

# INFORME DE ACCIÓN PILOTO

## Cubierta vegetal espontánea como herramienta frente a la erosión de suelo en un viñedo de Rioja Alavesa



## Contenido

Resumen .....	3
1. ¿Por qué es importante esta prueba piloto? .....	4
2. ¿Qué proponemos? .....	5
3. ¿Dónde trabajamos? .....	6
4. ¿Cómo se ha desarrollado la prueba piloto? .....	9
Medida de la erosión en micro parcelas experimentales .....	10
Cuantificación de sólidos arrastrados en cajas Gerlach .....	11
Cuantificación de sólidos disueltos en agua de escorrentía .....	12
Cuantificación de la erosión total .....	13
Estado nutricional de la viña .....	13
Propiedades relativas al crecimiento vegetativo y la producción .....	13
Propiedades relativas a la calidad de uva, mosto y vino .....	13
Determinación de las precipitaciones .....	14
Análisis estadístico.....	15
5. ¿Qué resultados hemos obtenido de la prueba piloto?.....	15
Propiedades de suelo .....	15
Propiedades relacionadas con la nutrición del viñedo.....	20
Propiedades relacionadas con el crecimiento vegetativo y la producción .....	21
Propiedades relativas a la calidad de uva, mosto y vino .....	21
6. Discusión .....	23
Propiedades de suelo .....	23
Propiedades relacionadas con la nutrición del viñedo.....	26
Propiedades relativas al crecimiento vegetativo y la producción .....	27
Propiedades relativas a la calidad de uva, mosto y vino .....	28
7. Conclusiones.....	29
8. Bibliografía .....	29

**Autores: Roberto Pérez Parmo (NEIKER), Lainoa Zarauz, Olatz Unamunzaga (NEIKER), Ana Aizpurua (NEIKER).**

**Cita bibliográfica: Pérez Parmo R., Zarauz L., Unamunzaga O., Aizpurua A. 2022. Informe de acción piloto: Cubierta vegetal como herramienta frente a la erosión de suelo en un viñedo de Rioja Alavesa. Proyecto Interreg SUDOE MONTCLIMA.**

## Resumen

Más del 40% del viñedo de Rioja Alavesa tiene una pendiente media superior al 10%, lo que lo hace susceptible de sufrir procesos erosivos. Además, es previsible que las lluvias estén menos repartidas y las precipitaciones intensas ocurran más frecuentemente como consecuencia del cambio climático. Teniendo en cuenta que la mayoría de los suelos de viña de Rioja Alavesa se manejan mediante laboreo, el objetivo de este piloto que se ha llevado a cabo en el marco del proyecto INTERREG SUDOE MONTCLIMA, fue evaluar el impacto que tienen distintos manejos de suelo sobre la erosión, el crecimiento vegetativo, el rendimiento de la viña y calidad de uva, mosto y vino. Para ello se ha realizado un ensayo con un diseño en bloques al azar y tres repeticiones en un viñedo de la variedad 'Graciano' con una pendiente entre el 10-20% durante los años 2020, 2021 y 2022.

Se han comparado tres tratamientos: laboreo tradicional, cubierta vegetal espontánea y un manejo combinado de ambos. El crecimiento vegetativo se vio claramente reducido en el tratamiento de cubierta los tres años del ensayo. El rendimiento productivo también fue menor en el tratamiento de cubierta vegetal, pero las diferencias fueron significativas únicamente en el segundo y tercer año. En cuanto a la calidad se observa un mayor contenido de ácido málico de la uva en el tratamiento de laboreo. Además, se detecta un menor contenido de K en vino en el tratamiento de cubierta. Se produjo un claro descenso de la erosión media anual en el tratamiento de cubierta vegetal ( $2,1 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ) frente al tratamiento de laboreo ( $17,9 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ). La cubierta vegetal espontánea es una buena opción de cara a reducir las pérdidas de suelo en viñedos en pendiente, pero la cubierta ejerce una competencia en cuanto a agua y nutrientes que hay que tener en cuenta en el manejo agronómico.

Palabras clave: caja Gerlach, laboreo, suelo, clima mediterráneo

## 1. ¿Por qué es importante esta prueba piloto?

Los viñedos son uno de los cultivos frutales con mayor importancia a nivel mundial (Ben-Salemet al., 2018) con una superficie aproximada de 7,3 millones de hectáreas y 260 millones de hL de vino anuales. España es el tercer país más importante en cuanto a la producción de vino y se cultivan 961.000 ha de viñedo, siendo la mayor extensión de viñedos del mundo (OIV, 2021). Entre las denominaciones de origen más reconocidas destaca la Denominación de Origen Calificada Rioja (DO Ca Rioja), situada en áreas de las comunidades autónomas de La Rioja, País Vasco, Navarra y Castilla y León, suponiendo 65.726 ha de superficie, 1.165.642 kg año<sup>-1</sup> de uva (tinta y blanca) y 269 millones de L de vino año<sup>-1</sup> (Rioja Wine, 2020). Más concretamente, la superficie vitícola en Álava alcanzó las 13.634 ha según el censo agrario de 2020 (Gobierno Vasco, 2020). Este territorio representa por tanto alrededor del 18% de la superficie de cultivo de la CAPV (Comunidad Autónoma del País Vasco) y cerca del 17% de la superficie de Álava. A su vez, esta superficie supone el 20,5% de la superficie total del cultivo amparada bajo DOCa Rioja. El volumen de producción de uva y vino también fluctúan entre el 18-24% de representatividad respecto al total de la DOCa (Rioja Wine, 2020). Respecto a valores económicos definitivos de la CAPV en 2018, nos encontramos con que el cultivo del viñedo alavés representa cerca del 45% de la Producción Final Agraria (PFA) de Álava y un 22% sobre el total de la PFA de la CAPV (todo el cultivo de vid en la CAPV representaría alrededor de un 25% de la PFA). Estas cifras dejan en evidencia la importancia socioeconómica del cultivo en la CAPV (Gobierno Vasco, 2018).

El suelo es un recurso natural finito y no renovable que presta diversos servicios ecosistémicos o ambientales (Burbano, 2016). No sólo es la base natural para la producción de alimentos y materias primas de las cuales depende la sociedad mundial (Silva y Correa, 2009; Montanarella, 2015), sino que además alberga una cuarta parte de la biodiversidad de nuestro planeta. No obstante, la degradación del suelo es una de las mayores amenazas del siglo XXI. Según algunos estudios bibliográficos, los procesos de degradación del suelo ya han afectado al 33% de la superficie terrestre (Bini, 2009) lo que conlleva una reducción importante de la calidad y funcionalidad de este (Lal, 2015). Entre los procesos de degradación del suelo, la erosión por agua y viento se encuentra entre los más importantes. La Agencia Europea de Medio Ambiente estima que 115 millones de hectáreas están expuestas a procesos de erosión hídrica (12% de la superficie terrestre europea) y 45 millones de hectáreas a la erosión eólica (AEMA, 2010). Se estima que anualmente se pierden en Europa entre 8 y 12 millones de hectáreas de suelo fértil, lo que supone aproximadamente una pérdida económica de alrededor de 1.250 millones de euros (Panagos et al., 2017).

El viñedo es uno de los cultivos más susceptibles a la erosión en la región mediterránea (Cerdán et al., 2010), puesto que en las zonas sub-húmedas o semiáridas se manejan normalmente manteniendo el suelo desnudo a través de un laboreo convencional (Ruiz-Colmenero et al., 2011; Prosdocimi et al., 2016b) o mediante la aplicación de herbicidas (Raclot et al., 2009). Esta ausencia de cobertura vegetal supone, en particular en los suelos en pendiente, un fuerte riesgo en relación a la erosión (López-Bermúdez et al., 1998). Además, podría causar problemas relacionados, como pérdida de nutrientes y por lo tanto una menor productividad y reducción de la calidad de la uva (Kirchhoff et al., 2017; Rodrigo Comino et al., 2015). Es importante destacar que los viñedos bajo clima Mediterráneo son especialmente vulnerables por sus veranos secos y eventos de lluvia intensos. Estos eventos suponen periodos sin cobertura vegetal, que dejan el suelo expuesto a la precipitación y favorecen la erosión en las estaciones más húmedas (otoño y primavera) (Ferreira et al., 2018).

En el futuro próximo los problemas asociados a la pérdida de suelo serán agravados por los efectos del cambio climático (cambios en el régimen de lluvias con aumento de los periodos de sequía y precipitaciones en forma de lluvias torrenciales) (Bustins, 2018). Ante esta amenaza la agricultura ecológica, regulada por certificados acreditados por el Convenio Europeo (Regulation-EU-No203/2012), tiene como objetivo mitigar la erosión mediante la implementación de técnicas más sostenibles y la conservación de la biodiversidad del suelo (Kirchhoff et al., 2017). Entre las técnicas más comunes y baratas que podemos encontrar están la cubierta vegetal permanente espontánea o sembrada, y la aplicación de mantillos o “mulch” de paja, las cuales han demostrado reducir la pérdida de suelo y nutrientes comparado con suelos labrados (Bienes et al., 2012; Rodrigo Comino et al., 2015; Marques et al., 2010).

## 2. ¿Qué proponemos?

Como medida para la reducción de la erosión del suelo y por consiguiente la reducción de una de las amenazas de suelo más importantes en los viñedos, proponemos fomentar el uso de cubiertas vegetales. Sin embargo, para poder fomentar esta práctica entre los viticultores es fundamental cuantificar el efecto de las cubiertas vegetales sobre la erosión del suelo y conocer el efecto de este manejo sobre el vigor, rendimiento y calidad de la uva.

Por ello, el objetivo de este proyecto piloto fue estudiar el efecto de diferentes manejos de suelo de un viñedo de Rioja Alavesa en pendiente, sobre la erosión, crecimiento vegetativo, producción

del viñedo y calidad de la uva. Los resultados de este informe nos ayudarán a presentar datos rigurosos sobre la mejora que suponen las cubiertas vegetales sobre la erosión del suelo y cómo afectan al viñedo.

Este trabajo se enmarca en el proyecto INTERREG SUDOE MONTCLIMA: clima y riesgos naturales en las montañas del SUDOE, cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del programa Interreg SUDOE. El proyecto tiene como objetivo desarrollar un marco estratégico transnacional de prevención y gestión de riesgos naturales en zonas de montaña. De esta manera, se encarga de la búsqueda de prácticas de manejo sostenibles para hacer frente a los efectos del cambio climático en zonas de montaña, principalmente centrado en los riesgos de erosión de suelo, sequía, inundaciones e incendios forestales.

### 3. ¿Dónde trabajamos?

El ensayo experimental donde se ubicó el ensayo objeto de este trabajo pertenece a la bodega Maisulan, situada en Elvillar/Bilar (Álava), donde se produce vino ecológico y de Denominación de Origen Calificada Rioja. Se trata de una bodega familiar, de formato muy pequeño (12 ha de viñedo), que trata de realizar elaboraciones de vino muy cuidadas y diferenciadas para poder abrirse hueco en un mercado tan competitivo como el vitivinícola. El viñedo a estudio se encuentra a una altitud entre 515-535 m, y tiene una pendiente entre 10-20%. Fue plantado en 2007 con la variedad 'Graciano', tiene formación en espaldera y un sistema de poda en cordón simple. El marco de plantación es de 2,45 x 1,2 metros (distancia entre filas 2,45 m y entre cepas 1,2m), por tanto, con una densidad de 3.333 plantas ha<sup>-1</sup> aproximadamente.

La parcela fue seleccionada por presentar un rango de pendiente muy representativo en la superficie de viñedo de Rioja Alavesa (Figura 1), ya que más del 40% del viñedo de esta zona se sitúa en pendientes superiores al 10%, y concretamente el 32% del total tiene pendientes entre el 10 y el 20%.

La Figura 1 hace referencia a las pendientes medias de Rioja Alavesa según la información disponible en el visor GeoEuskadi (<https://www.geo.euskadi.eus/inicio>), y fue elaborada de la siguiente manera: i) inicialmente se utilizaron los datos de SigPac del año 2019 y el modelo digital del terreno (MDT) obtenido a partir del vuelo LiDAR del 2017 con una resolución espacial de 5 m;

ii) con el mapa de pendientes obtenido en el primer paso y utilizando la capa SigPac se seleccionaron los municipios que componen Rioja Alavesa y se seleccionó el uso del suelo agrícola destinado al viñedo. En este proceso se obtuvo el mapa vectorial de las parcelas de viña de Rioja Alavesa; iii) cálculo del valor medio de la pendiente de cada parcela; y por último iv) se clasificaron las parcelas según el valor medio de su pendiente.

En la Tabla 1 se refleja el área y porcentaje de superficie ubicada en pendientes de manera numérica.

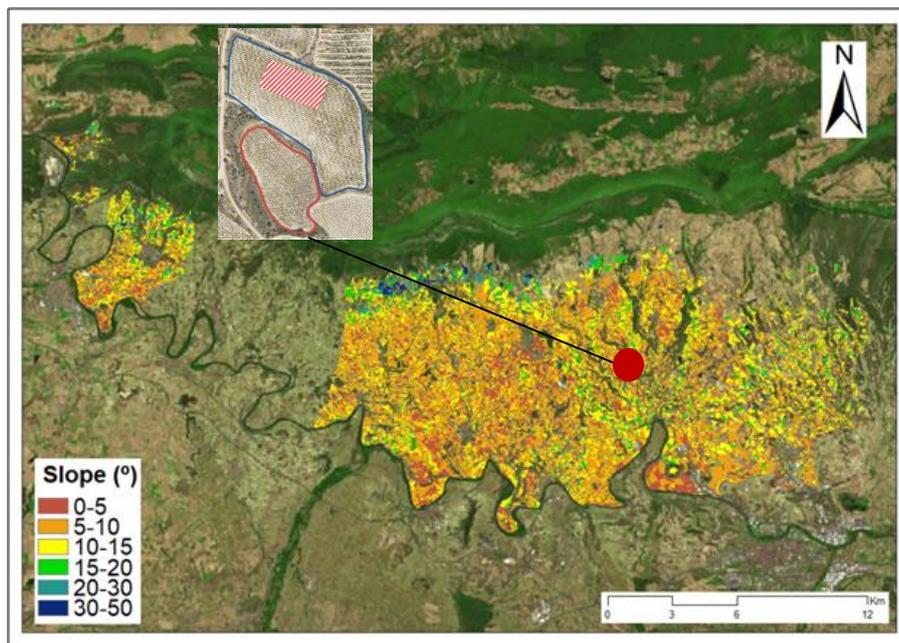


Figura 1 Mapa de pendientes del viñedo de Rioja Alavesa y ubicación del ensayo dentro de la parcela.

Tabla 1 Distribución de superficie de viñedo de Rioja Alavesa en función de los rangos de pendiente (Goeuskadi, 2020).

Pendiente (%)	Área (ha)	Superficie (%)
<3	1914,70	14,34
3-5	1761,50	13,19
5-10	4052,53	30,35
10-20	4314,11	32,31
20-30	1106,66	8,29
30-50	201,64	1,51
>50	0,86	0,01

El clima de la zona se caracteriza por la influencia del clima continental-mediterráneo. Según la estación meteorológica de Párganos, situada aproximadamente a 5 km de la parcela de ensayo, la temperatura media anual en el intervalo de 2004- 2019 fue de 12,6 ° C (7,9 °C la temperatura media mínima y 18 ° C la temperatura media máxima) (

Figura 2). Las máximas absolutas anuales alcanzan de media los 35,9 ° C y las mínimas absolutas anuales tienen una media interanual de -5,1 ° C. La precipitación media anual ronda los 500 mm y no alcanza los 200 mm de media a lo largo del ciclo del cultivo (abril-octubre).

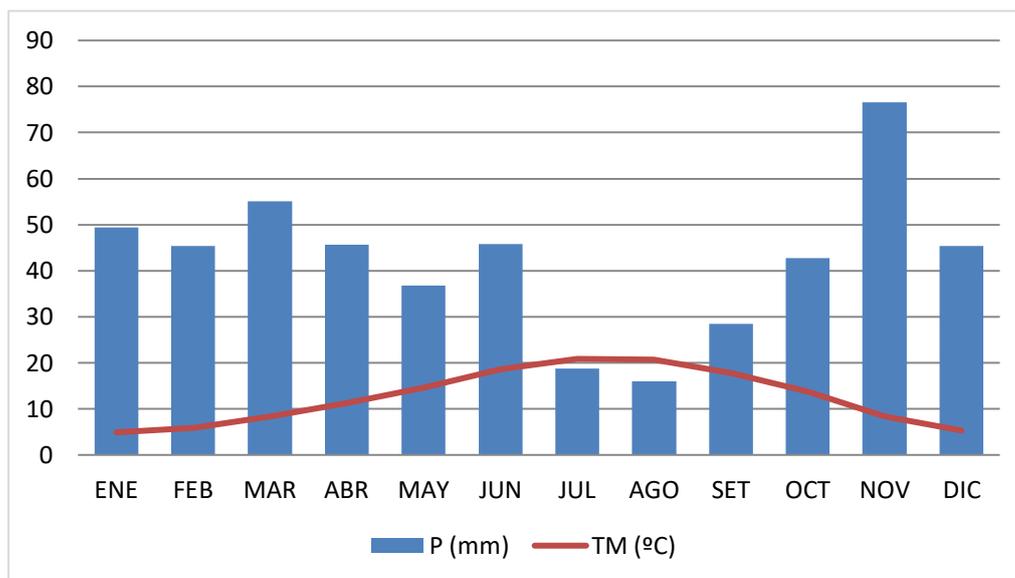


Figura 2 Precipitación acumulada y temperaturas medias mensuales (periodo 2004-2021) en la estación de Párganos (Euskalmet, 2022).

Considerando el mismo periodo de tiempo, la precipitación máxima en un día fue de 52,6 mm en noviembre del 2011, pero el promedio interanual de precipitación máxima en un día es de 33,1 mm. En el periodo de abril a octubre, los periodos más sensibles para el cultivo se han llegado a registrar 41,6 mm de precipitación máxima en un día. En cuanto a la litología, se trata mayoritariamente de areniscas calcáreas, limolitas y argilitas rojas (Goeuskadi, 2020).

Antes de la instalación del ensayo, se llevó a cabo un muestreo de suelo en cada parcela elemental a dos profundidades diferentes (0-10 cm y 10-30 cm). El valor medio de las seis muestras analizadas muestra que la textura es franca y franco limosa, con un pH por encima de 8,5 (habitual en la zona), un nivel de carbonatos alto de aproximadamente el 43 % y un nivel de caliza activa relativamente alto (13-17 %). El contenido de materia orgánica, nitrato, amonio, fósforo, potasio y magnesio en suelo es bajo (Tabla 2).

Tabla 2 Valores medios del análisis de suelo en la parcela (0-10 cm y 10-30 cm de profundidad).

Parámetros	(Uds)	Muestra 1 (0-10)	Muestra 2 (10-30)
Profundidad	(cm)	0-10 cm	10-30 cm
Arena Gruesa	%	3,3	4,0
Arena Fina	%	29,9	30,0
Limo	%	49,7	50,1
Arcilla	%	17,1	15,9
Clasificación Textural		Franca	Franco Limosa
Materia Orgánica Oxidable (W&B)	%	0,8	0,7
pH en agua (1:2.5, w/v)		8,7	8,6
Relación C/N		7,2	7,6
Carbonatos	%	43,5	43,6
Caliza Activa	%	13,5	17,1
Nitrógeno Total	%	0,1	0,1
Fósforo Olsen	mg kg <sup>-1</sup>	3,7	2,4
Potasio Asimilable	mg kg <sup>-1</sup>	85,7	102,5
Calcio Asimilable	mEq 100g <sup>-1</sup>	9,9	10,0
Magnesio Asimilable	mEq 100g <sup>-1</sup>	0,6	0,7
Nitrato	mg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> kg <sup>-1</sup>	2,4	1,4
Amonio	mg N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup>	1,9	1,8

#### 4. ¿Cómo se ha desarrollado la prueba piloto?

La prueba piloto se ha llevado a cabo durante los años 2020, 2021 y 2022 siguiendo un diseño experimental de tres bloques al azar con tres tratamientos. Por consiguiente, se analizaron nueve parcelas elementales en total, con 36 cepas control en cada una de ellas (

Figura 3). Los tratamientos fueron los siguientes:

- Cubierta vegetal espontánea (CV). En 2019 se labró por última vez, dejando que creciera la vegetación espontánea. Se realizan 1-2 pases de segadora al año como trabajo de mantenimiento.
- Laboreo convencional (LAB). Se mantuvo el suelo desnudo la mayor parte del año mediante 4-6 pases de maquinaria de laboreo (rotavator, chisel o rastra de púas), a 20-30 cm de profundidad aproximadamente.
- Manejo combinado (MC). Una calle no se labra y se mantiene mediante segadora (al igual que el manejo de CV), y la otra calle se labra solamente 2-3 veces al año evitando el uso de rotavator. Se alterna el manejo de las calles anualmente, por tanto, cada calle es labrada cada dos años.

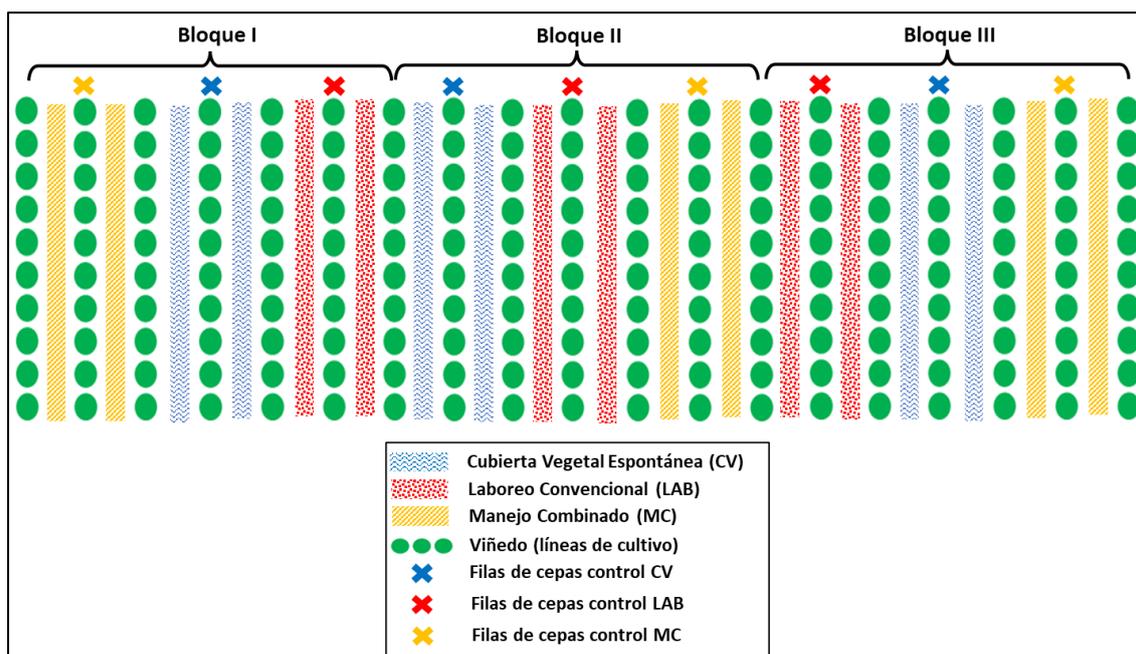


Figura 3 Disposición y diseño experimental del ensayo llevado a cabo en Elvillar (Araba) las campañas 2020, 2021 y 2022 .

En cada parcela elemental se realizaron las labores habituales (laboreos, desbroces, pase de intercepas, deshojado, despuntes, etc.), con la maquinaria de la bodega siguiendo las pautas de manejo prediseñadas.

### Medida de la erosión en micro parcelas experimentales

Con el objetivo de medir la erosión de suelo de manera controlada, en los manejos más extremos (CV y LAB) se instalaron seis micro parcelas, una en cada bloque, independientes para el registro de la erosión, en el centro de las calles del viñedo, en la parte final de cada parcela elemental. Cada micro parcela permitió aislar una superficie de 1,2 m<sup>2</sup> (4 metros de largo x 0,3 metros de ancho), con unas planchas metálicas de 25 cm de altura aproximada, posibilitando el paso de maquinaria sin dañarla (

Figura 4). Aquí se utilizó maquinaria más pequeña que la empleada normalmente en el resto de la parcela, pero siguiendo las mismas fechas y manejos.

La micro parcela se completa con la instalación en la parte final de una caja Gerlach por la que se canalizan las aguas de escorrentía (Gerlach, 1967). La caja tiene una salida inferior que mediante una manguera se conecta con un bidón de 30 litros de capacidad que permite el almacenaje de

agua. De esta manera se puede realizar la recogida periódica de sedimentos arrastrados por escorrentía superficial, por un lado, los que quedan atrapados en la caja Gerlach, y por otro los que están disueltos en el agua de escorrentía almacenada en el bidón ( Figura 4). La recogida de muestras se hizo cada 15 días aproximadamente, pero con mayor frecuencia si la climatología así lo requería (eventos de lluvia > 10 mm).



Figura 4 Instalación de las micro parcelas experimentales de medida de erosión, con cajas Gerlach y bidón de almacenaje de agua del ensayo de cubierta vegetal frente a laboreo llevado a cabo en Elvillar (Araba) desde 01/04/2020 hasta 31/03/2022.

### Cuantificación de sólidos arrastrados en cajas Gerlach

Las muestras que se recogen en campo, por un lado, contienen las tierras atrapadas en las cajas Gerlach, que se desprenden utilizando utensilios comunes (brochas, espátulas y cucharillas). Posteriormente, se conservaron en recipientes de plástico con su respectivo etiquetado y después se procesaron las muestras en laboratorio. Para homogeneizar la medida se eliminó la humedad de las muestras de tierras a 30 C ° durante 72 horas. Se cuantifican 3 fracciones: por un lado, material orgánico (restos de hojas, madera, restos animales, etc.), y por otro lado la tierra que pasa tamiz de 2 mm y finalmente los elementos gruesos (Figura 5).



Figura 5. Detalle del material utilizado en el proceso de recogida de tierras en la caja Gerlach del ensayo de cubierta vegetal frente a laboreo llevado a cabo en Elvillar (Araba) desde 1/04/20 hasta 31/03/2022.

### Cuantificación de sólidos disueltos en agua de escorrentía

Por otro lado, la segunda parte de la muestra de cada micro parcela experimental es el agua con sólidos disueltos recogida en cada bidón conectado con la caja Gerlach. Se midió el volumen total de agua recogida y se tomó una muestra representativa en recipientes esterilizados. A su vez, de cada muestra se tomaron 250 ml (o la cantidad recogida de haber sido menor cantidad) y se evaporaron en estufa de aire forzado a 80 °C durante 24 horas (

Figura 6). De esta manera, por diferencia de pesos de los recipientes con y sin muestra se obtuvieron los sólidos disueltos en la muestra, de manera que se puede calcular sobre la cantidad de agua total recogida en los bidones.



Figura 6. Detalle del procesado de aguas y medida de sólidos disueltos en el bidón del ensayo de cubierta vegetal frente a laboreo llevado a cabo en Elvillar (Araba) desde 1/04/20 hasta 31/03/2022.

## Cuantificación de la erosión total

Una vez cuantificada la tierra recogida en la caja Gerlach y los sólidos disueltos en el bidón, se sumaron los dos valores para conseguir las tasas de erosión totales de cada tratamiento. Después se realizaron los cálculos para expresar el resultado en  $\text{kg ha}^{-1}$ .

## Estado nutricional de la viña

Se llevó a cabo el análisis de la concentración de N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn de peciolo en enero, tomando entre 50-60 hojas/parcela elemental. Siendo hojas adultas plenamente formadas, sanas, sin necrosis ni amarilleamientos y en la posición opuesta al segundo racimo. Los peciolos se cogieron en enero, el 26 de agosto de 2021 y el 17 de agosto de 2022. Una vez procesadas las muestras (secado a  $65^{\circ}\text{C}$ , molienda y tamizado) se realizó una digestión en vaso cerrado, mediante un equipo microondas. La digestión se realizó con una mezcla de ácido nítrico (0,5 ml) y agua (2,5 ml). Una vez digeridas las muestras la lectura analítica de minerales y metales en muestras de foliar se realizó en un ICP óptico. Este fue el proceso llevado a cabo para todos los nutrientes excepto para el N, que se midió por combustión electrotérmica (Método DUMAS).

## Propiedades relativas al crecimiento vegetativo y la producción

Se contabilizaron el rendimiento, el número de racimos, el número de sarmientos y el peso de madera de poda de todas las cepas de cada parcela elemental ( $36 \text{ cepas parcela}^{-1}$ ), durante los tres años del ensayo, en las campañas de vendimia de 2020, 2021 y 2022. Las vendimias se realizaron el 29 de septiembre de 2020, 18 y 19 de octubre de 2021 y 20 y 21 de octubre de 2022. Consecuentemente se pueden calcular también otros parámetros e índices de interés: peso medio del racimo, peso medio del sarmiento, índice de fertilidad e índice de Ravaz.

## Propiedades relativas a la calidad de uva, mosto y vino

Una vez realizada la vendimia se llevó toda la uva a la bodega Maisulan en cajas identificadas por cada tratamiento y parcela elemental. Se procesó la uva (despalillado y estrujado) para el posterior encubado en los depósitos de fermentación (depósitos de acero inoxidable estilo siempre-lleño, de 150 L de capacidad). Una vez encubado se homogeneizó el mosto de manera

que se tomaron individualmente 100 ml de muestra para su análisis cualitativo en el laboratorio de la Diputación Foral de Álava (Casa del Vino), ubicado en Laguardia (Álava). Los parámetros que se analizaron eran: grado alcohólico probable, pH, acidez total tartárica, ácido L-málico, ácido tartárico y nitrógeno fácilmente asimilable.

A las micro vinificaciones de cada parcela se les aplica el mismo manejo proporcional, no teniendo ninguna corrección de acidez (básicamente porque la variedad Graciano es suficientemente ácida para aguantar la fermentación) y recibiendo la misma dosis de anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ), levaduras, nutrientes y bacterias para la realización de la fermentación maloláctica (FML), en función del volumen de elaboración de cada depósito (entre 60-90 L aproximadamente).

Durante la fermentación alcohólica (FA) se realizaba un suave bazuqueo diario (remontado manual para romper el sombrero y permitir la entrada de oxígeno y mejora del contacto de los hollejos) y se anotaron diariamente la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y la densidad de cada depósito, para controlar el ritmo de fermentación y evitar paradas u otros problemas fermentativos.

Para confirmar la finalización de la FA se analizaron los azúcares reductores y así se verificó que el vino estaba “seco”. De igual manera, para confirmar la finalización de la fermentación maloláctica se analizó el nivel de presencia de ácido L-málico y si era necesario analizar otros parámetros como la acidez volátil acética, pH y niveles de  $\text{SO}_2$  libre y  $\text{SO}_2$  total, para corregir los niveles de sulfuroso libre en el vino y mantenerlo protegido.

En cualquier caso, una vez confirmada la finalización de la FML se realizó un estudio completo de cada depósito analizando los siguientes parámetros: grado adquirido, pH, acidez total tartárica, intensidad colorante, índice de polifenoles totales, taninos, antocianos y potasio. Si resultaba de interés también se podía completar la analítica con parámetros como ácido láctico, extracto seco total.

### Determinación de las precipitaciones

Para determinar las precipitaciones diarias se consideraron los registros de la estación meteorológica de referencia ubicada en Párganos (Euskalmet, 2022). Para cotejar dicha información y para identificar tormentas más localizadas, se instalaron pluviómetros con precisión de 0.2 mm en cada microparcela del ensayo.

## Análisis estadístico

En total se cuantificaron 43 fechas de muestreo de los sólidos en suspensión durante los dos años de muestreos, entre el 01/04/2020 y el 31/03/2022. Para determinar la eficiencia del uso de cubiertas vegetales ante procesos erosivos frente al laboreo, se llevó a cabo un análisis de varianza mediante el programa SAS v 9.3 (SAS Institute Inc., North Carolina, USA) para cada una de las fechas. Cuando la probabilidad asociada al análisis era menor del 10% se consideró que las medias analizadas eran distintas. También se realizaron análisis de varianza para la erosión total y para todas las propiedades analizadas relacionadas con crecimiento vegetativo, producción, estado nutricional y calidad de uva mosto y vino.

## 5. ¿Qué resultados hemos obtenido de la prueba piloto?

### Propiedades de suelo

En las Figura 7 y Figura 8 se reflejan las precipitaciones diarias recogidas en la estación meteorológica de Párganos durante el periodo de ensayo. En el periodo desde 1/04/2020 hasta 31/03/2021 se midieron 490 mm acumulados en total y 503 mm desde 1/04/2021 hasta 31/03/2022. Los eventos de precipitación más relevantes, en cuanto a precipitación acumulada en un día, en época estival ocurrieron el 25/06/2020 con 26,3 mm y el 16/06/2021 con 27,1mm. En el caso de los meses de otoño-invierno, en el intervalo de noviembre-enero se acumularon un total de 350 mm en el año 2020 y 240 mm el año 2021. Además, en estos meses se dieron 9 eventos de precipitación superiores a 15 mm. El evento más extremo registrado fue el 28/11/2021 con 39 mm en un día.

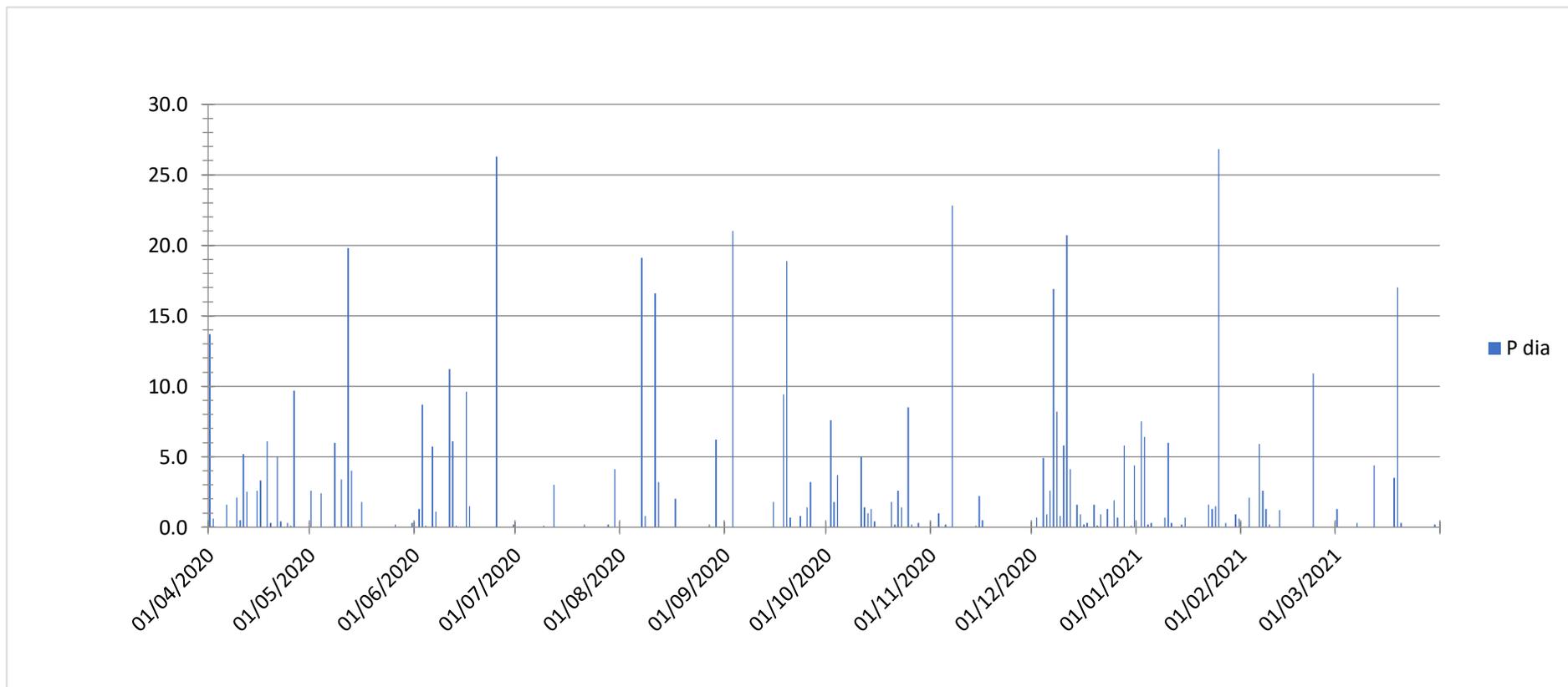


Figura 7 Precipitación diaria recogida en la estación de Páganos en el periodo 1/04/2020 - 31/03/2021.

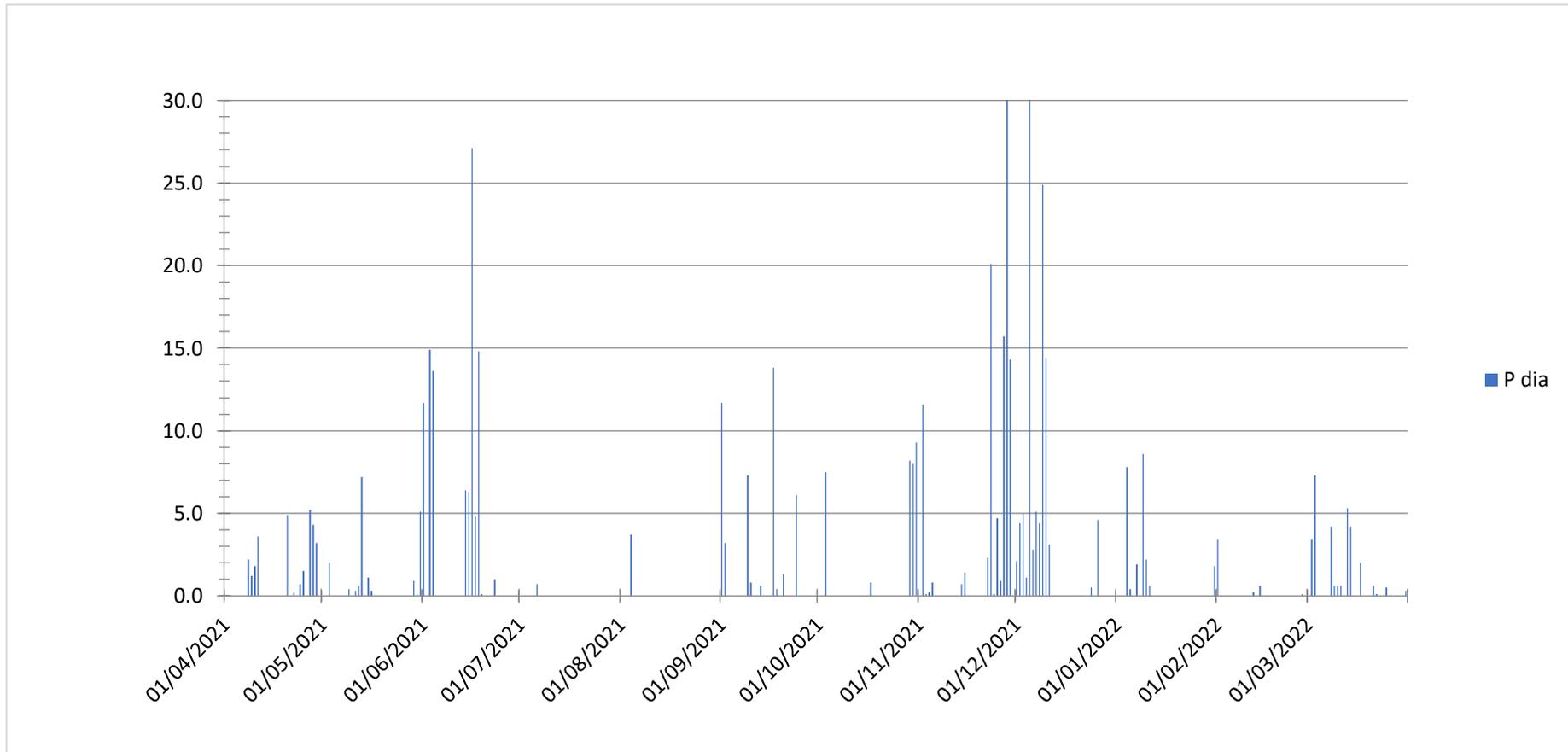


Figura 8 Precipitación diaria recogida en la estación de Páganos en el periodo 1/04/2021 - 31/03/2022.

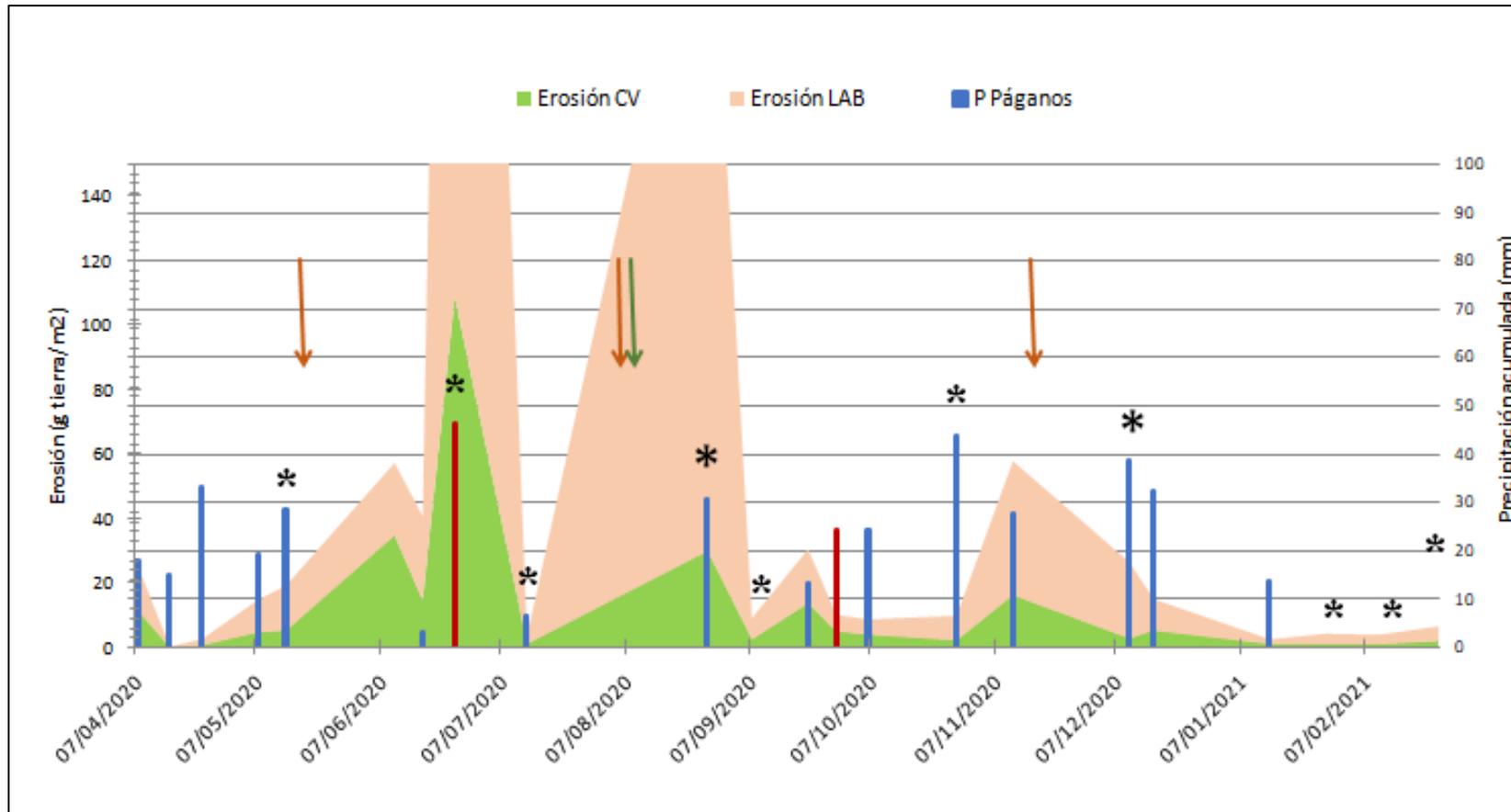


Figura 9 Precipitación acumulada entre muestreos en la estación meteorológica de Páganos y en el pluviómetro situado en la parcela de ensayo y tasas de erosión para cada tratamiento (CV, cubierta vegetal y LAB, laboreo) en el ensayo de Elvillar (Álava). Flecha marrón indica fecha de labrado, flecha verde indica fecha de corte de la cubierta vegetal. \* diferencias significativas de erosión entre los dos tratamientos ensayados. El valor máximo de eventos de erosión muy intensos no se ha representado con el objetivo de poder apreciar mejor aquellos con una menor tasa de erosión. Periodo 2020-2021.

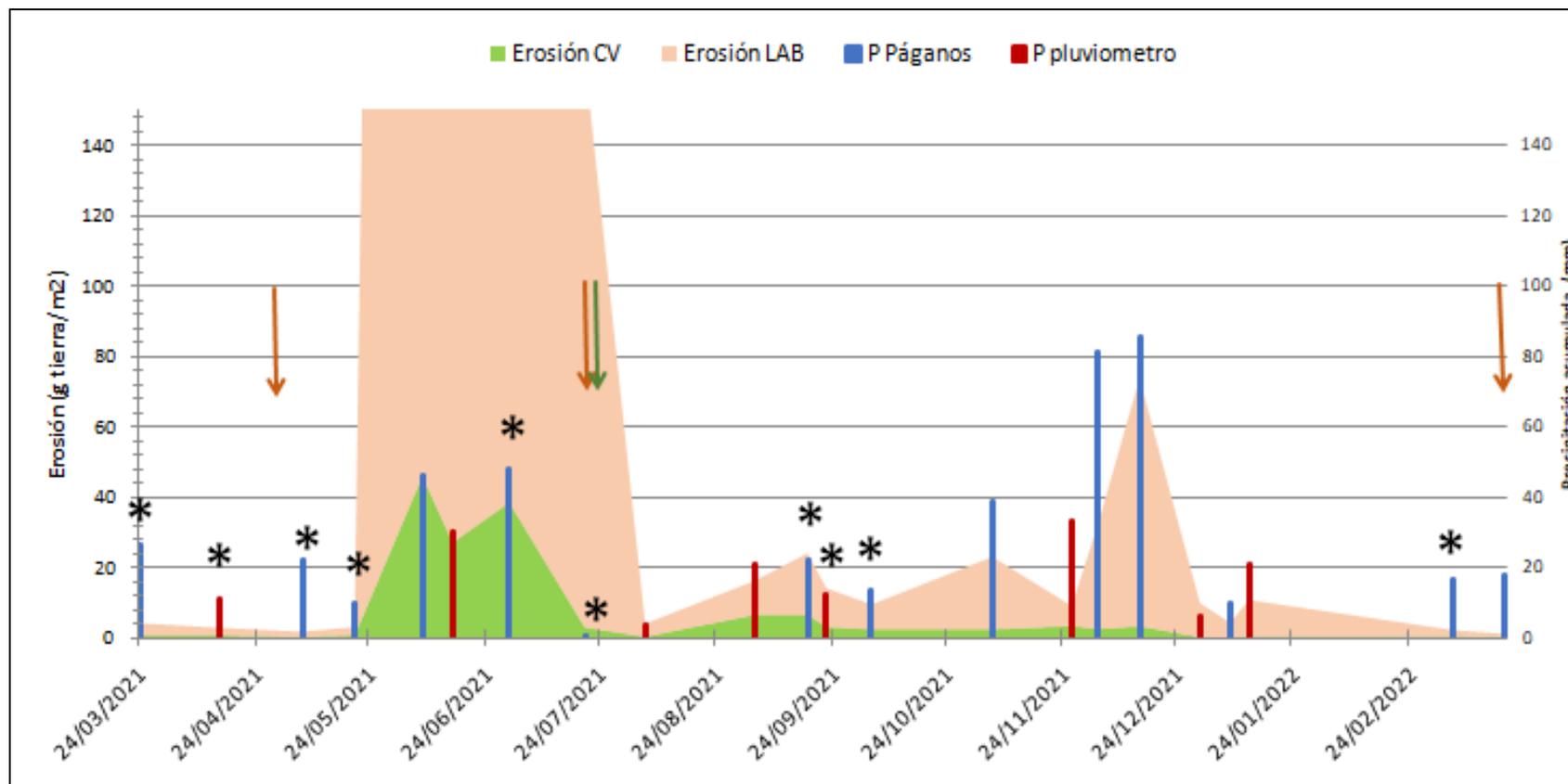


Figura 10 Precipitación acumulada entre muestreos en la estación meteorológica de Párganos y en el pluviómetro situado en la parcela del ensayo y tasas de erosión para cada tratamiento (CV, cubierta vegetal y LAB, laboreo) en el ensayo de Elvillar (Álava). Flecha marrón indica fecha de labrado, flecha verde indica fecha de corte de la cubierta vegetal. \* diferencias significativas de erosión entre los dos tratamientos ensayados. El valor máximo de eventos de erosión muy intensos no se ha representado con el objetivo de poder apreciar mejor aquellos con una menor tasa de erosión. Periodo 2021-2022.

En las Figura 9 y Figura 10 se puede apreciar que la cantidad de sedimentos movilizados es claramente mayor en el tratamiento de laboreo con respecto al tratamiento de cubierta vegetal en todos los muestreos. Según los análisis estadísticos realizados, se encontraron diferencias significativas, entre los tratamientos de cubierta vegetal y laboreo en veinte fechas de muestreo (Tabla 3). En todos los casos la erosión medida fue mayor en el tratamiento de laboreo.

Tabla 3 Valor p resultante de realizar el análisis de varianza que evalúa si las medias de cada tratamiento son significativamente distintas en el ensayo llevado a cabo en Elvillar (Araba) desde 1/04/20 hasta 31/03/2022. CV, tratamiento de cubierta vegetal, LAB, tratamiento de laboreo.

Fecha	CV (g m <sup>-1</sup> )	LAB (g m <sup>-1</sup> )	p value
14/05/2020	5,26	14,02	0,0822
25/06/2020	108,89	477,43	0,0192
13/07/2020	1,08	2,52	0,0395
27/08/2020	29,93	227,78	0,0935
07/09/2020	2,47	6,67	0,0344
28/10/2020	2,19	7,71	0,00116
10/12/2020	2,78	23,70	0,0971
28/01/2021	0,98	3,36	0,048
10/02/2021	0,96	2,99	0,00931
25/02/2021	1,96	4,59	0,0083
24/03/2021	0,76	3,56	0,00362
14/04/2021	0,72	2,32	0,037
06/05/2021	0,41	1,50	0,0207
20/05/2021	0,74	2,49	0,0289
30/06/2021	38,47	694,22	0,0193
20/07/2021	3,02	161,64	0,0603
17/09/2021	6,66	17,56	0,0689
22/09/2021	3,14	11,13	0,00166
04/10/2021	2,52	7,13	0,0346
07/03/2022	0,50	1,89	0,00333

Los eventos donde se recogieron más de 100 g m<sup>-2</sup> de sedimento en el tratamiento de laboreo ocurrieron entre los meses de junio y agosto, y generalmente venían precedidos de una lluvia mayor de 15 mm día<sup>-1</sup>. En el año 2021 fue en los meses de junio y julio cuando se recogieron tasas mayores de 100 g m<sup>-2</sup> de erosión en el tratamiento de laboreo. Uno de estos muestreos fue el 30 de junio y venía precedido de una lluvia mayor de 15 mm día<sup>-1</sup>, pero esto no ocurrió en el caso del muestreo del 20 de julio. Como el pluviómetro de la parcela registraba precipitaciones acumuladas no se puede saber si ocurrió una tormenta fuerte alguno de los días previos al

muestreo. Las tormentas de verano suelen ser muy localizadas, y puede ser que una tormenta que ocurriera en la parcela no tuviera lugar en la estación de Párganos.

Cabe destacar que, en las fechas mencionadas en los párrafos anteriores, también en el tratamiento de cubierta vegetal se produjo un pico de erosión, pero en este caso los valores registrados fueron mucho menores.

Tabla 4 Erosión media total acumulada por tratamiento durante las dos campañas de ensayo, desde 1/04/2020 hasta 31/03/2022, en Elvillar (Araba).

<b>Pérdida de suelo acumulada (t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)</b>				
<b>Periodo</b>	<b>Cubierta vegetal</b>		<b>Laboreo</b>	
	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>
1/04/2020 - 31/03/2021	2,7	0,23	9,3	1,06
1/04/2021 - 31/03/2022.	1,5	0,13	26,5	3,11
<b>Media anual</b>	2,1		17,9	

Analizando la erosión acumulada, el tratamiento de suelo desnudo provoca más erosión que el tratamiento con cubierta vegetal espontánea (Tabla 4). Si se expresan estos valores en toneladas por hectárea, salvando las dificultades de los cambios de escala, la pérdida media anual para cada tratamiento habría sido de 2,1 ( $\pm 0,09$ ) t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en el caso de cubierta vegetal y 17,9 ( $\pm 1,14$ ) t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en el tratamiento de laboreo. Es decir, el tratamiento del laboreo causó una erosión ocho veces mayor que el tratamiento de cubierta vegetal espontánea.

## Propiedades relacionadas con la nutrición del viñedo

Tabla 5 Concentración de nutriente en peciolo en el envero de los años 2021 y 2022 en el ensayo de cubiertas vegetales situado en Elvillar en bodega Maisulan.

		N (g 100g <sup>-1</sup> )	P (g 100g <sup>-1</sup> )	K (g 100g <sup>-1</sup> )	Ca (g 100g <sup>-1</sup> )	Mg (g 100g <sup>-1</sup> )	S (g 100g <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )
2021	Cubierta Vegetal	0,40	0,08	2,80 a*	2,07	0,71 a	0,09	11,9 b	<150	126,7	47,1 a
	Laboreo	0,36	0,13	2,23 b	2,32	0,77 a	0,09	16,0 a	<150	71,3	32,4 b
	Manejo Combinado	0,38	0,14	2,92 a	2,13	0,62 b	0,10	9,5 b	<150	91,4	41,3 ab
2022	Cubierta Vegetal	0,35	0,06 b	2,39	2,10	0,84	0,07	17,0	<150	3,3	31,9
	Laboreo	0,36	0,11 a	2,27	2,33	0,93	0,07	16,3	<150	2,8	27,5
	Manejo Combinado	0,37	0,11 a	2,80	2,16	0,78	0,08	13,0	<150	4,1	31,9

\*Medias con letras distintas corresponden a valores significativamente distintos entre tratamientos.

En el año 2021 el contenido de K, y Zn en el peciolo fue más alto en el tratamiento de cubierta vegetal (Tabla 5) con respecto al laboreo. Por el contrario, el nivel de Mn fue más alto en el tratamiento de laboreo respecto a cubierta vegetal. En el caso del Mg, cubierta vegetal y laboreo obtuvieron similares valores, mayores que en el tratamiento de manejo combinado. En el año 2022 solo se detectaron diferencias significativas para el P, cuyo contenido fue más alto en los tratamientos de laboreo y manejo combinado y más bajo en el tratamiento de cubierta vegetal.

## Propiedades relacionadas con el crecimiento vegetativo y la producción

Las diferencias en crecimiento vegetativo se observan ya en el primer año (Tabla 6), con un mayor crecimiento en el tratamiento de laboreo. En el segundo año esas diferencias se acentúan y se observa un descenso del peso de poda del 32% en el manejo combinado y del 47% en el tratamiento de cubierta vegetal. En el año 2022 se mantiene el peso de poda en los tratamientos de cubierta vegetal y manejo combinado con respecto al año anterior, pero el descenso en el crecimiento en el tratamiento de laboreo con respecto a los otros dos es mayor, probablemente debido a la fuerte sequía experimentada ese año. Sin embargo, el tratamiento de laboreo siguió presentando un mayor peso de poda que los otros dos. Ambos años el tratamiento de manejo combinado presentó un crecimiento intermedio con respecto a los tratamientos de cubierta vegetal y laboreo.

Respecto al rendimiento, en el primer año no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, si bien la tendencia es clara hacia una menor producción a medida que aumenta la intensidad de la cubierta. En el segundo y tercer año, estas diferencias fueron más claras y los dos tratamientos con cubierta presentaron una reducción significativa del rendimiento entre un 21 y un 38 %. Cabe destacar que el ensayo se localiza en la zona más productiva de la parcela, por lo tanto, el rendimiento medio de esta es menor. Estas diferencias en el rendimiento entre tratamientos son debidas al menor número de racimos y también al menor peso de estos (Tabla 6).

## Propiedades relativas a la calidad de uva, mosto y vino

Los dos primeros años de ensayo no hubo diferencias en cuanto al grado probable del mosto entre tratamientos, pero el último año se observó un menor valor en el tratamiento de laboreo (13,9 %) frente al tratamiento de cubierta vegetal (15,0%) (Tabla 6).

El tratamiento de laboreo mostró una mayor concentración de ácido málico en mosto que solamente fue significativa el primer y tercer año. La concentración de K en vino fue menor en el tratamiento de cubierta vegetal el segundo año y el tercero (Tabla 6).

Tabla 6 Valores medios de producción, crecimiento vegetativo y calidad de uva, mosto y vino en función del año y del tratamiento. Ensayo de cubierta vegetal de Elvillar (Álava).

	2020			2021			2022		
	Cubierta vegetal espontánea	Manejo combinado	Laboreo	Cubierta vegetal espontánea	Manejo combinado	Laboreo	Cubierta vegetal espontánea	Manejo combinado	Laboreo
Producción (kg cepa <sup>-1</sup> )	2,47	2,52	2,72	3,18 b	3,37 b	4,26 a	2,47 b	2,91 b	3,98 a
Número de racimos (racimos cepa <sup>-1</sup> )	8,4	8,6	8,2	10,4 b	10,4 ab	12,1 a	9,1 b	8,6 b	11,3 a
Peso medio racimo (g)	301	304	329	304 b	326 ab	351 a	255 b	330 a	358 a
Peso madera de poda (g cepa <sup>-1</sup> )	676 b*	628 b	866 a	384 c	493 b	725 a	360 c	480 b	560 a
Grado Probable (mosto) (% Vol)	13,6	13,1	13,3	13,2	13,4	13,4	15,0 a	14,8 ab	13,9 b
pH (mosto)	3,18	3,14	3,19	3,19	3,23	3,26	3,31	3,32	3,31
Acidez Total Tartárica (mosto) (g L <sup>-1</sup> )	5,46	5,64	5,56	5,19	5,15	5,03	4,22	4,25	4,35
Ácido L-málico (mosto) (g L <sup>-1</sup> )	1,4 b	1,4 b	1,7 a	1,2	1,4	1,5	0,7 b	0,9 ab	1,1 a
Nitrógeno fácilmente asimilable (mosto) (mg L <sup>-1</sup> )	57	50	60	81	86	96	37	40	44
Intensidad Colorante (vino) (A420, A520, A620)	-	-	-	11,92	11,39	11,26	18,34	17,19	16,07
Índice Polifenoles Totales (vino) (A280)	-	-	-	38	39	40	61	60	53
Antocianos (vino) (mg L <sup>-1</sup> )	-	-	-	411	418	394	719	681	587
Taninos (vino) (g L <sup>-1</sup> )	-	-	-	1,48	1,55	1,58	2,31	2,30	2,06
Potasio (vino) (mg L <sup>-1</sup> )	-	-	-	632 b	761 a	774 a	919 b	1007 a	962 ab

\*Medias con letras distintas corresponden a valores significativamente distintos entre tratamientos.

## 6. Discusión

### Propiedades de suelo

En las Figura 9 y Figura 10 podemos observar la diferencia entre las tasas de erosión para los dos tratamientos, donde en el caso de eventos de lluvia superiores a 15 mm son aproximadamente cuatro veces mayores que en los eventos menores a 15 mm. Por lo tanto, los eventos de lluvia livianos y distribuidos en el tiempo no suponen tasas de erosión tan elevadas como los eventos de lluvia torrenciales.

En cuanto a las tasas de erosión observadas en los meses de otoño e invierno, hay que tener en cuenta que son periodos donde se recoge la mayor cantidad de precipitación acumulada y nueve eventos de precipitación superiores a 15 mm. De esta manera, se explica el pico observado en las tasas de erosión los meses de noviembre-enero, cuando el suelo tenía la menor tasa de infiltración debido al alto contenido de humedad y a la elevada compactación de la capa de arado (Kosmas et al., 1997).

De la misma manera, observamos que independientemente de la intensidad de precipitación, el tratamiento de cubierta vegetal supone menores tasas de erosión comparado con el laboreo. Esto se debe a que la cubierta vegetal crea una barrera física en la superficie, aumentando la tortuosidad del flujo de agua superficial, reduciendo así la capacidad de la escorrentía para arrastrar sedimentos (Kosmas et al., 1997). Esta diferencia también se debe a la creación natural de una costra en los suelos desnudos o labrados. El efecto “splash” es causado por el impacto de las gotas de lluvia, que se comportan como pequeñas bombas al caer sobre el suelo expuesto, desplazando las partículas del suelo y creando una costra o sellamiento (Angulo-Martínez et al., 2012). Esta costra, minimiza la capacidad de infiltración y aumenta la escorrentía de manera considerable, y en consecuencia la erosión hídrica (Bienes et al., 2012). Aunque algunos estudios demuestran que las mayores tasas de erosión coinciden con las fechas de labranza, (Kirchhoff et al., 2017), en este trabajo no se ha encontrado dicha relación (Figura 9 y Figura 10). Esto puede deberse a que las parcelas recién labradas aumentan la rugosidad, impidiendo el avance de la lámina de agua de la escorrentía. Por consiguiente, tras la primera lluvia los suelos labrados generan poca escorrentía, pero posteriormente si no se labran, generan el sellamiento, anteriormente mencionado, aumentando la escorrentía y la erosión (García-Díaz et al., 2019).

Marques et al. (2010) afirman que los beneficios de la cobertura vegetal aumentan con el incremento de la intensidad de las precipitaciones. Según su estudio, la pérdida de suelo bajo tratamientos de labranza tradicional era cinco veces mayor que en el tratamiento de cobertura bajo tormentas de baja intensidad, pero aumentó a 30 veces más en caso de lluvias extremas. En este ensayo también se apreciaron estas diferencias, donde la pérdida total de suelo bajo tratamiento de labranza fue de media 8 veces mayor que en el tratamiento de cobertura, pero llegó a ser 20 veces más en el caso de lluvias extremas como la registrada el día 30/06/21, la cual fue precedida por un evento de lluvia de 27,1 mm.

Por otro lado, este estudio demuestra que el momento vegetativo de la cobertura también es un factor a tener en cuenta. Así, se observa que las mayores tasas de pérdida de suelo se cuantificaron durante las tormentas de verano, cuando la vegetación se reduce de forma natural dado a las condiciones de sequedad y se dan precipitaciones torrenciales características en este clima (Nicolau et al., 2002).

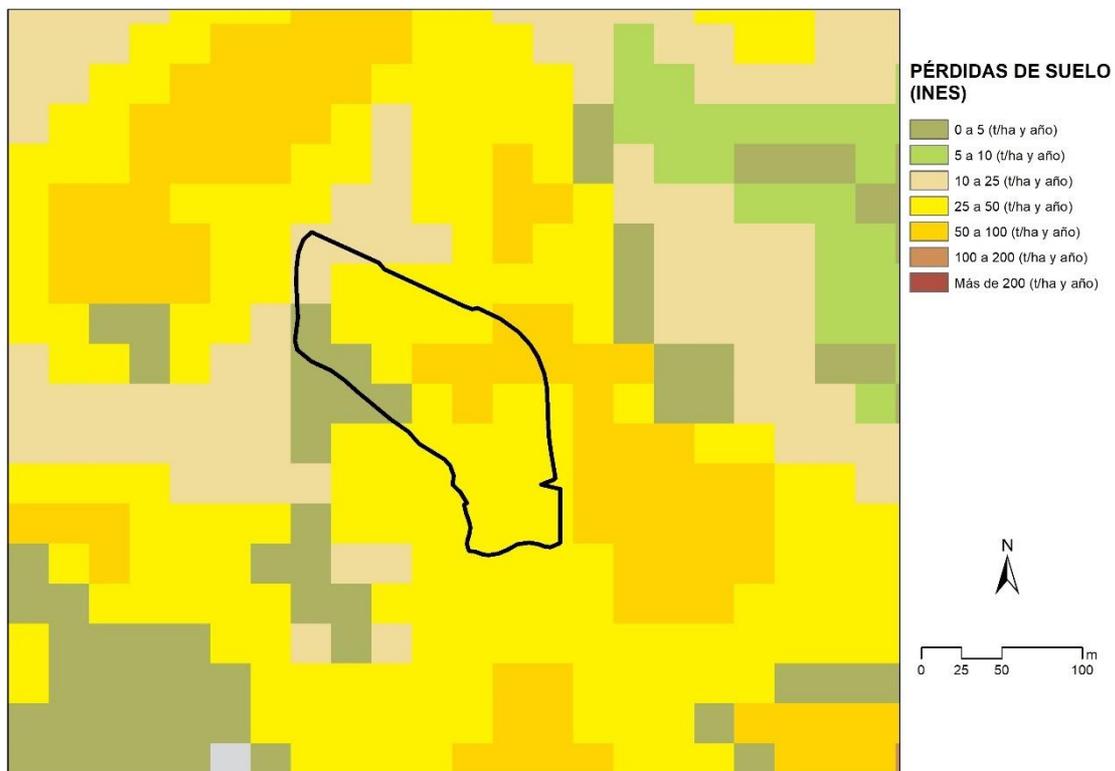


Figura 11 Tasas de erosión real de suelo calculadas según el modelo RUSLE en la parcela de Elvillar (Álava) donde se ha realizado el ensayo de erosión (INES, 2018).

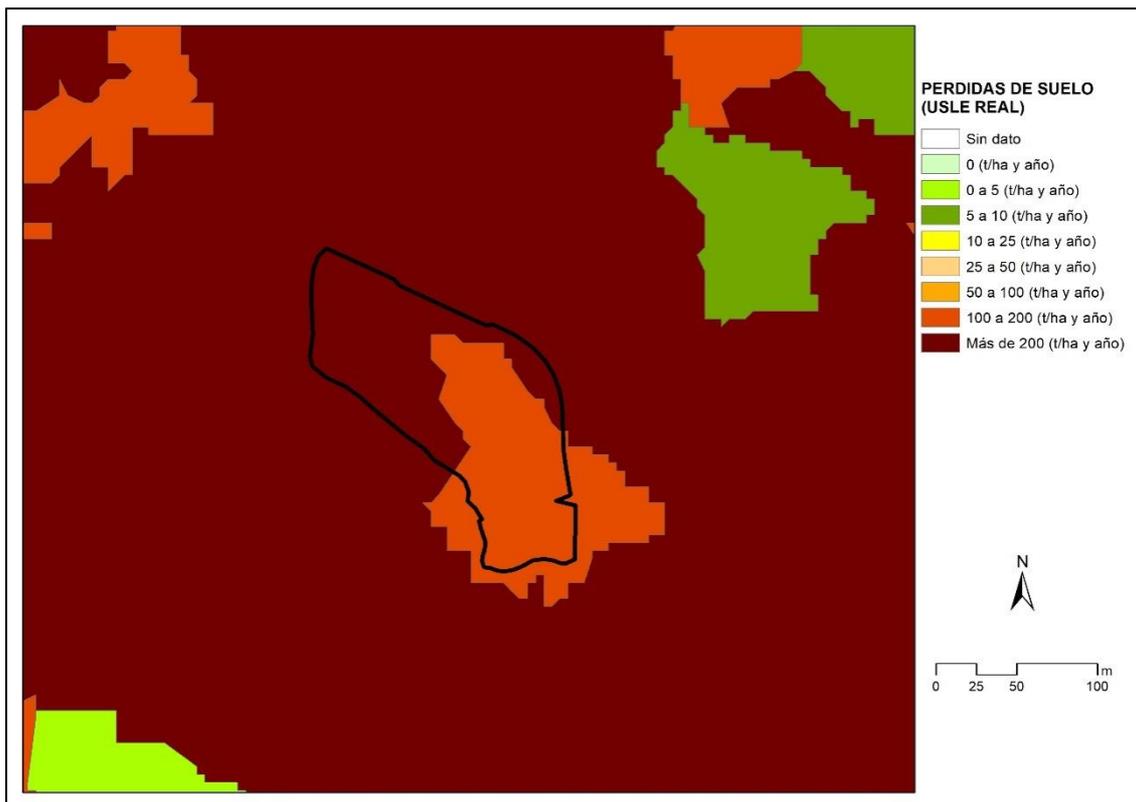


Figura 12 Tasas de erosión real de suelo calculadas según el modelo USLE en la parcela de Elvillar (Álava) donde se ha realizado el ensayo de erosión (IDER, 2005). No se presenta el mapa según modelo RUSLE porque no tiene datos para la parcela en cuestión.

Los resultados muestran que las diferencias entre los dos tratamientos incrementan en el segundo año, reduciéndose las tasas de erosión en el caso de cubierta vegetal y aumentando en el caso del laboreo. Según el estudio realizado por Nicolau et al. (2002), mediante la cubierta vegetal se observó una disminución de la pérdida de suelo a lo largo del tiempo, llegando casi a no perder suelo. Sería de gran interés el desarrollo de estudios a largo plazo y con diferentes alternativas de cubierta vegetal adecuadas al clima estudiado, para analizar si es posible la reducción de la erosión hasta valores naturales.

La tasa de pérdida de suelo tolerable estimada para asegurar la sostenibilidad del suelo es de  $1 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  (Verheijen et al., 2009). Sin embargo, en Europa las tasas de erosión son entre 3 y 40 veces superiores a este límite, con una variación espacial y temporal considerable. En cuanto a las tasas de erosión en viñedo bajo clima mediterráneo se llegaron a medir  $16 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  en Sicilia, Italia (Novara et al., 2017),  $10,9 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  en viñedos nivelados en Barcelona, España (Ramos et al., 2006),  $0,4$  y  $1,8 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  bajo labranza convencional y  $0,02$  y  $0,32 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  con diferentes cubiertas vegetales (*Brachypodium distachyon*, vegetación espontánea, centeno y

cebada) en Madrid y Cuenca, España (Bienes et al., 2012) y entre 4,5 y 90 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> bajo labranza convencional y entre 0,7 y 42,7 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> con cubierta vegetal en viñedos de Francia, España y Portugal (Gómez et al., 2011). Se comprueba que las tasas de erosión anual obtenidas en este estudio se encuentran en el mismo rango que las halladas en otros viñedos bajo clima mediterráneo, aunque como es lógico existen variaciones seguramente debidas a los distintos tipos de suelo, pendiente, tipo de cubierta, etc. En cualquier caso, tanto la bibliografía como los datos presentados en este trabajo reflejan la falta de sostenibilidad del manejo del suelo mediante laboreo.

La cantidad de pérdida de suelo estimadas en el estudio Inventario Nacional Erosión Suelos (INES, 2018) para la zona del experimento en la parcela a estudio oscilaban entre 25 y 50 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> ( Figura 11). Estos valores se aproximan a los obtenidos en este estudio para el tratamiento de laboreo tradicional (17,9 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>). Sin embargo, los valores de erosión real según la ecuación USLE obtenidos en el trabajo de IDER (2005) para la parcela a estudio y que está cargado en Visor de Geoeuskadi son mucho mayores que los obtenidos en este trabajo (entre 100 y más de 200 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) ( Figura 12).

### Propiedades relacionadas con la nutrición del viñedo

En el año 2021 el contenido de K en peciolo en el tratamiento de cubierta vegetal y manejo combinado fue mayor que para el tratamiento de laboreo. El mayor rendimiento productivo de este último tratamiento puede ser el causante de estas diferencias, puesto que es conocido que el fruto es un importante sumidero para este nutriente que hace que descienda el contenido en hoja. Descensos de la concentración de K en hoja debidos a la producción de fruta han sido registrados por varios autores (Bould, 1966; Van der Boon y col., 1966; Hansen, 1973; Jadcuc, 1993; Sadowski y col., 1995). Por otra parte, el contenido de Mn fue mayor en el tratamiento de laboreo y menor en el de cubierta vegetal y justamente al contrario para el Zn. En otro trabajo (Kortabarria, 2017) llevado a cabo en Rioja Alavesa se observó que las cubiertas vegetales tendían a favorecer la concentración de Mn y Zn en hoja. Esto no coincide con los resultados de este estudio para el caso del Mn. El motivo aducido para el aumento de la concentración foliar de Mn y Zn bajo el manejo CV era la acidificación de la rizosfera a causa de la liberación de H<sup>+</sup> por parte de las raíces. Las raíces de algunas plantas, suelen liberar H<sup>+</sup> cuando la absorción total de cationes supera la de aniones,

provocando un descenso del pH en la rizosfera (Grinsted et al., 1982). Por tanto, teniendo en cuenta que la solubilidad de Zn es mayor a pH más ácidos (Sims, 1986), puede que las cubiertas vegetales hubiesen resultado en una mayor disponibilidad de Zn para las vides (Abbas et al., 2016).

En el año 2022 el único nutriente para el que se observaron diferencias significativas entre tratamientos fue el P. Así el tratamiento de cubierta vegetal presentaba las menores concentraciones en peciolo. Esto puede estar indicando que las raíces del viñedo están explorando capas más profundas de suelo que los otros tratamientos, puesto que el contenido de P en suelo suele descender en profundidad. También puede ser debido a la competencia por este nutriente que se incrementa en el caso de la cubierta vegetal, sobre todo teniendo en cuenta que el contenido de P en suelo es muy bajo. Quizá el comportamiento del Zn puede estar influido por el del P, puesto que son nutrientes que tienen comportamientos antagónicos. Cabe destacar que, aunque el contenido de P en peciolo no varía significativamente en función del tratamiento en el año 2021 la tendencia que se observa para este nutriente es la misma que en 2022.

### Propiedades relativas al crecimiento vegetativo y la producción

El descenso del crecimiento vegetativo en el tratamiento de cubierta vegetal espontánea coincide con lo hallado por Abad et al. (2021) en su revisión sistemática. Así, en un 50% de los trabajos revisados la reducción de crecimiento fue mayor del 20%, y en un 45% menor del 20% con respecto al tratamiento de laboreo. Cabe destacar que en un ensayo realizado durante cinco años en la misma comarca en la localidad de Oion (Álava), se observó una reducción en el peso de poda debido a la cubierta vegetal (en este caso cebada) a pesar de que el suelo tenía una gran capacidad de almacenamiento de agua debido a su elevada profundidad (Kortabarria, 2017).

En cuanto al descenso registrado en el rendimiento, otros autores como Aguirrezábal et al. (2012) en un ensayo de 10 años realizado en Navarra, también lo detectan y lo relacionan con el % del suelo cubierto. Esta reducción viene, en parte, provocada por un descenso del número de racimos a partir de la segunda campaña que también se observa en este trabajo. La reducción en el número de racimos se explicaría por la competencia de la vegetación espontánea por el nitrógeno y el agua ocurrida en la primera campaña durante la diferenciación floral, tal y como explican Guilpart et al. (2014). Además, también se detectó un menor peso del racimo en el tratamiento de cubierta en todas las filas, pero al igual que observaron Aguirrezábal et al. (2012)

en el tratamiento con manejo intermedio no hubo diferencias en cuanto al peso del racimo con respecto al laboreo.

### Propiedades relativas a la calidad de uva, mosto y vino

No se observaron diferencias en lo referente a pH, acidez total tartárica, intensidad colorante, índice de polifenoles totales, antocianos y taninos. Estos resultados coinciden con lo hallado por Abad et al. (2021) en su artículo, donde el 90% de los trabajos consultados no presentaban diferencias en cuanto a pH. Sin embargo, en el caso de los polifenoles detectaban resultados divergentes y apuntaban a la reducción del rendimiento como causante del aumento de polifenoles en aquellos casos en que se observaba una pérdida de rendimiento producida por la cubierta vegetal. En el caso del ensayo de Kortabarria (2017) por lo general tanto polifenoles y color como antocianos mejoraban con el tratamiento de cubierta de cebada en un suelo profundo.

El grado probable del mosto se redujo en el año 2022 en el tratamiento de cubierta vegetal, y no varió los otros dos años. Esto coincide con lo recogido por Abad y col. (2021) que encontraron que por lo general (un 68% de los casos) no había diferencias en cuanto a concentración de azúcares en uva. Sin embargo, en los casos en que la cubierta vegetal causó un aumento del grado probable se asociaba con un descenso del rendimiento como es este caso.

La concentración de K en vino fue menor en el tratamiento de cubierta vegetal en el año 2022, lo cual indica que hubo competencia por este nutriente. El contenido de potasio en suelo en esta parcela no era muy alto (86 y 102 mg kg<sup>-1</sup> de 0-10 y de 10-30 cm respectivamente), y probablemente no fue suficiente para aportar los nutrientes necesarios a la cubierta sin competir con el viñedo. En otros estudios como el realizado por Pérez-Álvarez et al. (2015) y Kortabarria (2017) no se ha observado este descenso del K en vino en los tratamientos de cubierta, pero el contenido de K en suelo era sensiblemente mayor. Cabe destacar los bajos valores de nitrógeno fácilmente asimilable en mosto que sin embargo no mostró diferencias significativas entre tratamientos.

## 7. Conclusiones

Las primeras medidas de erosión efectuadas en un viñedo de Rioja Alavesa muestran que la cobertura vegetal espontánea puede reducir las pérdidas por erosión frente a laboreo. Así las pérdidas anuales de suelo serían de 2,1 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y de 17,9 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para laboreo y cubierta vegetal respectivamente. Esto resulta muy interesante sobre todo para viñedos que como el estudiado están en pendiente. No obstante, en las condiciones edafoclimáticas analizadas, la reducción en las tasas de erosión no es suficiente para evitar la degradación del suelo, ya que incluso el tratamiento de cubierta vegetal sobrepasó la tasa de pérdida de suelo tolerable estimada para asegurar la sostenibilidad del suelo (1 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>).

La cubierta vegetal ejerce una competencia por el agua y los nutrientes con el viñedo, y esto hace que se reduzca el crecimiento vegetativo del viñedo y el rendimiento. En los tres años de ensayo las variaciones en cuanto a la calidad no fueron relevantes. Es importante conocer la magnitud del descenso productivo, así como la variación en cuanto a calidad de uva y vino para que los viticultores tomen las decisiones más adecuadas en cuanto al manejo del suelo.

## 8. Bibliografía

- Abad, J., Hermoso de Mendoza, I., Marín, D., Orcaray, L., and Santesteban, L.G. (2021). Cover crops in viticulture. A systematic review (2): Implications on vineyard agronomic performance. *OENO One*. 2: 1-27.
- Abbas, G., Saqib, M., Akhtar, J., Murtaza, G., Shahid, M., Hussain, A. 2016. Relationship between rhizosphere acidification and phytoremediation in two *Acacia* species. *Journal of Soils and Sediments*. 16 (4): 1392-1399.
- AEMA. (2010). El Medio Ambiente en Europa. Estado y perspectiva-Síntesis. Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhage.
- Aguirrezábal, F., Sagües, A., Cibriáin, J.F., Suberviola, J. (2012). Ensayos de cubiertas vegetales en viña 1995-2005. *Serio Investigación y Desarrollo Agrarios* nº 8. Gobierno de Navarra. Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local.
- Angulo-Martínez, M., Beguería, S., Navas, A., Machín, J. (2012). Splash erosion under natural rainfall on three soil types in NE Spain. Elsevier *Geomorphology*, Volumen 175(176): 38-44.

- Ben-Salem, N., Álvarez, S. y López-Vicente, M. (2018). Soil and Water Conservation in Rainfed Vineyards with Common Sainfoin and Spontaneous Vegetation under Different Ground . *Conditions. Water*, 10(8): 1058.
- Bermúdez, F. L., & Díaz, A. R. (1998). Erosión y desertificación: implicaciones ambientales y estrategias de investigación. *Papeles de geografía*, (28).
- Bienes, R., Marques, M.J., Ruíz-Colmenero, M. (2012). Cultivos herbáceos, viñedos y olivares. El manejo tradicional del suelo y sus consecuencias en la erosión hídrica. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 1(38): 49–74.
- Bini, C. (2009). Soil: a precious natural resource. *CONSERV. NAT. RESOUR*: 1-48.
- Bould, 1966. Leaf analysis of deciduous fruits. En: *Temperate to tropical fruit nutrition*, 651-684. Ed. N.F. Childers, Horticultural Publications, New Brunswick, New Jersey (USA).
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de ciencias agrícolas*, 33 (2): 117-124.
- Bustins, J. A. L. (2018). Lluvias fuertes, pero mal repartidas. El caso del clima mediterráneo. *Biblio3W Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*.
- Cerdan, O., Govers, G., Le Bissonnais, Y., Van Oost, K., Poesen, J., Saby, N., Gobin, A., Vacca, A., Quinton, J., Auerwald, K., Klik, A., Kawaad, F.J.M.K., Raclot, D., Ionita, I., Rejman, J., Rousseva, S., Muxart, T., Roxo, M.J., Dostal, T. (2010). Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data. Elsevier *Geomorphology*, 122(1-2): 167–177.
- Euskalmet, Agenia Vasca de meterología. Recuperado de Euskalmet | Agenia vasca de meteorología | Datos de estaciones (euskadi.eus).
- Ferreira, C.S.S., Keizer, J.J., Santos, L.M.B., Serpa, D., Silva, V., Cerqueira, M., Ferreiras, A.J.D y Abrantes, N. (2018). Runoff, sediment and nutrient exports from a Mediterranean vineyard underintegrated production: An experiment at plot scale. *Elsevier B.V.*, 256 (1): 184-193.
- García-Díaz, A., Sastre, B. y Bienes, R. (2019). Efectos de la cubierta vegetal en olivares semiáridos sobre la escorrentía y la infiltración en diferentes condiciones de humedad del suelo. *Comunicaciones Científicas Simposium Expoliva 2019 Jaén (España)* 15-17 mayo.
- Goeuskadi visor. Recuperado de [Visor de geoEuskadi](#)
- Gerlach, T. (1967). Hillslope troughs for measuring sediment movement. *Revue de geomorphologie dynamique*, 17: 173.

- Gobierno Vasco. (2018). Estadística. Recuperado de Estadística. Gobierno Vasco – Euskadi.eus
- Gobierno Vasco. (2020). Estadística rápida, sector agrario. Recuperado de Estadística rápida. Sector agrario - Gobierno Vasco – Euskadi.eus
- Gómez, J. A., Llewellyn, C., Basch, G., Sutton, P. B., Dyson, J. S., & Jones, C. A. (2011). The effects of cover crops and conventional tillage on soil and runoff loss in vineyards and olive groves in several Mediterranean countries. *Soil Use and Management*, 27(4): 502-514.
- Grinstead, M.J., Hedley, M.J., White, R.E., Nye, P.H. 1982. Plant-induced changes in the rhizosphere of rape (*Brassica napus* var. emerald) seedlings - 1. pH change and the increase in P concentration in the soil solution. *New Phytologist*. 91: 19-29.
- Guilpart, N., Metay, A., Christian, G. 2014. Grapevine bud fertility and number of berries per bunch are determined by water and nitrogen stress around flowering in the previous year. *European Journal of Agronomy*. 54: 9-20.
- Hansen, P., 1973. The effect of cropping on the growth and uptake of nutrients by apple trees at different levels of nitrogen, potassium, magnesium and phosphorus, *Acta Agriculturae Scandinavica*, 23:87-92.
- IDER. (2005). Mapa de erosión de suelos de la Comunidad Autónoma de Euskadi.
- INES (Inventario nacional erosión suelos). Araba/Álava, País Vasco. (2018). Ministerios de agricultura, pesca y alimentación, Gobierno de España.
- Jadcuc, E.; Sadowski, A., 1997. Nutritional status of “Schattenmorelle” cherry trees in relation to the type of root system and tree age. *Acta Horticulturae*, 448: 137-144.
- Kirchhoff, M., Rodrigo-Comino, J., Seeger, M., & Ries, J. B. (2017). Soil erosion in sloping vineyards under conventional and organic land use managements (Saar-Mosel valley, Germany). *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 43(1): 119-140.
- Kortabarria Mantzizidor, J. 2017. Cubiertas vegetales en un viñedo de Rioja alavesa: influencia sobre el estado hídrico, crecimiento vegetativo, producción y calidad. Tesis doctoral Universidad del País Vasco- Euskal Herriko Unibertsitatea.
- Kosmas, C., Danalatos, N., Cammeraat, L. H., Chabart, M., Diamantopoulos, J., Farand, R., ... & Vacca, A. (1997). The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions. *Catena*, 29(1): 45-59.
- Lal, R. (2015). Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 7(5): 5875-5895.

- Marques, M. J., García-Muñoz, S., Muñoz-Organero, G., & Bienes, R. (2010). Soil conservation beneath grass cover in hillside vineyards under Mediterranean climatic conditions (Madrid, Spain). *Land Degradation & Development*, 21(2): 122-131.
- Montanarella, L. (2015). Agricultural policy: Govern our soils. *Nature*, 528(7580), 32-33.
- Nicolau, J. M., Bienes, R., Guerrero-Campo, J., Aroca, J. A., Gómez, B., & Espigares, T. (2002). Runoff coefficient and soil erosion rates in croplands in a Mediterranean-continental region, in Central Spain. In *Man and soil at the Third Millennium. Proceedings International Congress of the European Society for Soil Conservation, Valencia, Spain, 28 March-1 April, 2000. Volume 2* (pp. 1359-1368). GEOFORMA Edicions, SL.
- Novara, A., Pisciotta, A., Minacapilli, M., Maltese, A., Capodici, F., Cerdà, A., & Gristina, L. (2018). The impact of soil erosion on soil fertility and vine vigor. A multidisciplinary approach based on field, laboratory and remote sensing approaches. *Science of the Total Environment*, 622: 474-480.
- OIV- International Organisation of Vine and Wine Intergovernmental Organisation. (2021). State of the World Vitiultural setor in 2020. Recuperado de OIV Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Yu, B., Klik, A., Jae Lim, K., ... & Ballabio, C. (2017). Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. *Scientific reports*, 7(1): 1-12
- Pérez-Álvarez, E.P., García-Escudero, E., & Peregrina, F. 2015. Soil nutrient availability under Cover Crops: Effects on vines, must, and wine in a Tempranillo Vineyard. *American Journal of Enology and Viticulture*. 66(3): 311–320.
- Prosdocimi, M., Jordán, A., Tarolli, P., Keesstra, S., Novara, A., & Cerdà, A. (2016). The immediate effectiveness of barley straw mulch in reducing soil erodibility and surface runoff generation in Mediterranean vineyards. *Science of the Total Environment*, 547 : 323-330.
- Raclot, D., Le Bissonnais, Y., Louchart, X., Andrieux, P., Moussa, R., & Voltz, M. (2009). Soil tillage and scale effects on erosion from fields to catchment in a Mediterranean vineyard area. *Agriculture, ecosystems & environment*, 134(3-4): 201-210.
- Ramos, M. C., & Martínez-Casasnovas, J. A. (2006). Nutrient losses by runoff in vineyards of the Mediterranean Alt Penedès region (NE Spain). *Agriculture, ecosystems & environment*, 113(1-4): 356-363.
- Rioja Wine, Consejo regulador de la Denominación de Origen Calificada Rioja (2020). Rioja en cifras estadísticas. Recuperado de ESTADISTICAS\_RIOJA2019.pdf (riojawine.com)

- Rodrigo Comino, J., Brings, C., Lassu, T., Iserloh, T., Senciales, J. M., Martínez Murillo, J. F., ... & Ries, J. B. (2015). Rainfall and human activity impacts on soil losses and rill erosion in vineyards (Ruwer Valley, Germany). *Solid Earth*, 6(3): 823-837.
- Ruiz-Colmenero, M., Bienes, R., & Marques, M. J. (2011). Soil and water conservation dilemmas associated with the use of green cover in steep vineyards. *Soil and Tillage Research*: 117, 211-223.
- Sadpswski, A.; Lenz, F.; Engel, G.; Kepka, M., 1995. Effect of fruit load on leaf nutrient content of apple trees. *Acta Horticulturae*, 383: 67-71.
- Silva Arroyave, S. M., & Correa Restrepo, F. J. (2009). Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestre económico*, 12(23): 13-34.
- Sims, J.T. 1986. Soil pH Effects on the distribution and plant availability of manganese, copper, and zinc. *Soil Science Society of America Journal*. 50(2): 367-373.
- Van der Boon, J.; Das, A.; Van Schreven, A.C., 1966. A five-year fertilizer trial apples on a sandy soil; the effect on magnesium deficiency, foliage and fruit composition, and keeping quality. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 14 (1): 1-31.
- Verheijen, F. G., Jones, R. J., Rickson, R. J., & Smith, C. J. (2009). Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. *Earth-Science Reviews*, 94(1-4): 23-38.

