



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Dpto. de Ecosistemas Agroforestales

Acolchado de paja de arroz y calidad de suelo: efecto de la
dosis aplicada

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Sanidad y Producción Vegetal

AUTOR/A: Segarra Galán, Rita

Tutor/a: Gómez de Barreda Ferraz, Diego

Cotutor/a: Lidón Cerezuela, Antonio Luis

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

RESUMEN

Título: Acolchado de paja de arroz y calidad de suelo: efecto de la dosis aplicada.

La generación de restos de cultivo es importante en las zonas agrícolas por el volumen generado y, en ocasiones, por la dificultad de su manejo. Pero en un contexto de economía circular y sostenibilidad de la producción agraria es importante el aprovechamiento, siempre que sea posible, de los residuos generados. Un posible uso de estos residuos es el acolchado de suelo, que es una práctica ampliamente utilizada en la producción integrada, especialmente en cultivos leñosos. Entre los posibles efectos que tiene dicha práctica sobre el suelo destacan: la protección frente a procesos erosivos, la disminución de la evaporación, un régimen térmico más estable y la mejora de la estructura y fertilidad del suelo. Además, puede contribuir a otros aspectos de interés relacionados con el cultivo como es el control de malas hierbas o de la salinidad.

En las zonas de cultivo de arroz, existe cierta controversia por el manejo de los restos de cosecha generados. La paja del arroz es un residuo que presenta el inconveniente de originarse en gran volumen durante un corto periodo de tiempo, resultando difícil su gestión. Una alternativa a la gestión tradicional de la quema de la paja de arroz es su uso como acolchado de otros cultivos.

En este trabajo final de Máster se evalúa el efecto de un acolchado a base de paja de arroz y la dosis aplicada sobre diferentes propiedades del suelo. El trabajo se desarrolla en una parcela de vid situada en la Universitat Politècnica de València, en la que se establecen cuatro tratamientos en franjas de 6 m²: T0 (sin paja), T1 (mulch constituido con una bala de paja de arroz, 16,4 kg, en 5 m x 1,2 m, equivalente a 10,1 t ha⁻¹), T2 (mulch a base de dos balas de paja, 35,5 kg, en 5 m x 1,2 m, equivalente a 20,1 t ha⁻¹) y T3 (mulch con tres balas de paja, 44,4 kg, en 5 m x 1,2 m, equivalente a 30,1 t ha⁻¹), en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. En un muestreo inicial del suelo se realiza su caracterización fisicoquímica (textura, pH, CE, MO, carbonatos) y en muestreos periódicos sucesivos (trimestrales) a lo largo de un año se evalúa el contenido de carbono orgánico oxidable, el carbono orgánico disuelto y el porcentaje de agregados estables. Además, durante el período de estudio, se realizan medidas semanales de la tasa de respiración del suelo y la humedad volumétrica y temperatura del suelo (0-7 cm).

Los resultados obtenidos muestran que, en las condiciones del ensayo, el mulch de paja de arroz mejora la calidad del suelo, aumentando el contenido de materia orgánica del suelo y la actividad microbiana del mismo. También ha mejorado aspectos físicos del suelo como la densidad aparente y, en menor medida, la agregación. Respecto a la presencia de malas hierbas, el mulch ha resultado efectivo en su control. En general, la dosis utilizada ha influido positivamente en los resultados obtenidos. Transcurrido un año de la aplicación de la paja se ha apreciado una degradación de la misma, por ello, para mantener el efecto de la cubierta sería necesario reponerla.

Palabras clave: Mulch; humedad; agregación; materia orgánica; respiración; temperatura

Autora del TFM: Rita Segarra Galán

Tutor académico: Diego Gómez De Barreda Ferraz

Cotutor: Antonio Luis Lidón Cerezuela

ABSTRACT

In agriculture systems, the generation of by-products is challenging due to the great volume of residues released and their management issues. However, in the context of circular economy and sustainability of agriculture production, it is important to take advantage, whenever possible, of those released residues. Soil mulching in woody crops could be a solution of those residues. Some of the possible effects of soil mulching includes protection against erosive processes, evaporation decrease, a more regular thermal regime and soil structure and fertility improvement. In addition, soil mulching can contribute to improve other important aspects related with crops, as weed control or salinity issues. In rice cropping areas there is a controversy on the generated crop residues after harvesting. Rice straw is the main by-product and it is generated in a great scale and during a short period of time, which entails a difficult management. Rice straw soil mulching in other crops could be an alternative to the traditional management of this residue, which is burning.

In the present Final Master Thesis, a rice straw mulching is evaluated on several soil properties, including a dose response effect. The study is conducted in a vineyard plot located at the Universitat Politècnica de València, where four different rice straw mulching levels were established in 6 m² subplots: T0 (no straw), T1 (1 straw bale equivalent to 2.7 kg/m²), T2 (2 straw bales, 5,9 kg/m²), T3 (3 straw bales, 7.4 kg/m²). The experimental design is a randomized block design with three repetitions. An initial soil sampling was carried out performing a physicochemical characterization (texture, pH, electrical conductivity, organic matter and carbonates), then several soil samplings every 3 months will be conducted (oxidable organic carbon, dissolved organic carbon, and percentage of stable aggregates). In addition, weekly measurements of soil respiration, volumetric water content and soil temperature at 0-7 cm depth were performed.

The results obtained show that rice straw mulch improves soil quality, increasing soil organic matter content and soil microbial activity. It also improved soil physical properties such as bulk density and soil aggregation. With regard to the presence of weeds, the mulch has been effective in controlling them. In general, the straw rate used had a positive influence on the results obtained. One year after application, the straw has degraded, so that to maintain the effect of the mulch it would be necessary to replace it.

Keywords

Mulch; soil moisture; aggregation; organic matter; soil respiration; temperature

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por estar siempre ahí. Igualmente, dar las gracias a Antonio por su entrega como profesor y persona, todos tus alumnos somos muy afortunados. También, agradecer a Inma, a Cristina, a Joana, a Diego y a Jose, por su dedicación y tiempo durante esta etapa de aprendizaje.

Este Trabajo Final de Máster ha sido realizado en el marco del proyecto RTC-2017-6249-2-AR *“Desarrollo de un nuevo insumo para la agricultura sostenible: mulch de paja de arroz con incorporación de bacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPB) y mecanización integral de procesos”*, SmartMulch, correspondiente a la convocatoria Retos Colaboración de 2017 del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	PROBLEMÁTICA DE LA PAJA DE ARROZ EN LA ZONA DE VALENCIA.....	1
1.2.	ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LA PAJA DEL ARROZ	2
1.3.	EFECTO DEL MULCH EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO.....	2
1.3.1.	Propiedades físicas del suelo.....	2
1.3.2.	Propiedades químicas del suelo.....	4
1.3.3.	Propiedades biológicas.....	4
2.	OBJETIVOS.....	6
3.	MATERIAL Y MÉTODOS	7
3.1.	SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA	7
3.2.	TRATAMIENTOS.....	7
3.3.	MUESTREOS DE SUELO Y MEDIDAS “IN SITU”	8
3.4.	DETERMINACIONES ANALÍTICAS.....	8
3.4.1.	Caracterización del suelo	9
3.4.2.	Materia orgánica (MO).....	10
3.4.3.	Carbono orgánico soluble (COS).....	11
3.4.4.	Estabilidad estructural de los agregados	11
3.5.	RESPIRACIÓN, HUMEDAD Y TEMPERATURA DEL SUELO	13
3.6.	CONTROL DE MALAS HIERBAS	13
3.7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	14
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
4.1.	CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL SUELO	15
4.1.1.	Textura	15
4.1.2.	Densidad aparente	15
4.1.3.	pH	16
4.1.4.	Conductividad eléctrica (CE)	16
4.1.5.	Carbonatos	16
4.2.	MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO.....	17
4.3.	CARBONO ORGÁNICO SOLUBLE (COS).....	20
4.4.	ESTABILIDAD DE LOS AGREGADOS.....	23
4.5.	CONTROL DE MALAS HIERBAS	27
4.6.	TEMPERATURA, HUMEDAD Y RESPIRACIÓN DEL SUELO	29
5.	CONCLUSIONES	38
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Porcentaje de partículas elementales y clase textural (USDA) del suelo de cada tratamiento.</i>	15
<i>Tabla 2. Densidad aparente media (Da) y desviación estándar de cada tratamiento de cada muestreo.</i>	15
<i>Tabla 3. Valor medio y desviación estándar del pH en cada tratamiento en el muestreo inicial.</i>	16
<i>Tabla 4. Valor medio y desviación estándar de la CE en extracto acuoso 1:5 en cada tratamiento.</i>	16
<i>Tabla 5. Contenido medio de carbonatos expresado como porcentaje de CO₃Ca de cada tratamiento.</i>	17
<i>Tabla 6. Porcentaje de materia orgánica de cada tratamiento, desviación estándar y coeficiente de variación (C.V.) en el primer muestreo de suelo (30/06/2021).</i>	17
<i>Tabla 7. Porcentaje de materia orgánica de cada tratamiento, desviación estándar y coeficiente de variación (C.V.) en el segundo muestreo (20/01/2022).</i>	18
<i>Tabla 8. Porcentaje de materia orgánica de cada tratamiento, desviación estándar y coeficiente de variación (C.V.) en el tercer muestreo (02/05/2022).</i>	18
<i>Tabla 9. Resultado del análisis de la varianza para el contenido de materia orgánica del suelo.</i>	20
<i>Tabla 10. Test de rango múltiple para el contenido de materia orgánica del suelo según tratamiento.</i>	20
<i>Tabla 11. Carbono orgánico soluble (mg C·kg⁻¹) de cada tratamiento en cada muestreo.</i>	21
<i>Tabla 12. Resultado del ANOVA para el contenido de carbono orgánico soluble (COS, g C kg⁻¹).</i>	23
<i>Tabla 13. Test de rango múltiple para COS (g C kg⁻¹) según tratamiento.</i>	23
<i>Tabla 14. Porcentaje total de agregados en cada tratamiento.</i>	24
<i>Tabla 15. Resultado del ANOVA correspondiente al porcentaje total de agregados.</i>	25
<i>Tabla 16. Test de rango múltiple de los agregados totales por tratamiento.</i>	25
<i>Tabla 17. Resultado del ANOVA correspondiente al diámetro medio por tratamiento.</i>	25
<i>Tabla 18. Test de rango múltiple del diámetro medio por tratamiento.</i>	26
<i>Tabla 19. Resultado del ANOVA correspondiente al porcentaje de partículas de 2 mm.</i>	26
<i>Tabla 20. Test de rango múltiple del porcentaje de partículas de 2 mm por tratamiento.</i>	26
<i>Tabla 21. Resultado del ANOVA correspondiente al porcentaje de partículas <0,25 mm.</i>	26
<i>Tabla 22. Test de rango múltiple del porcentaje de partículas <0,25 mm por tratamiento.</i>	27
<i>Tabla 23. Peso fresco, peso seco a 65 °C y porcentaje de humedad de las malas hierbas recogidas en cada tratamiento y fila.</i>	28
<i>Tabla 24. Resultado del ANOVA simple correspondiente al peso fresco de malas hierbas.</i>	28
<i>Tabla 25. Test de rango múltiple del peso fresco por tratamiento.</i>	28
<i>Tabla 26. Resultado del ANOVA simple correspondiente al peso seco a 65 °C considerando el factor tratamiento.</i>	29
<i>Tabla 27. Test de rango múltiple del peso seco a 65 °C por tratamiento.</i>	29
<i>Tabla 28. Promedio de las diferencias de temperatura entre tratamientos.</i>	31
<i>Tabla 29. Diferencia media de lámina entre tratamientos.</i>	33
<i>Tabla 30. Valores medios de respiración del suelo (g CO₂ m⁻² h⁻¹) en cada tratamiento a lo largo del período de estudio.</i>	35

<i>Tabla 31. Resultados del ANOVA simple de la temperatura estacional del suelo (°C) por tratamiento.</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 32. Resultados del ANOVA simple de la humedad volumétrica estacional del suelo (%) por tratamiento.</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 33. Resultados del ANOVA simple de la tasa de respiración estacional del suelo (g CO₂ m⁻² h⁻¹) por tratamiento.....</i>	<i>37</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Parcela de la UPV cerca del Camino de Vera y zona de viñedo objeto de estudio.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2. Distribución de los tratamientos con paja y sin paja en cada de las filas de vides. Las estrellas indican la ubicación de las sondas de humedad y temperatura de suelo y los data loggers instalados en la parcela (datos no usados en este trabajo).</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3. Columna de tamices dentro del recipiente de cristal lleno de agua.</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4. Detalle de la medida de la respiración del suelo in situ y la medida de la temperatura y humedad del suelo.</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5. Escarda manual y recogida de malas hierbas de cada tratamiento.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 6. Variación en el tiempo del contenido de materia orgánica de cada tratamiento.</i>	<i>19</i>
<i>Figura 7. Variación en el tiempo del carbono orgánico soluble (COS) (mg C kg^{-1}) de cada tratamiento.</i>	<i>22</i>
<i>Figura 8. Distribución del tamaño de agregados, partículas del suelo y elementos gruesos de cada tratamiento.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 9. Diámetro medio (mm) de los agregados presentes en cada tratamiento.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 10. Evolución en el tiempo de la temperatura del suelo en los tratamientos T0 y T1.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 11. Evolución en el tiempo de la temperatura del suelo en los tratamientos T0 y T2.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 12. Evolución en el tiempo de la temperatura del suelo en los tratamientos T0 y T3.</i>	<i>31</i>
<i>Figura 13. Evolución en el tiempo de la humedad volumétrica del suelo en los tratamientos T0 y T1.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 14. Evolución en el tiempo de la humedad volumétrica del suelo en los tratamientos T0 y T2.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 15. Evolución en el tiempo de la humedad volumétrica del suelo en los tratamientos T0 y T3.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 16. Evolución en el tiempo de la tasa respiratoria del suelo en los tratamientos T0 y T1.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 17. Evolución en el tiempo de la tasa respiratoria del suelo en los tratamientos T0 y T2.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 18. Evolución en el tiempo de la tasa respiratoria del suelo en los tratamientos T0 y T3.</i>	<i>35</i>

1. INTRODUCCIÓN

El arroz es un cereal fundamental en la alimentación humana y, además, es destacable la importancia de su cultivo porque es básico en la dieta de la mitad de la población mundial.

Según la encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación correspondiente al año 2021, la superficie de arroz cosechada en España fue de 88066 ha, con una producción y rendimiento estimado de 636277 t y de 7,23 t ha⁻¹, respectivamente (MAPA, 2022). A su vez, la Comunidad Valenciana con 15771 ha y un rendimiento de 7,97 t ha⁻¹ es responsable de un 19% de la producción nacional de arroz. La superficie cultivada se localiza en la provincia de Valencia, en concreto, en el Parque Natural de l'Albufera y su entorno. La producción de paja de arroz se estima en unas 5-6 t por hectárea cosechada, por tanto, en l'Albufera de Valencia se están originando anualmente unas 75000-90000 t de paja de arroz que requieren de una adecuada gestión.

1.1. PROBLEMÁTICA DE LA PAJA DE ARROZ EN LA ZONA DE VALENCIA

La paja de arroz es uno de los subproductos más problemáticos de eliminar durante la cosecha del arroz. Esto es debido a que como casi todo el arroz se cosecha en unas pocas semanas, se genera un volumen de residuo de paja muy elevado en un periodo de tiempo muy corto. Además de presentar este inconveniente, hay que destacar el elevado costo que supone su retirada de los campos de arroz para los agricultores. Según Navarro (2006), cualquier proyecto que pretenda eliminar el problema de la quema de la paja del arroz, deberá generar recursos económicos necesarios que permitan pagar al menos los costes de recogida de los arrozales, los cuales suponen 40€/tonelada.

Debido a la escasa demanda de este residuo, el reducido aprovechamiento del mismo actualmente, y la falta de maquinaria especializada para reducir los costes de la retirada de la paja de los arrozales, hace que la práctica más frecuente y rentable para los agricultores sea la quema de este residuo en campo. Algunos agricultores trituran la paja y la entierran con los laboreos, pero al inundar los arrozales la paja se degrada anaeróbicamente generando gas metano, el cual tiene un efecto invernadero con un potencial 21 veces superior al del CO₂. Esta práctica es inviable en el entorno del Parque Natural de l'Albufera de Valencia ya que los campos son inundados tras la cosecha, debido a la consideración de zona húmeda protegida que tiene el Parque, y permanecen en ese estado hasta la primavera siguiente. Es por ello que al agricultor ha optado tradicionalmente por la quema la paja tras la cosecha.

Además de por la rentabilidad que supone la quema de la paja del arroz, los agricultores también han efectuado esta práctica durante años porque consideran que favorece la destrucción de las esporas de los hongos, como las de *Pyricularia oryzae*, así como algunas plagas, bacterias y semillas de malas hierbas, y a su vez, facilita la reincorporación al suelo de algunos nutrientes. Sin embargo, la quema de la paja de arroz produce una serie de problemas ambientales, ya que al quemarse la paja se producen emisiones de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), y otros en trazas como: óxido nitroso (N₂O), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x).

1.2. ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LA PAJA DEL ARROZ

El triturado e incorporación al suelo es una alternativa de aprovechamiento de la paja que debe efectuarse antes de la inundación de los campos, para evitar así los problemas que genera la descomposición anaerobia de la paja y a su vez, reducir las emisiones de metano. Además, hay algunos autores (Kongchum, 2005) que constatan que la aplicación de la paja a los arrozales mejora las condiciones del suelo y el crecimiento de la planta, promueve la mineralización del nitrógeno y aumenta el rendimiento del arrozal. Igualmente, para que esta práctica genere buenos resultados, hay que tener en suma consideración el momento de aplicación de la paja y la cantidad de la misma, ya que un exceso puede provocar deficiencias nutricionales y aumentar la salinidad del medio.

Existen otras alternativas que dan un nuevo uso a la paja retirada de los campos de arroz. Entre ellas está el aprovechamiento energético; la elaboración de compost, la bioconstrucción, la fabricación de papel, la restauración, la obtención de ácido levúlico, el cual es utilizado en la industria química para fabricar plásticos, aditivos y herbicidas, y los acolchados. El acolchado o mulch, en la zona de Valencia se utiliza principalmente en cítricos y en frutales. Ello requiere de la recolección y empacado de la paja para su posterior traslado a las zonas de aplicación.

1.3. EFECTO DEL MULCH EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO

1.3.1. Propiedades físicas del suelo

Las prácticas de gestión de residuos influyen en las propiedades físicas del suelo, como la estructura, la humedad, la temperatura, la formación de agregados, la densidad aparente, la porosidad del suelo y la conductividad hidráulica.

El suelo acolchado mantiene la estructura del suelo en mejor estado que la del suelo desnudo, debido a la protección ejercida por el mulch contra los agentes atmosféricos, principalmente lluvia y viento. El efecto beneficioso que proporciona en la estructura del suelo es consecuencia de una amortiguación de la energía cinética de las gotas de lluvia, produciendo una reducción de la dispersión física del suelo y del sellado superficial, manteniendo la tasa de infiltración de agua en el suelo (Erenestein, 2002). Del mismo modo, además de proteger de la lluvia, el acolchado resguarda el suelo de las tormentas de granizo, la erosión y la desecación del suelo por el viento (Smets y Poesen, 2009).

Los suelos cubiertos con paja de arroz presentan una mayor humedad que los suelos desnudos, debido a que al reducir la evaporación del suelo aumenta la duración del período de secado de este (Krishna et al., 2004). En un ensayo en Punjab (India), el acolchado aumentó el contenido de agua del suelo, lo que provocó una mejora significativa en el crecimiento y rendimiento de los cultivos donde el agua era limitante (Balvinder et al., 2011); en Queensland (Australia), los tratamientos de acolchado retuvieron más agua que en los que se produjo la quema de residuos o la incorporación de estos. Además, en Punjab, con la programación del riego basada en el potencial matricial del suelo, la cantidad de riego se redujo en 75 mm cada año con el mulching en comparación con la ausencia de este, y se mantuvo el rendimiento del grano.

La temperatura del suelo se ve afectada por el mecanismo de intercambio radiativo, el balance de energía radiante y el aislamiento que supone la cubierta de la paja. El balance de radiación

está influenciado por el calentamiento del aire y del suelo, la evaporación del agua del suelo y la reflexión de la radiación entrante por los residuos de la superficie. El efecto de aislamiento de los residuos está determinado por la cantidad, el tamaño de residuos, y el grosor de la cubierta (Krishna et al., 2004).

Stinson et al. (1990) indican que la cubierta orgánica permite mantener la temperatura del suelo más baja en verano y más alta en invierno, siendo la temperatura de los suelos acolchados significativamente más baja en verano en comparación con la del suelo desnudo. Los acolchados de paja en períodos de calor mantienen la superficie del suelo con menor temperatura que en los lugares en los cuales no exista cobertura. Además, funcionan como moderadores de los descensos rápidos de temperatura en los períodos fríos de invierno (Salton y Mielniczuk, 1995), atenuando la amplitud térmica. Balvinder y colaboradores (2011), estudiando los efectos de la paja del arroz sobre la temperatura, concluyen que el mulch reducía la temperatura media del suelo y retrasaba el desarrollo del cultivo hasta la antesis.

Según los estudios de Kladivko (1994), citados por Blanco-Caqui y Lal (2009) en la tesis de Henríquez et al. (2014), indican que a medida que aumenta la dosis de paja de arroz aplicada a la superficie de alfileres en Nigeria, aumenta la infiltración del agua y los macro y meso poros del suelo, al igual que disminuye la densidad aparente y la microporosidad. A su vez, Tesi et al. (2000) constataron un aumento de la porosidad del suelo hasta una profundidad de 50 cm con la aplicación de una cubierta, lo que se tradujo en una buena aireación del suelo y un mayor desarrollo del sistema radical.

En lo referente a la conductividad hidráulica del suelo y la infiltración, los residuos de los cultivos las aumentan al modificar principalmente la estructura del suelo, la proporción de macroporos y la estabilidad de los agregados. Estos aumentos se han observado en tratamientos en los que los residuos de los cultivos fueron retenidos en la superficie del suelo o incorporados mediante laboreo de conservación (Krishna et al., 2004).

Por otro lado, al descomponerse la materia orgánica de los acolchados orgánicos, se forman compuestos cementantes que forman agregados más estables, lo que permite el movimiento de gases tales como CO₂ y O₂, y aumenta la fertilidad del suelo (Turney y Menge, 1994, citado por Zribi et al., 2011).

Finalmente, la evaporación puede influir en la cantidad de agua disponible para la transpiración (Balwinder-Singha et al., 2010). Experimentos de campo sobre los efectos del acolchado de paja de arroz en el balance hídrico de trigo regado en Punjab (India), en un suelo franco arcilloso mostraron que el mulching redujo la evaporación en 35 mm en 2006-2007 (año de precipitación abundante en el cual solo fue necesario un riego) y 40 mm en 2007-2008 (año de precipitación escasa en el cual fueron requeridos 3 riegos). Sin embargo, la transpiración aumentó en 30 y 37 mm en los años de alta y baja precipitación, respectivamente. Como resultado, la evapotranspiración total no se vio afectada por el acolchado en ninguno de los años. En ambos años, hubo una tendencia al alza en la producción de biomasa y rendimiento de grano con el mulching, pero con diferencias significativas solo en 2006–2007. El trigo cultivado con mulching tendía a disminuir la eficiencia de transpiración, aunque esto solo fue significativo en 2007–2008. Los resultados sugieren que el uso de mulching en un cultivo de trigo bien regado reduce

la evaporación, pero no ahorra agua porque el trigo en compensación aumenta la transpiración y reduce la eficiencia de la misma.

1.3.2. Propiedades químicas del suelo

Los residuos de la paja del arroz influyen en las propiedades químicas del suelo, como el pH, el contenido de nutrientes y la salinidad.

El pH del suelo es uno de los factores más importantes que determinan la fertilidad de este por su efecto sobre la disponibilidad de macro y micronutrientes. Se ha demostrado que, si la paja del arroz, que es un residuo orgánico, se devuelve al suelo, el pH puede aumentar debido a la descarboxilación de aniones orgánicos en la descomposición por microorganismos. Numerosos informes indican que el pH del suelo puede aumentar independientemente de si se ha realizado la quema, la incorporación o acolchado de los residuos (Krishna et al., 2004). El aumento del pH después de la combustión se atribuyó a la acumulación de cenizas, ya que los residuos de cenizas generalmente están dominados por carbonatos de metales alcalinos y alcalinotérreos, pero también contienen cantidades variables de sílice, metales pesados, sesquióxidos, fosfatos y pequeñas cantidades de N orgánico e inorgánico.

Por otra parte, con el uso de la cobertura orgánica, los residuos se descomponen lentamente en la superficie, lo que provoca un aumento del N total en los 5-15 cm superiores del suelo, por lo que reduce los requerimientos de fertilizante para el cultivo. Además, la retención de residuos en la superficie aumentó la concentración de NO_3^- del suelo en un 46%, la absorción de N en un 29%, y el rendimiento en un 37% en comparación con la quema (Krishna et al., 2004).

El acolchado, además de aumentar el contenido en nitrógeno del suelo también incrementa el del potasio y el del fósforo; el aporte al suelo de los residuos de arroz generados en India (unos $120 \times 10^6 \text{ kg año}^{-1}$) supondría una mejora de su calidad, ya que considerando un contenido de nutrientes en la paja de arroz de 0,61% de N, 0,18% de P_2O_5 y 1,38% de K_2O , este aporte contribuiría con 2,604 toneladas de $\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O}$ a la reserva de nutrientes del suelo (Krishna et al., 2004).

Por último, la aplicación del acolchado disminuye la salinidad y sodicidad del suelo, debido a que esta práctica reduce la evaporación del agua, además de conservar la humedad en la zona radicular (Rahman et al., 2006), permitiendo el uso de aguas más salinas sin un efecto perjudicial sobre el crecimiento de los cultivos. Zhang et al. (2008) indica que en suelos desnudos se produce la mayor acumulación de sales en la capa superficial debido a la evaporación del agua.

1.3.3. Propiedades biológicas

El aumento de la temperatura y la humedad del suelo por la aplicación de la paja en la superficie de éste, favorece los procesos de transformación de materia orgánica del suelo, lo que genera una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas y un aumento de la materia orgánica, caracterizada por un alto índice de humificación (Ceccanti et al., 2007, citado por Zribi et al., 2011).

Además, las cubiertas orgánicas favorecen la actividad de la microfauna del suelo, tales como microorganismos, insectos y lombrices, proporcionándoles un hábitat favorable, y contribuyendo al aumento de la biodiversidad de la edafofauna. Los organismos del suelo, tanto

vegetales como animales, presentan una gran importancia porque afectan a la estabilidad de los agregados, por ejemplo, las lombrices de tierra ingieren el suelo y la materia orgánica, y después, mediante sus excrementos descargan los residuos transformados para formar agregados nuevos y estables. Además, cuando la materia orgánica de las plantas se descompone por la acción de los micro, meso y macroorganismos del suelo, sus productos junto con las secreciones de los organismos vivientes suministran materiales susceptibles de unir partículas entre sí.

En último lugar, el acolchado también aumenta el contenido de carbono orgánico en los primeros 5-15 cm superiores del suelo debido a la lenta descomposición de los residuos de la paja del arroz (Krishna et al., 2004).

2. OBJETIVOS

Ante la problemática existente en los últimos años por la quema de la paja de arroz en la zona de Valencia, y dados los beneficios reportados por el uso de las cubiertas orgánicas en diferentes cultivos, se plantea el presente trabajo con el objetivo principal de contribuir a la búsqueda de alternativas a la práctica de la quema de la paja de arroz. Para ello, se evalúa a lo largo de un año, el impacto sobre algunas propiedades del suelo del uso de la paja como mulch en vid. En concreto se estudia la afección de tres dosis diferentes de paja colocadas en mayo de 2021 en una parcela de vid sobre la materia orgánica y el carbono orgánico soluble del suelo. Además, se analiza la estabilidad estructural de los agregados un año después de haber colocado la paja. Así mismo, se estudia la influencia de los diferentes tratamientos del mulch de paja de arroz sobre respiración del suelo, la humedad volumétrica y la temperatura del suelo, además de la cantidad de malas hierbas emergidas.

Con el fin de llevar a cabo estos objetivos, se realizaron las siguientes tareas:

- Caracterización edáfica de la zona seleccionada. Para ello, se lleva a cabo un muestreo de suelo, con la consiguiente determinación de las principales propiedades fisicoquímicas como la textura, materia orgánica, pH, salinidad y carbonatos.
- Determinación del contenido de materia orgánica y del carbono orgánico soluble del suelo en tres fechas a lo largo del año, para observar la influencia del tratamiento de acolchado y de las diferentes dosis de paja en el tiempo.
- Análisis de la estabilidad estructural de los agregados de cada tratamiento un año después de haber aplicado la paja de arroz.
- Seguimiento periódico de la humedad volumétrica, la temperatura y la respiración del suelo.
- Determinación de la biomasa total de las malas hierbas emergidas durante el año en cada tratamiento.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

El área de estudio corresponde a una parcela de la Universidad Politécnica de València situada cerca del Camino de Vera. Dentro de esta parcela hay una viña con tres líneas de vides de diferentes variedades en las que se ha llevado a cabo este ensayo (figura 1).



Figura 1. Parcela de la UPV cerca del Camino de Vera y zona de viñedo objeto de estudio.

3.2. TRATAMIENTOS

En mayo de 2021 se aplicó paja de arroz como mulch en la viña. Dentro de cada línea se emplearon diferentes dosis de paja, dando lugar a cuatro tratamientos en franjas de 6 m²: T0 (sin paja), T1 (mulch constituido con una bala de paja de arroz, 16,4 kg, en 5 m x 1,2 m, equivalente a 10,1 t ha⁻¹), T2 (mulch a base de dos balas de paja, 35,5 kg, en 5 m x 1,2 m, equivalente a 20,1 t ha⁻¹) y T3 (mulch con tres balas de paja, 44,4 kg, en 5 m x 1,2 m, equivalente a 30,1 t ha⁻¹), en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, dando lugar a un total de doce tratamientos como se puede observar en la figura 2. Estas mismas dosis se habían aplicado en las mismas zonas el año anterior (2020), si bien no se realizó ninguna medida relacionada con las propiedades del suelo en dicho período.

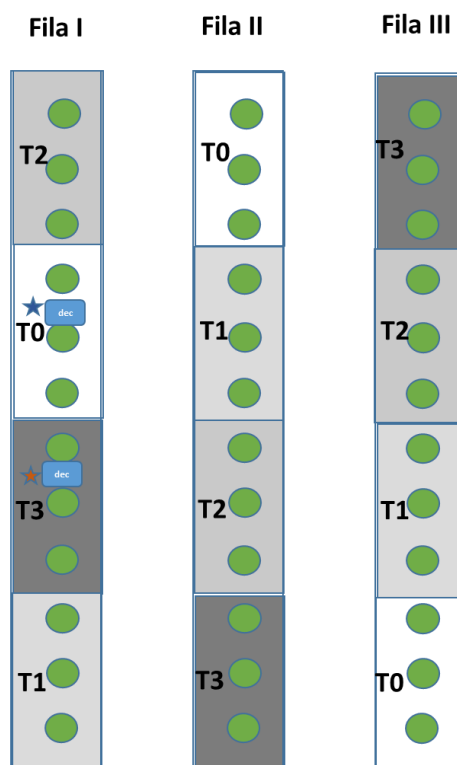


Figura 2. Distribución de los tratamientos con paja y sin paja en cada de las filas de vides. Las estrellas indican la ubicación de las sondas de humedad y temperatura de suelo y los data loggers instalados en la parcela (datos no usados en este trabajo).

3.3. MUESTREOS DE SUELO Y MEDIDAS “IN SITU”

Se realizó un muestreo inicial del suelo el 30 de junio de 2021 con sonda Kopecki (5,35 cm \varnothing y 12,77 cm altura) para su caracterización fisicoquímica (textura, pH, CE, densidad aparente, carbonatos) y determinación del contenido de carbono orgánico oxidable, el carbono orgánico disuelto y el porcentaje de agregados estables. A lo largo del año se realizaron otros dos muestreos (20/01/2022 y 02/05/2022) para estudiar la evolución en el tiempo de algunos de los parámetros medidos. Además, en cada tratamiento se han realizado medidas semanales de respiración del suelo y de la humedad volumétrica y la temperatura en la capa superficial del suelo (0-7 cm). Transcurrido un año de la aplicación del acolchado, se recogieron en cada tratamiento todas las malas hierbas presentes en la franja objeto de estudio.

3.4. DETERMINACIONES ANALÍTICAS

La caracterización edáfica se realizó a partir de las 12 muestras de suelo (una por tratamiento y bloque) obtenidas con sonda Kopecki. Se utilizó este tipo de sonda para poder determinar la densidad aparente del suelo y por su reducida altura que permitió muestrear en la capa superficial del suelo que es donde se esperaban ver los posibles efectos del tratamiento de acolchado. Una vez obtenidas las muestras se trasladaron al laboratorio de Edafología del departamento de Química de la Universitat Politècnica de València, donde se llevaron a cabo los diferentes análisis de cada una de las muestras.

Antes de realizar los análisis, las muestras se colocaron en unas bandejas y se pesaron en húmedo. Posteriormente se dejaron secar a temperatura ambiente durante unos días para su secado al aire. Tras unos días de secado al aire, estas muestras se volvieron a pesar para obtener el peso del suelo seco. A continuación, se procedió a tamizar las muestras con un tamiz de 4 mm de diámetro para separar la fracción de elementos gruesos (> 4 mm). Una vez eliminados los elementos gruesos, se tamizaron las muestras por un tamiz de 2 mm, y la fracción de suelo que quedó encima de éste se usó para la determinación de la estabilidad de los agregados, y la que atravesó el tamiz de 2 mm se utilizó para la caracterización del suelo y para el carbono orgánico soluble. A su vez, se tamizó por 500 µm una fracción de la muestra que pasó por el tamiz de 2 mm, para la determinación de la materia orgánica.

3.4.1. Caracterización del suelo

Conductividad eléctrica (CE)

La CE mide la capacidad de conducir la corriente eléctrica de una disolución de suelo que está relacionada con la concentración de sales solubles presentes en la solución del suelo, por lo que, a mayor valor de CE, mayor es la salinidad presente. Una elevada salinidad es indeseable para las plantas, ya que afecta a su crecimiento provocando una disminución del rendimiento.

Para su determinación, se pesaron 10 g de cada muestra, realizando a su vez dos repeticiones de cada una de ellas. Después se añadieron 50 mL de agua destilada a cada una de las 24 muestras, y se colocaron 30 min en el agitador a 500 rpm. Posteriormente, se introdujeron 5 minutos en la centrifugadora a 2500 rpm, y finalmente, se midió la conductividad eléctrica con el conductímetro GLP 31 Crison® en extracto acuoso 1:5 (masa/volumen).

pH

El pH del suelo es una medida de la acidez o de la alcalinidad del mismo, y se define como el logaritmo en base 10 negativo de la actividad de los iones hidronio (H_3O^+) en una solución. La escala de medición varía desde 1 hasta 14, correspondiendo el valor 7 a pH neutro. Un pH inferior a 7 es ácido, y un valor superior a 7 es básico.

Para medir el pH del suelo se preparó un extracto acuoso 1:2,5 (masa volumen), pesando 10 g de suelo tamizado por 2 mm, y añadiendo 25 mL de agua destilada a cada muestra. Se realizaron dos repeticiones por muestra, para un total de 24 muestras. A continuación, se agitaron los extractos durante 15 min a 525 rpm. Concluida la agitación, se mide el pH de cada muestra con el micro-pHmetro 2001 Crison®.

Carbonatos

La determinación del contenido de carbonatos en suelos se realiza con 0,5 g de cada muestra y utilizando el calcímetro de Bernard. Su resultado se expresa en porcentaje en peso de carbonato cálcico equivalente en el suelo. Es un método que se basa en la descomposición de los carbonatos por la acción del ácido clorhídrico, con desprendimiento de dióxido de carbono que es registrado mediante la medida del desplazamiento de una solución saturada de CO_2 . El contenido de carbonato cálcico, expresado en porcentaje en peso, se obtiene mediante la expresión [1]:

$$\% CO_3Ca \text{ totales} = \frac{L \cdot P'}{L' \cdot P} \cdot 100 \quad [1]$$

donde L es el volumen de CO_2 desprendido por la muestra de suelo, y L' es el volumen de CO_2 desprendido por el CO_3Ca puro, P es el peso seco de la muestra de suelo en g y P' es el peso de CO_3Ca utilizado, que en este caso es de 0,2 g.

Textura

Para determinar la textura de las muestras se utilizó el método del densímetro de Bouyoucos, el cual se basa en la ley de Stokes. En primer lugar, se pesaron 40 g de suelo tamizado por 2 mm y se añadieron 100 mL de solución dispersante a base de hexametáfosfato sódico y carbonato sódico. A continuación, la disolución se batió con batidora mecánica durante 5 min, y se transfirió a una probeta de 1 L, pero habiéndola pasado previamente por un tamiz de 50 μm para separar la fracción de arena. La muestra se enrasó con agua. Posteriormente, se homogenizó la suspensión con un émbolo agitador y se empezó a realizar mediciones de densidad a los 30 segundos, 1 min, 3 min, 10 min, 30 min, 90 min y a las 8 horas. Además, se realizaron también medidas de temperatura. Una vez efectuadas las lecturas del densímetro se obtienen en hoja Excel los porcentajes de arena, limo y arcilla, y a partir de éstos se calcula la clase textural mediante la clasificación USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). La textura se realizó en muestra compuesta de los tres bloques de cada uno de los tratamientos.

Densidad aparente

La densidad aparente se calculó mediante la siguiente expresión:

$$Da \left(\frac{g}{cm^3} \right) = \frac{Pss (g)}{Vol (cm^3)} \quad [2]$$

donde Da es la densidad aparente en $g \text{ cm}^{-3}$, Pss corresponde al peso del suelo seco a 105 °C, y Vol es el volumen de la sonda Kopeki con la que se obtuvieron las muestras (283,4 cm^3).

Factor de humedad

Es un parámetro utilizado para expresar los resultados sobre suelo seco a 105°C. Su determinación se llevó a cabo colocando una submuestra de suelo seco al aire en la estufa a 105 °C durante 24h, y se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{Pss \text{ 105}^\circ C}{Pss \text{ aire}} \quad [3]$$

donde $Pss \text{ 105}^\circ C$ es el peso del suelo seco a 105 °C, y $Pss \text{ aire}$ es el peso del suelo seco al aire.

3.4.2. Materia orgánica (MO)

Para la determinación de la MO se utilizó la oxidación del carbono en medio ácido. Se utiliza 1 g de cada muestra tamizada por 500 μm y se realizaron dos repeticiones de cada muestra. A su vez, para calcular el porcentaje de materia orgánica, es necesario obtener primero el del carbono orgánico oxidable. Este se determina por el método Walkley-Black (1934) mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ Carbono orgánico oxidable} = \frac{(Vb - Vm) \cdot 0,5 \cdot f \cdot 0,003 \cdot 100 \cdot 1,3}{P} \quad [4]$$

donde V_m y V_b son los volúmenes en mL de FeSO_4 y K_2CrO_7 , respectivamente, utilizados en la valoración de las muestras y de los blancos; f corresponde al factor de molalidad y P es el peso de la muestra en g.

Una vez calculado el porcentaje de carbono orgánico oxidable, el de materia orgánica se obtiene utilizando la expresión:

$$\% \text{ Materia orgánica} = 2 \cdot \% \text{ Carbono orgánico oxidable} \quad [5]$$

3.4.3. Carbono orgánico soluble (COS)

El carbono orgánico de suelo soluble en agua (COS) hace referencia a una pequeña parte del carbono orgánico total del suelo que es la más móvil y reactiva, proporcionando recursos energéticos a los organismos heterótrofos en forma de carbono lábil. Se determina por el método de Yakovchenko y Sikora (1998). En primer lugar, se prepara el reactivo para bajas y altas concentraciones de carbono orgánico soluble ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,015N ó 0,20N, respectivamente). A continuación, se prepara una curva patrón de 0, 2,5, 5, 10, 15, 20, 25 ppm de C a partir de una disolución de 100 mg/L de glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) para análisis; para preparar 50 cm³ de cada una de las concentraciones de la curva patrón se pipetearon los siguientes volúmenes: 0, 1,25, 2,5, 5, 7,5, 10, 12,5 cm³ de la mencionada disolución.

En una botella de plástico de 60 cm³ se pesaron aproximadamente 10 g de suelo tamizado a través de 2 mm, se añadieron 25 cm³ de H_2O desionizada y se agitó en agitador de brazos durante 30 min. Posteriormente, se centrifugó y se filtró a través del papel de filtro de Whatman 42.

Se utilizaron tubos de ensayo para provocar la reacción colorimétrica. Se pipetearon 2 cm³ del extracto y se añadieron 3 cm³ de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,015 N ó 0,20 N, dependiendo de si se está trabajando a bajas o altas concentraciones de carbono orgánico soluble. Se agitó utilizando un "vortex". Se tapó con papel de aluminio y se puso en estufa a 140 °C durante 20 minutos. Para bajas concentraciones se lee la absorbancia a una longitud de onda $\lambda = 340$ nm utilizando una curva de calibrado de 0 a 25 ppm de C. Para altas concentraciones se lee la absorbancia a una $\lambda = 590$ nm utilizando una curva de calibrado de 0 a 400 ppm.

3.4.4. Estabilidad estructural de los agregados

En este trabajo se ha determinado la estabilidad estructural de los agregados por el método adaptado de los propuestos por Spaccini et. al, 2004 y Martens et al. 2000, el cual comienza con los siguientes pasos:

1. Se pesaron 20 gramos de suelo de cada muestra, la cual corresponde a la fracción de tierra que atravesó el tamiz de 4 mm y que quedó encima del tamiz de 2 mm.
2. Se prepararon varias botellas con agua desionizada desgasificada en el ultrasonido durante 5 mm
3. Se conectaron en serie 4 tamices cuyo tamaño de luz siguiera el orden descendente: 2 mm, 1 mm, 500 μm y 250 μm . La batería de tamices se introdujo en un vaso de cristal.
4. Se repartió la muestra de forma homogénea en el primer tamiz, y se humedeció con un pulverizador.

A continuación, se procede a llenar el vaso lentamente hasta casi cubrir la columna de tamices con el agua desgasificada para que no se formen burbujas que puedan interferir en el proceso, y alteren la estructura de los agregados (figura 3). Siguiendo el ritmo marcado por un metrónomo, se hace oscilar verticalmente unos 3 cm la columna de tamices dentro del agua durante 2 min (30 oscilaciones por minuto). Posteriormente se recoge la muestra de cada tamiz con agua destilada y se coloca en cápsulas de porcelana que fueron pesadas vacías previamente. Se deja decantar la muestra para eliminar el agua en exceso del recipiente y evitar condensaciones en la estufa. Seguidamente, se introducen las cápsulas en la estufa a 50 °C hasta completar el secado de la muestra. Posteriormente, se pesan y se le añade a cada muestra 25 mL de solución dispersante a base de hexametáfosfato sódico, dejándola actuar durante 5 min.

Después, se vuelve a tamizar cada muestra por su tamiz correspondiente lavándola con agua destilada, para así obtener únicamente las partículas elementales. De este modo se obtiene el porcentaje real de agregados de cada tamaño. Se vuelve a dejar decantar para eliminar el agua del recipiente, y se introducen otra vez en la estufa a 50 °C para su secado y posterior pesada.



Figura 3. Columna de tamices dentro del recipiente de cristal lleno de agua.

Para la determinación del diámetro medio de agregados se necesitan los valores obtenidos a partir de las pesadas de agregados y partículas en los distintos rangos de tamaño. El procedimiento de cálculo se efectúa mediante las siguientes fórmulas:

$$AEA = \frac{(P3-P1)-(P4-P1)}{P2} (\%) \quad [6]$$

donde *AEA* es la proporción de agregados estables en agua; *P1* es el peso del cuenco (g); *P2* es el peso de la muestra (20 g); *P3* es el peso de los agregados retenidos en cada tamiz (g); *P4* es el peso de las partículas elementales (g); *P3-P1* es el peso de agregados de un determinado tamaño; y *P4 - P1* es el peso de las partículas elementales. El tamaño medio de una determinada fracción se obtiene como:

$$x_i = \frac{\phi_{\text{tamiz superior}} - \phi_{\text{tamiz inferior}}}{2} \text{ (mm)} \quad [7]$$

donde x_i es el diámetro medio de agregados en cada tamiz.

A partir de los datos experimentales se puede calcular el diámetro medio de agregados (DMG), que responde a la siguiente fórmula, obtenida de Van Bavel (1949):

$$DMG = \sum_{i=1}^n x_i * AEA_i / 100 \text{ (mm)} \quad [8]$$

donde $i = 1, 2, 3, \dots$, corresponde a cada fracción recogida en cada uno de los tamices empleados.

3.5. RESPIRACIÓN, HUMEDAD Y TEMPERATURA DEL SUELO

Para tener una medida (relativa) de la actividad microbiana en el suelo en los diferentes tratamientos, se midió la respiración del suelo in situ con una periodicidad semanal. El flujo de CO_2 fue medido con un analizador de gases EGM-4 (PP System Company, Amesbury, MA, USA) (figura 4). Puesto que esta propiedad es dependiente de la temperatura y de la humedad del suelo, se realizó simultáneamente la medida periódica de estas dos variables, utilizando para ello el equipo HH2 y el sensor WET-2 (Delta-T Devices Ltd, Reino Unido) (figura 4), que permite la medida de la humedad volumétrica, temperatura y conductividad eléctrica en los primeros 7 cm de suelo. En cada fecha se realizó una medida en cada uno de los bloques de cada tratamiento.



Figura 4. Detalle de la medida de la respiración del suelo in situ y la medida de la temperatura y humedad del suelo.

3.6. CONTROL DE MALAS HIERBAS

Para poder evaluar el efecto del acolchado sobre la presencia de malas hierbas, se cuantificó la biomasa total de malas hierbas emergidas en cada tratamiento. Para ello, se realizó escarda manual en cada uno de los bloques de cada tratamiento. La recogida del material se hizo el día 30 y 31/05/2022, es decir, un año después de colocar la paja en el suelo (13/05/2021). Una vez en el laboratorio, se obtuvo el peso fresco y el peso seco a 65°C del material vegetal recogido en cada tratamiento.



Figura 5. Escarda manual y recogida de malas hierbas de cada tratamiento.

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los datos obtenidos se ha llevado a cabo con el programa STATGRAPHICS Centurion XVII. Con este software se ha realizado el análisis de la varianza (ANOVA) de los datos para determinar si existe alguna diferencia significativa entre las medias de los diferentes grupos analizados.

Se ha realizado un ANOVA multifactorial con los datos de la materia orgánica y del carbono orgánico soluble, el cual compara medias de la variable dependiente con dos factores. En el primer caso, la variable dependiente es la materia orgánica, y los factores son el tratamiento (cuatro niveles) y la época de muestreo (tres niveles). En el segundo caso, la variable dependiente es el carbono orgánico soluble, y los factores son los mismos que en la materia orgánica. Con los datos de la estabilidad de los agregados y de la biomasa de las malas hierbas, se ha efectuado un análisis de la varianza simple. En el primer caso se ha analizado como variable dependiente el porcentaje total de agregados, el de piedras, el de las partículas <0,25 mm y el diámetro medio; el factor es el tratamiento, utilizando como variable seleccionada la fecha del tercer muestreo de suelo. En el caso de la biomasa, la variable dependiente es el peso seco a 65 °C o el peso fresco, y el factor es el tratamiento. Adicionalmente, para establecer diferencias entre los valores medios de cada una de las variables analizadas en cada uno de los tratamientos, se va a utilizar la prueba LSD de Fisher con un intervalo de confianza del 95%. De la misma forma se analiza el efecto del tratamiento sobre la respiración, humedad y temperatura del suelo estacionales.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL SUELO

4.1.1. Textura

Los análisis granulométricos realizados a las muestras de suelo de cada tratamiento mediante el método del hidrómetro de Bouyoucos, se muestran en la tabla 1. A su vez, la clase textural se obtiene mediante el triángulo de textura de la clasificación USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), (figura 1 del Anexo 1). Como era de esperar, el mulch de paja no afecta a los porcentajes de arena, limo y arcilla, que son similares en todos los tratamientos, resultando en una textura franco arenosa en todas las zonas de estudio.

Tabla 1. Porcentaje de partículas elementales y clase textural (USDA) del suelo de cada tratamiento.

Tratamiento	% Arena	% Limo	% Arcilla	Textura
T0	76,3	14,0	9,7	Franco arenosa
T1	77,4	12,8	9,9	Franco arenosa
T2	76,0	13,0	11,0	Franco arenosa
T3	77,1	13,4	9,5	Franco arenosa

4.1.2. Densidad aparente

Este parámetro permite conocer la porosidad del suelo y proporciona información de la mayor o menor compactación del suelo. Los valores promedio en los diferentes tratamientos de cada muestreo realizado, se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Densidad aparente media (D_a) y desviación estándar de cada tratamiento de cada muestreo.

Tratamiento	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3	
	D_a (g cm^{-3})	Desv. est.	D_a (g cm^{-3})	Desv. est.	D_a (g cm^{-3})	Desv. est.
T0	1,347	0,030	1,335	0,027	1,389	0,041
T1	1,215	0,040	1,345	0,046	1,368	0,051
T2	1,223	0,156	1,304	0,021	1,366	0,089
T3	1,260	0,059	1,298	0,024	1,349	0,047

En promedio, se observa una mayor densidad aparente en la zona sin paja T0 ($1,357 \text{ g cm}^{-3}$) que en las zonas con mulch de paja, siendo el T2 el que promedia en el período de estudio la menor densidad aparente ($1,297 \text{ g cm}^{-3}$). Las diferencias observadas se van reduciendo conforme transcurre el tiempo desde que se realiza el tratamiento, de forma que un año después de realizado el aporte de paja las diferencias son mínimas debido a la descomposición de la cubierta. Esto indicaría que la paja estaría disminuyendo la compactación del suelo al ejercer una protección física contra el impacto de la lluvia y viento, y favorecería la infiltración de la

materia orgánica y del carbono orgánico soluble procedente de la descomposición de la paja que ayuda a mejorar a largo plazo la estructura del suelo.

4.1.3. pH

Mediante potenciometría se han obtenido los valores medios de pH de las diferentes muestras, los cuales se representan en la tabla 3.

Tabla 3. Valor medio y desviación estándar del pH en cada tratamiento en el muestreo inicial.

pH	Tratamiento			
	T0	T1	T2	T3
Promedio	8,62	8,44	8,45	8,58
Desviación estándar	0,06	0,10	0,09	0,15

A partir de los resultados obtenidos y atendiendo a los rangos de pH establecidos por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Anexo 1, tabla A2), se concluye que las muestras con un valor comprendido entre el rango 7,9-8,4 presentan un pH moderadamente alcalino, mientras que los valores que oscilan entre 8,5-9 corresponden a un pH fuertemente alcalino.

4.1.4. Conductividad eléctrica (CE)

Tras medir la conductividad eléctrica de las diferentes muestras se obtuvieron los valores recogidos en la tabla adjunta, cuya interpretación atiende a la clasificación USDA (Anexo 1, tabla A3). Como se puede apreciar en la tabla 4, todos los valores son inferiores a $0,35 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, y aplicando la clasificación mencionada, se concluye que las muestras pertenecen a suelos no salinos y que no presentan un efecto sobre el cultivo. Se observa un ligero aumento de la CE conforme aumenta la presencia de paja, lo que indicaría cierto aporte de elementos minerales procedentes de la descomposición de la paja.

Tabla 4. Valor medio y desviación estándar de la CE en extracto acuoso 1:5 en cada tratamiento.

CE (dS/m)	Tratamiento			
	T0	T1	T2	T3
Promedio	0,107	0,148	0,179	0,204
Desviación estándar	0,012	0,021	0,031	0,031

4.1.5. Carbonatos

Los carbonatos tienen una acción positiva sobre la estructura del suelo y la actividad microbiana. Sin embargo, un exceso de carbonatos puede desencadenar problemas en la nutrición de las plantas por antagonismo con otros elementos, ya que puede producir un bloqueo en formas insolubles de microelementos como el Fe, Zn, Mn y Cu y desencadenar desarreglos carenciales.

En la tabla 5 se muestran los porcentajes de carbonatos de cada tratamiento, los cuales presentan valores muy parecidos y están en torno al 30% de carbonatos, niveles considerados como altos (Castellanos et al., 2010) pero usuales en los suelos del área mediterránea. Se

deberían esperar posibles problemas de fijación de P y prever una baja disponibilidad de Fe, Zn, Mn o Cu. No se observan diferencias debidas a la presencia de la cubierta con paja.

Tabla 5. Contenido medio de carbonatos expresado como porcentaje de CO_3Ca de cada tratamiento.

CaCO ₃ (%)	Tratamiento			
	T0	T1	T2	T3
Promedio	29,79	29,71	29,59	29,53
Desviación estándar	0,69	1,25	1,09	1,15

4.2. MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

La MO se expresa en porcentaje, y hace referencia a la cantidad de restos orgánicos que se encuentran en diferentes fases de descomposición y, que pueden incrementar el contenido en nutrientes del suelo. La medida de este parámetro resulta muy útil para conocer de forma indirecta la fertilidad de un suelo.

Los resultados de la materia orgánica se van a expresar de dos formas. En primer lugar, se representarán los porcentajes de materia orgánica de cada tratamiento en cada fecha de muestreo, y, en segundo lugar, se comparará el mismo tratamiento en cada muestreo para ver su evolución en el tiempo.

Es importante apuntar que cuando se realizó el primer muestreo, la paja ya llevaba colocada un año. En los resultados de este primer muestreo (tabla 6), se observa cómo todos los tratamientos con paja presentan un porcentaje superior de materia orgánica en comparación con el suelo desnudo (T0). El porcentaje más alto de materia orgánica se encuentra en el T2 (2,98%), seguido por el T1 (2,50%) y, por último, el T3 (2,31%). Por otro lado, el porcentaje de variación del contenido de materia orgánica que aporta cada tratamiento respecto del T0 es de un 14,67% en T1, un 36,69% en T2 y un 5,96% en T3.

Tabla 6. Porcentaje de materia orgánica de cada tratamiento, desviación estándar y coeficiente de variación (C.V.) en el primer muestreo de suelo (30/06/2021).

Fecha muestreo 1	Tratamiento	Materia orgánica (%)	Desviación estándar	C. V. (%)
30/6/21	T0	2,18	0,21	9,6
	T1	2,50	0,29	11,6
	T2	2,98	0,12	4,0
	T3	2,31	0,20	8,7

En el muestreo 2 se observa una tendencia creciente del porcentaje de materia orgánica del suelo, a medida que aumenta el contenido de paja (tabla 7), siendo: 1,82% en T0, 1,92% en T1, 2,19% en T2, y 2,53% en T3, siendo la variación del contenido de materia orgánica que aporta cada tratamiento respecto del T0 de un 5,49% en T1, 20,32% en T2 y 39,01% en T3.

Tabla 7. Porcentaje de materia orgánica de cada tratamiento, desviación estándar y coeficiente de variación (C.V.) en el segundo muestreo (20/01/2022).

Fecha muestreo 2	Tratamiento	Materia orgánica (%)	Desviación estándar	C.V. (%)
20/01/22	T0	1,82	0,06	3,3
	T1	1,92	0,28	14,6
	T2	2,19	0,20	9,1
	T3	2,53	0,16	6,3

En el tercer muestreo también se cumple una tendencia ascendente del contenido de materia orgánica del suelo, relacionado con el aumento de la dosis de paja (tabla 8), aunque con valores inferiores al muestreo 2, siendo los valores: 1,92% en T0, 2,07% en T1, 2,14% en T2, y 2,26% en T3. Estos menores valores respecto del segundo muestreo pueden ser debido a que en la época del tercer muestreo, la paja del suelo ya había empezado a degradarse. Por otro lado, el porcentaje de variación del contenido de materia orgánica que aporta cada tratamiento respecto del T0 es de un 7,81% en T1, 11,45% en T2 y 17,70 % en T3.

Tabla 8. Porcentaje de materia orgánica de cada tratamiento, desviación estándar y coeficiente de variación (C.V.) en el tercer muestreo (02/05/2022).

Fecha Muestreo 3	Tratamiento	Materia orgánica (%)	Desviación estándar	C.V. (%)
02/05/22	T0	1,92	0,07	3,6
	T1	2,07	0,14	6,8
	T2	2,14	0,20	9,3
	T3	2,26	0,13	5,8

Según los resultados representados en las tablas anteriores, el porcentaje de materia orgánica es más alto en todos los tratamientos con paja en comparación con el T0. Estos resultados se pueden corroborar con los de Ceccanti et al, (2007) y Havlin et al., (1990) quienes afirman que la aplicación de paja en la superficie del suelo aumenta el contenido de materia orgánica en los suelos.

En la figura 6, se compara el porcentaje de materia orgánica de cada tratamiento en el tiempo. En el tratamiento de suelo desnudo (T0) la materia orgánica pasa de 2,18% en el primer muestreo, a 1,82% en el segundo, manteniéndose más o menos constante en el tercero (1,92%). En el T1 ocurre algo similar al T0, pasando de 2,5% en el primer muestreo a 1,91% en el segundo, siendo 2,07% en el tercero. En el tratamiento T2, también se puede observar esta tendencia, pasando de 2,98% de materia orgánica en el primer muestreo, a 2,19% en el segundo y 2,14% en el tercero. En el último tratamiento con mayor dosis de paja, T3, en el primer muestreo se

aprecia un porcentaje de materia orgánica del 2,31%, 2,52% en el segundo y 2,25% en el tercero. A la vista de los resultados obtenidos, se puede concluir que a medida que pasa el tiempo transcurrido desde la aplicación, la materia orgánica del suelo en cada tratamiento disminuye ligeramente, lo que puede ser debido a la degradación de la cubierta y a las pérdidas por viento, hormigas, etc., por lo que sería necesario reponerla con más frecuencia para que esto no ocurra.

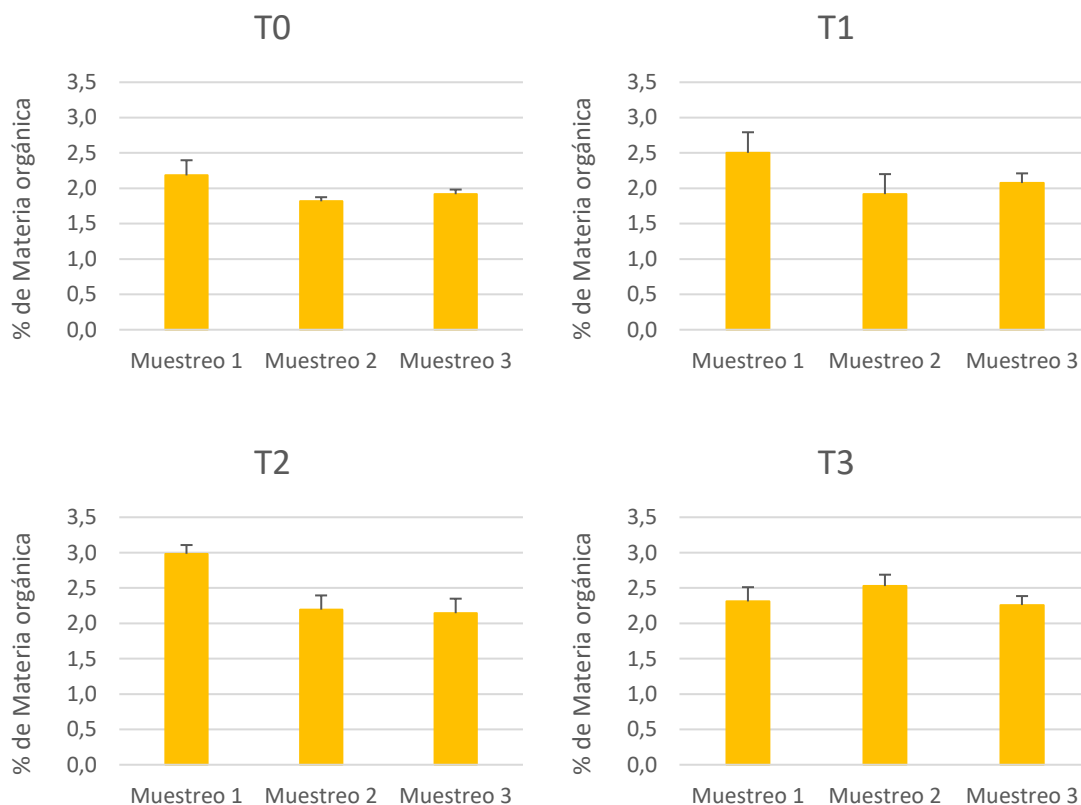


Figura 6. Variación en el tiempo del contenido de materia orgánica de cada tratamiento.

El análisis estadístico del contenido de materia orgánica del suelo se ha realizado mediante un ANOVA multifactorial, donde la variable dependiente es la materia orgánica, y los factores son el tratamiento y el muestreo. En la tabla 9 el valor-P prueba la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que los tres valores son menores de 0,05, todos los factores e interacciones tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el contenido de materia orgánica con un 95,0% de nivel de confianza. Además, en la comparación de medias mostradas en las tablas 10 y 11, se corrobora que sí que existen diferencias significativas entre todos los tratamientos excepto entre los dos tratamientos de mayor dosis (T2 y T3).

Tabla 9. Resultado del análisis de la varianza para el contenido de materia orgánica del suelo.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	1,20297	3	0,400989	11,55	0,0001
B: Muestreo	1,20777	2	0,603886	17,39	0,0000
INTERACCIONES					
AB	1,01378	6	0,168964	4,87	0,0022
RESIDUOS	0,83333	24	0,034722		
TOTAL (CORREGIDO)	4,25786	35			

Tabla 10. Test de rango múltiple para el contenido de materia orgánica del suelo según tratamiento.

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T0	9	1,97111	0,062113	X
T1	9	2,16667	0,062113	X
T3	9	2,36667	0,062113	X
T2	9	2,44000	0,062113	X

Estos resultados son bastantes similares a los obtenidos por Jordán et al. (2010), que en una zona semiárida del sur de España aplicaron un acolchado con diferentes cantidades de paja de trigo (0, 1, 5, 10 y 15 Mg ha⁻¹) que produjo en la parte superficial del suelo (0 a 10 cm de profundidad) un incremento significativo del contenido de materia orgánica, mostrando diferencias significativas entre todos los tratamientos excepto los dos con las dosis más altas. Esto puede significar que a medida que aumenta la dosis del acolchado orgánico empleado, aumenta el contenido en materia orgánica, llegando a un punto que una mayor dosis de paja no supone ningún incremento en la materia orgánica.

4.3. CARBONO ORGÁNICO SOLUBLE (COS)

El carbono orgánico soluble en agua del suelo (COS) hace referencia a una pequeña parte del carbono orgánico total del suelo, relacionada con el carbono más fácilmente asimilable, y constituyendo una parte muy activa del carbono orgánico del suelo. Este contiene sustancias lábiles que son la fuente de energía más inmediata para el metabolismo de los microorganismos del suelo.

En la tabla 11 están representados los valores de COS. Al igual que en el caso de la materia orgánica, los resultados se van a expresar en primer lugar, como valores de COS de cada tratamiento en cada muestreo, y, en segundo lugar, los valores de un mismo tratamiento en cada muestreo para ver su evolución en el tiempo.

Tabla 11. Carbono orgánico soluble (mg C·kg⁻¹) de cada tratamiento en cada muestreo.

COS (mg·C kg ⁻¹ suelo)			
Tratamiento	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
T0	165,3 ± 79,9	145,0 ± 19,7	112,8 ± 7,2
T1	164,0 ± 45,1	123,5 ± 38,6	171,2 ± 71,2
T2	204,7 ± 77,1	163,5 ± 48,4	180,3 ± 38,4
T3	176,8 ± 8,5	178,8 ± 47,2	218,9 ± 136,8

El rango de valores medido oscila entre 112,8 – 218,9 mg C kg⁻¹, correspondiendo el valor más alto al T3 y el más bajo al T0. En el primer muestreo, los valores de COS más elevados corresponden a los tratamientos T2 y T3, con 204,7 mg·kg⁻¹ y 176,8 mg·kg⁻¹, respectivamente. A su vez, los tratamientos T0 y T1 presentan valores similares e inferiores a los anteriores (165,3 mg·kg⁻¹ y 164,0 mg·kg⁻¹, respectivamente). En el segundo muestreo se puede observar la misma tendencia que en el primero, es decir, los valores más altos corresponden a los tratamientos T2 (163,5 mg·kg⁻¹) y T3 (178,8 mg·kg⁻¹), mientras que T0 y T1 contienen menos COS, es decir, 145,0 mg·kg⁻¹ y 123,5 mg·kg⁻¹, respectivamente. En el tercer muestreo ocurre lo mismo que en los dos anteriores, siendo los tratamientos con mayor COS el T2 (180,3 mg·kg⁻¹) y el T3 (218,9 mg·kg⁻¹), y con menor COS el T0 (112,8 mg·kg⁻¹) y el T1 (171,2 mg·kg⁻¹).

De los resultados obtenidos se puede concluir que los valores más elevados de carbono orgánico del suelo soluble en agua en cada muestreo, los presentan los tratamientos con dosis más altas de paja, es decir, el T2 con un promedio de 182,9 mg C kg⁻¹ y el T3, con 191,5 mg C kg⁻¹, frente a los 141 mg C kg⁻¹ del T0, sin paja.

Por otro lado, se ha estudiado el efecto de las diferentes dosis de paja sobre el COS en el tiempo (Figura 7). En el suelo desnudo (T0) se observa una tendencia decreciente de los valores de COS, pasando de 165 g·kg⁻¹ en el primer muestreo, a 113 g·kg⁻¹ en el último. En los tratamientos con paja no se observa una tendencia clara en el tiempo, puesto que mientras que en el T1 el valor más alto de COS es el del tercer muestreo (171 g·kg⁻¹) y el valor más bajo es el del segundo muestreo (124 g·kg⁻¹), en el T2, el muestro con mayor contenido de COS es el primero (205 g·kg⁻¹) y el de menor el del segundo (163 mg·kg⁻¹). En el T3 sí que se observa una tendencia ascendente del COS en el tiempo. En el primer muestreo el valor del COS es 177 g·kg⁻¹; en el segundo es 179 g·kg⁻¹; y en el tercero es 219 g·kg⁻¹.

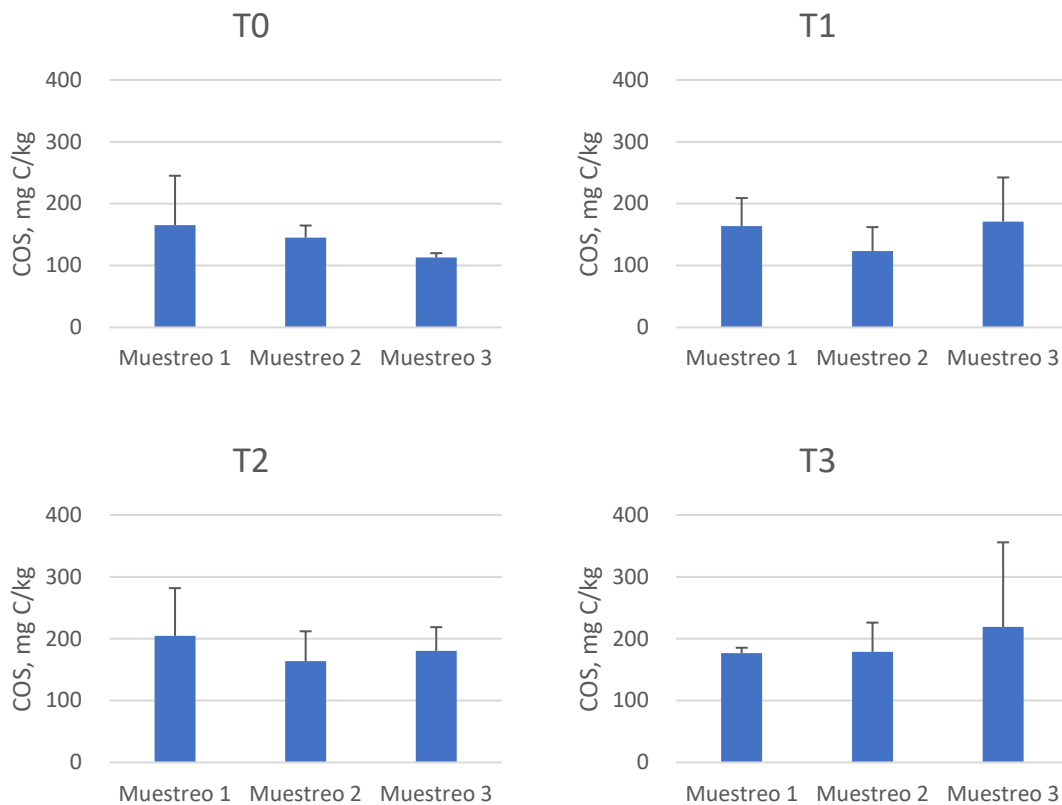


Figura 7. Variación en el tiempo del carbono orgánico soluble (COS) (mg C kg^{-1}) de cada tratamiento.

El análisis estadístico del COS se ha realizado mediante un ANOVA multifactorial, donde la variable dependiente es el carbono orgánico soluble, y los factores son el tratamiento y el muestreo. En la tabla 12 los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que ningún valor-P es menor de 0,05, ninguno de los factores ó interacciones tiene un efecto estadísticamente significativo sobre COS con un 95,0% de nivel de confianza. Además, en la comparación de medias mostradas en la tabla 13 se corrobora que no existen diferencias significativas. Sin embargo, aunque sí que se ha observado en cada muestreo un aumento en el COS en los tratamientos T2 y T3 respecto a T0 y T1, la alta variabilidad encontrada hace que no se existan diferencias significativas entre tratamientos. La razón por la que el contenido en COS es más alto en los tratamientos con las dosis más altas de paja, es porque el carbono orgánico total del suelo es el componente principal de la materia orgánica del suelo, y esta es más alta en los tratamientos T2 y T3.

Tabla 12. Resultado del ANOVA para el contenido de carbono orgánico soluble (COS, g C kg⁻¹).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	0,01503060	3	0,00501019	1,30	0,2969
B: Muestreo	0,00453889	2	0,00226944	0,59	0,5625
INTERACCIONES					
AB	0,00999444	6	0,00166574	0,43	0,8498
RESIDUOS	0,09240000	24	0,00385000		
TOTAL (CORREGIDO)	0,12196400	35			

Tabla 13. Test de rango múltiple para COS (g C kg⁻¹) según tratamiento.

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T0	9	0,141111	0,0206828	X
T1	9	0,153333	0,0206828	X
T2	9	0,182222	0,0206828	X
T3	9	0,191111	0,0206828	X

Los resultados obtenidos son parecidos a los publicados por González et al. (2017), los cuales muestran que 30 meses después de la reforestación no se observan diferencias significativas en el contenido de carbono orgánico del suelo entre los suelos con acolchados orgánicos de paja y el control.

4.4. ESTABILIDAD DE LOS AGREGADOS

Un agregado es un grupo de dos o más partículas primarias cuya coherencia una con otra es más fuerte que con las partículas que las rodean. La agregación es un importante y característico proceso del suelo que conduce a la estructura del suelo y que conforma su porosidad.

La estabilidad de los agregados se define como la resistencia que los agregados del suelo ofrecen a los agentes disgregantes externos como el agua, el viento, el pisoteo y manipulaciones mecánicas. La estabilidad de los agregados es una propiedad fundamental en la agricultura, ya que está relacionada con el crecimiento y desarrollo de los cultivos, debido a que influye indirectamente en los procesos de infiltración, compactación, resistencia a la erosión, movimiento del agua y aireación.

En el caso de los agregados solo se van a analizar los datos obtenidos en el tercer muestreo, es decir, un año después de haber colocado la paja. En la tabla 14 se muestra el porcentaje total de agregados para cada uno de los tratamientos, mientras que en las figuras 8 y 9 se muestra la distribución de agregados y partículas según tamaños y el diámetro medio de agregados, respectivamente.

Tabla 14. Porcentaje total de agregados en cada tratamiento.

Total de agregados (%)	Tratamiento			
	T0	T1	T2	T3
Promedio \pm desv. est.	52,30 \pm 7,00	62,90 \pm 10,05	63,20 \pm 1,52	67,80 \pm 5,41

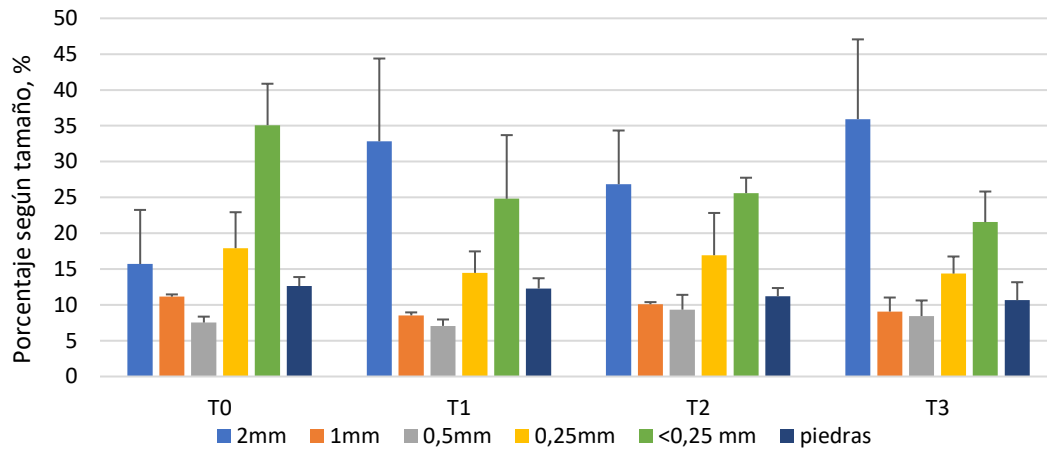


Figura 8. Distribución del tamaño de agregados, partículas del suelo y elementos gruesos de cada tratamiento.

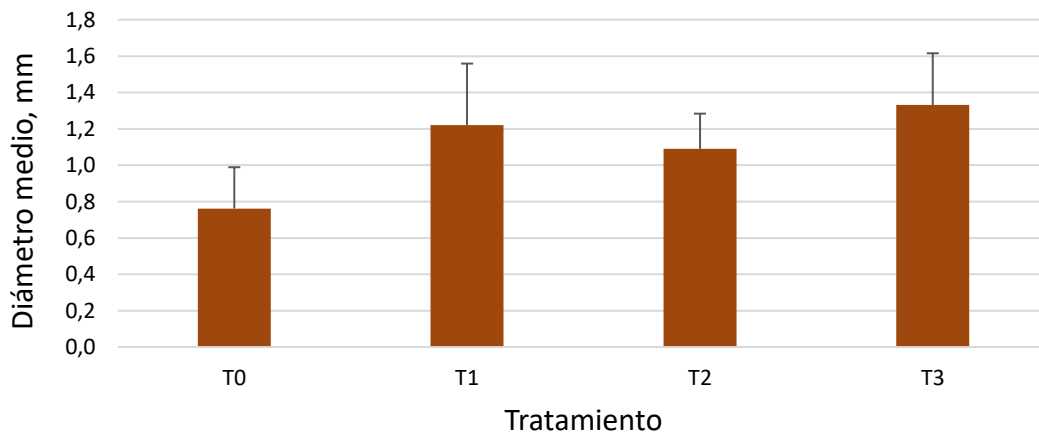


Figura 9. Diámetro medio (mm) de los agregados presentes en cada tratamiento.

Después de someter a las muestras a un lavado periódico, se observa cómo incrementa el porcentaje total de agregados estable en el suelo a medida que aumenta la dosis de paja (tabla 14). Cuanto más alto sea el porcentaje de agregados, mayor es el porcentaje de partículas de mayor tamaño presente, lo que favorece los procesos de aireación, movimiento del agua e infiltración. En cuanto a la distribución de tamaños de los agregados del suelo (figura 8) se aprecia que el porcentaje de partículas con un tamaño de 2 mm es más elevado en los tratamientos con paja, siendo un 15,7% en T0, 32,8% en T1, 26,8% en T2 y 35,9% en T3. Por el contrario, el porcentaje de elementos finos inferiores a 0,25 mm, que correspondería con partículas minerales disgregadas, es mucho más alto en el T0 que en el resto de tratamientos, siendo los valores 35,0% en T0, 24,8% en T1, 25,6% en T2 y 21,5% en T3. Tanto el porcentaje del

resto de partículas como el de piedras, es bastante similar en todos los tratamientos. Por otro lado, en la figura 9, donde están representados los diámetros medios de los agregados presentes en cada tratamiento, se aprecia el efecto de la cubierta de paja sobre el tamaño de agregados, correspondiendo el diámetro medio más elevado a los tratamientos con paja. El T3 tiene un 67,8% de agregados y un diámetro medio de 1,33 mm; el T2, 63,2% de agregados y un diámetro medio de 1,09 mm; el T1, 62,9% de agregados y un diámetro medio de 1,22 mm; y el T0, 52,3% de agregados y un diámetro medio de 0,76 mm.

El análisis estadístico de los agregados se ha realizado mediante un ANOVA simple, donde el factor es el tratamiento y la variable dependiente es diferente en cada caso, según se analice el porcentaje de agregados, el diámetro medio o el porcentaje de cada fracción.

En cuanto al total de los agregados, puesto que ningún valor-P es menor que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, al nivel de significación del 5 % (tabla 15). Sin embargo, en la tabla 16 se observa que existen diferencias significativas entre el T0 y el T3, lo que quiere decir que en un análisis estadístico global de todos los tratamientos no existen diferencias significativas debido a la alta variabilidad, pero en el test de rango múltiple se aprecia la diferencia entre estos dos tratamientos.

Tabla 15. Resultado del ANOVA correspondiente al porcentaje total de agregados.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	387,843	3	129,281	2,86	0,1041
Intra grupos	361,187	8	45,1483		
Total (Corr.)	749,029	11			

Tabla 16. Test de rango múltiple de los agregados totales por tratamiento.

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T0	3	52,3	X
T1	3	62,9	XX
T2	3	63,2	XX
T3	3	67,8	X

En el ANOVA simple cuya variable dependiente es el diámetro medio de agregados, tampoco se observan diferencias significativas entre los tratamientos (tabla 17). Sin embargo, en el test de comparación de medias de la tabla 18 vuelve a apreciarse una diferencia entre el T0 y el T3.

Tabla 17. Resultado del ANOVA correspondiente al diámetro medio por tratamiento.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	5467,05	3	1822,35	2,56	0,1280
Intra grupos	5696,31	8	712,039		
Total (Corr.)	11163,4	11			

Tabla 18. Test de rango múltiple del diámetro medio por tratamiento.

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T0	3	0,76	X
T2	3	1,09	XX
T1	3	1,22	XX
T3	3	1,33	X

En la tabla 19 se representa el ANOVA simple del porcentaje de partículas de 2 mm por tratamiento. Como el valor-P es superior a 0,05 (0,1264), no existen diferencias significativas entre el porcentaje de partículas de 2 mm de un tratamiento a otro. En cambio, en el test de rango múltiple que figura en la tabla 20, se observa de nuevo una diferencia significativa entre el T0 y el T3.

Tabla 19. Resultado del ANOVA correspondiente al porcentaje de partículas de 2 mm.

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	716,384	3	238,795	2,58	0,1264
Intra grupos	741,038	8	92,6298		
Total (Corr.)	1457,42	11			

Tabla 20. Test de rango múltiple del porcentaje de partículas de 2 mm por tratamiento.

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T0	3	15,7	X
T2	3	26,85	XX
T1	3	32,83	XX
T3	3	35,93	X

En el ANOVA simple mostrado en la tabla 21 tampoco se observan diferencias estadísticamente significativas entre el porcentaje de partículas inferiores a 0,25 mm de cada tratamiento. A su vez, en el test de rango múltiple vuelve a ocurrir lo mismo que en los casos anteriores, y es que sí que existe una diferencia significativa entre el T0 y el T3 (tabla 22).

Tabla 21. Resultado del ANOVA correspondiente al porcentaje de partículas <0,25 mm.

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	366,662	3	122,221	2,90	0,1013
Intra grupos	336,633	8	42,0792		
Total (Corr.)	703,296	11			

Tabla 22. Test de rango múltiple del porcentaje de partículas <0,25 mm por tratamiento.

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T3	3	21,55	X
T1	3	23,82	XX
T2	3	25,60	XX
T0	3	35,98	X

De los resultados obtenidos, se puede concluir que si bien el análisis estadístico muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de agregados, el porcentaje de partículas de 2 mm, el porcentaje de partículas inferiores a 0,25 mm y el diámetro medio de los agregados, entre los tratamientos estudiados, el test de rango múltiple sí que muestra una diferencia significativa entre el T0 y el T3. A pesar de que no haya diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, quizás debido a la elevada variabilidad de las variables analizadas, sí que se observa un mayor porcentaje de agregados, mayor diámetro medio, un porcentaje más alto de partículas de 2mm, y un menor porcentaje de partículas inferiores a 0,25 mm, en los tratamientos con paja en comparación con el que presenta el suelo desnudo. Para estudios posteriores que se vayan a realizar, sería recomendable tomar un mayor número de muestras para establecer con mayor certeza el efecto de la paja sobre la agregación del suelo.

4.5. CONTROL DE MALAS HIERBAS

El acolchado ejerce una disminución de la cantidad de malas hierbas emergentes, debido a que reduce la radiación solar incidente en el suelo e impide físicamente la emergencia de las plántulas procedentes de las semillas que germinan. Por este motivo, en este trabajo se ha estudiado el efecto de las diferentes dosis de paja de arroz utilizadas en la cubierta sobre la masa total de malas hierbas producida en cada tratamiento.

Los pesos de las malas hierbas emergidas en cada tratamiento y en cada fila, son los que se representan en la tabla 24. En esta tabla aparecen los datos de peso fresco, peso seco a 65 °C, y el porcentaje de humedad perdido del material llevado a 65 °C de las malas hierbas estudiadas. Como puede observarse, hay mucha variabilidad en los datos del peso fresco del mismo tratamiento pertenecientes a las distintas filas, y esto puede ser debido a la ubicación de las filas, y a que cada fila tiene cultivada una variedad de viña diferente, lo que puede llevar a ciertas diferencias en cuanto al tiempo de brotación de la viña, y a la generación de biomasa aérea que puede condicionar la cubierta de malas hierbas. A pesar de esta variabilidad, se cumple una tendencia clara de una menor biomasa total de malas hierbas en los tratamientos con paja. Por otro lado, al calcular el promedio del porcentaje de humedad del material recogido, se aprecia que las malas hierbas que menos agua presentan son las correspondientes al T0, porque han perdido un 157,8% de humedad al secarlas a 65 °C. Sin embargo, los tratamientos con paja tienen un contenido de agua mayor debido a que presentan porcentajes de pérdida de humedad más elevados que al tratamiento sin paja, siendo un 178,1% de humedad en T1, un 230,5% en T2, y un 228,4% en T3. La razón por la que los tratamientos con las dosis de paja más altas tienen mayor contenido en humedad, pero menor biomasa de malas hierbas en comparación con el T0 y el T1, es que, en estos últimos, la superficie de suelo expuesta a la radiación solar es mayor,

por lo que germinarán más malas hierbas, pero con un contenido de humedad inferior a los tratamientos con una dosis de paja más elevada.

Tabla 23. Peso fresco, peso seco a 65 °C y porcentaje de humedad de las malas hierbas recogidas en cada tratamiento y fila.

Fila	Tratamiento	P fresco (g)	P seco a 65 °C (g)	Humedad (%)	Hum promedio (%)
I	T0	6266	2168	189,0	157,8
II	T0	6139	2937	109,0	
III	T0	10268	3727	175,5	
I	T1	1831	523	249,9	178,1
II	T1	1700	464	266,2	
III	T1	8159	3034	168,9	
I	T2	2614	1005	160,1	230,5
II	T2	2392	576	315,5	
III	T2	2102	583	260,6	
I	T3	1895	475	298,8	228,4
II	T3	4437	1267	250,2	
III	T3	2224	726	206,4	

En el análisis estadístico se van a estudiar los factores de la dosis de paja (efecto tratamiento), y la fila (efecto de la localización del tratamiento).

En el ANOVA simple del peso fresco representado en la tabla 24, se observa que no existen diferencias significativas entre el peso fresco de los diferentes tratamientos, puesto que el valor-P es 0,0874 ($> 0,05$). Sin embargo, en el test de rango múltiple de la tabla 25 aparece una diferencia significativa en el peso fresco de las malas hierbas de los tratamientos con las dosis más elevadas de paja y el tratamiento sin paja, es decir, entre el T0-T2, y el T0-T3.

Tabla 24. Resultado del ANOVA simple correspondiente al peso fresco de malas hierbas.

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4,95906E7	3	1,65302E7	3,13	0,0874
Intra grupos	4,22433E7	8	5,28041E6		
Total (Corr.)	9,18339E7	11			

Tabla 25. Test de rango múltiple del peso fresco por tratamiento.

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T2	3	2369,1	X
T3	3	2852,4	X
T1	3	3896,4	XX
T0	3	7557,6	X

En el ANOVA simple realizado para ver el efecto de la posición de la fila sobre el peso fresco de las malas hierbas recogidas, se ha observado que no existen diferencias significativas al dar un valor-P de 0,4646 ($> 0,05$).

Igualmente, se ha efectuado un ANOVA simple para estudiar los dos factores anteriores, pero sobre el peso seco a 65 °C. En este caso, sí que hay diferencias significativas en el peso seco a 65 °C de las malas hierbas entre tratamientos (tabla 26). En la tabla 27 se aprecian que estas diferencias aparecen entre el T0-T2 y T0-T3.

Tabla 26. Resultado del ANOVA simple correspondiente al peso seco a 65 °C considerando el factor tratamiento.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	9,50715E6	3	3,169E6	4,25	0,0452
Intra grupos	5,96773E6	8	745966		
Total (Corr.)	1,54749E7	11			

Tabla 27. Test de rango múltiple del peso seco a 65 °C por tratamiento.

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T2	3	721,2	X
T3	3	822,8	X
T1	3	1340,4	XX
T0	3	2944,2	X

Al igual que la posición de la fila no ha intervenido en el peso fresco, en el ANOVA simple realizado para ver si influía en el peso seco ha ocurrido lo mismo, no existiendo diferencias significativas entre tratamientos (el valor-P es 0,5314 $> 0,05$).

A efectos de control de las malas hierbas por el mulch de paja, se puede concluir que la cubierta de paja ha influido en el control de malas hierbas, disminuyendo la presencia de malas hierbas en los tratamientos con mayor dosis de paja, existiendo una diferencia significativa entre el peso seco de malas hierbas de los tratamientos T0-T2 y T0-T3, pero no entre T2-T3 ni entre T0-T1.

4.6. TEMPERATURA, HUMEDAD Y RESPIRACIÓN DEL SUELO

La tasa respiratoria del suelo se define como la producción total de CO₂ por unidad de área y de tiempo, y se debe a la respiración de organismos edáficos, raíces, hifas micorrícicas, y en menor extensión, a la oxidación bioquímica de los compuestos de carbono (Lloyd y Taylor, 1994).

En este trabajo, la respiración del suelo se ha medido entre las viñas, para limitar en la medida de lo posible la influencia del sistema radicular de cada variedad de vid sobre la respiración y, por tanto, que esa medida de respiración se corresponda principalmente producida por la actividad biológica del suelo.

Como la actividad de la microbiota del suelo depende, entre otros factores, de la temperatura y de la humedad del suelo, en primer lugar, se va a estudiar la influencia de la cubierta y las

diferentes dosis de paja sobre estos dos factores en el período comprendido entre el 13/05/2021 y el 29/06/2022.

En las figuras 10, 11 y 12 se representa la temperatura superficial del suelo en cada uno de los tratamientos con paja junto con la del tratamiento sin paja (T0). Se observa que en los meses más calurosos como son mayo, junio y julio, la temperatura del suelo es más elevada en el tratamiento sin paja (T0) que en los que tienen paja. Esto se debe a que, al estar el suelo completamente expuesto a la radiación solar, la radiación incidente es mayor y el balance radiativo se hace más positivo. Esto hace que la temperatura sea más alta que en los tres tratamientos con paja, los cuales al estar cubiertos con un acolchado presentan una menor incidencia de la radiación solar sobre el suelo. Además, este efecto hace disminuir la evaporación del agua del suelo, lo que también contribuye a atenuar los cambios de temperatura del suelo. A partir de septiembre se invierte esta tendencia, es decir, la temperatura de los suelos acolchados es más alta que la del T0, puesto que, el acolchado funciona como moderador de los descensos rápidos de temperatura en los períodos fríos, permitiendo mantener la temperatura del suelo más elevada durante estos meses. Por otra parte, se aprecia cómo a partir de mitad de marzo, se iguala la temperatura del suelo de todos los tratamientos con paja con el T0, como consecuencia de la degradación de la paja, que hace que el acolchado vaya perdiendo influencia en el control de la temperatura.

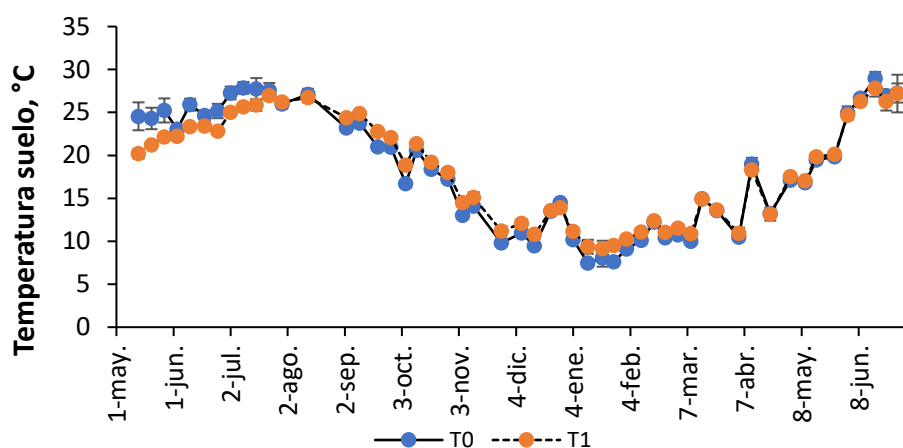


Figura 10. Evolución en el tiempo de la temperatura del suelo en los tratamientos T0 y T1.

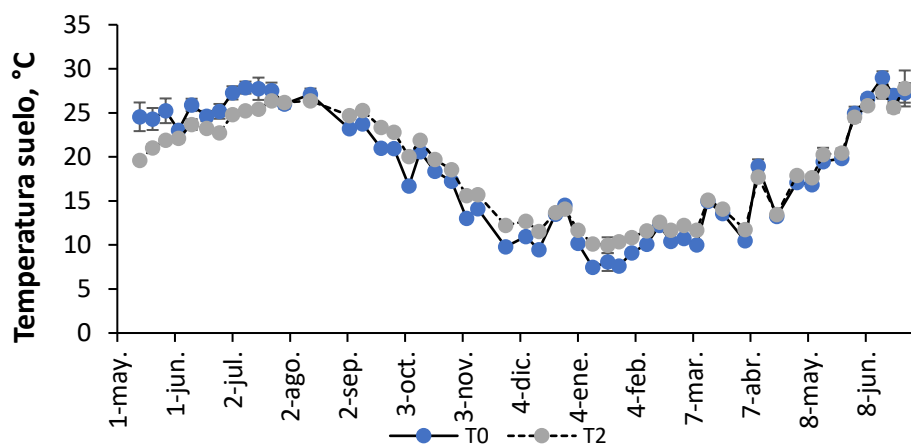


Figura 11. Evolución en el tiempo de la temperatura del suelo en los tratamientos T0 y T2.

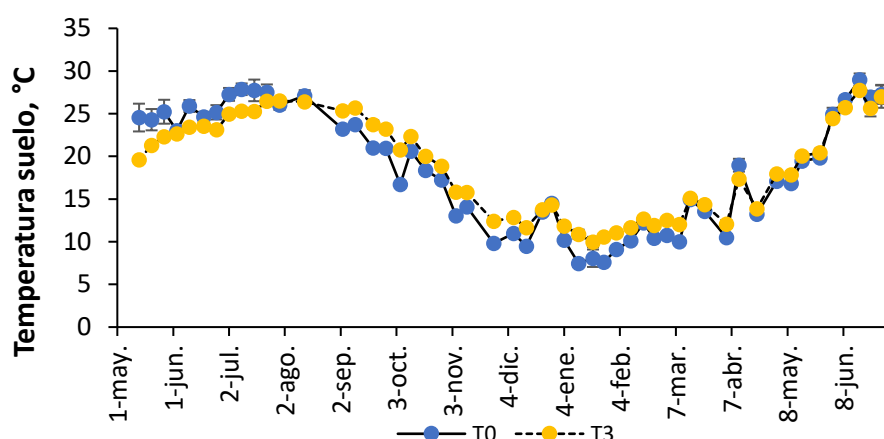


Figura 12. Evolución en el tiempo de la temperatura del suelo en los tratamientos T0 y T3.

Una vez comprobado el efecto del acolchado sobre la temperatura superficial del suelo mediante la comparación de los diferentes tratamientos con el suelo desnudo, se evalúa el efecto dosis mediante las diferencias observadas entre los diferentes tratamientos con paja. Para ello, se ha realizado la diferencia entre el promedio de la temperatura del T0 y cada uno de los tratamientos con paja (Anexo 2, tabla A4 y A5). Los valores positivos obtenidos indican que hay una mayor temperatura en el T0 que en el tratamiento con paja, mientras que los valores negativos, indican que la temperatura del tratamiento con paja es mayor que la del suelo desnudo. A su vez, se ha efectuado el promedio de las diferencias tanto de los valores positivos como de los negativos (tabla 28).

Tabla 28. Promedio de las diferencias de temperatura entre tratamientos.

Diferencia entre tratamientos	T0-T1	T0-T2	T0-T3
Promedio valores positivos (°C)	1,22	1,78	1,54
Promedio valores negativos (°C)	-0,89	-1,28	-1,55

Del promedio de los valores positivos se puede indicar que como la temperatura del suelo en el T1 es más alta que en el T2 y el T3 durante los meses más cálidos, la diferencia tanto entre T0-T2 y T0-T3, es mayor que entre T0-T1. Esto significa que los tratamientos con las dosis más altas de paja reducen la incidencia de la radiación solar en mayor medida. Además, se observa que las diferencias más altas son las comprendidas entre el T0 y el T2, lo que denota que las temperaturas del suelo más bajas en los meses más cálidos se han conseguido con el T2. A su vez, del promedio de los valores negativos, se puede concluir que, durante los meses más fríos, es el tratamiento con la dosis más alta el que mantiene la temperatura del suelo más elevada. En este caso, las diferencias promedio respecto al suelo desnudo se sitúan en torno a 1,5 °C, lo cual es una diferencia considerable.

Estos resultados corroboran el efecto esperado que el acolchado ejerce sobre la temperatura del suelo y que ha sido también comprobado por otros autores; Stinson et al. 1990, entre otros, indicaron que el acolchado orgánico permite mantener la temperatura del suelo más baja en verano y más alta en invierno, en comparación con el suelo desnudo.

El otro factor abiótico que influye en la respiración del suelo es su humedad. En las figuras 13, 14 y 15, se representa la evolución de la humedad volumétrica del suelo en el período de estudio, y en ellas se observa que la humedad del suelo es siempre mayor en los tratamientos con paja en contraste con la del suelo desnudo (T0). En este caso, también se puede apreciar el efecto de la degradación de la paja a partir de la mitad de marzo. Esta pérdida de material reduce la capacidad de conservación de la humedad del suelo en los tratamientos estudiados, por lo que a partir de esa fecha apenas existen diferencias con el T0.

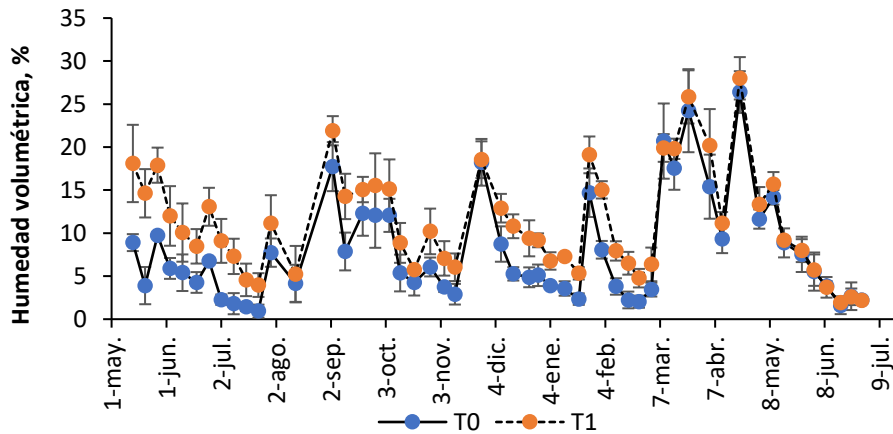


Figura 13. Evolución en el tiempo de la humedad volumétrica del suelo en los tratamientos T0 y T1.

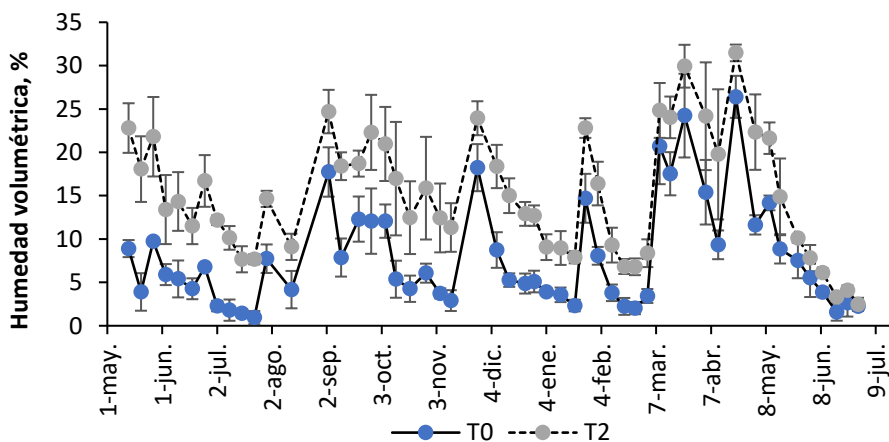


Figura 14. Evolución en el tiempo de la humedad volumétrica del suelo en los tratamientos T0 y T2.

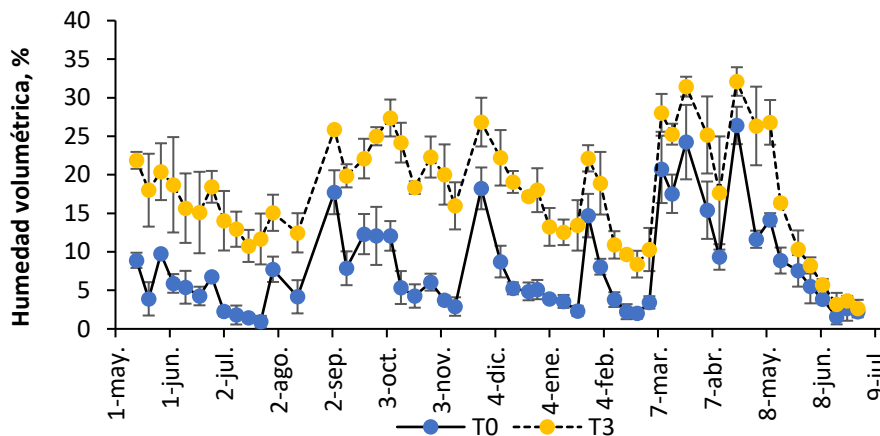


Figura 15. Evolución en el tiempo de la humedad volumétrica del suelo en los tratamientos T0 y T3.

Para estudiar la diferencia de humedad entre los diferentes tratamientos, se ha calculado la lámina de agua. Este parámetro es una forma práctica de expresar la cantidad de agua almacenada en el suelo en términos de altura. Para ello, se ha multiplicado la humedad volumétrica del suelo ($\text{cm}^3 \text{ agua/cm}^3 \text{ suelo}$) por el espesor del suelo estudiado (70 mm). Una vez obtenidos los datos de la lámina de agua de cada tratamiento (Anexo 2, tabla A7), se vuelve a calcular la diferencia entre cada uno de los tratamientos con paja y el tratamiento sin paja (T0) (Anexo 2, tabla A8). Para finalizar, se determina el promedio de esos valores diferenciales de lámina media, los cuales se muestran en la tabla 29.

Tabla 29. Diferencia media de lámina entre tratamientos.

	T1-T0	T2-T0	T3-T0
Diferencia media lámina (mm)	2,38	5,05	6,82

Las diferencias más elevadas de lámina media se dan entre los tratamientos T2-T0 y T3-T0, siendo mayor en el caso de la dosis alta de paja. Esto significa que el suelo del T3 es el que presenta la lámina media de agua más elevada, por lo que con este tratamiento se almacena más agua en el suelo. La mayor humedad volumétrica del suelo en las zonas con mulch, se debe a que estos materiales orgánicos reducen la cantidad de energía radiante que llega al suelo en comparación con el T0, y, en consecuencia, disminuye la cantidad de agua que se evapora en las capas superficiales (Zribi *et al.*, 2011). Además, una menor humedad en el T0 podría ser también por el mayor consumo de agua debido a la mayor presencia de malas hierbas (Palacios, 2005). En concordancia con este trabajo, Andrés *et al.* (2015), se concluye que los acolchados orgánicos permiten incrementar la humedad volumétrica del suelo a los 10 cm de profundidad entre el 16 y 96% durante la primavera y el verano.

Una vez analizados los resultados de los factores temperatura y humedad del suelo, se procede a estudiar la respiración del suelo. En las figuras 16, 17 y 18 se muestra la evolución de la tasa de respiración en cada tratamiento de acolchado y suelo desnudo a lo largo del período de tiempo estudiado.

En las tres gráficas se aprecia una dinámica de la respiración similar, siendo más alta en los tratamientos con paja que en el T0. La razón por la que la respiración del suelo es más alta en

los tratamientos con paja durante los meses más cálidos, es porque el acolchado orgánico mantiene una temperatura más favorable y un mayor contenido en humedad, lo que favorece el desarrollo de las poblaciones de microorganismos en comparación con el T0. Sin embargo, en los meses más fríos, la temperatura del suelo es baja, lo que ralentiza la actividad microbiana del suelo. Esto puede apreciarse en la baja tasa de respiración producida durante el invierno, aunque sigue siendo ligeramente más alta en el tratamiento con paja que en el T0, debido a que el acolchado mantiene la temperatura un poco más alta en invierno. A mitad de mayo, se observa un incremento en la respiración a causa de las precipitaciones y del aumento de la temperatura del suelo. Como muestran las figuras, la variabilidad en cada fecha de muestreo es alta, especialmente en la época de mayor respiración.

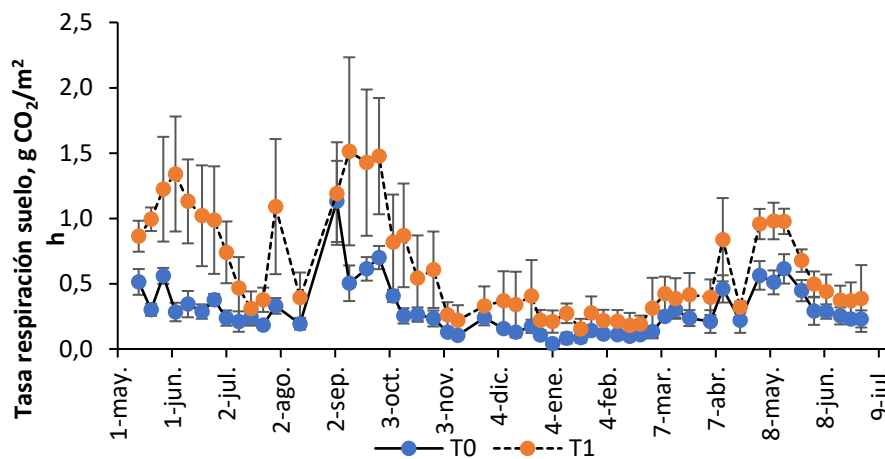


Figura 16. Evolución en el tiempo de la tasa respiratoria del suelo en los tratamientos T0 y T1.

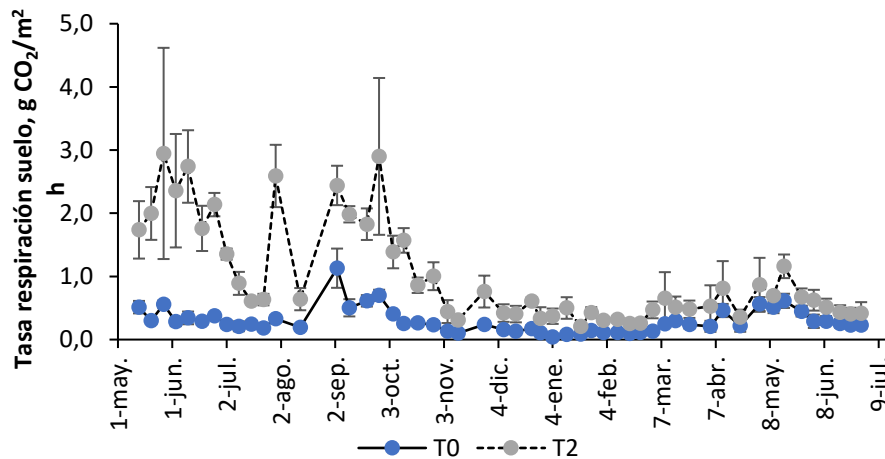


Figura 17. Evolución en el tiempo de la tasa respiratoria del suelo en los tratamientos T0 y T2.

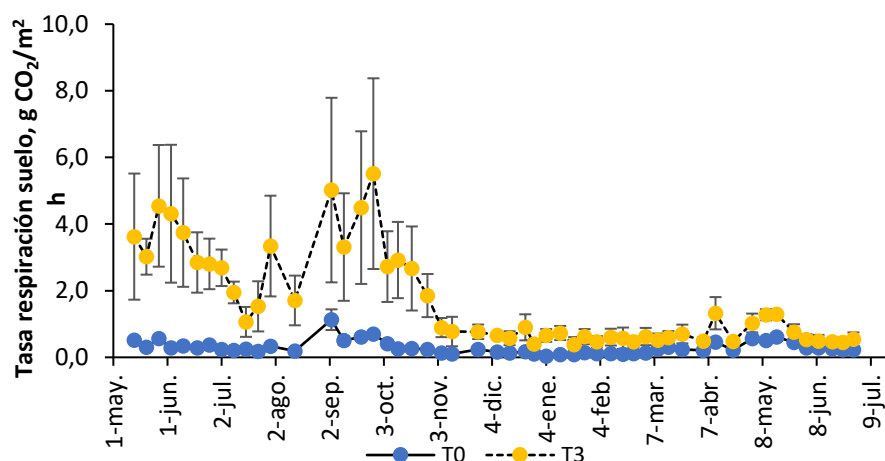


Figura 18. Evolución en el tiempo de la tasa respiratoria del suelo en los tratamientos T0 y T3.

Por otro lado, para comparar los diferentes tratamientos de paja, se ha calculado el promedio de los valores de respiración obtenidos durante el periodo estudiado. Como se observa en la tabla 30, la tendencia es a una mayor tasa respiratoria del suelo a medida que aumenta la dosis de paja, siendo el T3 el tratamiento que mejores condiciones de humedad y temperatura ha otorgado al suelo, y en consecuencia ha favorecido al desarrollo de la actividad de los microorganismos del suelo.

Tabla 30. Valores medios de respiración del suelo ($g\ CO_2\ m^{-2}\ h^{-1}$) en cada tratamiento a lo largo del periodo de estudio.

Tratamiento	T0	T1	T2	T3
Tasa respiratoria ($g\ CO_2\ m^{-2}\ h^{-1}$)	0,287	0,595	0,939	1,552
Desviación estándar	0,190	0,378	0,780	1,419

Finalmente, se ha realizado un ANOVA simple de los datos de temperatura, humedad y respiración del suelo, para ver si existen diferencias significativas entre ellos. Para ello, y puesto que las medidas son puntuales en el tiempo, se ha dividido el periodo de estudio en estaciones y se ha obtenido el valor medio estacional en cada punto. Verano incluye las medidas realizadas entre mayo (2021) y agosto (2021), ambos inclusive; el periodo otoñal corresponde a las medidas tomadas en los meses de septiembre a noviembre; al invierno pertenecen las realizadas en los meses de diciembre (2021) a febrero (2022) y, por último, en la primavera se han incluido las medidas hechas entre marzo (2022) y el último día del ensayo (29 de junio 2022).

En la tabla 31 se representan los resultados del ANOVA simple de la temperatura del suelo en cada estación según tratamiento. Como se puede observar, durante el periodo estival existen diferencias significativas entre el tratamiento sin paja y el resto de tratamientos con paja, siendo el suelo desnudo (T0) el que presenta una mayor temperatura respecto al resto, y no existiendo diferencias significativas entre los tratamientos con diferente dosis de paja (T1, T2 y T3). Sin embargo, en otoño sí que existen diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro tratamientos. Esto manifiesta que, en esta época del año de descenso de la temperatura del aire, el incremento de la dosis de paja supone una mayor temperatura del suelo. En invierno ocurre algo similar al periodo anterior, es decir, a medida que aumenta la dosis de paja

incrementa la temperatura del suelo, pero en este caso no se han encontrado diferencias significativas entre las dosis mayores de paja (T2 y T3). Durante la primavera no se producen diferencias entre los tratamientos, y esto puede estar relacionado con la degradación y la pérdida de la paja del suelo con el tiempo.

Tabla 31. Resultados del ANOVA simple de la temperatura estacional del suelo (°C) por tratamiento.

Tratamiento	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
T0	26,06	X	18,07	X	10,30	X	18,75	X
T1	23,99	X	19,30	X	11,19	X	18,77	X
T2	23,74	X	19,98	X	11,73	X	18,96	X
T3	23,91	X	20,36	X	11,93	X	19,01	X
Valor-P	0,0002		0,0000		0,0000		0,6655	

En la tabla 32 se muestran los resultados del análisis estadístico de la humedad volumétrica del suelo promedio en cada estación y para cada tratamiento. En el periodo de verano se aprecian diferencias significativas entre el tratamiento sin paja y el resto de tratamientos con paja, siendo siempre la humedad mayor en los tratamientos de acolchado. Sin embargo, no existen diferencias entre dosis próximas de paja añadida (T1 y T2, y T2 con T3), pero sí entre las dosis baja y alta (T1 y T3). En el otoño y en el invierno existen diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el T3 el que más humedad volumétrica mantiene. En primavera, aunque parte de la paja se ha degradado, se siguen apreciando diferencias significativas entre los tratamientos, siendo T2 y T3 los de mayor humedad del suelo, pero sin existir diferencias significativas entre dichos tratamientos.

Tabla 32. Resultados del ANOVA simple de la humedad volumétrica estacional del suelo (%) por tratamiento.

Tratamiento	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
T0	4,86	X	9,33	X	5,39	X	10,94	X
T1	10,43	X	12,58	X	9,86	X	12,10	X
T2	13,84	XX	18,01	X	12,58	X	15,96	X
T3	15,78	X	22,53	X	15,47	X	17,07	X
Valor-P	0,0013		0,0005		0,0000		0,0017	

Según el análisis estadístico de los datos de respiración del suelo promedio de cada estación (tabla 33), existen diferencias significativas entre los tratamientos, en todos los periodos estudiados. Se observa que, tanto en verano como en otoño, el tratamiento de mayor dosis de paja es en el que más respiración se ha medido. En invierno, los resultados del T3 se asemejan a los del T2, no existiendo diferencias significativas entre ellos. Y en primavera, no existen diferencias significativas entre los tratamientos con paja y el T0. Ello podría ser atribuible a la degradación de la cubierta de paja con el tiempo, como ya se ha comentado anteriormente, y que también se ha observado en campo.

Tabla 33. Resultados del ANOVA simple de la tasa de respiración estacional del suelo ($\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) por tratamiento.

Tratamiento	Verano		Otoño		Invierno		Primavera	
T0	0,312	X	0,416	X	0,112	X	0,327	X
T1	0,841	XX	0,841	X	0,256	XX	0,547	X
T2	1,722	X	1,407	X	0,375	XX	0,599	X
T3	2,859	X	2,182	X	0,586	X	0,724	X
Valor-P	0,0016		0,0092		0,0055		0,0056	

5. CONCLUSIONES

1) La caracterización fisicoquímica inicial del suelo no ha puesto de manifiesto diferencias entre las distintas zonas de estudio, incluso transcurrido un año desde el primer aporte de paja. Los cuatro tratamientos presentan una textura franco arenosa, y un pH entre moderadamente alcalino y fuertemente alcalino. En ninguno de los casos el aporte de paja representa un efecto sobre la salinidad del suelo que pudiera ser perjudicial para el cultivo y tampoco sobre el contenido de carbonatos del suelo.

2) El contenido de materia orgánica del suelo sí que es afectado por la presencia del mulch de paja, existiendo diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos y en cada fecha de muestreo, a excepción del T2 con el T3. Esto significa que a medida que aumenta la dosis de paja aumenta el porcentaje de materia orgánica del suelo, llegando a un punto en el cual, una mayor dosis de paja no supone ningún incremento extra del contenido de la materia orgánica del suelo. Además, la cubierta orgánica crea unas condiciones de temperatura y humedad favorables para el desarrollo de los microorganismos del suelo, cuya actividad contribuye a mejorar la condición orgánica del suelo, lo que se ha traducido en una mayor tasa respiratoria del suelo.

3) La fracción más lábil de carbono (COS) no es afectada por los tratamientos estudiados. Sin embargo, aunque sí que se ha observado en cada muestreo un aumento del COS en los tratamientos T2 y T3 respecto a T0 y T1, la alta variabilidad encontrada hace que no se existan diferencias significativas entre tratamientos.

4) No existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de agregados, el porcentaje de partículas de 2 mm, el porcentaje de partículas inferiores a 0,25 mm y el diámetro medio de los agregados, entre los tratamientos estudiados. Sin embargo, sí que se aprecia una diferencia en dichas variables bajo suelo desnudo y bajo mulch siendo mayores las diferencias en las dosis altas de paja. Estos tratamientos presentan un mayor contenido de COS, el cual mejora la estabilidad estructural del suelo, favoreciendo la formación de agregados, que, aseguran una suficiente aireación e infiltración del agua para promover el crecimiento de la planta.

5) Se ha podido constatar un efecto positivo en el control de malas hierbas de la cubierta con paja respecto del suelo desnudo, estando este efecto relacionado con la dosis de paja empleada.

6) Las medidas in situ de respiración de suelo, temperatura y humedad permiten concluir que existen diferencias en el comportamiento estacional de estas variables entre las zonas con cubierta y las de suelo desnudo. La dosis alta de paja es la que mantiene mayores diferencias con respecto al suelo desnudo. Este tratamiento aporta una menor temperatura al suelo en el verano y, por el contrario, una temperatura más elevada los meses más fríos. En cuanto a la humedad volumétrica, el T3 la mantiene más alta durante todo el periodo estudiado. Consecuentemente, el tratamiento en el que se ha observado una mayor respiración del suelo es en el T3. Cabe destacar que conforme la paja se fue degradando las diferencias entre tratamientos se fueron atenuando, por lo que si se desean mantener los efectos observados sería necesario reponer la paja cada año.

6. BIBLIOGRAFÍA

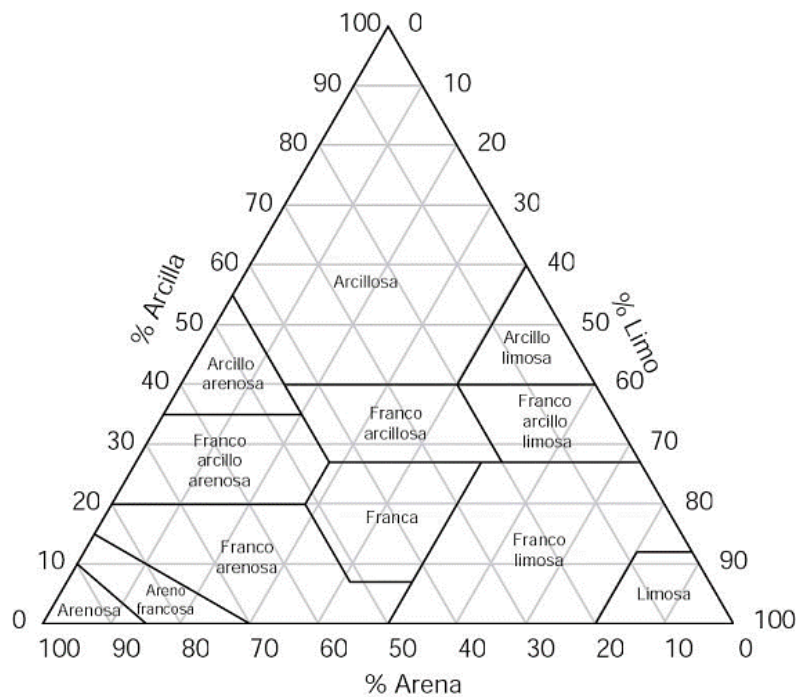
- BALWINDER-SINGHA, E. H.; EBERBACH, P. L.; KATUPITIYAC, A. (2010). The partitioning of evapotranspiration of irrigated wheat as affected by rice straw mulch.
- CAMBA, E. N. (2006). El problema de la paja en el Parque Natural de la Albufera de Valencia y su solución como sumidero de CO₂ en el proyecto AFTEC. *Ambienta: La revista del Ministerio de Medio Ambiente*, 51: 68-72.
- CASTELLANOS, J. Z. (2010). Guía para la interpretación del análisis de suelo y agua. Sitio: intagri@intagri.com.mx o www.intagri.com.mx, 8-10.
- CECCANTI, B.; MASCIANDARO, G.; MACCI, C. (2007). Pyrolysis-gas chromatography to evaluate the organic matter quality of a mulched soil. *Soil and Tillage Research*, 97(1): 71-78.
- ERENSTEIN, O. (2002). Crop residue mulching in tropical and semi-tropical countries: An evaluation of residue availability and other technological implications. *Soil and Tillage Research*, 67: 115-133.
- GONZÁLEZ, P. H.; MURILLO, J. F. M.; SINOGA, J. D. R. (2017). Beneficios de los acolchados de paja y poda como prácticas para la gestión forestal de los montes mediterráneos. *Cuadernos de investigación geográfica/Geographical Research Letters*, 43: 189-208.
- HAVLIN, J.L.; KISSEL, D.E.; MADDUS, L.D.; CLAASSEN, M.M.; LONG, J.H. (1990). Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. *Soil Science Society of America Journal*, 54: 448-452.
- HENRÍQUEZ, S. A. (2014). Efecto de acolchados sobre propiedades físicas de un suelo de la sabana de Bogotá y su relación con el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia.
- HUMPHREYS, E., EBERBACH, P. L., & KATUPITIYA, A. (2010). The partitioning of evapotranspiration of irrigated wheat as affected by rice straw mulch. In *Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science: Soil solutions for a changing world, Brisbane, Australia, 1-6 August 2010. Symposium 3.2. 2 Improved water and soil management using lysimeters* (pp. 88-91). International Union of Soil Sciences (IUSS), c/o Institut für Bodenforschung, Universität für Bodenkultur.
- HUMPHREYS, E.; EBERBACH, P. L.; KATUPITIYA, A.; KUKAL, S. S. (2011). Growth, yield and water productivity of zero till wheat as affected by rice straw mulch and irrigation schedule. *Field Crops Research*, 121(2): 209-225.
- JORDÁN, A.; ZAVALA, L. M.; GIL, J. (2010). Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. *Catena*, 81(1): 77-85.
- KONGCHUM, M. (2005). *Efecto de las prácticas de gestión de residuos vegetales y agua en la química redox del suelo, la emisión de metano y la productividad del arroz*. Universidad Estatal de Luisiana y Colegio Agrícola y Mecánico.
- LEFÈVRE, C.; REKIK, F.; ALCANTARA, V.; WIESE, L. (2017). *Carbono orgánico del suelo: el potencial oculto*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura Roma, Italia, ISBN 978-92-5-309681-7.
- MANDAL, K. G.; MISRA, A. K.; HATI, K. M.; BANDYOPADHYAY, K. K.; GHOSH, P. K.; MOHANTY, M. (2004). Rice residue-management options and effects on soil properties and crop productivity. *Food, Agriculture & Environment*, 2 (1): 224-231.

- MAPA (2022). <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2020/default.aspx?parte=3&capitulo=07&grupo=1&seccion=7> (Consultado el 2 de septiembre de 2022).
- Martens, D. (2000). Management and crop residue influence soil aggregate stability. *Journal of Environmental Quality*, 29: 723–727.
- PALACIOS, J. (2005). Citricultura. Bayer CropScience. Tucumán, Argentina. Editorial Hemisferio Sur, 518 pp.
- RAHMAN, M. J.; UDDIN, M. S.; BAGUM, S. A.; MONDOL, A. T. M. A. I.; ZAMAN, M. M. (2006). Effect of mulches on the growth and yield of tomato in the coastal area of Bangladesh under rainfed condition. *Int J Sustain Crop Prod.*, 1(1): 6-10.
- RIBÓ, M.; ALBIACH, R.; POMARES, F.; & CANET, R. (2017). Alternativas de gestión de la paja de arroz en la Albufera de Valencia. *Vida rural.*, 430: 56-60.
- RODRÍGUEZ, M. A.; ARAMENDÍA, A. M. (2015). Métodos didácticos para análisis de suelos. Servicio de Publicaciones, Universidad de la Rioja, España. 78 pp.
- SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J. (1995). Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho Escuro de Eldorado do Sul (RS). *Rev. Bras. Ciência do Solo (Campinas)*, 19(2):313-319.
- SMETS, T., POESEN, J. (2009). Impacts of soil tillage on the effectiveness of biological geotextiles in reducing runoff and interrill erosion. *Soil & Tillage Research*, 103: 356-363.
- SPACCINI, R.; MBAGWU, J.S.C.; IGWE, C.A.; CONTE, P.; PICCOLO, A. (2003). Carbohydrates and aggregation in lowland soils of Nigeria as influenced by organic inputs. *Soil & Tillage Research*, 75: 161–172.
- STINSON, J.; BRINEN G.M.; CONNELL D.; BLACK R. (1990). Evaluation of landscape mulches. *HortScience*, 103: 372-377.
- TESI. (2000). Medios de protección para la hortoflorofruticultura y los viverismo. Ed. MundiPrensa. Madrid, España. 288pp.
- TURNEY, J.; MENGE, J. (1994). Root Health: mulching to control root disease in avocado and citrus. The California Avocado Society, Inc., the California Avocado Commission and the Citrus Research Board, Circular No. CAS-94/2. 9pp.
- WALKLEY, A.; BLACK, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci*, 37:29-38.
- YAKOVCHENKO, V. P.; SIKORA, L. J. (1998). Modified dichromate method for determining low concentrations of extractable organic carbon in soil. *Communications in soil science and plant analysis*, 29(3-4), 421-433.
- ZHANG, Q. T.; INOUE, M.; INOSAKO, K.; IRSHAD, M.; KONDO, K.; QIU, G. Y.; WANG, S. P. (2008). Ameliorative effect of mulching on water use efficiency of Swiss chard and salt accumulation under saline irrigation. *Journal of food, agriculture & environment*, 6(3-4): 480-485.
- ZRIBI, W.; FACI, J. M.; ARAGÜÉS, R. (2011). Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas. *Información técnica económica agraria*, 107(2): 148-162.

ANEXOS

ANEXO 1. ANÁLISIS DE SUELOS

Figura A1. Triángulo textural.



El método del triángulo textural está basado en el sistema que aplica USDA según el tamaño de partículas, en el que se emplea la clasificación siguiente:

- Arena: son todas las partículas cuyo tamaño varía entre 2 – 0.05 mm.
- Limo: son todas las partículas cuyo tamaño varía de 0.002 a 0.05 mm.
- Arcilla: son todas las partículas de menos de 0.002 mm.

Tabla A2. Clasificación del pH según el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Denominación	Rango de pH
Ultra ácido	< 3,5
Extremadamente ácido	3,5 – 4,4
Muy fuertemente ácido	4,5 – 5,0
Fuertemente ácido	5,1 – 5,5
Moderadamente ácido	5,6 – 6,0
Ligeramente ácido	6,1 - 6,5
Neutro	6,6 – 7,3
Ligeramente alcalino	7,4 – 7,8
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4
Fuertemente alcalino	8,5 – 9,0
Muy fuertemente alcalino	>9,0

Tabla A3. Clasificación USDA de la salinidad del suelo según CE del extracto saturado(CE_{es}) ó 1:5 ($CE_{1:5}$).

CE_{es} ($dS \cdot m^{-1}$ a $25^{\circ}C$)	$CE_{1:5}$ ($dS \cdot m^{-1}$ a $25^{\circ}C$)	Clasificación	Efecto en el cultivo
0 - 2	< 0,35	No salino	No afecta a los cultivos,
2 - 4	0,35 - 0,65	Ligeramente salino	Puede disminuir los rendimientos de los cultivos sensibles,
4 - 8	0,65 - 1,15	Moderadamente salino	Disminuye el rendimiento de la mayoría de los cultivos,
8 - 16	> 1,15	Salino	Rendimiento satisfactorio sólo de cultivos tolerantes,
> 16	> 16	Extremadamente salino	Rendimiento satisfactorio sólo de cultivos muy tolerantes,

ANEXO 2. TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL SUELO

Tabla A4. Promedio de la temperatura del suelo en °C.

Fecha	T0	T1	T2	T3
13/05/2021	24,55	20,20	19,60	19,60
20/05/2021	24,30	21,23	21,03	21,30
27/05/2021	25,23	22,13	21,90	22,30
03/06/2021	23,03	22,23	22,10	22,63
10/06/2021	25,90	23,33	23,67	23,43
18/06/2021	24,63	23,40	23,23	23,53
25/06/2021	25,17	22,83	22,73	23,13
02/07/2021	27,27	25,03	24,80	24,97
09/07/2021	27,87	25,67	25,23	25,30
16/07/2021	27,73	25,87	25,43	25,27
23/07/2021	27,53	26,97	26,37	26,47
30/07/2021	26,00	26,20	26,20	26,50
13/08/2021	27,10	26,73	26,37	26,40
03/09/2021	23,20	24,37	24,70	25,33
10/09/2021	23,73	24,87	25,27	25,67
20/09/2021	21,00	22,77	23,33	23,73
27/09/2021	20,97	22,07	22,80	23,20
05/10/2021	16,70	18,87	20,03	20,77
11/10/2021	20,60	21,37	21,90	22,33
19/10/2021	18,37	19,20	19,70	20,00
28/10/2021	17,23	18,00	18,57	18,87
05/11/2021	13,03	14,50	15,60	15,83
11/11/2021	14,10	15,10	15,70	15,77
26/11/2021	9,80	11,20	12,23	12,40
07/12/2021	10,97	12,10	12,70	12,87
14/12/2021	9,47	10,80	11,53	11,67
23/12/2021	13,50	13,57	13,67	13,77
28/12/2021	14,50	13,90	14,07	14,30
04/01/2022	10,20	11,17	11,67	11,83
12/01/2022	7,47	9,37	10,13	10,87
20/01/2022	8,07	9,13	9,97	9,97
26/01/2022	7,60	9,50	10,37	10,57
02/02/2022	9,10	10,27	10,83	11,03
10/02/2022	10,10	11,07	11,60	11,67
17/02/2022	12,23	12,40	12,60	12,67
23/02/2022	10,40	11,03	11,70	11,93
02/03/2022	10,73	11,53	12,23	12,50
09/03/2022	10,00	10,90	11,67	12,03
15/03/2022	14,97	14,90	15,10	15,10
23/03/2022	13,57	13,67	14,07	14,37

Fecha	T0	T1	T2	T3
04/04/2022	10,50	10,93	11,77	12,07
11/04/2022	18,97	18,30	17,73	17,37
21/04/2022	13,23	13,17	13,47	13,87
02/05/2022	17,10	17,53	17,90	17,97
10/05/2022	16,83	17,03	17,63	17,83
16/05/2022	19,47	19,83	20,27	20,07
26/05/2022	19,83	20,13	20,43	20,43
02/06/2022	24,93	24,70	24,50	24,43
09/06/2022	26,67	26,30	25,83	25,73
17/06/2022	28,97	27,80	27,40	27,73
23/06/2022	26,97	26,30	25,60	25,63
29/06/2022	27,27	27,20	27,77	27,00

Tabla A5. Diferencia entre el promedio de la temperatura del T0 y cada uno de los tratamientos con paja.

Fecha	T0-T1	T0-T2	T0-T3
13/05/2021	4,35	4,95	4,95
20/05/2021	3,07	3,27	3,00
27/05/2021	3,10	3,33	2,93
03/06/2021	0,80	0,93	0,40
10/06/2021	2,57	2,23	2,47
18/06/2021	1,23	1,40	1,10
25/06/2021	2,33	2,43	2,03
02/07/2021	2,23	2,47	2,30
09/07/2021	2,20	2,63	2,57
16/07/2021	1,87	2,30	2,47
23/07/2021	0,57	1,17	1,07
30/07/2021	-0,20	-0,20	-0,50
13/08/2021	0,37	0,73	0,70
03/09/2021	-1,17	-1,50	-2,13
10/09/2021	-1,13	-1,53	-1,93
20/09/2021	-1,77	-2,33	-2,73
27/09/2021	-1,10	-1,83	-2,23
05/10/2021	-2,17	-3,33	-4,07
11/10/2021	-0,77	-1,30	-1,73
19/10/2021	-0,83	-1,33	-1,63
28/10/2021	-0,77	-1,33	-1,63
05/11/2021	-1,47	-2,57	-2,80
11/11/2021	-1,00	-1,60	-1,67
26/11/2021	-1,40	-2,43	-2,60
07/12/2021	-1,13	-1,73	-1,90

Fecha	T0-T1	T0-T2	T0-T3
14/12/2021	-1,33	-2,07	-2,20
23/12/2021	-0,07	-0,17	-0,27
28/12/2021	0,60	0,43	0,20
04/01/2022	-0,97	-1,47	-1,63
12/01/2022	-1,90	-2,67	-3,40
20/01/2022	-1,07	-1,90	-1,90
26/01/2022	-1,90	-2,77	-2,97
02/02/2022	-1,17	-1,73	-1,93
10/02/2022	-0,97	-1,50	-1,57
17/02/2022	-0,17	-0,37	-0,43
23/02/2022	-0,63	-1,30	-1,53
02/03/2022	-0,80	-1,50	-1,77
09/03/2022	-0,90	-1,67	-2,03
15/03/2022	0,07	-0,13	-0,13
23/03/2022	-0,10	-0,50	-0,80
04/04/2022	-0,43	-1,27	-1,57
11/04/2022	0,67	1,23	1,60
21/04/2022	0,07	-0,23	-0,63
02/05/2022	-0,43	-0,80	-0,87
10/05/2022	-0,20	-0,80	-1,00
16/05/2022	-0,37	-0,80	-0,60
26/05/2022	-0,30	-0,60	-0,60
02/06/2022	0,23	0,43	0,50
09/06/2022	0,37	0,83	0,93
17/06/2022	1,17	1,57	1,23
23/06/2022	0,67	1,37	1,33
29/06/2022	0,07	-0,50	0,27

Tabla A6. % de humedad volumétrica en cada tratamiento.

Fecha	T0	T1	T2	T3
13/05/2021	8,90	18,10	22,80	21,87
20/05/2021	3,90	14,63	18,07	18,00
27/05/2021	9,73	17,90	21,80	20,40
03/06/2021	5,90	12,00	13,40	18,70
10/06/2021	5,40	10,07	14,33	15,67
18/06/2021	4,27	8,47	11,50	15,10
25/06/2021	6,77	13,07	16,70	18,43
02/07/2021	2,27	9,10	12,17	14,03
09/07/2021	1,80	7,30	10,13	12,93
16/07/2021	1,43	4,57	7,67	10,77
23/07/2021	0,93	3,97	7,67	11,67

Fecha	T0	T1	T2	T3
30/07/2021	7,73	11,13	14,63	15,07
13/08/2021	4,17	5,23	9,10	12,47
03/09/2021	17,73	21,90	24,70	25,87
10/09/2021	7,87	14,27	18,40	19,87
20/09/2021	12,30	15,07	18,70	22,10
27/09/2021	12,07	15,53	22,30	25,00
05/10/2021	12,07	15,13	20,97	27,37
11/10/2021	5,37	8,87	16,97	24,17
19/10/2021	4,27	5,77	12,47	18,33
28/10/2021	6,07	10,20	15,87	22,30
05/11/2021	3,73	7,07	12,43	20,03
11/11/2021	2,90	6,03	11,33	15,97
26/11/2021	18,23	18,53	23,93	26,83
07/12/2021	8,73	12,90	18,37	22,20
14/12/2021	5,27	10,80	15,00	19,07
23/12/2021	4,87	9,40	12,90	17,20
28/12/2021	5,10	9,17	12,70	18,00
04/01/2022	3,90	6,77	9,07	13,23
12/01/2022	3,57	7,27	8,97	12,53
20/01/2022	2,33	5,33	7,90	13,43
26/01/2022	14,70	19,10	22,80	22,13
02/02/2022	8,07	15,03	16,40	18,90
10/02/2022	3,80	7,93	9,30	10,90
17/02/2022	2,23	6,50	6,83	9,67
23/02/2022	2,03	4,77	6,80	8,40
02/03/2022	3,43	6,37	8,37	10,30
09/03/2022	20,70	19,90	24,83	28,03
15/03/2022	17,53	19,80	24,03	25,27
23/03/2022	24,23	25,83	29,93	31,43
04/04/2022	15,40	20,20	24,17	25,17
11/04/2022	9,33	11,13	19,77	17,63
21/04/2022	26,40	28,00	31,47	32,10
02/05/2022	11,63	13,33	22,33	26,33
10/05/2022	14,17	15,70	21,63	26,80
16/05/2022	8,87	9,17	14,87	16,37
26/05/2022	7,53	7,97	10,10	10,33
02/06/2022	5,53	5,70	7,80	8,23
09/06/2022	3,87	3,70	6,13	5,73
17/06/2022	1,57	1,90	3,30	3,20
23/06/2022	2,67	2,60	4,10	3,63
29/06/2022	2,23	2,17	2,47	2,63

Tabla A7. Lámina de agua (mm) en los primeros 70 mm de la superficie del suelo.

Fecha	T0	T1	T2	T3
13/05/2021	6,23	12,67	15,96	15,31
20/05/2021	2,73	10,24	12,65	12,60
27/05/2021	6,81	12,53	15,26	14,28
03/06/2021	4,13	8,40	9,38	13,09
10/06/2021	3,78	7,05	10,03	10,97
18/06/2021	2,99	5,93	8,05	10,57
25/06/2021	4,74	9,15	11,69	12,90
02/07/2021	1,59	6,37	8,52	9,82
09/07/2021	1,26	5,11	7,09	9,05
16/07/2021	1,00	3,20	5,37	7,54
23/07/2021	0,65	2,78	5,37	8,17
30/07/2021	5,41	7,79	10,24	10,55
13/08/2021	2,92	3,66	6,37	8,73
03/09/2021	12,41	15,33	17,29	18,11
10/09/2021	5,51	9,99	12,88	13,91
20/09/2021	8,61	10,55	13,09	15,47
27/09/2021	8,45	10,87	15,61	17,50
05/10/2021	8,45	10,59	14,68	19,16
11/10/2021	3,76	6,21	11,88	16,92
19/10/2021	2,99	4,04	8,73	12,83
28/10/2021	4,25	7,14	11,11	15,61
05/11/2021	2,61	4,95	8,70	14,02
11/11/2021	2,03	4,22	7,93	11,18
26/11/2021	12,76	12,97	16,75	18,78
07/12/2021	6,11	9,03	12,86	15,54
14/12/2021	3,69	7,56	10,50	13,35
23/12/2021	3,41	6,58	9,03	12,04
28/12/2021	3,57	6,42	8,89	12,60
04/01/2022	2,73	4,74	6,35	9,26
12/01/2022	2,50	5,09	6,28	8,77
20/01/2022	1,63	3,73	5,53	9,40
26/01/2022	10,29	13,37	15,96	15,49
02/02/2022	5,65	10,52	11,48	13,23
10/02/2022	2,66	5,55	6,51	7,63
17/02/2022	1,56	4,55	4,78	6,77
23/02/2022	1,42	3,34	4,76	5,88
02/03/2022	2,40	4,46	5,86	7,21
09/03/2022	14,49	13,93	17,38	19,62
15/03/2022	12,27	13,86	16,82	17,69
23/03/2022	16,96	18,08	20,95	22,00

Fecha	T0	T1	T2	T3
04/04/2022	10,78	14,14	16,92	17,62
11/04/2022	6,53	7,79	13,84	12,34
21/04/2022	18,48	19,60	22,03	22,47
02/05/2022	8,14	9,33	15,63	18,43
10/05/2022	9,92	10,99	15,14	18,76
16/05/2022	6,21	6,42	10,41	11,46
26/05/2022	5,27	5,58	7,07	7,23
02/06/2022	3,87	3,99	5,46	5,76
09/06/2022	2,71	2,59	4,29	4,01
17/06/2022	1,10	1,33	2,31	2,24
23/06/2022	1,87	1,82	2,87	2,54
29/06/2022	1,56	1,52	1,73	1,84

Tabla A8. Diferencia de lámina de agua (en mm) entre cada uno de los tratamientos con paja y el T0.

Fecha	T1-T0	T2- T0	T3 T0
13/05/2021	6,44	9,73	9,08
20/05/2021	7,51	9,92	9,87
27/05/2021	5,72	8,45	7,47
03/06/2021	4,27	5,25	8,96
10/06/2021	3,27	6,25	7,19
18/06/2021	2,94	5,06	7,58
25/06/2021	4,41	6,95	8,17
02/07/2021	4,78	6,93	8,24
09/07/2021	3,85	5,83	7,79
16/07/2021	2,19	4,36	6,53
23/07/2021	2,12	4,71	7,51
30/07/2021	2,38	4,83	5,13
13/08/2021	0,75	3,45	5,81
03/09/2021	2,92	4,88	5,69
10/09/2021	4,48	7,37	8,40
20/09/2021	1,94	4,48	6,86
27/09/2021	2,43	7,16	9,05
05/10/2021	2,15	6,23	10,71
11/10/2021	2,45	8,12	13,16
19/10/2021	1,05	5,74	9,85
28/10/2021	2,89	6,86	11,36
05/11/2021	2,33	6,09	11,41
11/11/2021	2,19	5,90	9,15
26/11/2021	0,21	3,99	6,02
07/12/2021	2,92	6,74	9,43

Fecha	T1-T0	T2- T0	T3 T0
14/12/2021	3,87	6,81	9,66
23/12/2021	3,17	5,62	8,63
28/12/2021	2,85	5,32	9,03
04/01/2022	2,01	3,62	6,53
12/01/2022	2,59	3,78	6,28
20/01/2022	2,10	3,90	7,77
26/01/2022	3,08	5,67	5,20
02/02/2022	4,88	5,83	7,58
10/02/2022	2,89	3,85	4,97
17/02/2022	2,99	3,22	5,20
23/02/2022	1,91	3,34	4,46
02/03/2022	2,05	3,45	4,81
09/03/2022	-0,56	2,89	5,13
15/03/2022	1,59	4,55	5,41
23/03/2022	1,12	3,99	5,04
04/04/2022	3,36	6,14	6,84
11/04/2022	1,26	7,30	5,81
21/04/2022	1,12	3,55	3,99
02/05/2022	1,19	7,49	10,29
10/05/2022	1,07	5,23	8,84
16/05/2022	0,21	4,20	5,25
26/05/2022	0,30	1,80	1,96
02/06/2022	0,12	1,59	1,89
09/06/2022	-0,12	1,59	1,31
17/06/2022	0,23	1,21	1,14
23/06/2022	-0,05	1,00	0,68
29/06/2022	-0,05	0,16	0,28