

GreenSoilVin



***“Obtención de vinos sostenibles y de calidad
mediante estrategias alternativas en la gestión
de la fertilidad”***

**GRUPO OPERATIVO
AGACAL [FEADER 2022/023B]**

**Financiación 179.993,21 €
100% fondos FEADER**

MEMORIA FINAL LIBRE

Contenidos

1. Introducción.....	3
2. Objetivos.....	4
2.1 Objetivo general.....	4
2.2 Objetivo específico 1:.....	4
2.3 Objetivo específico 2:.....	4
2.4 Otros objetivos.....	4
3. Metodología.....	5
3.1 Ensayos y tratamientos.....	5
3.2 Análisis realizados.....	8
4. Resultados.....	9
4.1 Resultados de los parámetros vitícolas.....	9
4.1.2 Información general de la climatología de Galicia en el año 2023.....	9
4.1.3 Información general de la climatología de Galicia en el año 2024.....	10
4.1.4 Ciclo Vitícola y Sanidad Vegetal 2023:.....	11
4.1.5 Ciclo Vitícola y Sanidad Vegetal 2024:.....	12
4.1.6 Producción de las cosechas 2023 y 2024.....	13
4.1.7 Índice de Ravaz de las parcelas de muestreo 2023 y 2024.....	15
4.1.8 Conclusiones en relación a los resultados vitícolas.....	19
4.2 Resultados de parámetros vinícolas.....	20
4.2.1 Procedimiento de las microvinificaciones.....	20
4.2.2 Parámetros de los vinos terminados.....	24
4.2.3 Conclusiones en relación a los resultados vinícolas.....	26
4.3 Resultados de los parámetros edafológicos.....	27
4.3.1 Resumen.....	27
4.3.2 Métodos.....	28
1. Fertilidad del suelo.....	28
2. Secuestro de carbono.....	29
3. Abundancia microbiana.....	29
6. Rendimiento y costes de producción.....	30
4.3.3 Resultados de los parámetros analizados.....	31
1. Fertilidad del suelo.....	31
2. Secuestro de carbono.....	33
3. Abundancia microbiana.....	33
6. Rendimiento y costes de producción.....	36
4.3.4 Conclusiones en relación a los resultados edafológicos.....	38
5. Bibliografía.....	39

1. Introducción

El uso de fertilizantes de síntesis química representa un desafío creciente en la agricultura actual.

En primer lugar, su aplicación resulta ineficiente, ya que las plantas sólo absorben una fracción de los fertilizantes aplicados. El excedente queda retenido en el suelo, alterando la microbiota y pudiendo filtrarse hacia aguas superficiales y subterráneas, con el consiguiente riesgo medioambiental. En segundo lugar, la producción de fertilizantes requiere grandes cantidades de recursos naturales, como minerales, energía y gas natural, generando un impacto ambiental significativo. Por último, el elevado costo de estos insumos, derivado del aumento de los precios de la energía y del gas natural necesarios para su fabricación, supone también un desafío económico para la agricultura convencional. Ante esta situación, **es fundamental encontrar alternativas que favorezcan una agricultura más sostenible a medio y largo plazo.** De no hacerlo, será difícil garantizar una producción de alimentos de calidad para una población en constante crecimiento, mantener precios justos para los productores y asegurar una calidad de vida adecuada en las zonas rurales.

Una de las prácticas agrícolas más prometedoras en este contexto es el **uso de cubiertas vegetales**, una técnica reciente que busca mantener la productividad agrícola de diversas maneras: prevenir la erosión del suelo, mejorar la retención de agua, controlar el crecimiento de malezas, actuar como trampas de plagas y enfermedades, y aportar nutrientes al suelo como fertilizante natural, o combinar varias de estas funciones. Consiste en cultivar una especie vegetal en parte de la superficie destinada a un cultivo principal, con el objetivo de cumplir la función agronómica deseada.

Dentro de este enfoque, **las leguminosas juegan un papel clave.** Estas plantas tienen la capacidad única de fijar nitrógeno atmosférico mediante su asociación simbiótica con microorganismos del suelo, como los rizobios (bacterias de los géneros *Allorhizobium*, *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium* y *Sinorhizobium*) (Aparicio-Tejo et al., 2008; Doménech X., 2009). Gracias a esta interacción, las leguminosas transforman el nitrógeno del aire en nitrógeno amoniacal y, posteriormente, en nitrógeno nítrico, la forma que las plantas pueden absorber (Doménech X., 2009).

Este proyecto propone **implementar cubiertas vegetales a base de leguminosas** para evaluar su capacidad de aportar los macronutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas, reduciendo así el uso de fertilizantes sintéticos. La hipótesis de trabajo establece que las leguminosas, a través de la fijación atmosférica de nitrógeno en simbiosis con los rizobios, proporcionarán nitratos al cultivo principal. Además, el resto de nutrientes se aportará mediante el uso de las plantas como abono verde, tanto de las leguminosas como de los cereales intercalados.

Durante el estudio, **se evaluaron diferentes dosis de fertilizantes de síntesis química** en combinación con cultivos de leguminosas y cereales, incluyendo tratamientos con una reducción del fertilizante químico al 50% y al 0%. Para analizar la efectividad de esta práctica, se evaluó la fertilidad del suelo y se monitoreó la mejora de su microbiología, con especial atención a la calidad y salud del mismo.

Este cambio de paradigma en la fertilización de los viñedos, impulsado por estrategias europeas como **De la Granja a la Mesa**, puede tener un impacto directo en la **calidad de los vinos**. Modificar el

ciclo de nutrientes en el suelo podría influir en las propiedades de la uva, el mosto y, en última instancia, del vino. Por lo tanto, resulta imprescindible evaluar la calidad de la producción y la sanidad vegetal al implementar estas cubiertas vegetales, así como caracterizar enológicamente los vinos obtenidos.

Para ello, **se monitoreó el impacto de las plagas en la planta** y se llevaron a cabo **microvinificaciones** bajo los diferentes tratamientos ensayados. Los vinos resultantes fueron evaluados con el objetivo de analizar su calidad y validar el efecto de las cubiertas vegetales en el viñedo desde una perspectiva agronómica y enológica.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

El objetivo general de este proyecto es evaluar la calidad final de vinos provenientes de diferentes manejos de fertilización derivados de la implementación de cubiertas vegetales a base de leguminosas y utilizadas como abonos en verde utilizando diferentes tipos de labranza, comparándolas con las prácticas convencionales de adición de fertilizantes de síntesis química en diferentes dosis.

2.2 Objetivo específico 1:

Probar el uso de veza (*Vicia sativa*) combinada con cereales: avena (*Avena sativa*), y cebada (cebada común), como coberturas vegetales en cultivos de viña y reducir, al menos al 50%, el uso de fertilizantes de síntesis química, e identificar una correlación en la fertilidad del suelo y de los vinos producidos.

2.3 Objetivo específico 2:

Utilizar diferentes tipos de labranza a aplicar en el manejo de cubiertas vegetales: proceder a su corte y dejarlas en la superficie del suelo (labranza mínima) o enterrarlas profundamente (labranza tradicional), e identificar una correlación en la fertilidad de los suelos y los vinos producidos.

2.4 Otros objetivos

Evaluar la producción agrícola y la calidad de la uva, mosto y vino (producto final) frente a la fertilización convencional, ya que pueden producirse cambios tanto cuantitativos como cualitativos en la fracción de nitrógeno de los mostos, influyendo en la composición aromática de los vinos obtenidos.

Determinar si las diferentes prácticas propuestas mejoran la biodiversidad del suelo y el secuestro de carbono. Además, estudiar los efectos sobre el microbioma del suelo y su relación con la calidad de la uva, el mosto y el vino.

Determinar la capacidad de fijación de nitrógeno mediante la combinación de leguminosas y cereales como cobertura vegetal en suelos de viñedo.

3. Metodología

En esta propuesta se llevaron a cabo cinco ensayos distribuidos en cuatro viñedos pertenecientes a dos Denominaciones de Origen (DO) de Galicia: **Rías Baixas** y **Monterrei**, durante un periodo de dos años. Se realizó un ensayo por viñedo, salvo en uno de ellos, donde se llevaron a cabo dos ensayos distintos. Los viñedos son gestionados por las bodegas que forman parte del grupo operativo, las cuales son: Martín Códax, Paco & Lola y Altos de Torona.

3.1 Ensayos y tratamientos

Se implementaron tres tratamientos en cada uno de los ensayos:

1. **Tratamiento con fertilizante químico:** dosis habitual (sin siembra de cubierta) [1]
2. **Reducción al 50% de la dosis de fertilizante químico + siembra de cubierta** de leguminosas y cereales. [2]
3. **Siembra de cubierta de leguminosas y cereales**, sin adición de fertilización química. [3]

Cada tratamiento fue replicado tres veces (a, b y c) en subparcelas de entre 100 y 200 m². A continuación, se detalla cómo se realizaron los ensayos en cada viñedo, considerando así las diferencias en condiciones de cultivo, condiciones edafoclimáticas y manejo:

Viñedos en Rías Baixas:

1. **Martín Códax** (cultivo en espaldera):
 - Tres tratamientos: abono verde incorporado al suelo.
2. **Paco & Lola** (cultivo en emparrado):
 - Tres tratamientos: abono verde incorporado al suelo.
3. **Altos de Torona** (viñedo en espaldera en pendiente pronunciada):
 - Tres tratamientos: abono verde incorporado al suelo.
 - Tres tratamientos: roza y abono verde aplicado en superficie.

Viñedo en Monterrei:

4. **Martín Códax** (cultivo en espaldera):
 - Tres tratamientos: abono verde incorporado al suelo.

Esta distribución permitió probar los tratamientos en viñedos de las dos DOs y con diferentes manejos de cultivo (espaldera, emparrado y pendientes) y gestión de la cubierta (enterrado o en superficie).

A continuación, se muestran los planos de las respectivas parcelas donde se llevaron a cabo los ensayos anteriormente mencionados (Figura 1; Figura 2; Figura 3; Figura 4)

Cada uno de los cuadros reflejados en las figuras (1-5) representa un tratamiento realizado, siendo 1: tratamiento con fertilizante químico; 2: 50% fertilizante químico + cubierta y 3: solo cubierta. Y cada uno de estos tratamientos, se realizó por triplicado (a, b y c).

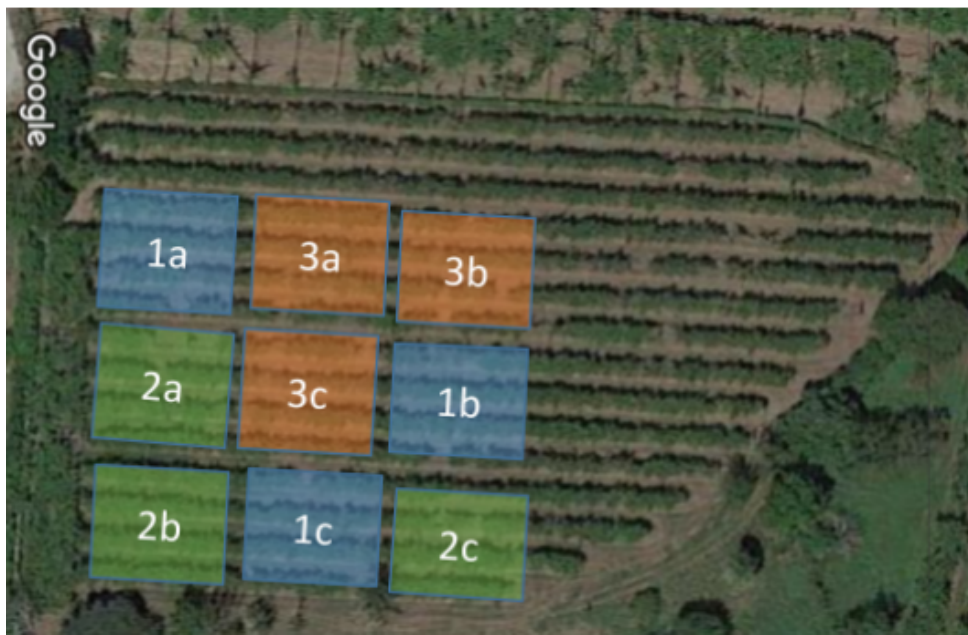


Figura 1. Parcela de ensayo de Martín Codax de la DO Rías Baixas (Iglesario de Tremoedo)

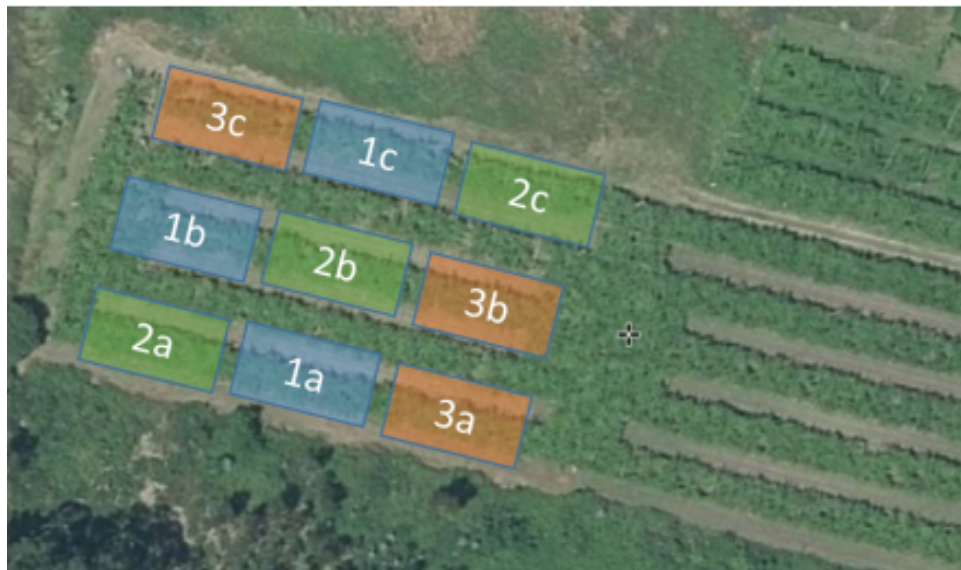


Figura 2. Parcela de ensayo de Paco & Lola de la DO Rías Baixas (Revolta)



Figura 3. Parcela de ensayo de Altos de Torona de la DO Rías Baixas (subparcela izquierda: abono en superficie; subparcela derecha: abono enterrado)



Figura 4. Parcela de ensayo de Martín Codax de la DO Monterrei (Vilardevós)

Las **cubiertas vegetales** se sembraron en otoño (octubre-noviembre) el primer año y a principios de año en la segunda campaña, utilizando una mezcla de semillas de tres especies (hortalizas, avena y cebada). Hacia finales de la primavera, se aplicaron los procedimientos de abono verde según el ensayo correspondiente.

3.2 Análisis realizados

Se llevaron a cabo muestreos y análisis diversos para evaluar el impacto de los tratamientos:

1. **Controles fitosanitarios:** Las bodegas monitorearon periódicamente la sanidad de las plantas, especialmente en los estados fenológicos más críticos.
2. **Producción de uva y calidad del vino:** Tras la vendimia, se cuantificó la producción de uva y se realizaron microvinificaciones con las uvas obtenidas de cada subparcela. Los vinos producidos fueron evaluados mediante paneles de cata para analizar su calidad.
3. **Muestreo del suelo y vegetación de las cubiertas:** La UVigo realizó tres muestreos a lo largo del ciclo de cultivo de la vid, en los siguientes momentos:
 - Antes de la siembra (otoño).
 - En primavera.
 - Antes del periodo de invernada.

En total, se obtuvieron **270 muestras de suelo**, calculadas como:

$5 \text{ ensayos} \times 3 \text{ tratamientos/ensayo} \times 3 \text{ réplicas/tratamiento} \times 2 \text{ años} \times 3 \text{ muestreos/año} = 270 \text{ muestras.}$

Los **parámetros** analizados en las **muestras de suelo** fueron los siguientes:

1. **Fertilidad del suelo:** análisis físico-químicos para medir pH, textura, contenido total de carbono y nitrógeno, así como las formas amoniacal y nítrica del nitrógeno.
2. **Secuestro de carbono:** determinación del contenido de carbono orgánico en las 270 muestras.
3. **Abundancia microbiana:** evaluación de lípidos de membrana (PLFA) para identificar biomasa total, fúngica y bacteriana.
4. **Biodiversidad microbiana:** análisis de ADN microbiano en 60 muestras seleccionadas (15 al inicio del proyecto y 45 al final del segundo año en viñedos).
5. **Fijación de nitrógeno atmosférico:** uso de análisis de isótopos estables para rastrear el origen y disponibilidad del nitrógeno en el sistema atmósfera-suelo-planta. Este análisis se realizó en 90 muestras (45 del primer año antes de incorporar las cubiertas vegetales y 45 del segundo año antes del mismo proceso).

Con esta metodología, el proyecto permitió evaluar el impacto de las cubiertas vegetales en diferentes contextos de cultivo y manejo, tanto en términos de sostenibilidad agronómica como en la calidad del producto final.

4. Resultados

4.1 Resultados de los parámetros vitícolas

4.1.2 Información general de la climatología de Galicia en el año 2023.

Para evaluar con precisión todos los parámetros vitícolas, es fundamental conocer y tener en cuenta los factores externos que influyen en el desarrollo del viñedo, siendo la climatología uno de los más determinantes. Las condiciones climáticas pueden afectar tanto el crecimiento de la vid como la calidad de la uva, por lo que un análisis detallado del clima resulta esencial para la toma de decisiones en el ámbito vitícola.

En la tabla 1 se refleja la información climatológica del periodo 2022-2023, respecto a los valores de referencia recogidos entre 1981 y 2010.

Tabla 1. Climatología de invierno y primavera 2022-2023 (temperatura y precipitaciones respecto al valor de referencia 1981-2010)

Estación	Tem. (°C)	Anomalia	Precipitación (L/m ²)	Anomalia
Invierno	Cálido	+0,8 °C	húmedo	+36 %
Primavera	Moio cálido	+1,9 °C	Seca	-24 %

Valores medios con respecto ao periodo de referencia

El mes de junio se caracterizó por ser excepcionalmente cálido y, al mismo tiempo, muy húmedo, con condiciones climáticas inestables debido a la presencia de la tormenta Oscar. Este fenómeno dejó varios días de lluvias generalizadas, lo que resultó en un exceso de precipitación para el mes.

A pesar de las lluvias, las temperaturas no descendieron significativamente. De hecho, durante la segunda quincena de junio, se registró un importante episodio de calor. Las temperaturas medias se situaron muy por encima de los valores habituales para este mes, tanto en sus registros mínimos como máximos. Esto se debió a que, incluso en los períodos de baja presión a mediados de mes, las masas de aire en superficie continuaban siendo cálidas.

La anomalía de temperatura media en Galicia, calculada a partir de datos de once estaciones meteorológicas representativas, fue de +2,1 °C, lo que permite calificar junio como un mes *muy cálido* en el conjunto de la región.

En cuanto a las precipitaciones, las lluvias acumuladas superaron ampliamente los valores normales para junio. Dado que climatológicamente este suele ser un mes con escasas precipitaciones, las lluvias asociadas a las dos tormentas principales explican la notable anomalía positiva registrada en junio de 2023. La precipitación promedio acumulada fue de 112 L/m², aunque su distribución no fue uniforme debido al carácter convectivo de las precipitaciones a lo largo del mes.

El valor medio de precipitación registrado en las 16 estaciones que conforman la serie regional para junio de 2023 fue de 102 L/m², lo que clasifica el mes como *muy húmedo*. De hecho, se convirtió en el mes de junio más lluvioso desde 1988.

4.1.3 Información general de la climatología de Galicia en el año 2024.

En la tabla 2 se refleja la información climatológica del periodo 2023-2024, respecto a los valores de referencia recogidos entre 1981 y 2010.

Tabla 2. Climatología de invierno y primavera (temperatura y precipitaciones respecto al valor de referencia 1981-2010)

Estación	Temperatura (°C)	Anomalía	Pluviometría (L/m ²)	Anomalía
Inverno	Moi Cálido	+1,5 °C	Húmido	+18 %
Primavera	Cálida	+0,5 °C	Moi húmida	+67 %

Táboa 07. Valores medios con respecto ao período de referencia

El mes de junio presentó valores de temperatura media y precipitación muy próximos a los registros climatológicos habituales. Esto se debe a la alternancia de condiciones: una primera y última semana cálida y seca, compensadas por dos semanas intermedias más frías y húmedas. Como resultado, las anomalías térmicas y pluviométricas se equilibraron en gran medida a lo largo del mes.

En términos de temperatura, los valores medios registrados en Galicia se mantuvieron dentro de los rangos climatológicos para junio. Sin embargo, las temperaturas más bajas durante las dos semanas centrales hicieron que, en muchas zonas, especialmente en la mitad norte, la temperatura máxima media se situara por debajo de lo esperado.

La temperatura media de junio, calculada a partir de los datos de once estaciones meteorológicas representativas de la serie regional para 2024, fue de 17,9 °C, un valor muy cercano al promedio climático de 17,7 °C correspondiente al período de referencia 1981-2010. Por lo tanto, el mes de junio puede considerarse *normal*, con una leve anomalía positiva de +0,2 °C.

En cuanto a las precipitaciones, los acumulados no presentaron desviaciones significativas respecto a los valores esperados para junio. No obstante, las lluvias tuvieron en muchos casos un carácter tormentoso, lo que generó una distribución irregular. Algunas zonas superaron los valores climatológicos habituales, mientras que otras se situaron ligeramente por debajo.

La precipitación promedio acumulada, obtenida a partir de las mediciones de las 16 estaciones que conforman la serie regional, fue de 58 L/m², superando ligeramente el promedio climático de 51 L/m² registrado en el período 1981-2010.

En consecuencia, la anomalía de precipitación para junio en Galicia, calculada a partir del promedio de las anomalías en las dieciséis estaciones meteorológicas representativas, fue un 14% superior al valor climatológico normal, lo que permite clasificar el mes como *ligeramente húmedo*.

4.1.4 Ciclo Vitícola y Sanidad Vegetal 2023:

El ciclo vitícola de la cosecha 2023 comenzó de manera rápida y con notables diferencias entre las distintas subzonas, e incluso dentro de ellas. La brotación se inició a mediados de marzo en los viñedos con mejor ubicación y exposición, como en la denominación de origen Rías Baixas, mientras que en otras zonas, como Monterrei, se retrasó hasta finales de mes. Afortunadamente, no se registraron pérdidas significativas por heladas, y los daños causados por granizo y viento fueron mínimos, afectando solo al 1,2% de la superficie cultivada.

La floración transcurrió de manera favorable en la mayoría de los viñedos, con un desarrollo rápido y sin evidencias de caída de flores. Al término de este proceso, los racimos presentaron un tamaño ligeramente superior al de una cosecha habitual.

Desde el punto de vista meteorológico, el mes de abril estuvo marcado por condiciones de alta humedad y temperaturas elevadas, creando un entorno propicio para la primera primoinfección de mildiú. De hecho, la primera mancha de la enfermedad se detectó el 10 de abril en Rías Baixas, antes de lo habitual.

Durante abril y mayo, la combinación de humedad relativa elevada y temperaturas templadas favoreció la proliferación del mildiú, acortando los ciclos de contaminación. Esta situación requirió un estricto control del viñedo, con numerosas intervenciones fitosanitarias. No obstante, hasta mediados de junio no se registraron pérdidas significativas por plagas o enfermedades.

La floración se adelantó respecto a lo habitual, comenzando el 8 de mayo y extendiéndose hasta finales de mes, bajo condiciones climáticas excepcionalmente cálidas y secas.

El inicio del cuajado tuvo lugar a principios de junio, un mes que se caracterizó por ser muy cálido y húmedo, con frecuentes tormentas que dificultaron el control de enfermedades fúngicas en los viñedos. Aunque hasta mediados de junio no se reportaron pérdidas importantes en la producción de uva, a partir de ese momento comenzaron a aparecer viñedos afectados por larvas de mildiú, posiblemente como consecuencia de infecciones previas no controladas.

En julio, con el viñedo en estado fenológico L (cierre del racimo), se mantuvieron condiciones de alta humedad relativa, con valores superiores al 75% y frecuentes episodios de rocío, lo que favoreció nuevas esporulaciones de patógenos. Sin embargo, en esta fase fenológica, la vulnerabilidad de los racimos a la infección es menor.

La comarca de Monterrei inició la vendimia de forma temprana y se enfrentó a problemas de sequía y mildiú, lo que afectó los rendimientos en ciertas zonas. A pesar de ello, el estado sanitario de las uvas fue, en términos generales, satisfactorio. Las lluvias de junio contribuyeron a mitigar parcialmente los efectos de la sequía, aunque en algunas parcelas nuevas se observaron signos de estrés hídrico.

En términos generales, la sanidad de la uva en 2023 presentó desafíos derivados del mildiú y el estrés hídrico. Sin embargo, gracias a un adecuado manejo del viñedo, se logró mantener una calidad aceptable. No obstante, en algunos casos aislados, como en el viñedo Iglesias de Tremoedo (Martín Códax), el mildiú tuvo un impacto severo, con pérdidas superiores al 90% de la cosecha.

4.1.5 Ciclo Vitícola y Sanidad Vegetal 2024:

El ciclo vitícola de la cosecha 2024 comenzó de forma rápida y con una notable irregularidad, tanto entre las distintas subzonas como dentro de un mismo viñedo. Se observó que el índice de fertilidad de las yemas fértiles fue inferior al de 2023, especialmente en aquellos viñedos que registraron una alta producción el año anterior.

Según los datos climáticos, el invierno fue húmedo y cálido. Como resultado, los viñedos con mejor ubicación y exposición iniciaron la brotación durante la primera quincena de marzo de manera irregular, incluso dentro de la misma finca o planta.

El rápido desarrollo de la brotación también propició un adelanto en la floración, alcanzando el 50% de los viñedos en esta fase a mediados de mayo. Aunque las condiciones iniciales fueron favorables, la floración se vio prolongada por un descenso de temperaturas y la aparición de tormentas. Estas condiciones climatológicas, altamente propicias para el desarrollo del mildiú, dificultaron la aplicación de tratamientos fitosanitarios adecuados.

Las pérdidas por heladas, granizo y viento fueron mínimas (1,3%), salvo en la comarca de Monterrei, donde se registró una pérdida del 50% de la cosecha en la parcela en estudio debido a las heladas.

La floración avanzó con rapidez a principios de junio bajo condiciones meteorológicas favorables; sin embargo, a mitad del proceso, las tormentas y el descenso de temperaturas ralentizaron su evolución, extendiéndola hasta la primera quincena del mes. Este fenómeno provocó una caída significativa de flores, con pérdidas estimadas en torno al 10%, muy por encima del 2% registrado el año anterior. Como consecuencia, los racimos se desarrollaron más pequeños y menos compactos que en una cosecha habitual.

El cuajado comenzó a principios de junio, en un entorno tormentoso que favoreció el desarrollo de diversos patógenos, especialmente el mildiú. No obstante, los tratamientos fitosanitarios aplicados permitieron su adecuada neutralización, evitando la aparición del mildiú larvado hasta ese momento.

Las condiciones climáticas, caracterizadas por una elevada humedad, temperaturas mínimas nocturnas altas y una buena insolación diurna, impulsaron un crecimiento vegetativo acelerado. Esto obligó a realizar podas, deshojados y otras labores culturales para mejorar la ventilación de los racimos y optimizar la eficacia de los tratamientos fitosanitarios. A medida que avanzaba la fase fenológica, se detectó una alta presencia de mildiú larvado en los racimos, lo que requirió intervenciones específicas y un seguimiento intensivo para minimizar pérdidas.

El ciclo vitícola de 2024 experimentó un ligero retraso respecto al de 2023 debido a las condiciones meteorológicas adversas registradas entre finales de junio y la primera quincena de julio.

A pesar de estos desafíos, la sanidad de la uva en 2024 fue superior, con una menor incidencia de enfermedades y una reducción en la necesidad de tratamientos fitosanitarios, lo que permitió obtener mostos equilibrados y con un grado alcohólico óptimo.

No obstante, en la parcela Iglesias de Tremoedo (Martín Códax), se registró nuevamente una pérdida significativa de cosecha, en torno al 50%, debido a los daños causados por el mildiú.

4.1.6 Producción de las cosechas 2023 y 2024

En términos de cantidad, 2023 marcó un récord con 75,4 millones de kilos de uva en Galicia, superando la media de la última década. Esto fue un aumento del 7% desde 2022 y un 18% por encima del promedio de 2014-2023.

En 2024, la producción alcanzó los 74 millones de kilos, cifra sólo un 4% inferior a la del año anterior, pero aún superando en un 11% la media 2015-2024. Este resultado reflejó un año de producción sólida y consistente. La DO Monterrei creció un 11% respecto a 2023.

Tabla 3. Valores de los parámetros de los diferentes ensayos en Tremoedo 2023-2024 (D.O. Rías Baixas)

Tremoedo (Martín Codax: R.Baixas)		2023	2024
1	Producción (Kg.)	27,67	76,33
	Superficie (m2)	256	256
	Rendimiento (Kg/ha)	1081	2982
2	Producción (Kg.)	28,00	57,00
	Superficie (m2)	256	256
	Rendimiento (Kg/ha)	1094	2227
3	Producción (Kg.)	22,67	84,00
	Superficie (m2)	256	256
	Rendimiento (Kg/ha)	885	3281

Tabla 4. Valores de los parámetros de los diferentes ensayos en Vilardevós 2023-2024 (D.O.Monterrei)

Vilardevós (Martín Codax: Monterrei)		2023	2024
1	Producción (Kg.)	14,38	15,73
	Superficie (m2)	10	43
	Rendimiento (Kg/ha)	14263	3642
2	Producción (Kg.)	11,29	19,83
	Superficie (m2)	10	43
	Rendimiento (Kg/ha)	11197	4591
3	Producción (Kg.)	9,70	18,32
	Superficie (m2)	10	43
	Rendimiento (Kg/ha)	9620	4242

Tabla 5. Valores de los parámetros de los diferentes ensayos en Revolta 2023-2024 (D.O. Rías Baixas)

Revolta (Paco & Lola: R.Baixas)		2023	2024
1	Producción (Kg.)	144,46	230,02
	Superficie (m2)	135	135
	Rendimiento (Kg/ha)	10700	17038
2	Producción (Kg.)	156,05	264,63
	Superficie (m2)	135	135
	Rendimiento (Kg/ha)	11559	19602
3	Producción (Kg.)	165,27	269,00
	Superficie (m2)	135	135
	Rendimiento (Kg/ha)	12242	19926

Tabla 6. Valores de los parámetros de los diferentes ensayos en Pazo 2023-2024 – Siega y abono verde en superficie. (D.O. Rías Baixas)

Pazo (Altos de Torona: R.Baixas: en superficie)		2023	2024
1	Producción (Kg.)	222,89	129,33
	Superficie (m2)	150	150
	Rendimiento (Kg/ha)	14860	8622
2	Producción (Kg.)	186,45	126,00
	Superficie (m2)	150	150
	Rendimiento (Kg/ha)	12430	8400
3	Producción (Kg.)	272,01	151,67
	Superficie (m2)	150	150
	Rendimiento (Kg/ha)	18134	10111

Tabla 7. Valores de los parámetros de los diferentes ensayos en Pazo 2023-2024 - Abono verde enterrado. (D.O. Rías Baixas)

Pazo (Altos de Torona: R.Baixas: enterrado)		2023	2024
1	Producción (Kg.)	257,04	140,33
	Superficie (m2)	150	150
	Rendimiento (Kg/ha)	17136	9356
2	Producción (Kg.)	252,44	150,00
	Superficie (m2)	150	150
	Rendimiento (Kg/ha)	16829	10000
3	Producción (Kg.)	252,18	151,00
	Superficie (m2)	150	150
	Rendimiento (Kg/ha)	16812	10000

4.1.7 Índice de Ravaz de las parcelas de muestreo 2023 y 2024

La calidad disminuye si aumenta la relación producción/vigor, de ahí la importancia de conseguir un adecuado equilibrio vegetativo en el viñedo. El índice de Ravaz, que relaciona la producción de uva y la madera de poda, tiene sus valores óptimos entre 5-10 (Hidalgo, 2002).

Para calcular el índice de Ravaz se divide el peso de la uva cosechada (kg) por el peso de la madera de poda (kg). Puede calcularse por planta o por metro lineal en el caso de viñedos conducidos sobre aramio. Si se puede tomar el promedio de toda la viña, si es uniforme; en caso contrario, el índice debe evaluarse con al menos 3-5 plantas por sector.

Si el índice calculado es:

- Menor a 4, entonces hay exceso de vigor (baja producción)
- Entre 4 y 7, entonces hay equilibrio productivo.
- Mayor a 7, entonces hay exceso productivo (exceso de producción)

Tabla 8. Valores de los parámetros de los diferentes ensayos en Tremoedo 2023 (Martín Codax: D.O. Rías Baixas).

Data peso producción:	14/09/2023	Data peso poda:	28/11/2023										
Cepa	1a	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	1b	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	1c	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios
Peso Producción		656	656	656		1281	1281	1281		656	656	656	864,33
Peso Poda	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cubierta espontánea	226	986	2120	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cubierta espontánea	700	1100	900	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cubierta espontánea	600	590	1450	963,56
I. Ravaz		2,90	0,67	0,31		1,83	1,16	1,42		1,09	1,11	0,45	1,22
Cepa	2a	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	2b	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	2c	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios
Peso Producción		1188	1188	1188		563	563	563		875	875	875	875,33
Peso Poda	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cubierta sembrada	710	930	876	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cubierta sembrada	1220	1980	1500	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cubierta sembrada	890	790	1400	1144,00
I. Ravaz		1,67	1,28	1,36		0,46	0,28	0,38		0,98	1,11	0,63	0,90
Cepa	3a	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	3b	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	3c	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios
Peso Producción		656	656	656		594	594	594		875	875	875	708,33
Peso Poda	Sen Fertiliz. mantenimiento + cubierta sembrada	2400	2538	2500	Sen Fertiliz. mantenimiento + cubierta sembrada	742	1400	2786	Sen Fertiliz. mantenimiento + cubierta sembrada	1240	1900	1800	1922,89
I. Ravaz		0,27	0,26	0,26		0,80	0,42	0,21		0,71	0,46	0,49	0,43

Tabla 9. Valores de los parámetros de los diferentes ensayos Tremoedo 2024 (Martín Codax: D.O. Rías Baixas).

Data peso producción:	12/09/2024	Data peso poda:	13/11/2024										
Cepa	1a	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	1b	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	1c	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios
Peso Producción		2625	2625	2625		2813	2813	2813		1719	1719	1719	2385,67
Peso Poda	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cubierta espontánea	3140	2280	3310	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cubierta espontánea	1250	2174	1370	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cubierta espontánea	1158	1160	1100	1882,44
I. Ravaz		0,84	1,15	0,79		2,25	1,29	2,05		1,48	1,48	1,56	1,43
Cepa	2a	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	2b	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	2c	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios
Peso Producción		1719	1719	1719		1594	1594	1594		2031	2031	2031	1781,33
Peso Poda	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cubierta sembrada	1510	1230	1630	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cubierta sembrada	1698	2430	1792	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cubierta sembrada	1760	2350	1942	1815,78
I. Ravaz		1,14	1,40	1,05		0,94	0,66	0,89		1,15	0,86	1,05	1,02
Cepa	3a	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	3b	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	3c	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios
Peso Producción		3188	3188	3188		2656	2645	2656		2031	2031	2031	2623,78
Peso Poda	Sen Fertiliz. mantenimiento + cubierta sembrada	3200	4140	3820	Sen Fertiliz. mantenimiento + cubierta sembrada	1330	1640	6480	Sen Fertiliz. mantenimiento + cubierta sembrada	3580	3120	1720	3225,56
I. Ravaz		1,00	0,77	0,83		2,00	1,61	0,41		0,57	0,65	1,18	1,00

Tabla 10. Valores de los parámetros de los diferentes ensayos en Vilardevós 2023 (Martín Codax: D.O.Monterrei).

1a,b,c Abonar mantenimiento dosis completa + cobertura espontánea	Peso Producción	1,44
	Peso Poda	0,80
	I. Ravaz	1,81
2a,b,c Abonar mantenimiento 1/2 dosis completa + cobertura de semillas	Peso Producción	1,13
	Peso Poda	0,80
	I. Ravaz	1,42
3a,b,c Sin fertilizante mantenimiento + cobertura sembrada	Peso Producción	0,97
	Peso Poda	0,80
	I. Ravaz	1,22

En este caso el I.Ravaz se calcula con los pesos medios de madera de poda de una parcela anexa, pero no de las parcelas experimentales para las que no se calcularon los pesos por parcela, si tenemos los pesos medios de producción por parcela experimental.

Tabla 11. Valores de los parámetros de los diferentes ensayos en Vilardevós 2024 (Martín Codax: D.O.Monterrei)

Data peso producción:	1/10/2024	Data peso poda:			18/11/2024										
Cepa		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios		
Peso Producción	1a	1,49	0,76	1,84	1b	1,4	1,32	1,09	1c	1,13	1,08	2,01	1,35		
Peso Poda	Fertiliz. mantemento dose completa + cuberta espontánea	1,33	1,29	2,01	Fertiliz. mantemento dose completa + cuberta espontánea	1,53	1,23	2,09	Fertiliz. mantemento dose completa + cuberta espontánea	1,59	1,77	2,61	1,73		
I. Ravaz		1,12	0,59	0,92		0,92	0,00	0,00		0,71	0,61	0,77	0,63		
Cepa		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios		
Peso Producción	2a	1,10	1,59	1,64	2b	1,50	1,80	2,04	2c	1,19	1,95	1,01	1,54		
Peso Poda	Fertiliz. mantemento 1/2 dose completa + cuberta sembrada	1,24	2,26	1,45	Fertiliz. mantemento 1/2 dose completa + cuberta sembrada	1,74	1,75	2,08	Fertiliz. mantemento 1/2 dose completa + cuberta sembrada	1,04	1,58	1,18	1,59		
I. Ravaz		0,89	0,70	1,13		0,86	1,03	0,98		1,14	1,23	0,86	0,98		
Cepa		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios		
Peso Producción	3a	0,69	1,07	0,75	3b	1,54	1,85	1,98	3c	1,15	1,46	1,76	1,36		
Peso Poda	Sen Fertiliz. mantemento + cuberta sembrada	1,57	2,52	1,35	Sen Fertiliz. mantemento + cuberta sembrada	1,25	1,75	2,34	Sen Fertiliz. mantemento + cuberta sembrada	1,09	1,46	1,98	1,75		
I. Ravaz		0,44	0,42	0,00		1,23	1,06	0,85		1,06	1,00	0,89	0,77		

Tabla 12. Valores de los parámetros de los diferentes ensayos en Revolta 2023 (D.O. Rías Baixas)

Data peso producción:	7/09/2023	Data peso poda:			1/02/2024										
Cepa		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios		
Peso Producción	1a	9,15	9,15	9,15	1b	10,23	10,23	10,23	1c	9,51	9,51	9,51	9,63		
Peso Poda	Fertiliz. mantemento dose completa + cuberta espontánea	2,26	3,12	2,55	Fertiliz. mantemento dose completa + cuberta espontánea	2,35	2,85	2,44	Fertiliz. mantemento dose completa + cuberta espontánea	3,12	3,75	3,78	2,91		
I. Ravaz		4,05	2,93	3,59		4,35	3,59	4,19		3,05	2,54	2,52	3,42		
Cepa		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios		
Peso Producción	2a	10,76	10,76	10,76	2b	8,31	8,31	8,31	2c	12,14	12,14	12,14	10,40		
Peso Poda	Fertiliz. mantemento 1/2 dose completa + cuberta sembrada	2,65	3,14	3,12	Fertiliz. mantemento 1/2 dose completa + cuberta sembrada	2,99	2,68	3,12	Fertiliz. mantemento 1/2 dose completa + cuberta sembrada	2,14	3,55	2,99	2,93		
I. Ravaz		4,06	3,43	3,45		2,78	3,10	2,66		5,67	3,42	4,06	3,63		
Cepa		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios		
Peso Producción	3a	11,04	11,04	11,04	3b	12,61	12,61	12,61	3c	9,41	9,41	9,41	11,02		
Peso Poda	Sen Fertiliz. mantemento + cuberta sembrada	4,15	2,85	3,32	Sen Fertiliz. mantemento + cuberta sembrada	3,54	3,70	3,25	Sen Fertiliz. mantemento + cuberta sembrada	3,56	2,14	2,65	3,24		
I. Ravaz		2,66	3,87	3,32		3,56	3,41	3,88		2,64	4,40	3,55	3,48		

Tabla 13. Valores de los parámetros de los diferentes ensayos en Revolta 2024 (D.O. Rías Baixas)

Data peso producción:	14/09/2024	Data peso poda: 20/11/2024											
Cepa	1a	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	1b	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	1c	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios
Peso Producción		14,50	14,50	14,50		16,74	16,74	16,74		14,77	14,77	14,77	15,33
Peso Poda	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cubierta espontánea	2,44	3,56	2,29	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cubierta espontánea	2,20	3,07	2,53	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cubierta espontánea	3,72	4,02	3,85	3,08
I. Ravaz		5,94	4,07	6,33		7,61	5,45	6,61		3,97	3,67	3,84	5,28
Cepa	2a	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	2b	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	2c	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios
Peso Producción		18,84	18,84	18,84		13,74	13,74	13,74		20,34	20,34	20,34	17,64
Peso Poda	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cubierta sembrada	2,90	3,88	3,26	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cubierta sembrada	3,18	2,56	2,48	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cubierta sembrada	2,38	3,63	2,75	3,00
I. Ravaz		6,50	4,86	5,78		4,32	5,37	5,54		8,55	5,60	7,40	5,99
Cepa	3a	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	3b	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	3c	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios
Peso Producción		18,22	18,22	18,22		19,41	19,41	19,41		16,18	16,18	16,18	17,93
Peso Poda	Sen Fertiliz. mantenimiento + cubierta sembrada	4,39	2,48	3,28	Sen Fertiliz. mantenimiento + cubierta sembrada	3,75	4,15	2,36	Sen Fertiliz. mantenimiento + cubierta sembrada	3,26	2,56	2,15	3,15
I. Ravaz		4,15	7,35	5,55		5,18	4,68	8,22		4,96	6,32	7,52	5,99

Tabla 14. Valores de los parámetros de los diferentes ensayos en Pazo 2023 - Siega y abono verde en superficie.
(D.O. Rías Baixas):

Data peso producción:	8/09/2023	Data peso poda: 8/02/2023											
Cepa	1a	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	1b	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	1c	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios
Peso Producción		2,78	2,78	2,78		3,15	3,15	3,15		2,43	2,43	2,43	2,79
Peso Poda	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cubierta espontánea	0,95	1,00	0,82	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cubierta espontánea	1,31	0,97	0,86	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cubierta espontánea	0,49	1,06	0,83	0,92
I. Ravaz		2,94	2,78	3,39		2,41	3,25	3,69		5,00	2,30	2,92	3,19
Cepa	2a	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	2b	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	2c	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios
Peso Producción		2,75	2,75	2,75		2,28	2,28	2,28		1,97	1,97	1,97	2,33
Peso Poda	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cubierta sembrada	1,11	0,75	0,95	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cubierta sembrada	0,61	0,70	0,90	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cubierta sembrada	0,75	0,86	0,66	0,81
I. Ravaz		2,49	3,69	2,91		3,76	3,25	2,53		2,63	2,29	3,01	2,95
Cepa	3a	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	3b	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	3c	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios
Peso Producción		2,62	2,62	2,62		4,62	4,62	4,62		2,96	2,96	2,96	3,40
Peso Poda	Sen Fertiliz. mantenimiento + cubierta sembrada	1,00	0,69	1,01	Sen Fertiliz. mantenimiento + cubierta sembrada	1,23	0,96	0,85	Sen Fertiliz. mantenimiento + cubierta sembrada	0,62	0,62	0,89	0,87
I. Ravaz		2,63	3,82	2,59		3,77	4,84	5,44		4,82	4,82	3,35	4,01

Tabla 15. Valores de los parámetros de los diferentes ensayos en Pazo 2024 - Siega y abono verde en superficie.
(D.O. Rías Baixas):

Data peso producción:	15/09/2024	Data peso poda: 18/11/2024											
Cepa	1a	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	1b	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	1c	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios
Peso Producción		1,55	1,55	1,55		1,625	1,625	1,625		1,675	1,675	1,675	1,62
Peso Poda	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cubierta espontánea	2,46	2,945	2,575	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cubierta espontánea	1,87	1,365	3,045	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cubierta espontánea	2,41	2,185	1,46	2,26
I. Ravaz		0,63	0,53	0,60		0,87	1,19	0,53		0,70	0,77	1,15	0,77
Cepa	2a	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	2b	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	2c	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios
Peso Producción		1,5125	1,5125	1,5125		1,5	1,5	1,5		1,7125	1,7125	1,7125	1,58
Peso Poda	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cubierta sembrada	2,201	1,615	3,4	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cubierta sembrada	1,475	2,175	2,205	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cubierta sembrada	1,37	2,525	2,23	2,13
I. Ravaz		0,69	0,94	0,44		1,02	0,69	0,68		1,25	0,68	0,77	0,79
Cepa	3a	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	3b	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	3c	Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3	Promedios
Peso Producción		1,65	1,65	1,65		1,975	1,975	1,975		2,0625	2,0625	2,0625	1,90
Peso Poda	Sen Fertiliz. mantenimiento + cubierta sembrada	1,805	1,955	0,65	Sen Fertiliz. mantenimiento + cubierta sembrada	0,88	0,76	1,275	Sen Fertiliz. mantenimiento + cubierta sembrada	1,765	1,85	1,57	1,39
I. Ravaz		0,91	0,84	2,54		2,24	2,60	1,55		1,17	1,11	1,31	1,59

Tabla 16. Valores de los parámetros de los diferentes ensayos en Pazo 2023 - Abono verde enterrado. (D.O. Rías Baixas):

Data peso producción:	8/09/2023	Data peso poda: 1/11/2023											
Cepa		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3									
Peso Producción	1a	2.80	2.80	2.80	1b	2.72	2.72	2.72	1c	4.11	4.11	4.11	Promedios
Peso Poda	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cobertura espontánea	0.55	0.83	0.53	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cobertura espontánea	1.20	0.56	0.67	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cobertura espontánea	1.06	1.03	0.63	0.78
I. Ravaz		5.09	3.39	5.33		2.28	4.86	4.06		3.90	4.01	6.58	4.39
Cepa		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3									
Peso Producción	2a	2.90	2.90	2.90	2b	2.94	2.94	2.94	2c	4.10	4.10	4.10	Promedios
Peso Poda	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cobertura sembrada	0.53	0.95	1.00	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cobertura sembrada	0.77	0.73	1.26	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cobertura sembrada	0.94	0.72	1.11	0.89
I. Ravaz		5.52	3.07	2.90		3.81	4.05	2.33		4.38	5.73	3.69	3.94
Cepa		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3									
Peso Producción	3a	3.16	3.16	3.16	3b	3.30	3.30	3.30	3c	2.99	2.99	2.99	Promedios
Peso Poda	Sen Fertiliz. mantenimiento + cobertura sembrada	1.09	0.68	0.97	Sen Fertiliz. mantenimiento + cobertura sembrada	0.83	0.64	0.76	Sen Fertiliz. mantenimiento + cobertura sembrada	1.14	1.16	0.85	0.90
I. Ravaz		2.91	4.65	3.28		4.00	5.20	4.37		2.63	2.59	3.52	3.68

Tabla 17. Valores de los parámetros de los diferentes ensayos en Pazo 2024 – Abono verde enterrado. (D.O. Rías Baixas):

Data peso producción:	15/09/2024	Data peso poda: 18/11/2024											
Cepa		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3									
Peso Producción	1a	1.76	1.76	1.76	1b	1.63	1.63	1.63	1c	1.88	1.88	1.88	Promedios
Peso Poda	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cobertura espontánea	2.36	0.84	1.21	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cobertura espontánea	2.01	2.86	1.54	Fertiliz. mantenimiento dosis completa + cobertura espontánea	2.12	2.18	1.61	1.86
I. Ravaz		0.75	2.11	1.46		0.81	0.57	1.06		0.88	0.86	1.16	1.07
Cepa		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3									
Peso Producción	2a	2.01	2.01	2.01	2b	2.06	2.06	2.06	2c	1.55	1.55	1.55	Promedios
Peso Poda	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cobertura sembrada	2.21	1.59	1.64	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cobertura sembrada	3.22	2.73	1.60	Fertiliz. mantenimiento 1/2 dosis completa + cobertura sembrada	2.47	1.73	2.08	2.14
I. Ravaz		0.91	1.27	1.23		0.64	0.76	1.29		0.63	0.90	0.75	0.93
Cepa		Cepa 1	Cepa 2	Cepa 3									
Peso Producción	3a	2.05	2.05	2.05	3b	1.81	1.81	1.81	3c	1.83	1.83	1.83	Promedios
Peso Poda	Sen Fertiliz. mantenimiento + cobertura sembrada	2.71	1.71	1.60	Sen Fertiliz. mantenimiento + cobertura sembrada	0.67	1.40	2.37	Sen Fertiliz. mantenimiento + cobertura sembrada	0.79	2.35	2.43	1.78
I. Ravaz		0.76	1.20	1.29		2.71	1.30	0.77		2.31	0.78	0.75	1.32

4.1.8 Conclusiones en relación a los resultados vitícolas

- **Incidencia del mildiu:** En la cosecha 2023, el mildiu tuvo una importante incidencia en todas las parcelas experimentales, afectando los rendimientos productivos en la DO y la Subzona del Salnés. Factores como el retraso en la siega y la cobertura vegetal complicaron el problema en algunas parcelas como la de Paco y Lola. En el caso de Martín Códax, los tratamientos ecológicos no fueron suficientes para controlar la enfermedad. Sin embargo, en 2024 la incidencia de mildiu fue menor, aunque en Monterrei se presentaron daños por botrytis durante la vendimia.
- **Comparación de la producción:** En términos generales, la cosecha de 2024 fue mejor que la de 2023, salvo en Altos de Torona y en las parcelas de Vilardevós de Martín Códax. Los mejores resultados se obtuvieron en parcelas sin abono químico y con siembra en superficie, a excepción de Vilardevós, donde en 2023 se obtuvieron mejores resultados con abono químico al 100%, y en 2024 con mitad de fertilizante químico y siembra.
- **Índice de Ravaz:** En general, los mejores resultados del índice de Ravaz se obtuvieron en las parcelas con mitad de fertilizante químico y siembra. En 2024, las parcelas de Paco & Lola y Martín Códax mejoraron respecto a 2023 debido a la menor producción del año anterior. Por el contrario, las parcelas de Altos de Torona experimentaron una caída significativa en el índice de Ravaz, con valores más cercanos al óptimo en el caso de la siembra enterrada. En Tremoedo, los valores fueron bajos, obteniendo mejores resultados en parcelas sin siembra y con la dosis habitual de fertilizante. Las parcelas de Revolta mejoraron de un valor medio de 3 en 2023 a un valor óptimo de 5 en 2024, mientras que en Vilardevós el índice de Ravaz disminuyó en 2024 respecto a 2023, siendo el mejor resultado con siembra y fertilizante químico a media dosis.

4.2 Resultados de parámetros vinícolas

4.2.1 Procedimiento de las microvinificaciones

La evaluación de la producción agrícola y la calidad de la uva en los ensayos se realizó sin desviaciones, mediante la elaboración de microvinificaciones experimentales en las instalaciones de Bodegas Martín Códax.

Para garantizar la precisión del proceso, la vendimia de cada bodega se llevó a cabo en el momento óptimo de maduración de la uva. La recolección se realizó manualmente en cajas diferenciadas según el ensayo, el tratamiento y la repetición. Posteriormente, las muestras fueron transportadas a Bodegas Martín Códax, donde se aplicó un protocolo estándar y uniforme para todas las bodegas y ensayos.

Como resultado, se obtuvieron un total de 30 microvinificaciones, correspondientes a 5 ensayos, 3 tratamientos y 2 repeticiones por combinación.

El 13 de septiembre de 2024, se procesaron las uvas de la variedad Albariño procedentes de Bodegas Martín Códax, ubicadas en la zona del Salnés, así como las de la bodega Paco & Lola.

Como se detalla en la metodología, cada ensayo constaba de 3 tratamientos, con la siguiente codificación que se utilizará durante todo el proceso de microvinificación:

- [1]: fertilización química en dosis habitual
- [2]: 50% de la dosis habitual de fertilizante químico + cubierta vegetal
- [3]: 100% cubierta vegetal

De cada repetición, de unos 120 kg de uva aproximadamente, se extrajeron 100 bayas para realizar el último control de maduración, siendo equivalente al mosto de partida de las microvinificaciones, mediante el análisis con autoanalizador WineScanSO2 de FOSS, de tecnología de espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR). Los parámetros analizados fueron:

- grado brix
- Acidez tartárica total (g/l)
- pH
- Ácido tartárico (g/l)
- Ácido málico (g/l)
- Potasa (mg/l)
- Amonio (mg/l)
- α -amino nitrógeno (mg/l)
- Nitrógeno total (mg/l)
- FAN: nitrógeno fácilmente asimilable (mg/l)
- Densidad (g/ml)

Posteriormente, se unificaron las repeticiones de cada tratamiento y se procedió al prensado de los racimos enteros, sin despalillar, utilizando una prensa hidráulica de acero inoxidable (Figura 5). Este proceso permitió obtener un rendimiento aproximado del 50%, logrando alrededor de 60 litros de mosto por ensayo y tratamiento. El mosto resultante fue trasvasado a depósitos de acero inoxidable de 150 litros, previamente inertizados con nieve carbónica para prevenir posibles oxidaciones.

Durante el prensado, se adicionó el antioxidante Glutastar a la salida de la prensa y se ajustó el nivel de sulfuroso a 4 g/hl.



Figura 5. Vendimia en cajas y prensado en de uva.

Una vez prensado, se analizó el mosto (Tabla 18) para su posible corrección de sulfuroso y a continuación, se adicionó enzima para el desfangado estático del mosto.

Tabla 18. Parámetros fisicoquímicos mosto inicial.

ID	Fecha	Brix	Acidez T.	pH	Tartárico	Málico	Potasio	Amonio	α -amino N	N total (amonio+ α -amino N)	FAN (amonio*0,78+ α -amino N)	Densidad
1 MC-SALNES	14/09/2024	22,38	8,69	3,21	7,28	4,8	1401	80	86	166	148	1,09435
2 MC-SALNES	14/09/2024	21,64	9,38	3,16	7,45	5,48	1272	85	87	172	153	1,09089
3 MC-SALNES	14/09/2024	22,64	8,43	3,24	7,04	4,63	1340	79	90	169	152	1,09572
1 PL	14/09/2024	21,71	10,32	3,08	7,99	5,59	1232	95	77	172	151	1,09156
2 PL	14/09/2024	22,89	10,02	3,06	7,68	5,72	1322	81	52	133	115	1,09709
3 PL	14/09/2024	22,32	10,06	3,05	7,97	5,61	1183	92	59	151	131	1,09475
1 AT SUPERFICIE	16/09/2024	21,23	9,33	3,15	8,01	4,72	1477	98	51	149	128	1,08949
2 AT SUPERFICIE	16/09/2024	21,73	10,2	3,08	8,43	5,23	1418	110	56	166	142	1,09114
3 AT SUPERFICIE	16/09/2024	21,67	9,41	3,11	8,03	4,59	1405	97	47	144	123	1,09102
1 AT ENTERRADO	16/09/2024	22,85	9,02	3,13	8,24	4,07	1399	92	39	131	110	1,09661
2 AT ENTERRADO	16/09/2024	23,26	8	3,19	7,76	3,56	1370	91	48	139	119	1,09928
3 AT ENTERRADO	16/09/2024	22,87	8,42	3,17	7,75	3,73	1315	97	44	141	120	1,0975
1 MC-MONTERREI	02/10/2024	23,69	5,45	3,62	4,4	3,95	1726	118	146	265	239	1,10133
2 MC-MONTERREI	02/10/2024	22,46	6,65	3,47	5,03	4,38	1613	111	113	224	199	1,09565
3 MC-MONTERREI	02/10/2024	23,74	5,21	3,56	4,21	3,44	1601	102	108	210	187	1,10201

Una vez que el mosto estaba limpio, el 15 de septiembre de 2024 se procedió a su trasiego, separándolo por ensayo y tratamiento en dos cubos plásticos de 18 litros cada uno (Figura 6) para la fermentación. Se verificó que la temperatura inicial del mosto estuviera en torno a 15 °C, y se ajustó el contenido de nitrógeno fácilmente asimilable a 200 mg/l mediante la adición de fosfato diamónico. Posteriormente, se realizó la inoculación con un protector de levadura y la levadura neutra EC-1118.

Para el control de temperatura durante la fermentación, los cubos plásticos se colocaron en pallots con agua a 17 °C, llenados hasta tres cuartas partes de su altura. Además, se perforaron los pallots a dicha altura para facilitar la recirculación del agua de enfriamiento.



Figura 6. Cubos plásticos de fermentación.

Siguiendo el mismo procedimiento, el 15 de septiembre de 2024 se recibieron y procesaron las uvas correspondientes a los dos ensayos de Altos de Torona, con tres repeticiones por cada tratamiento.

El 20 de septiembre de 2024, tras una disminución de 15 puntos en la densidad, se procedió a la nutrición de los depósitos de Martín Códax Albariño Salnés y Paco & Lola mediante la adición de Activa Max Nature y corteza de levadura. En el caso de los ensayos de Altos de Torona, tanto Superficie como Enterrado, la nutrición se realizó el 21 de septiembre de 2024.

Cuando la densidad alcanzó valores de entre 1.020 y 1.010, el 23 de septiembre de 2024 se llevó a cabo la adición de Reduless a todos los ensayos (Martín Códax Albariño Salnés, Paco & Lola y Altos de Torona Superficie y Enterrado), con el fin de prevenir posibles reducciones hacia el final de la fermentación.

El 26 de septiembre de 2024, al alcanzar densidades de entre 1.000 y 993, se procedió al descubado de los vinos en fermentación a nuevos cubos plásticos de 18 litros, separándolos de las lías gruesas para completar la fermentación y evitar la aparición de aromas no deseados.

Una vez finalizados los descubados, se realizaron análisis de los vinos de cada ensayo para comprobar su contenido de azúcar residual. A aquellos con niveles inferiores a 2-3 g/l de azúcar, se

les aplicó una dosis de 4 g/hl de sulfuroso, seguida de la adición de Bactiless, con el objetivo de prevenir defectos causados por bacterias lácticas y acéticas contaminantes.

En esa etapa, los únicos ensayos que completaron la fermentación fueron:

- [1] Altos de Torona (Abono en superficie)
- [3] Altos de Torona (Abono en superficie)
- [3] Martín Códax (Tremoedo)

Una vez sulfitados y tras la adición de Bactiless, estos ensayos fueron almacenados en una cámara de frío durante un período de 1 a 2 semanas, con el fin de favorecer su clarificación de forma natural.

El 30 de septiembre de 2024 se realizó un nuevo análisis de los ensayos pendientes de completar la fermentación, confirmando su finalización en los siguientes casos:

- [3] Altos de Torona (Abono enterrado)
- [2] Altos de Torona (Abono en superficie)
- [1] Paco & Lola (Revolta)
- [2] Paco & Lola (Revolta)
- [3] Paco & Lola (Revolta)
- [1] Martín Códax (Tremoedo RB)
- [2] Martín Códax (Tremoedo RB)

Nuevamente, se realizó el sulfitado y la adición de Bactiless a los ensayos finalizados para su clarificación en cámara de frío.

El 2 de octubre de 2024 se llevó a cabo un nuevo análisis de los ensayos pendientes de completar la fermentación, confirmándose su finalización en los siguientes casos:

- [1] Altos de Torona (Abono enterrado)
- [2] Altos de Torona (Abono enterrado)

Del mismo modo, a estos ensayos también se les aplicó el proceso de sulfitación y adición de Bactiless, seguido de su almacenamiento en cámara de frío para su clarificación.

Debido a las intensas lluvias registradas a finales de septiembre, las uvas de la variedad Godello de Bodegas Martín Códax en Monterrei no pudieron ser procesadas hasta el 2 de octubre de 2024. El procedimiento seguido fue el mismo que en ensayos anteriores, y el 4 de octubre de 2024 se realizó el trasiego del mosto a dos cubos plásticos de 18 litros cada uno para su fermentación.

Con la disminución de 15 puntos en la densidad, los días 8 y 9 de octubre de 2024 se realizó la nutrición de los distintos vinos en fermentación. Posteriormente, cuando alcanzaron una densidad de entre 1.020 y 1.010, los días 10 y 13 de octubre de 2024, se procedió a la adición de Redules para prevenir posibles reducciones al final del proceso fermentativo.

El 15 de octubre de 2024 se retiraron de la cámara de frío los ensayos de Bodegas Martín Códax Albariño Salnés, Paco & Lola y Altos de Torona, se analizaron los vinos (Tabla 19) y se corrigió el nivel

de sulfuroso libre a 35 ppm en caso de ser necesario, antes de proceder al embotellado. Cada ensayo se embotelló en botellas de 0,75 cl de color verde con cierre *Screw Cap*. Para ello, las botellas fueron previamente inertizadas con CO₂ y llenadas mediante una manguera flexible desde el fondo para minimizar la disolución de oxígeno, dejando un espacio de cabeza de 1,5 cm. Las botellas fueron identificadas y almacenadas en cajas dentro de la cámara de frío hasta su posterior cata.

El 16 y 18 de octubre de 2024 se procedió al descubado del ensayo de Bodegas Martín Códax Godello Monterrei y se analizaron los vinos para comprobar el estado de la fermentación. Se constató la finalización en los siguientes casos:

- [1] Martín Códax (Vilardevós: Monterrei)
- [2] Martín Códax (Vilardevós: Monterrei)

Sin embargo, el ensayo [3] Martín Códax (Vilardevós: Monterrei) no finalizó hasta el 21 de octubre de 2024.

4.2.2 *Parámetros de los vinos terminados*

Una vez completado el proceso de fermentación, se realizó un análisis exhaustivo de los parámetros enológicos de los vinos para evaluar su calidad y estabilidad. Los parámetros analizados fueron los siguientes:

- **pH:** Indicador clave del equilibrio ácido del vino, influye en su estabilidad microbiológica, color y percepción sensorial.
- **Acidez volátil (g/l):** Determina la presencia de compuestos volátiles, principalmente ácido acético, cuya concentración excesiva puede afectar negativamente la calidad del vino.
- **Acidez tartárica total (g/l):** Representa la suma de todos los ácidos presentes en el vino, contribuyendo a su frescura, estructura y longevidad.
- **Glucosa + fructosa (g/l):** Mide el contenido de azúcares fermentables residuales, fundamentales para evaluar la finalización de la fermentación y la posible percepción de dulzor.
- **Azúcares reductores (g/l):** Comprende el contenido de azúcares residuales capaces de reducir ciertos compuestos químicos, esenciales para determinar el equilibrio del vino.
- **Ácido tartárico (g/l):** Principal ácido presente en la uva, responsable de aportar estructura y estabilidad al vino a lo largo del tiempo.
- **Ácido málico (g/l):** Ácido presente de forma natural en la uva, cuya degradación durante la fermentación maloláctica suaviza la acidez y contribuye a la complejidad del vino.
- **Ácido láctico (g/l):** Subproducto de la fermentación maloláctica, aporta suavidad y una sensación más redondeada en boca.
- **Alcohol (% vol):** Parámetro fundamental que influye en el cuerpo, la percepción de dulzor y la conservación del vino.
- **Sulfuroso libre (mg/l):** Cantidad de dióxido de azufre en su forma activa, crucial para la protección del vino frente a la oxidación y el crecimiento microbiano.
- **Sulfuroso total (mg/l):** Suma del sulfuroso libre y combinado, que proporciona una visión global de la cantidad de conservante presente en el vino.

- **Densidad (g/ml):** Relación entre la masa y el volumen del vino, utilizada para evaluar la finalización de la fermentación y detectar posibles desviaciones.

Estos parámetros fueron analizados con el objetivo de garantizar que los vinos cumplan con los estándares de calidad y estabilidad requeridos antes de su almacenamiento y posterior evaluación sensorial.

Tabla 19. Parámetros fisicoquímicos de los vinos elaborados.

MARTIN CODAX ALBARIÑO SALNES													
ID	Fecha	pH	AV	Acidez T.	G+F	AZ	Tartárico	Málico	Láctico	%Alcohol	SO2 L	SO2 T	Densidad
1 MC-S	14/10/2024	3,21	0,58	7,73	1	1,3	2,39	3,41	0	13,09	35	140	0,9914
2 MC-S	15/10/2024	3,11	0,47	8,45	1,2	1,7	2,67	3,73	0	12,54	28	130	0,9922
3 MC-S	15/10/2024	3,27	0,6	7,27	1,5	2	2,21	3,16	0	13,27	24	122	0,9912
PACO&LOLA													
ID	Fecha	pH	AV	Acidez T.	G+F	AZ	Tartárico	Málico	Láctico	%Alcohol	SO2 L	SO2 T	Densidad
1 PL	15/10/2024	3,01	0,48	8,79	2	2,5	3,14	3,89	0	12,64	33	116	0,9918
2 PL	15/10/2024	3,06	0,52	8,42	1,6	2	2,76	3,72	0	12,64	36	122	0,9916
3 PL	15/10/2024	3,03	0,55	8,67	1,2	1,7	2,85	3,74	0	12,73	30	115	0,9916
ALTOS DE TORONA SUPERFICIE													
ID	Fecha	pH	AV	Acidez T.	G+F	AZ	Tartárico	Málico	Láctico	%Alcohol	SO2 L	SO2 T	Densidad
1 AT SUP	15/10/2024	2,94	0,3	8,71	1,2	1,7	3,33	3,37	0	12,3	33	124	0,9917
2 AT SUP	14/10/2024	2,9	0,41	9,43	0,5	0,7	3,52	3,62	0	12,69	41	121	0,9917
3 AT SUP	14/10/2024	2,85	0,25	8,98	0,4	0,3	3,2	3,11	0	12,44	35	161	0,9915
ALTOS DE TORONA ENTERRADO													
ID	Fecha	pH	AV	Acidez T.	G+F	AZ	Tartárico	Málico	Láctico	%Alcohol	SO2 L	SO2 T	Densidad
1 AT ENT	15/10/2024	2,97	0,38	8,45	0,9	1,5	3,14	2,85	0	13,66	26	109	0,9903
2 AT ENT	30/10/2024	3,04	0,47	7,91	0,7	1	2,82	2,56	0	14,13	32	106	0,9905
3 AT ENT	14/10/2024	3,01	0,42	8,19	1,2	1,5	3,1	2,67	0	13,61	40	115	0,9906
MARTIN CODAX GODELLO MONTERREI													
ID	Fecha	pH	AV	Acidez T.	G+F	AZ	Tartárico	Málico	Láctico	%Alcohol	SO2 L	SO2 T	Densidad
1 MC-M	30/10/2024	3,53	0,38	5,71	0,6	1,3	1,41	3,22	0	14,11	32	149	0,9914
2 MC-M	28/10/2024	3,39	0,3	6,12	1,5	1,9	1,53	3,46	0	13,3	33	165	0,9918
3 MC-M	28/10/2024	3,56	0,32	5,08	1,5	2	1,27	2,65	0	14,34	31	187	0,9909

Una vez finalizada la fermentación, los vinos terminados fueron sulfitados y se les añadió Bactiless para facilitar su clarificación natural en cámara de frío durante un periodo de 1 a 2 semanas.

El 30 de octubre de 2024, se retiraron de la cámara los ensayos de Bodegas Martín Códax Godello Monterrei y Altos de Torona [2] Enterrado, los cuales aún se encontraban turbios en el momento del embotellado del 15 de octubre de 2024. Tras realizar los análisis correspondientes (Tabla 19), se corrigió el sulfuroso libre antes de proceder con el embotellado y almacenamiento de los vinos en cámara fría, siguiendo el mismo protocolo aplicado en los casos anteriores.

El 12 de noviembre de 2024, se llevó a cabo el análisis sensorial de las distintas microvinificaciones correspondientes a todos los ensayos mediante una cata organoléptica, realizada por todos los miembros involucrados en el proyecto (Figura 7). Esta cata tuvo como objetivo evaluar las posibles diferencias aromáticas y gustativas entre los vinos resultantes. Aunque no se observaron diferencias significativas a nivel fisicoquímico, todos los participantes detectaron diferencias perceptibles entre los distintos tratamientos de cada ensayo/bodega. Las variaciones fueron más notables entre los

tratamientos dentro de la misma parcela, en comparación con los tratamientos del mismo tipo aplicados en diferentes ensayos o bodegas.



Figura 7. Cata organoléptica de las vinificaciones de los ensayos 2024.

4.2.3 Conclusiones en relación a los resultados vinícolas

De manera general, los miembros de la cata coincidieron en las siguientes observaciones sobre las diferencias sensoriales entre los tratamientos aplicados:

- Los vinos resultantes del **tratamiento con fertilización 100% química [1]** presentaron características más intensas y lineales, destacando una mayor representación de la variedad y de la zona de procedencia. Además, se percibió una sensación de mayor acidez, lo que aportó frescura y definición en la estructura del vino.
- Por otro lado, los vinos resultantes del **tratamiento con fertilización únicamente con cubierta vegetal [3]** dio lugar a vinos con una mayor complejidad aromática, destacando un marcado componente floral. En boca, los vinos fueron percibidos como más voluminosos y equilibrados, lo que otorgó una mayor armonía en la experiencia sensorial.
- Finalmente, los vinos resultantes del **tratamiento mixto con fertilización química y cubierta vegetal [2]** se ubicaron en un término medio entre los dos anteriores. En algunas ocasiones, mostraron una intensidad destacada y una buena estructura en boca, ofreciendo un balance entre las características de los tratamientos químicos y los de la cubierta vegetal.

En resumen, cada tipo de tratamiento favoreció características sensoriales distintas, permitiendo observar cómo la combinación de técnicas de fertilización influye en la complejidad y el perfil organoléptico de los vinos.

4.3 Resultados de los parámetros edafológicos

4.3.1 Resumen

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los parámetros edafológicos de las dos campañas en las que se llevó a cabo el proyecto. Además, proporciona información sobre los costes económicos de la instauración de las cubiertas vegetales en las dos campañas estudiadas.

Tabla 20. Fechas de sementeira de las cubiertas vegetales y fechas de muestreo de los suelos a lo largo del proyecto GreenSoilVin.

	viñedo	Paco&Lola	Altos de Torona		Martín Códax	
2022-2023	DO	<i>Rías Baixas</i>	<i>Rías Baixas</i>	<i>Rías Baixas</i>	<i>Rías Baixas</i>	<i>Monterrei</i>
	labranza	Superficie	Enterradas	Superficie	Superficie	Superficie
	sementeira 2022-2023	06/11/2022	11/11/2022	11/11/2022	09/11/2022	08/11/2022
	mostraxe presementeira	24/10/2022	25/10/2022	25/10/2022	26/10/2022	24/10/2022
	mostraxe primavera	02/05/2023	03/05/2023	03/05/2023	02/05/2023	10/05/2023
	mostraxe envero	21/07/2023	31/07/2023	31/07/2023	21/07/2023	02/08/2023
2023-2024	viñedo	<i>Paco&Lola</i>	<i>Altos de Torona</i>		<i>Martín Códax</i>	
	DO	<i>Rías Baixas</i>	<i>Rías Baixas</i>	<i>Rías Baixas</i>	<i>Rías Baixas</i>	<i>Monterrei</i>
	labranza	Superficie	Enterradas	Superficie	Superficie	Superficie
	sementeira 2023-2024	25/03/2024	14/02/2024	14/02/2024	06/02/2024	26/04/2024
	mostraxe presementeira	31/10/2023	31/10/2023	31/10/2023	31/10/2023	24/10/2023
	mostraxe primavera	13/06/2024	23/05/2024	23/05/2024	23/05/2024	26/06/2024
	mostraxe envero	26/07/2024	31/07/2024	31/07/2024	26/07/2024	29/07/2024
	presementeira	31/10/2023	31/10/2023	31/10/2023	31/10/2023	24/10/2023
	mostraxe primavera	13/06/2024	23/05/2024	23/05/2024	23/05/2024	26/06/2024
	mostraxe envero	26/07/2024	31/07/2024	31/07/2024	26/07/2024	29/07/2024

Los muestreos de suelo (Tabla 20) se realizaron en tres ocasiones a lo largo de cada ciclo de cultivo, coincidiendo con la pre-sementeira, la primavera y antes del envero de la uva. En total, se recogieron 3 muestras compuestas de cada subparcela de ensayo.

En total, se recogieron 27 muestras de suelo por cada parcela de ensayo durante cada ciclo de cultivo, lo que resultó en 270 muestras de suelo a lo largo de los dos ciclos de cultivo del proyecto (Figura 8).

En cada muestra se realizaron análisis para determinar:

1. **Fertilidad del suelo:** Se analizaron parámetros físico-químicos, como textura, pH, contenido en carbono y nitrógeno totales, fósforo y potasio disponibles.
2. **Secuestro de carbono:** Se determinó el contenido de carbono orgánico, un indicador clave de la capacidad del suelo para almacenar carbono y contribuir a la mitigación del cambio climático.

3. **Abundancia microbiana:** Se analizaron los ácidos grasos de los fosfolípidos (PLFA) totales, fúngicos y bacterianos para evaluar la abundancia microbiana, fúngica y bacteriana en el suelo.
4. **Biodiversidad microbiana:** Se utilizó un análisis de ADN microbiano para determinar el número y la diversidad de especies microbianas presentes en el suelo.
5. **Fijación de nitrógeno atmosférico:** Mediante el análisis de isótopos estables, se investigó el origen y trazado del nitrógeno desde el sistema atmósfera-suelo-planta, determinando su disponibilidad para las plantas.
6. **Rendimiento y costes de producción:** Se evaluaron los rendimientos de cada tratamiento y se llevó un registro detallado de los costes de producción mediante la pesada y contabilidad.

Debido a que algunos análisis todavía están en curso y ciertos datos recién obtenidos aún están siendo procesados, este informe presenta únicamente los resultados de los apartados 1, 2 Y 3 correspondientes al primer ciclo de cultivo, y los datos del apartado 6 correspondientes a ambos ciclos de cultivo.

4.3.2 Métodos

1. Fertilidad del suelo

a) Textura

Esta determinación se basó en el método de Guitián y Carballas (1976). Se comenzó pesando 25 gramos de suelo seco y tamizado (< 2 mm) por muestra, y se procedió a la eliminación (oxidación) de la materia orgánica utilizando peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 30% inicialmente para luego continuar al 6%. Una vez que se consideró que la materia orgánica estaba adecuadamente oxidada, se añadieron 50 mL de ácido clorhídrico (HCl) 1M para disolver los compuestos de hierro (Fe) y aluminio (Al) que contribuyen a la agregación del suelo. Tras 20 minutos de acción del ácido, agitando la suspensión, se añadió nitrato de plata ($AgNO_3$) para eliminar los cloruros en exceso. Posteriormente, se incorporó hexametáfosfato sódico como agente dispersante y se agitó la suspensión durante aproximadamente 2 horas. Finalizado el proceso de dispersión, se aplicó el método de la pipeta para separar las fracciones de tamaño de partícula. Las más grandes tamizandolas (arenas) utilizando un tamiz de 0,2 mm de luz de malla para arena gruesa (AG), que incluye partículas entre 2 y 0,2 mm, y otro de 0,05 mm de luz de malla para arena fina (AF), que agrupa partículas entre 0,2 y 0,05 mm (Fernández Calviño et al., 2020). Las partículas de tamaño inferior a 0,05 mm, que abarcan las fracciones de limos finos (LF), limos gruesos (LG) y arcilla (ARX), se determinaron utilizando una pipeta Robinson, según su velocidad de sedimentación calculada mediante la ley de Stokes (Gregorich & Carter, 2007). La textura final de los suelos se determinó usando el triángulo de texturas según la clasificación de la USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América).

b) pH

Se pesaron 4 g de suelo (tamizado por 2 mm), a lo que se le añadió 20 mL de agua destilado en un tubo Falcon de 50 mL. Las muestras se agitaron durante 1 hora más otra de reposo. Se calibró el pH-metro y se midió antes de las siguientes 2 horas. (Fernández Calviño et al., 2020).

c) Carbono y nitrógeno total

Se molió el suelo y se pesaron ≈ 50 mg de cada muestra en cápsulas de estaño. Cada una de ellas se introdujo en un Analizador Elemental para determinar el contenido total de C y de N (Fernández Calviño et al., 2020).

d) P biodisponible

Para la determinación de la cantidad de P disponible presente en los suelos analizados se siguió el método Olsen (Olsen & Dean, 1965). Se pesaron 2 g de cada suelo (< 2 mm) en un tubo Falcon de 50 mL, a lo que se añadieron 40 mL de bicarbonato sódico. Se agitó (30 mí), centrifugouse (5 mí a 3000 rpm) y se filtró por $0,45\ \mu\text{m}$ para medir mediante espectrofotometría a 882 nm.

e) Potasio intercambiable (K)

Se pesaron 2 g de suelo a los que se les añadió 10 mL de NH_4Cl 1M. Se agitó la mezcla manualmente y se dejó reposar 30 minutos. Posteriormente se filtró por 25 mm en botes de 50 mL. A continuación, se añadieron otros 10 mL de disolución sobre el suelo depositado en el filtro hasta en tres ocasiones más, hasta alcanzar un total de 40 mL de dilución total. Posteriormente se midió el K (Kex) mediante emisión, empleando un espectrómetro de absorción atómica.

2. Secuestro de carbono

a) Carbono orgánico

Primero se eliminó la materia orgánica del suelo. No suelo mineral restante, se midió el carbono total mediante un analizador elemental en una alícuota molida. Este análisis se corresponde con el carbono inorgánico presente en la muestra. La cantidad de carbono orgánico se calculó como la diferencia entre el carbono total y el carbono inorgánico del suelo.

3. Abundancia microbiana

a) PLFA totales, PLFA bacterianos, PLFA fúngicos ratio hongos/bacterias.

El análisis de los ácidos grasos de los fosfolípidos (PLFA) es una técnica ampliamente utilizada para caracterizar la comunidad microbiana. Permite determinar los cambios en la estructura de la comunidad y evaluar la biomasa y diversidad microbiana en respuesta a perturbaciones ambientales. Además, los PLFA son buenos indicadores de la abundancia microbiana y permiten distinguir entre los principales grupos microbianos, como bacterias y hongos (Fernández Calviño et al., 2020; Å. Frostegård et al., 2011). Este método utiliza los lípidos de las membranas celulares de los microorganismos como biomarcadores, ya que solo se encuentran en los microbios viables. El análisis de los PLFA de la comunidad microbiana del suelo se puede dividir en cuatro partes (Díaz-Raviña et al., 2006; Å. Frostegård et al., 1993):

- 1) **Extracción de lípidos del suelo:** se utilizó la solución de Blight & Dyer como extractante.
- 2) **Fraccionamiento o separación de los diferentes tipos de lípidos** (neutros, glicolípidos y fosfolípidos): Mediante columnas de sílice (SPE-SÍ) y aplicando reactivos de polaridad creciente (cloroformo, acetona y metanol) de forma sucesiva, eluíronse las diferentes fracciones de lípidos, seleccionando la última, que corresponde a los lípidos polares o fosfolípidos.
- 3) **Metanólisis alcalina suave** (transesterificación): Para convertir los ácidos grasos de los fosfolípidos en derivados volátiles, se utilizaron hexano:cloroformo, metanol:tolueno y KOH.
- 4) **Análisis por cromatografía de gases** de los ácidos grasos anteriores.

El contenido de cada uno de los biomarcadores PLFA característicos de los grupos microbiano específicos, expresado en nmol por gramo de suelo seco, se sumó para obtener la biomasa total de PLFA, siguiendo la ecuación de Frostegård (1996). La relación PLFA fúngicos/bacterianos se emplea como un parámetro indicativo de un sistema sostenible y autorregulado (Morugán-Coronado et al., 2022), proporcionando información sobre el predominio de estos grupos microbianos principales, de gran importancia en el suelo (Fernández Calviño et al., 2020).

Es importante destacar que las variables analizadas incluyen los siguientes grupos microbianos. Los PLFA fúngicos incluyen AMF, zigomicetos, ascomicetos y basidiomicetos; los PLFA bacterianos incluyen bacterias G+ (firmicutes y actinobacterias) y G-; y los PLFA totales incluyen los fúngicos, bacterianos y grupos microbiano no específicos.

6. Rendimiento y costes de producción

a) Rendimiento

Todas las uvas obtenidas por cada subparcela para cada tratamiento fueron pesadas y este peso fue dividido por la superficie de cada subparcela del ensayo realizado.

b) Gastos de producción

Se llevó a cabo la contabilidad de los gastos ocasionados para la realización de cada tipo de tratamiento ensayado.

4.3.3 Resultados de los parámetros analizados

1. Fertilidad del suelo

a) Textura

El análisis granulométrico (Tabla 21) revela la composición textural de cada viñedo ensayado, destacando las proporciones de fracciones inorgánicas presentes. Se observa que los viñedos de la D.O Rías Baixas muestran la misma textura, mientras que el viñedo de la D.Lo. Monterrei tiene una textura diferente, con una mayor proporción de limos. El suelo de AT-RB, de textura franco-arenosa, presenta una capacidad limitada para retener nutrientes, lo que puede influir negativamente en el desarrollo de los cultivos. En contraste, los suelos de MC-RB y P&L-RB, con una textura ligeramente más gruesa (ligera mayor proporción de arenas), exhiben características comparables. Por su parte, el suelo del viñedo MC-M, con una alta proporción de limo (60%) y una textura más fina, se espera que tenga mayor capacidad de retención de nutrientes y una elevada fertilidad natural.

Tabla 21. Análisis textural de los suelos de viñedo ensayados.

	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
AT-RB	53.62	30.40	15.98	Franco arenosa
MC-M	26.88	58.50	14.62	Franco limosa
MC-RB	64.91	17.77	17.31	Franco arenosa
P&L-RB	69.99	14.33	15.68	Franco arenosa

b) pH

Los valores medios, máximos y mínimos de pH se muestran en la Tabla 22 para cada tratamiento. Como se puede observar, los valores de pH fueron muy semejantes en los distintos tratamientos aplicados, por lo que no dio lugar a diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Consecuentemente, se muestran los datos de pH en conjunto, sin secretar por localización.

Tabla 22. Valores medios, máximos y mínimos para el pH en función del tratamiento aplicado.

	Tratamiento	Media	Mín	Máx
pH	FQ	6,93 ($\pm 0,14$)	5,45	8,71
	½ FQ + CV	6,87 ($\pm 0,14$)	5,43	8,68
	CV	6,96 ($\pm 0,13$)	5,55	8,62

Los resultados de pH se mantuvieron similares en función del tratamiento ($p > 0,05$). Se esperaba que el aumento de materia orgánica aportado por las cubiertas alterase el pH volviéndolo ligeramente más ácido (Hycka, 1970), pero estos cambios no fueron significativos.

c) Carbono y nitrógeno total

Los resultados de C y N total no mostraron diferencias significativas en función del tratamiento ni del tipo de labranza aplicado ($p > 0,05$) (Tabla 23). Consecuentemente, se muestran los datos del conjunto, sin secretar por localización. La relación C/N, ligeramente más alta en los tratamientos que llevan cubiertas vegetales, favorece la presencia de microorganismos dando lugar a la descomposición de los residuos aportados por las cubiertas y la movilización del N (Hirschfeld, 1998). Pero también hay que tener en cuenta que la liberación de N de las cubiertas vegetales depende de la especie, de la fase de crecimiento, del manejo y del clima (Dabney et al., 2001). Estudios como el de Sulas et al., (2017) o lo de Bair et al., (2008) mostraron incrementos en el N del suelo debido a la fijación del mismo por las leguminosas y N suficiente para aprovisionar el cultivo de la vid, respectivamente, aunque sus experimentos son de 3 años, por lo que probablemente, un único ciclo de cultivo no sea suficiente para ver cambios en los resultados.

Tabla 23. Valores medios, máximos y mínimos para el C y N en función del tratamiento.

	Tratamiento	Media	Mín	Máx
C (%)	FQ	3,84 ($\pm 0,14$)	1,77	7,46
	½ FQ + CV	4,16 ($\pm 0,29$)	2,01	9,59
	CV	3,97 ($\pm 0,26$)	1,98	8,71
N (%)	FQ	0,26 ($\pm 0,00$)	0,16	0,40
	½ FQ + CV	0,29 ($\pm 0,01$)	0,18	0,58
	CV	0,27 ($\pm 0,01$)	0,19	0,48

d) P biodisponible

En el caso del Pb, los resultados se muestran en la **Tabla 24**.

Tabla 24. Valores medios, máximos y mínimos para el Pb en función del tratamiento.

	Tratamiento	Media	Mín	Máx
P_b (mg/kg)	FQ	29,89 ($\pm 2,98$)	7,80	100,80
	½ FQ + CV	30,80 ($\pm 2,76$)	7,90	90,90
	CV	27,00 ($\pm 2,51$)	8,80	95,40

Los valores medios de los 3 tratamientos aplicados variaron entre 27 y 31 mg/kg, sin mostrar diferencias significativas ($p > 0,05$) con respecto al tratamiento (**Tabla 24**), por lo que los datos mostrados son en conjunto, sin secretar por localización.

e) Potasio intercambiable (K)

Las concentraciones del K intercambiable no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) con los tratamientos ensayados (Tabla 25). Consecuentemente, se muestran los datos del conjunto, sin secretar por localización. Con todo, se observaron valores medios ligeramente más elevados en los tratamientos con FQ, lo que se explica por este aporte externo.

Tabla 25. Valores medios, máximos y mínimos para los potasio intercambiable en función del tratamiento.

	Tratamiento	Media	Mín	Máx
K_{ex} (cmol_c/kg)	FQ	0,68 ($\pm 0,05$)	0,15	2,40
	½ FQ + CV	0,59 ($\pm 0,04$)	0,09	1,42
	CV	0,53 ($\pm 0,04$)	0,11	1,35

2. Secuestro de carbono

El carbono orgánico no varió significativamente ($p > 0,05$) en función del tratamiento ensayado ni del tipo de labranza aplicado (Tabla 26). Consecuentemente, se muestran los datos del conjunto, sin secretar por localización. Con todo, pueden observarse resultados ligeramente superiores en ambos parámetros con el tratamiento de ½ FQ+ CV. Esto puede tener relación con la mayor incorporación de biomasa (datos no mostrados) en los suelos de las cubiertas que llevan fertilizante químico (López-Romano et al., 2022). De hecho, ambos los dos tratamientos que llevan CV mostraron valores ligeramente más elevados de carbono orgánico.

Tabla 26. Valores medios, máximos y mínimos para C orgánico en función del tratamiento.

	Tratamiento	Media	Mín	Máx
COT (%)	FQ	3,45 ($\pm 0,23$)	1,67	7,35
	½ FQ + CV	3,77 ($\pm 0,29$)	1,92	9,50
	CV	3,66 ($\pm 0,25$)	1,81	8,60

3. Abundancia microbiana

a) PLFA totales, PLFA bacterianos, PLFA fúngicos ratio hongos/bacterias.

Los resultados del total de muestras obtenidas de abundancia microbiano, fúngica, total y ratio hongos/bacterias se muestran en la Figura 9A, B C y D, respectivamente para cada tratamiento ensayado.

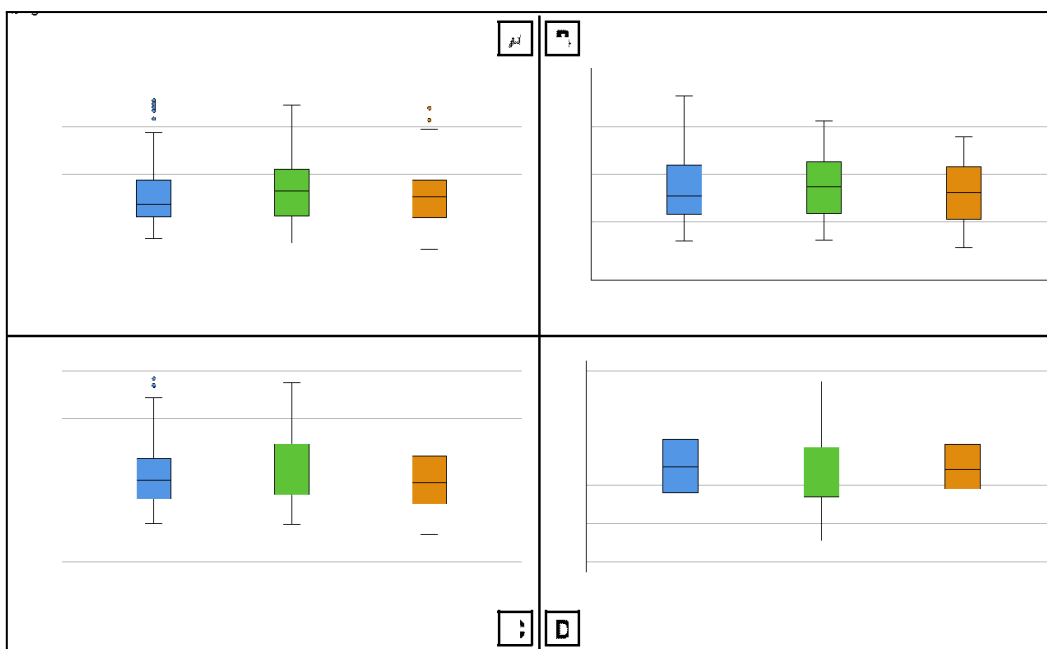


Figura 8. Abundancia bacteriana (A), fúngica (B) y total (C), y relación hongos/bacterias (D) para el conjunto de datos, en función del tratamiento empleado.

Se observa que la abundancia bacteriana varía ligeramente entre los tratamientos, oscilando entre 46 y 50 nmol/g, siendo más alta en el tratamiento de fertilización mineral con cubiertas vegetales (1/2*FQ + CV). De manera similar, tanto la abundancia fúngica (Figura 8B) como la abundancia total (Figura 8C) muestran variaciones mínimas, con valores entre 13-14 nmol/g y 83-88 nmol/g respectivamente. El valor medio también es ligeramente superior en la relación hongos/bacterias (Figura 8D) para el tratamiento 1/2*FQ+CV.

Sin embargo, los resultados muestran que las medias de las variables bacterianas, fúngicas y totales son similares entre los tratamientos, indicando que estos no producen diferencias significativas en la abundancia de PLFAs ni en la relación hongos/bacterias durante el ciclo de cultivo evaluado. Además, los resultados físico-químicos de Cutillas Barreiro (2023) señalan que el pH, la CE y la MO tampoco mostraron diferencias significativas entre tratamientos, aunque el contenido de materia orgánica (9 %) fue ligeramente más alto en los suelos con cubiertas vegetales.

En el viñedo de Altos de Torona (D.O Rías Baixas), se realizaron dos manejos diferentes de las cubiertas vegetales como abono verde: dejándolas en la superficie o mulching (MUL) y enterrándolas (ENT). Los resultados se muestran en la Figura 6, secretados por cada tiempo de muestreo.

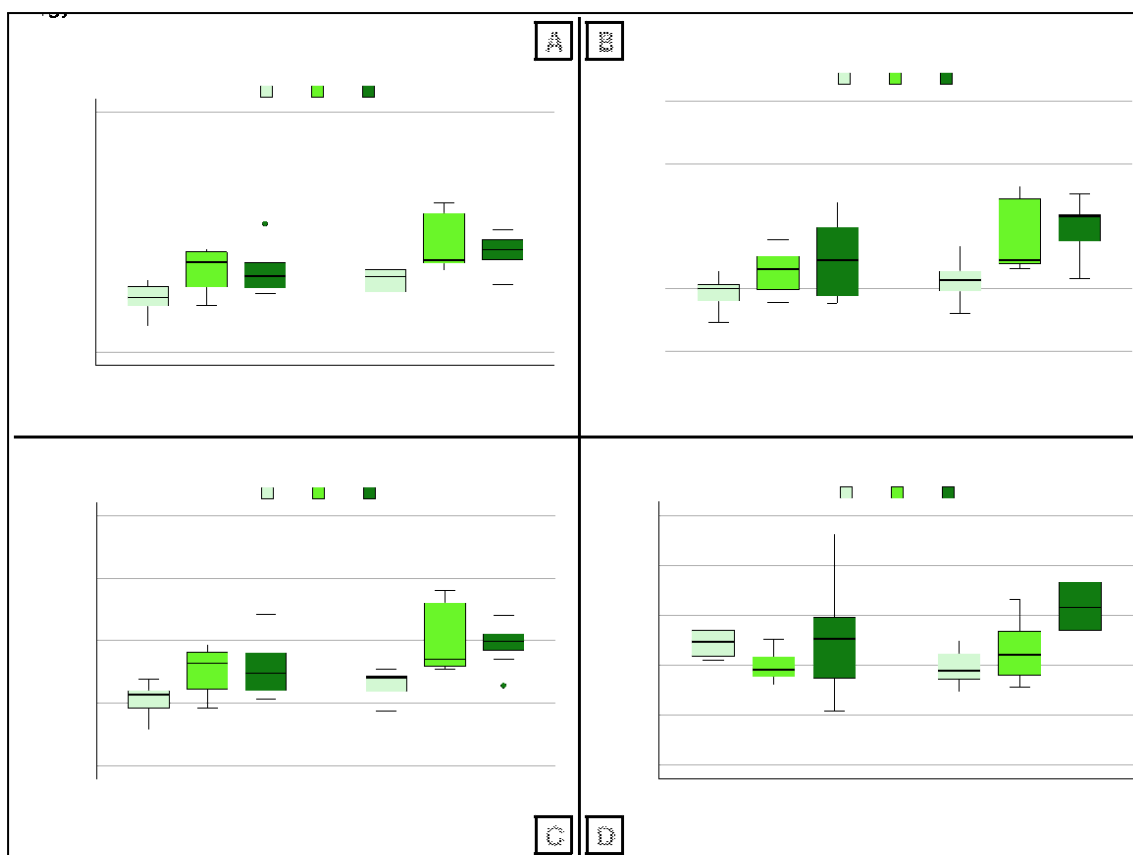


Figura 9. Abundancia bacteriana (A), fúngica (B) y total (C), y relación hongos/bacterias (D) para el viñedo AT-RB, en función del tipo de manejo del abono verde, enterrado (ENT) o en superficie "mulching" (MUL). Tiempo 0, 1 y 2 se corresponden con los muestreos de pre-sementeira, primavera y antes del envero, respectivamente.

Como se observa en la Figura 9, la abundancia bacteriana (9A), abundancia fúngica (9B) y la abundancia total (9C) muestran un incremento significativo en función del tipo de labranza, resultando significativamente más elevada en el mulching. Por otra parte, aunque sí se observa un pequeño aumento en el **ratio** hongos/bacterias (Fig. 9D), este cambio fue significativo comparando los tipos de labranzas. El que indica que el equilibrio del ecosistema no cambia tan rápido. En conclusión, ambos métodos de gestión del abono verde muestran mejoras en la abundancia microbiana, siendo el mulching lo que ofrece los resultados más favorables.

Las diferencias entre métodos de manejo en este estudio pueden deberse principalmente a la ausencia de la labranza, y por lo tanto, el no enterramiento de los restos vegetales, fue favorable para los hongos debido a la falta de rotura de hifas por la labranza (Morugán-Coronado, 2022 y Sharma-Poudyal et al., 2017). Sin embargo, limitó el desarrollo de las bacterias debido a la falta de perturbación del suelo y a la descomposición de los residuos que se encuentran en la superficie.

6. Rendimiento y costes de producción

a) Rendimiento

El rendimiento obtenido en kg de uva/m² de la implementación de las cubiertas en los viñedos de ensayo en función del tratamiento se muestra en la Figura 10.

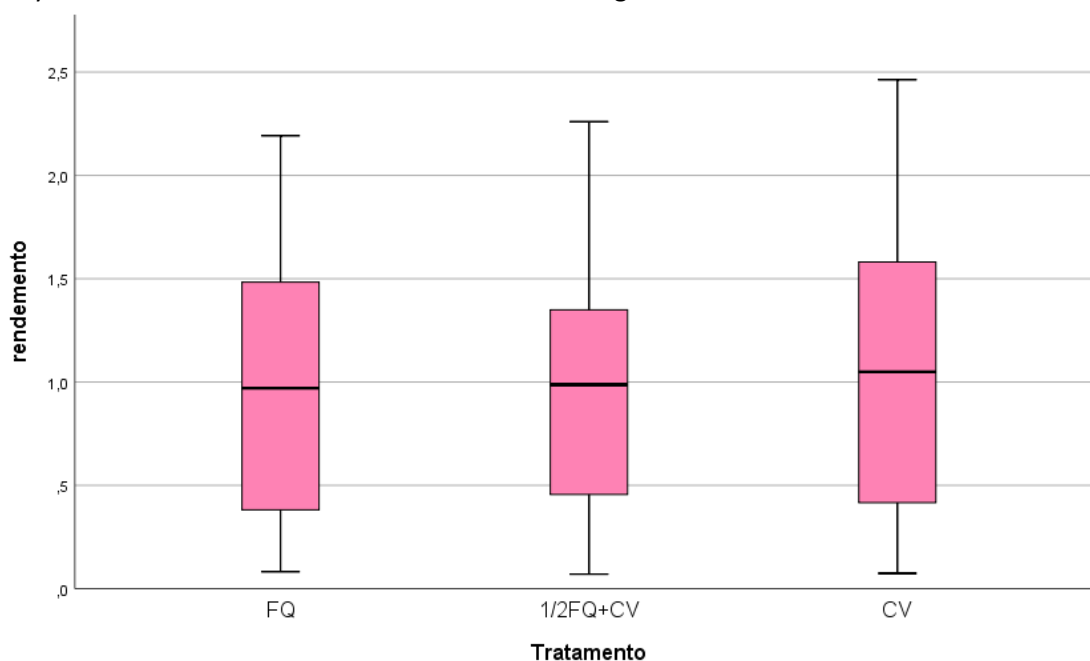


Figura 10. Rendimiento (kg de uva/m²) del conjunto de los viñedos ensayados en función del tratamiento.

Como se puede observar, en el conjunto de los datos obtenidos, no hubo diferencias significativas en el rendimiento obtenido en los dos años de estudio en el conjunto de los viñedos ensayados. Con todo, se observa una ligera tendencia al aumento del rendimiento en los tratamientos que llevan cubiertas vegetales.

En la figura 11 se muestran los datos de rendimiento (kg de uva/m²) secretados por campaña vitícola.

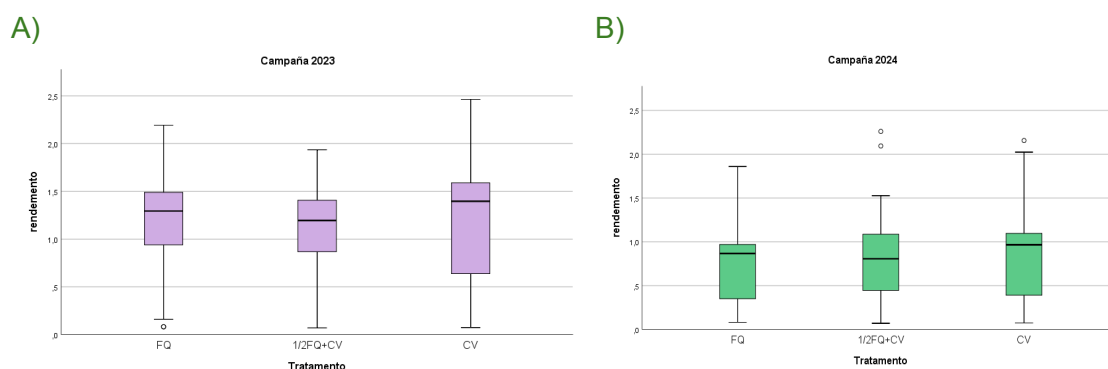


Figura 11. Rendimiento (kg de uva/m²) del conjunto de los viñedos ensayados en función del tratamiento en la campaña La) 2023 y en la B) 2024.

Como se puede observar, los rendimientos obtenidos no variaron la tendencia aunque sí fueron inferiores, en general, en la campaña del 2024 (Fig. 11B) comparados con la del 2023 (Fig. 11A).

b) Gastos de producción

Los gastos de producción obtenidos, en €, de la implementación de las cubiertas en los viñedos de ensayo en función del tratamiento en los dos años de estudio, se muestran en la Figura 12. Puesto que no hubo diferencias significativas en función del tratamiento, los datos se muestran en conjunto.

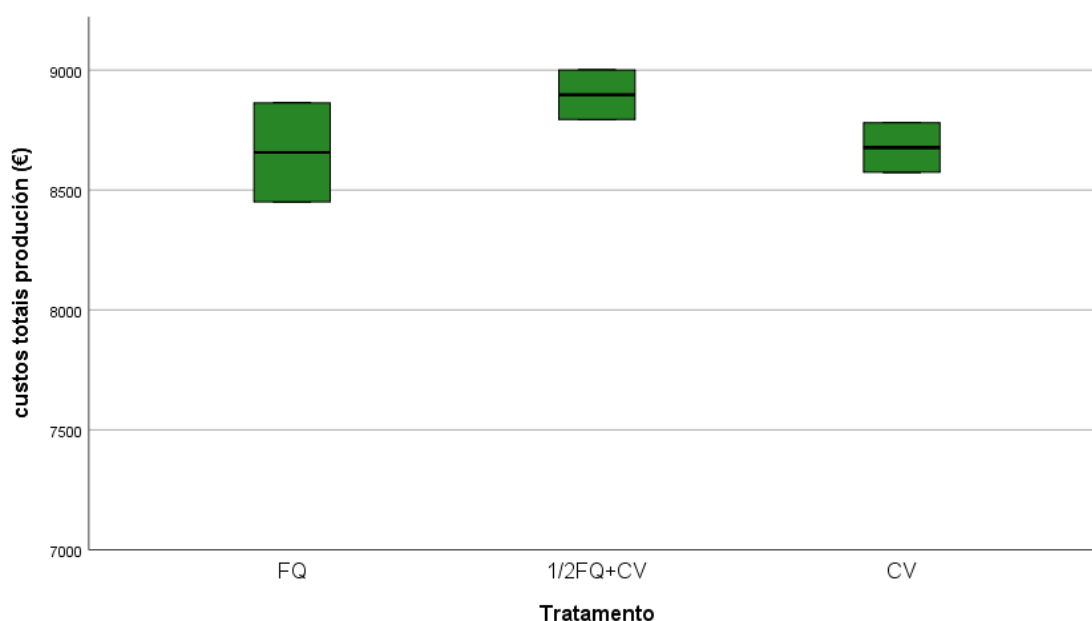


Figura 12. Gastos de producción (€) obtenidos en el conjunto de los viñedos ensayados en función del tratamiento en los dos años de estudio.

En este caso es importante destacar que, aplicar fertilización química o bien cubiertas vegetales, tiene aproximadamente los mismos costes, mientras que la fertilización mixta es ligeramente más cara.

4.3.4 Conclusiones en relación a los resultados edafológicos

1. La fertilidad del suelo no varió en un ciclo de cultivo, proporcionando las cubiertas vegetales la misma fertilidad al suelo que la fertilización química. Consecuentemente, podemos afirmar que, en un ciclo de cultivo, es decir, a corto plazo, las cubiertas vegetales suministran al suelo los mismos nutrientes que los fertilizantes químicos, siendo una más sostenible y eficiente práctica de fertilización.
2. La mínima labranza o lo que es lo mismo, dejar las cubiertas como mulching tras su tala, aumentó la abundancia microbiana del suelo, tanto de bacteria como de hongos durante un ciclo de cultivo, lo que es positivo ya que esto mejora la salud del suelo.
3. No se observó un secuestro de carbono en el suelo de forma significativa, aunque sí se obtuvo una tendencia al alza en el contenido de carbono orgánico en el suelo con el uso de cubiertas vegetales. Es necesario un estudio a más largo plazo para poder observar cambios importantes en este parámetro.
4. El rendimiento mostró una tendencia al alza con el uso de cubiertas vegetales, aunque no hubo diferencias significativas. El coste de producción resultó: $\frac{1}{2} FQ + CV > FQ \approx CV$, por lo que es viable económicamente su implantación.

5. Bibliografía

- Aparicio-Tejo P.M., C. Arrese-Igor & M. Becana. 2008 Fijación de Nitrógeno molecular En: Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill-Interamericana. Madrid. pp. 305-322.
- Doménech X. Química del suelo. Impacto de los contaminantes. Ed. Mariguano, 2009, pp 1-190.
- Bair K. E. , Davenport J. R., & Stevens R.G. (2008). Release of Available Nitrogen after Incorporation of a Legume Cover Crop in Concord Grape. *HORTSCIENCE* 43(3) (pp. 875–880).
- Dabney S.M., Delgado J.A. & Reeves D.W. (2001). Using winter cover crops to improve soil and water quality. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 32 (7&8), (pp. 1221-1250).
- Díaz-Raviña, M., Bååth, E., Martín, A., & Carballas, T. (2006). Microbial community structure in forest soils treated with a fire retardant. *Biology and Fertility of Soils*, 42(6), 465-471. <https://doi.org/10.1007/S00374-005-0036-7>/METRICS
- Fernández Calviño, D., Soto Gómez. Diego, Koefoed Brandt, K., & Waeyenberge, L. (2020). Protocols for sampling, general soil characterization and soil biodiversity analysis. *SoildiverAgro*.
- Frostegård, A., & Bååth, E. (1996). The use of phospholipid fatty acid analysis to estimate bacterial and fungal biomass in soil. *Biology and Fertility of Soils* 1996 22:1, 22(1), 59-65. <https://doi.org/10.1007/BF00384433>
- Frostegård, Å., Tunlid, A., & Baath, E. (1993). Phospholipid Fatty Acid Composition, Biomass, and Activity of Microbial Communities from Two Soil Types Experimentally Exposed to Different Heavy Metals. *Applied and Environmental Microbiology*, 59(11), 3605-3617. <https://doi.org/10.1128/AEM.59.11.3605-3617.1993>
- Frostegård, Å., Tunlid, A., & Bååth, E. (2011). Use and misuse of PLFA measurements in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(8), 1621-1625. <https://doi.org/10.1016/J.SOILBIO.2010.11.021>
- Gregorich, E. G., & Carter, M. R. (2007). *Soil Sampling and Methods of Analysis* (2.^a ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420005271>
- Gutián e Carballas. Métodos de análisis de suelos, 1976. Ed. Pico Sacro, Santiago
- Hirschfelt D.J., (1998). Soil fertility and vine nutrition. In: Cover Cropping in Vineyards. A Grower's Handbook. (pp. 61-68) Ingels C.A., Bugg R.L., McGourty G.T., Christensen L.P. (eds.), University of California. Publication 3338. Oakland. USA.de Compostela.
- Hýcka M., *Veza común, su cultivo y utilización*. 3^a ed. corr. y aum., Zaragoza, EEAD, 1980, (Boletines de la Estación Experimental de Aula Dei, n. 10). ISBN 0373-2215.
- Morugán-Coronado, A., Pérez-Rodríguez, P., Insolia, E., Soto-Gómez, D., Fernández-Calviño, D., & Zornoza, R. (2022). The impact of crop diversification, tillage and fertilization type on soil total microbial, fungal and bacterial abundance: A worldwide meta-analysis of agricultural sites. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 329, 107867. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2022.107867>

- Olsen S.R. & Dean L.A. (1965). Phosphorus, Methods of Soil Analysis Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, Inc.
- Sharma-Poudyal, D., Schlatter, D., Yin, C., Hulbert, S., & Paulitz, T. (2017). Long-term no-till: A major driver of fungal communities in dryland wheat cropping systems. *PLOS ONE*, 12(9), e0184611. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0184611>
- Sulas L., Mercenaro L., Campesi G. & Nieddu G. (2017) Different Cover Crops Affect Nitrogen Fluxes in Mediterranean Vineyard. *Agronomy, Soils & Environmental Quality*.