media del viñedo en La Rioja.

En el proyecto INNOZONE se comparan tres estrategias de tratamientos llevados a cabo. En primer lugar, el tratamiento que la empresa denomina “Convencional”, es decir, a través del uso de los fitosanitarios que caracterizan la gestión habitual en la zona, especialmente para combatir el oídio. El siguiente tratamiento sería el de ozono, mediante agua ozonizada, en el que se combina el ozono con el agua para expandirla en las parcelas afectadas. La aplicación de dicho tratamiento se realiza a través de los mapas de riesgo diseñados por Spectral Geo.

Por último, el último tratamiento denominado “Combinado” corresponde a una mezcla entre los tratamientos convencional y de ozono. Con este método, el tratamiento con ozono representa la base y puntualmente se refuerza con el uso de fitosanitarios, pero siempre con el objetivo de reducir el número de aplicaciones químicas.

En este trabajo se lleva a cabo la comparativa entre los tratamientos “Convencional” y “Ozono”.

La metodología llevada a cabo para extraer los datos de campo se basa en observaciones directas en el viñedo, realizando conteos periódicos de racimos y hojas. Se recopiló un total de 715 datos de filas para racimos y 616 para hojas, con frecuencia semanal a lo largo de 2022, 2023 y 2024, registrando estadísticos de severidad sobre el porcentaje de infección de las cepas y sobre la incidencia de la misma, obteniendo el porcentaje de cepas afectadas (comunicación interna, agosto 2025).

La incidencia se midió como el porcentaje de cepas afectadas por la enfermedad, mientras que la severidad se definió como la media del porcentaje de infección de las cepas. En concreto se evaluaron 100 hojas y 50 racimos por muestreo, pudiendo evaluar la extensión de la plaga como su intensidad de daño (comunicación personal, 2025).

Por otro lado, mediante imágenes satelitales y de sensores embarcados en drones, se obtuvieron de la parcela los datos coincidentes con los muestreos de campo (Gobierno de La Rioja, 2024).

Los datos agroclimáticos de temperatura, humedad y precipitaciones se extrajeron de las estaciones más cercanas a la zona de estudio (comunicación interna, agosto 2025).

Con estos datos, se desarrollan los modelos de IA para la monitorización y detección anticipada de plagas. Estos modelos se consideran muy eficaces cuando se combinan con la teledetección (Universidad de La Rioja, 2023).

2.2 Variables económicas evaluadas

Para llevar a cabo el análisis de rentabilidad se ha optado por recopilar y comparar los costes directos asociados a los dos tratamientos evaluados: convencional y ozono. Los costes directos incluyen los conceptos de fertilización, tratamientos fitosanitarios, maquinaria y mano de obra necesaria para estas operaciones. También se incluyen los costes de amortización de la plantación y de la maquinaria. Para el caso del tratamiento con ozono se ha añadido la partida de ozono en los costes de materias primas y productos.

Los datos correspondientes a estos costes directos (en €/ha) para el caso del tratamiento convencional, se han extraído de la página web del Gobierno de La Rioja. En ella se encuentran los datos del coste de producción para la uva tinta, ya que las dos variedades de uva que se trabajan en el proyecto son tempranillo y graciano. Se han tomado los datos de las tres campañas de cultivo en las que se desarrolló el experimento de campo, en los años 2022, 2023 y 2024, para posteriormente calcular una media.

Para el cálculo de los ingresos, se han considerado los rendimientos medios del viñedo para cada año (en kg/ha) y los precios de mercado obtenidos de la página web del Gobierno de La Rioja (Gobierno de La Rioja 2023).

En el caso del tratamiento con ozono, al no poder conseguir los datos oficiales del proyecto por parte de las Bodegas Campo Viejo, se han realizado una serie de estimaciones basadas en datos del proyecto “Campogalego, 2022” y en costes de generadores de ozono (Absolute Ozone, 2023).

Las estimaciones se han llevado a cabo, en primer lugar, eliminando los costes de fitosanitarios, dado que el ozono puede sustituir eficazmente a los fitosanitarios. En

segundo lugar, se ha añadido como nueva partida la variable “Ozono”, con un valor fijo de 120 €/ha al año, correspondiente al coste de funcionamiento más la amortización del generador. Por otro lado, se procedió a realizar un ajuste en la partida “Otros costes variables” de un 10%, debido a un mayor consumo en el suministro de agua que requiere dicho tratamiento. Por último, se ha procedido a evaluar diferentes escenarios aplicando incrementos del 5, 10, 15, 20 y 25 % sobre las partidas variables ozono, maquinaria, carburantes, reparaciones y mano de obra (comunicación personal, 2025).

Con respecto a la producción, se estima que el tratamiento con ozono puede repercutir en un incremento de la misma. Este incremento se considerará del 1, 2 y 5%.

Finalmente, se calculará la diferencia entre ingresos y costes directos, obteniendo el margen neto medio para cada tipo de tratamiento.

3. Resultados

3.1 Tratamiento convencional

La Tabla 1 recoge los costes directos correspondientes al tratamiento convencional y el cálculo de la media. Como se observa, la media del coste total para el tratamiento convencional es de 4.259,85 €/ha. Dentro de dicho valor, las partidas más destacables corresponden a los costes de maquinaria y mano de obra, con un porcentaje sobre el total del 52%, seguidos de las amortizaciones que representan un 27% sobre el total y por último los costes de materias primas y productos con un peso del 21%. Dentro de los costes de materias primas y productos, cabe destacar el peso de los fitosanitarios, siendo de un 44% sobre el total de dichos costes.

Tabla 1. Costes de tratamiento convencional

UVA TINTA	2022	2023	2024	MEDIA
	€/ha	€/ha	€/ha	€/ha
Costes materias primas y productos				
Fertilizantes	319,88	303,12	154,55	259,18
Fitosanitarios	383,50	368,72	447,86	400,03
Otros costes variables	224,83	253,17	268,33	248,78
Total	928,21	925,01	870,74	907,99
Costes maquinaria y mano de obra				
Maquinaria alquilada	331,00	331,00	402,00	354,67
Carburantes y lubricantes	261,14	253,00	234,34	249,49
Reparaciones y mantenimiento	302,49	344,31	355,18	333,99
Mano de obra contratada	709,32	760,65	715,69	728,55
Mano de obra del titular	513,41	550,28	562,23	541,97
Total	2.117,36	2.239,24	2.269,45	2.208,68
Costes amortizaciones				
Amortización plantación	639,85	529,39	638,7	602,65
Amortización de maquinaria	488,18	612,02	521,4	540,53
Total	1.128,03	1.141,41	1.160,10	1.143,18
TOTAL COSTES	4.173,60	4.305,66	4.300,28	4.259,85

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 2 recoge los ingresos correspondientes al tratamiento convencional, con unos ingresos medios en los tres años del proyecto de entorno a los 4000 €/ha, siendo el 2022

el año de mayores rendimientos, resultando unos ingresos totales de 4.414,78 €/ha a pesar de ser el año con el precio de la uva más bajo de los tres años analizados.

Tabla 2. Ingresos de tratamiento convencional

UVA TINTA	2022	2023	2024	MEDIA
Producción (kg/ha)	6.218	5.650	4.476	5448 kg/ha
Precio UVA (€/kg)	0,71	0,73	0,73	0,72
TOTAL INGRESOS (€/ha)	4414,78	4124,5	3267,48	3938,90

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la rentabilidad del tratamiento convencional, en los tres años analizados del proyecto resulta una rentabilidad negativa siendo el año 2022 el único con rendimientos positivos. Este comportamiento puede explicarse por la caída del rendimiento del cultivo y los bajos precios de la uva. A pesar de ser una región vitivinícola muy consolidada en el tiempo, factores como los mencionados han reducido la rentabilidad media de los cultivos en los últimos años.

Tabla 3. Rentabilidad de tratamiento convencional

	2022	2023	2024	MEDIA
Margen Neto (€/ha)	+241,18	-181,16	-1.032,80	-320,95

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Tratamiento con ozono

La Tabla 4 recoge los escenarios de costes del tratamiento con ozono, considerando incrementos del 5, 10, 15, 20 y 25 % sobre las partidas variables. El coste total medio se sitúa en 4.394,91 €/ha, siendo ligeramente superior al tratamiento convencional.

Al desglosar los resultados, se observa que la partida con mayor peso son los costes de maquinaria y mano de obra con una representación media del 58% sobre el total, seguido de los costes de amortizaciones con un 26% y por último los costes de materias primas y productos con un 16%. Dentro de los costes de materias primas y productos, el mayor peso lo tiene la partida otros costes variables, con una representación media

aproximada del 45%. El ozono, como nueva alternativa representa entorno a un 20% del total de los costes de materias primas y productos.

Tabla 4. Escenarios de los costes de tratamiento con ozono.

UVA TINTA	5%	10%	15%	20%	25%	MEDIA
						€/ha
Costes materias primas y productos	672,52	692,20	711,89	731,57	751,25	711,89
Costes maquinaria y mano de obra	2319,11	2429,55	2539,98	2650,42	2760,85	2539,98
Costes amortizaciones	1143,05	1143,05	1143,05	1143,05	1143,05	1143,05
TOTAL COSTES	4134,68	4.264,80	4.394,91	4.525,03	4.655,15	4394,91

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 5 muestra distintos escenarios de ingresos correspondientes al tratamiento con ozono, en función de incrementos de producción considerados respecto a la media de 5448 kg/ha (comunicación personal, 2025).

Tabla 5. Escenarios de los ingresos de tratamiento con ozono.

UVA TINTA	0%	1%	2%	5%
Producción (kg/ha)	5.448	5.502	5.557	5.720
Precio Medio Uva (€/kg)		0,72		
TOTAL INGRESOS (€/ha)	3922,56	3961,44	4001,04	4118,4

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 6, recoge los resultados del margen neto para los diferentes escenarios de aumento de producción. En todos los escenarios, se observa que el margen neto es negativo, lo que significa que los ingresos no son suficientes para cubrir los costes y por tanto, no sería viable el tratamiento.

Sin un incremento de la producción, se aprecia una pérdida de -472,35 €/ha, pero a medida que aumenta la producción, la pérdida va disminuyendo hasta situarse en -276,51 €/ha para el escenario más favorable de aumento de producción.

Tabla 6. Rentabilidad de tratamiento con ozono

Aumento en la producción	0%	1%	2%	5%
Margen Neto (€/ha)	-472,35	-433,47	-393,87	-276,51

Fuente: Elaboración propia

3.3 Análisis comparativo

A modo de comparación de los tratamientos analizados, se ha calculado la media de los costes de todos los años de la campaña. A través de esta media se observa la comparativa entre el tratamiento convencional y el tratamiento con ozono en los diferentes escenarios de incrementos. Con ello se observa la viabilidad de este innovador tratamiento para combatir el oídio en la vid.

Los resultados muestran que en escenarios de bajo incremento de los costes (5% y 10%), los costes del tratamiento con ozono son muy similares a los costes del tratamiento convencional, siendo el tratamiento con ozono competitivo en costes frente al otro tratamiento. Sin embargo, en escenarios de mayores incrementos (15%, 20% y 25%), se observa que los costes del nuevo tratamiento superan notablemente a los costes del convencional, siendo necesarios incrementos en la producción para que el tratamiento resulte viable. Para el caso del escenario del aumento del 15%, sería necesario un incremento en la producción del 3,4% (+185 kg/ha). Respecto al escenario de incremento del 20% sería necesario aumentar la producción en un 6,7% (+363 kg/ha) y en cuanto al último escenario del 25%, la producción debería aumentar en un 10% (+541 kg/ha) para que el proyecto fuera viable.

Estos resultados muestran que la viabilidad económica del ozono está condicionada por los escenarios que se tomen en los costes de la implantación del ozono. No obstante, se debe tener en cuenta el valor que supone la reducción de productos químicos, tanto para la mejora de la sostenibilidad y el alineamiento con la Estrategia Europea (Comisión Europea, 2020), como para la posibilidad de acceder a nuevos mercados como es el ecológico, en los que los precios son notablemente superiores a los convencionales.

Esta perspectiva, abre un nuevo camino a la rentabilidad del ozono pudiendo posicionar la uva trabajada con dicho tratamiento en nuevos mercados y hacerlo de forma competitiva.

En la Tabla 7, se observa la comparativa en los márgenes entre el precio de uva convencional y el precio de uva ecológica. Se ha estimado un precio de 0,80 €/ha para el precio de la uva ecológica.

Se muestra que, a precios convencionales, todos los escenarios resultan márgenes negativos, reflejando que el ozono no es rentable si se comercializa la uva a precios convencionales.

Sin embargo, en el caso de precios ecológicos, con un incremento de tan sólo un 1%, el margen neto resulta positivo y a medida que la producción aumenta, los márgenes también lo hacen de manera progresiva, mostrando que la posibilidad de acceder a mercados diferenciados como el ecológico es una vía para hacer rentable el nuevo tratamiento.

Tabla 7. Comparativa entre precio de la uva convencional y ecológica

Escenarios	0%	1%	2%	5%
Producción (kg/ha)	5.448	5.502	5.557	5.720
Costes (€/ha)	4.394,91	4.394,91	4.394,91	4.394,91
Ingresos precio Convencional 0,72 €/kg	3922,56	3961,79	4001,01	4118,4
Margen neto (€/ha)	-472,35	-433,12	-393,90	-276,22
Ingresos precio Ecológico 0,80 €/kg	4358,4	4401,6	4445,6	4576
Margen neto (€/ha)	-36,51	6,69	50,69	181,09

Fuente: Elaboración propia

También es importante destacar que la evaluación de innovaciones técnicas debe ser contrastada con sus resultados económicos. En este estudio se muestra que el tratamiento con ozono solo resulta rentable en escenarios concretos, ya sea con incrementos en la producción superiores al 5% o accediendo a nuevos mercados como puede ser el ecológico, donde el precio de la uva es superior al convencional.

Por ello, las bodegas y empresarios vitivinícolas deben tener en cuenta y valorar si las condiciones de sus cultivos permiten alcanzar dichos escenarios de rentabilidad y apostar por la implantación del tratamiento.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran una notable vulnerabilidad en los años analizados en la viticultura riojana, ya que con el tratamiento convencional basado en fitosanitarios, la media de los márgenes netos resulta negativa. Por otro lado, respecto al tratamiento con ozono, para resultar rentable tendrían que darse aumentos en la producción superiores al 5% o valorar la entrada a nuevos mercados como el de producción ecológica, siendo el tratamiento rentable incluso con aumentos en la producción del 1%, lo que refuerza su potencial como alternativa sostenible.

No obstante, el análisis presenta una serie de limitaciones derivadas de la falta de acceso a datos económicos reales del proyecto INNOZONE que no ha sido posible conseguir, lo que ha hecho preciso basar los datos sobre el tratamiento con ozono en estimaciones y fuentes secundarias. Esta situación obliga a interpretar los resultados obtenidos con cautela.

De cara a futuro, el proyecto de tratamiento con ozono debería enfocarse hacia mercados como el ecológico, donde el precio de uva es superior y desde aumentos mínimos en la producción de aproximadamente el 1%, se ha observado que el tratamiento resulta rentable. De esta manera, este nuevo tratamiento además de mejorar la rentabilidad económica, también podría servir como tratamiento innovador para avanzar hacia un futuro más sostenible y competitivo en la viticultura riojana.

5. Referencias bibliográficas

- Absolute Ozone. (2023). Costo de desinfección del agua con ozono.
<https://es.absoluteozone.com/costo-de-desinfeccion-del-agua-con-ozono/>
- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). (2020). *Informe climático de La Rioja 1975–2018.*
https://www.aemet.es/documentos/estudios_climaticos/Informe_La_Rioja_1975-2018.pdf
- Campogalego. (2022). *¿Puede ser el ozono una alternativa para atajar el mildiu en los viñedos?* <https://www.campogalego.es/>
- Comisión Europea. (2020). *Estrategia “De la granja a la mesa”.* Bruselas: Unión Europea.
- Consejo Regulador DOCa Rioja – Riojawine. (2023a, marzo 31). *History.*
<https://riojawine.com/doca-rioja/nuestra-historia-milenaria/>
- Consejo Regulador DOCa Rioja – Riojawine. (2023b, marzo 31). *Regulatory Council of the Qualified Designation of Origin Rioja - Official Website DOCa Rioja.* <https://riojawine.com/blog/geografia-y-terrinos-de-la-region-de-rioja/>
- Experiencias innovadoras en la viticultura de la DOCa Rioja. (2014). *Tesis doctoral, Universidad de La Rioja.*
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/tesis/48516.pdf>
- Gobierno de La Rioja. (2023). *Precios de la uva y del vino de Rioja (DOCa Rioja).* *Observatorio de Precios Agrarios.*
<https://www.larioja.org/agricultura/es/estadistica-agraria/precios-uva-vino-rioja-doc-rioja>
- Gobierno de La Rioja. (2024). *Mapas de riesgo de oídio para viña en La Rioja (modelo Gubler–Thomas) y Manual de uso.*
<https://www.larioja.org/agricultura/es/informacion-agroclimatica/mapas-riesgo-oidio-vina-rioja/>

- Gobierno de La Rioja. (2023). *Costes de producción - Agricultura - Portal del Gobierno de La Rioja.* <https://www.larioja.org/agricultura/es/estadistica-agraria/observatorio-precios-agrarios/costes-produccion>
- Interprofesional del Vino de España. (2023). *Informe sobre la relevancia económica y social del sector vitivinícola en La Rioja.* https://interprofesionaldelvino.es/wp-content/uploads/2024/02/Informe-Relevancia-economica-y-social-del-sector-vitivinicola-en-LA-RIOJA_2023.pdf
- IIAMA-UPV. (2024). Aplicación de aprendizaje automático para la detección de estrés hídrico en viñedos. *Revista Española de Teledetección*, 56, 45–62.
- Marqués del Atrio. (2024). *Qué es y qué hace el Consejo Regulador DOCa Rioja.* Bodegas Marqués del Atrio. <https://marquesdelatrio.com/blog/vino/consejo-regulador-rioja/>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2013). *Real Decreto 1311/2012, de 14 de septiembre, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios.* *Boletín Oficial del Estado*, 236, 94637–94659. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2012/09/14/1311>
- Pernod Ricard Winemakers Spain. (2022, 27 de diciembre). *Proyecto INNOZONE: Resultados positivos.* <https://www.pernod-ricard-winemakers.com/es-es/proyecto-innozone-2/>
- Pernod Ricard Winemakers Spain. (2024, 11 de julio). *Proyecto INNOZONE: Avances y desafíos.* <https://www.pernod-ricard-winemakers.com/es-es/proyecto-innozone-avances/>
- Universidad de La Rioja. (2023, 14 de junio). *El proyecto de investigación INNOZONE desarrolla una estrategia basada en la aplicación de ozono para controlar el oídio en la vid.* <https://www.unirioja.es/el-proyecto-de-investigacion-innozone-desarrolla-una-estrategia-basada-en-la-aplicacion-de-ozono-para-controlar-el-oidio-en-la-vid/>

- Universidad de Zaragoza. (2023). *Modelos predictivos de rendimiento en viticultura basados en inteligencia artificial* (Tesis doctoral, Facultad de Ciencias).
- Unión de Agricultores y Ganaderos de La Rioja (UAGR). (2019). *Informe sobre mano de obra agraria y vendimia en La Rioja*.
<https://uagr.org/informes/vendimia2019.pdf>
- Actualidad La Rioja. (2023). *Las exportaciones en La Rioja alcanzan en 2023 la cifra de 2.313,3 millones de euros, un 10,4% más que en 2022.*
<https://actualidad.larioja.org/noticia?n=not-las-exportaciones-en-la-rioja-alcanzan-en-2023-la-cifra-de-2-313-3-millones-de-euros-un-10-4-m>