



ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

**Máster Universitario de Investigación en  
Gestión, Tratamiento y Valorización de Residuos Orgánicos**



**Estudio de estrategias de manejo agrícola para mitigar  
la emisión de gases de efecto invernadero en sistemas  
de vitivinícolas mediterráneas.**

**Autor**

**Vº Bº DIRECTOR**

**Antonio José Marín Martínez**

**Concepción Paredes Gil**



## UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

Se autoriza al alumno **D. Antonio Jose Marín Martínez**, a realizar el Trabajo Fin de Máster titulado: “Estudio de estrategias de manejo del cultivo de la vid para mejorar su adaptación al cambio climático y para la reducción de la emisión de gases efecto invernadero en sistemas vitivinícolas mediterráneos”, bajo la dirección de D<sup>a</sup>. Concepción Paredes Gil, debiendo cumplir las normas establecidas para la redacción del mismo que están a su disposición en la página Web específica del Master.

Orihuela, 5 de septiembre de 2014

La Directora del Máster Universitario de Investigación en Gestión, Tratamiento y Valoración de Residuos Orgánicos

Fdo.: Concepción Paredes Gil

Miguel Hernández  
 CAMPUS DE ORIHUELA  
 DEPARTAMENTO DE  
 AGROQUÍMICA Y  
 MEDIO AMBIENTE

TRIBUNAL	
FECHA:	
PRESIDENTE:	FIRMA:
VOCAL:	FIRMA:
VOCAL:	FIRMA:

## Agradecimientos

Tengo mucho que agradecer a todas las personas que forman o han formado parte de mi vida.

A mi familia, amigos y compañeros de trabajo a todos los que de una manera u otra comparten sus momentos conmigo y que siempre han estado ahí.

Al grupo de investigación GIAAMA, Raúl, Marilo, Aurelia y M<sup>o</sup> Angeles.

A Marisol, Jose Joaquín y Angélica por su gran ayuda, por hacer la vida en el campo y el laboratorio más amena.

En especial a Conchi, por su infinita paciencia, voluntad y ayuda para hacer este trabajo.

Mi hermana y mi padre que me faltarían palabras para agradecerles todo lo que han hecho por mi.

A Cris, que es la piedra angular de mi vida, que siempre me apoya en todas las decisiones que tomo, que me hace ver la luz cuando nadie más podría y que nunca me ha fallado.

## REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE MASTER

### Identificaciones:

**Autor:** Antonio José Marín Martínez

**Título:** Estudio de estrategias de manejo agrícola para mitigar la emisión de gases de efecto invernadero en sistemas vitivinícolas mediterráneos.

**Title:** Study of agricultural management strategies to mitigate the emission of greenhouse in Mediterranean winery systems.

**Director/es del TFM:** Concepción Paredes Gil

**Año:** 2014

**Titulación:** Ingeniero agrónomo

**Tipo de proyecto:** Ensayo de campo

**Palabras claves:** Denominación de Origen Protegida Alicante, enmienda orgánica, almacenamiento de carbono en suelo y planta, mineralización de nitrógeno orgánico del suelo, producción de uva.

**Keywords:** Protected Denomination of Origin Alicante, organic amendment, carbon stock in soil and plant, mineralization of soil organic nitrogen, grapevine production.

**Nº citas bibliográficas:** 94

**Nº de tablas:** 19

**Nº de figuras:** 25

### **Resumen:**

El sector vitivinícola español ocupa la tercera posición en la producción mundial de vino. En este contexto, se busca una mejora en la calidad de los vinos del sureste español amparados en la D.O. Protegida de Alicante. Uno de los factores más importantes en la calidad de la uva son los suelos. Los suelos del sureste mediterráneo español se caracterizan por ser deficientes en materia orgánica, esto los hace vulnerables frente a la degradación y pérdida de suelo. De esta manera, la aplicación de residuos orgánicos al suelo, se puede ralentizar la degradación de dichos suelos y aumentar el contenido de materia orgánica. En este trabajo se ha estudiado la contribución de distintas enmiendas orgánicas al cultivo de la vid, con la variedad Monastrell en espaldera y vaso y la variedad Cabernet Sauvignon en espaldera. De este modo, se ha determinado el efecto de las variables tratamiento, variedad y sistema de conducción sobre los parámetros del suelo, la producción de biomasa de la planta y el rendimiento del cultivo en kilogramos. Este estudio se llevó a cabo en la Comarca del Vinalopó Medio en el municipio de Monovar dentro de la Denominación de Origen

Protegida de Alicante. Los resultados obtenidos muestran que las enmiendas orgánicas ensayadas tienen la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo, el rendimiento comercial de la viña, incrementar el carbono en planta procedente de la atmósfera y el almacenamiento de carbono en el suelo procedente de las enmiendas orgánicas, frente a opciones de manejo no orgánicas.

**Abstract:**

The Spanish wine sector is the third greatest producer of wine in the world. In this context, an improvement in the wine quality from wines on the southeast of Spain is searched. The soils are one of the most important factors in the quality of the grapes. Southeast Spanish Mediterranean soils are characterized by low organic matter content. This fact contributes to the soil degradation and loss. In this way, the application of organic amendments into the soil can slow down the degradation of these soils and increase the content of organic matter. This work has studied the contribution of several organic amendments to the cultivation of the vine, the Monastrell variety in vase and espalier and the Cabernet Sauvignon variety in espalier. So, the effects of treatment, variety and conduction system were determined on soil parameters, biomass production and yield in kg Baume grade. This work was conducted under field conditions in the region of Middle Vinalopo, in Monovar within the Protected Denomination of Origin Alicante. The results show that the used organic amendments improved the soil fertility and the commercial yield of the vineyard, as well as these materials increased the carbon in plant from the atmosphere and storage of soil carbon from the organic amendments, in comparison to non-organic management options.



## **ÍNDICE**

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>9</b>
1.1. Papel de la agricultura en el cambio climático	9
1.2. Materia Orgánica en el suelo	12
1.2.1. Efectos sobre las propiedades del suelo.	12
1.2.2. Estrategias y métodos para controlar la erosión y desertificación	15
1.3. El sector vitivinícola	20
1.3.1. Situación del sector vitivinícola.	20
1.3.2. Sistema productivo y niveles de consumo y emisión.	21
1.3.3. Características de los residuos y subproductos generados de forma directa e indirecta por la industria vitivinícola	23
1.3.4. Gestión y tratamiento de los residuos asociados a la industria vitivinícola.	28
1.4. Denominación de origen protegida de Alicante	34
1.4.1. Zona de producción	35
1.4.2. Área geográfica	36
1.4.3. Normativa de la D.O Protegida de Alicante	38
<b>2. Objetivos</b>	<b>41</b>
<b>3. Material y métodos</b>	<b>43</b>
3.1. Diseño experimental	43
3.2. Dispositivo experimental	44
3.3. Desarrollo experimental	51
3.4. Métodos analíticos utilizados	55
3.4.1. Técnicas analíticas de suelo	55
3.4.2. Técnicas analíticas de residuos orgánicos	60
3.4.3. Técnicas analíticas de material vegetal	61
3.5. Métodos estadísticos utilizados	63
<b>4. Resultados y discusión</b>	<b>65</b>
4.1. Evolución de los parámetros físico-químico del suelo.	65
4.1.1. Evolución de la reacción del suelo.	65
4.1.2. Evolución de la conductividad eléctrica.	69
4.2. Evolución de la mineralización y secuestro de carbono en el suelo.	73
4.2.1. Evolución del carbono orgánico oxidable	73
4.2.2. Evolución de la respiración edáfica.	77
4.2.3. Secuestro de carbono orgánico en el suelo.	81
4.3. Evolución de las diferentes formas de nitrógeno y de la mineralización del nitrógeno orgánico del suelo.	
4.3.1. Evolución del nitrógeno orgánico	
4.3.2. Evolución del nitrógeno en forma amónico.	87
4.3.3. Evolución del nitrógeno en forma de nitratos.	91
4.4. Kilogrado Baumé de uva.	95
4.5. Fijación de carbono en la biomasa aérea.	97
<b>5. Conclusiones</b>	<b>101</b>
<b>6. Bibliografía</b>	<b>104</b>



# **INTRODUCCIÓN**



## **1.Introducción**

### **1.1.Papel de la agricultura en el cambio climático.**

El cambio climático es uno de los principales retos ambientales que se plantean a medio y largo plazo a la mayor parte de los países para alcanzar un desarrollo sostenible. Las causas que originan la alteración del clima están íntimamente ligadas a nuestro modelo de producción y consumo basado en la utilización de combustibles fósiles. EL conocimiento sobre las consecuencias previstas, que alcanzarán en diferente medida en todos los ámbitos de la sociedad y la economía, ha rebasado el ámbito científico y ha sido difundido en los diferentes medios de comunicación. Según el Eurobarómetro publicado en noviembre de 2009, el cambio climático es el segundo problema que más preocupa a los ciudadanos de la Unión Europea, por encima de la crisis económica actual.

La producción agrícola mundial contribuye directamente en un 12% de las emisiones de gases de efecto invernadero e indirectamente, a través de los cambios de uso del suelo, aproximadamente un 10%. Así mismo, el sector agrícola es el responsable indirecto de otras emisiones atribuidas al sector industrial y energético a través de la producción de fertilizantes, pesticidas, maquinaria y uso energético en las explotaciones.

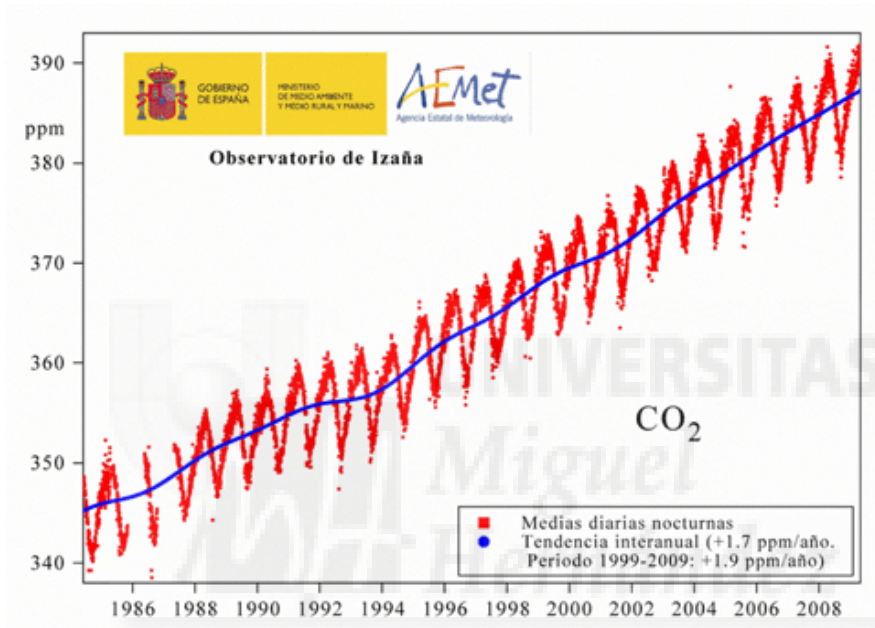
### **CO<sub>2</sub> Atmosférico.**

Se denomina “efecto invernadero” al fenómeno por el que parte de la energía calorífica emitida por la corteza terrestre es retenida reflejada por determinados gases que forman parte de la atmósfera, impidiendo que se produzca un enfriamiento progresivo de la Tierra.

Entre estos gases se encuentra el dióxido de carbono, el óxido nitroso y el metano, que en su mayoría son emitidos a la atmósfera por la industria, la ganadería, la agricultura y la combustión de combustibles fósiles. De todos estos gases el CO<sub>2</sub> cobra especial importancia debido a que es un gas de larga permanencia, es decir, permanece activo en la atmósfera durante mucho tiempo. Así, del CO<sub>2</sub> emitido, un 50 % tardará en desaparecer de la atmósfera 30 años, un 30 % permanecerá varios siglos y el 20 % restante durante varios millares de años (Solomon y col., 2007)

Este gas ha aumentado su concentración en la atmósfera considerablemente durante las últimas décadas, como consecuencia de la actividad humana, principalmente por la quema de combustibles fósiles y el cambio en el uso del suelo (suprimiendo la superficie vegetal que actúa removiendo o retirando el CO<sub>2</sub> de la atmósfera)

La concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ha pasado de 280 ppm en 1750 (etapa preindustrial) a 387 ppm en 2009 (Figura 1.1)(AEMET, 2014).



**Figura 1.1:** Cambios en la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera desde 1984 a 2010. Observatorio Atmosférico de Izaña (AEMET, 2014).

Los principales efectos del calentamiento global, son por un lado, el cambio en el uso del territorio asociado al incremento de la temperatura (sequías e incendios) ligado a la disminución de masa forestal, abandono de tierras de cultivo y pérdida de la fertilidad del suelo. Por otro lado, a nivel atmosférico, con la alteración en la composición química de la atmósfera y el incremento gases anteriormente mencionados y sus efectos en la biosfera. El notable incremento de la concentración de CO<sub>2</sub> tiene un efecto directo sobre las plantas. La fotosíntesis es responsable de un 80 % de la productividad terrestre y, por tanto, de la fijación de C en las reservas en biomasa. Por ello, la agricultura juega un papel fundamental en el balance y flujos de C a nivel global.

Los gases de efecto invernadero se dispersan homogéneamente en la atmósfera y crean una alteración en la composición de la misma de carácter global. Este carácter global hace que los sumideros que capturan y almacenan CO<sub>2</sub> en cualquier lugar desempeñen un importante papel al retirar de la atmósfera parte de las emisiones procedentes de cualquier otro lugar.

Aunque el sector primario contribuye en poca medida a las emisiones de CO<sub>2</sub> hay que indicar que es el responsable en gran parte de las emisiones de los óxidos de nitrógeno y de metano. Por ello es necesario un aumento en la eficiencia de los insumos y mediante agricultura de conservación. Así sector agrícola puede lograr importantes beneficios ambientales minimizando los efectos del calentamiento global (Monterroso y col., 2004).

### **Agricultura como sumidero de carbono**

El CO<sub>2</sub> secuestrado por las plantas es el resultado de las diferencias entre el CO<sub>2</sub> atmosférico absorbido durante el proceso de la fotosíntesis y el CO<sub>2</sub> emitido por la atmósfera durante la respiración. Esta diferencia es convertida en biomasa y suele oscilar entre el 45-50% del peso seco en planta (Brady y Weil, 2004). Por lo tanto, mientras el crecimiento sea alto, la vegetación natural y los cultivos agrícolas se convierten en los sumideros de carbono. Teniendo esto en cuenta, la agricultura se puede convertir en un mecanismo efectivo para mitigar el incremento del CO<sub>2</sub> atmosférico actuando como sumidero de carbono.

### **El suelo**

Para determinar el carbono secuestrado en los ecosistemas, hay que tener en cuenta el carbono estable incorporado al suelo. La acumulación de carbono en el suelo es un proceso más lento que la acumulación de biomasa, la estabilidad del carbono en el suelo es mayor. Por lo tanto, la capacidad del suelo para almacenar carbono es importante debido al material vegetal acumulado en descomposición, pasando a denominarse carbono del humus. La poda de los árboles y las hojas caducas pueden contar como pérdida de carbono del cultivo si se retiran de la plantación o se queman, mientras que, si la poda se descompone naturalmente en el suelo, se convierte en un medio eficaz de inmovilización de CO<sub>2</sub> a largo plazo (Lal, 1997). Sin embargo, después

de agregar los residuos vegetales a la tierra, la mayor parte del carbono vuelve a la atmósfera en forma de CO<sub>2</sub> y entre una quinta y una tercera parte del mismo permanece en el suelo ya sea como biomasa viva o como el humus del suelo (Brady y Weil, 2004).

De esta manera, esa materia orgánica del suelo no sólo contribuye notoriamente a la fertilidad del suelo, sino que también tiene un papel importante en el secuestro de carbono (IPCC, 1990). Por tanto las técnicas de reducción de impacto climático en los sistemas agrícolas se centran en el aumento del contenido de carbono orgánico en la biomasa vegetal y del suelo, mediante la optimización del riego, abonado, fertilización o laboreo para conseguir mayor cantidad de carbono retenido en sus formas más estables (Vallejo y col., 2005). Además el carbono en suelos agrícolas neutros o básicos también puede ser retenido en su forma inorgánica como carbonatos. Estos carbonatos pueden formarse a partir del CO<sub>2</sub> dando como resultados materiales que pueden almacenar permanentemente las fracciones activas del carbono durante largos periodos, contribuyendo a mitigar el calentamiento global (Lackner, 2002).

## **1.2 Materia orgánica en el suelo.**

### **1.2.1 Efectos sobre las propiedades del suelo.**

La materia orgánica, preferentemente la fracción humificada, tiene un efecto decisivo y positivo sobre parámetros que definen la fertilidad global de los suelos y el desarrollo óptimo de los cultivos. Así, es considerado que el aporte de residuos orgánicos al medio edáfico deriva en la mejora de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Le Villio y col. (2001) sugieren que un valor mínimo alrededor de 1,1-1,5 % de materia orgánica en el suelo para minimizar los riesgos de erosión en los suelos naturales, poniendo de manifiesto que, en general, en las zonas agrícolas europeas existe un descenso paulatino de los niveles de materia orgánica del suelo.

El valor de la materia orgánica en su rol respecto a la fertilidad, la sostenibilidad y la lucha contra la degradación aumenta en presencia de componentes minerales en el suelo que sean capaces de formar interacciones químicas o fisicoquímicas con la materia orgánica. Estas interacciones se dan fundamentalmente entre la materia orgánica y las arcillas debido a su pequeño tamaño, formando complejos arcillo-

húmicos: que son uniones entre arcillas y materia orgánica del suelo, mediadas por cationes divalentes como Ca y Mg, muy estables insolubles y son el primer ladrillo en la construcción de agregados.

Los factores que afectan a la agregación son (Moral y col 2014):

- **Textura:** las arcillas favorecen la cohesión en estado húmedo y la fragmentación debido a expansiones y retracciones que originan en el suelo. La textura puede favorecer la formación de agregados bien constituidos y duraderos. La combinación de un suelo franco y una adecuada dotación de materia orgánica favorece la agregación.
- **Cationes intercambiables:** El adecuado nivel de cationes polivalentes en las superficies activas del suelo asegura una neutralización de las cargas negativas favoreciendo la asociación de partículas.
- **Hidróxidos de hierro y aluminio:** Son coloides electropositivos que actúan al intercalarse entre arcillas reduciendo la repulsión entre ellas.
- **Materia orgánica humificada:** Actúa como agente cementante entre las partículas minerales mediante enlaces directos con las arcillas o mediante cationes intermediarios.
- **Presencia de cultivos:** Además de por la adición de restos vegetales al suelo, la presencia de densidad radicular en el suelo contribuye a crear estructuras muy estables.
- **Organismos vivos:** Contribuyen a la humificación de la materia orgánica. Además segregan mucílagos que envuelven las partículas sólidas y ayudan a la formación de agregados.
- **Variaciones de humedad y temperatura:** Estos factores favorecen la formación de estructura debido a que propician la fisuración del suelo en formas más o menos regulares debido a las expansiones y retracciones que provocan en el suelo.

#### **Propiedades físicas y efecto en la materia orgánica.**

La materia orgánica modifica las siguientes propiedades físicas del suelo (Moral y col 2014):

- **Color:** La cantidad de calor absorbido o reflejado por el suelo depende en gran parte de su color. Los suelos ricos en humus se calientan más y mantienen un régimen térmico más estable (Urbano Terrón 1988).
- **Cohesión:** esta propiedad se define como resistencia de sus agregados. Las sustancias húmicas actúan como cementante de arcillas formando macroagregados, favoreciendo en suelos arcillosos la porosidad, la aireación y la circulación de agua y en suelos arenosos su estabilidad y capacidad de retención de agua y nutrientes.
- La **estabilidad estructural** es la resistencia que ofrece el suelo frente al agua y el viento. La materia orgánica mejora la estabilidad estructural y favorece la resistencia a erosión y encostramiento.
- La materia orgánica aumenta la **permeabilidad** del suelo al agua y al aire, debido a su acción positiva sobre la porosidad y sobre la actividad de la fauna edáfica, grietas, galerías, etc.
- Los coloides húmicos como la materia orgánica fresca tienen gran **capacidad de absorber agua**, reteniendo aproximadamente seis veces su peso en agua. Mecanismo muy importante en los suelos de naturaleza seca y arenosa donde el agua es un factor limitante para la producción.

#### **Propiedades químicas y la materia orgánica.**

Los efectos de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo son los siguientes (Moral y col 2014):

- La materia orgánica humificada aumenta el **poder tampón del suelo**, reduciendo el riesgo de variaciones bruscas del pH.
- Tiene una **capacidad de intercambio catiónico** muy superior a la de las arcillas, gracias a sus grupos funcionales.
- La mineralización de la materia orgánica **libera nutrientes** como el nitrógeno, que quedan en forma asimilables para la planta. Algunos procesos enzimáticos facilitan la asimilabilidad de algunos elementos. La materia orgánica al descomponerse

libera ácidos orgánicos suaves, que disuelven minerales del suelo y quedan a disposición de la planta.

### **Propiedades biológicas y la materia orgánica.**

La materia orgánica del suelo interviene en los siguientes procesos biológicos (Moral y col 2014):

- **Favorece el intercambio gaseoso**, debido a los efectos positivos de la materia orgánica humificada ejerce sobre las propiedades físicas del suelo, de forma indirecta se favorece la difusión de gases entre la atmósfera interna y externa del suelo.
- **Estimula la actividad biológica y el desarrollo vegetal**, debido a que pueden encontrarse gran variedad de vitaminas, estimulantes del crecimiento como auxinas, giberelinas e incluso antibióticos procedentes de la transformación de los restos vegetales y de la actividad microbiana.
- **Regula el estado oxido-reductor del medio**: Los ácidos húmicos regulan el estado redox del medio en el que se desarrollan las plantas. Si el oxígeno es insuficiente, facilitan la respiración radicular de la planta en forma de humatos. Al mejorar las propiedades físicas, se favorece la respiración radicular y la germinación de la semilla entre otros.
- **Asegura la producción de CO<sub>2</sub>** en su proceso de descomposición, acidificando la disolución del suelo y favoreciendo la disolución de los compuestos minerales de baja solubilidad, asegurando su disponibilidad para la planta.

### **1.2.2 Estrategias y métodos para controlar la erosión y desertificación.**

La conservación de suelos se centra en toda una serie de estrategias encaminadas a mantener integro el perfil edáfico en una ubicación concreta, reduciendo en la medida de lo posible todos los procesos de erosión y transporte horizontal y vertical de componentes. De forma indirecta la conservación de suelos se centra en el mantenimiento y mejora de las propiedades, funciones y capacidad productiva del suelo.

### **Manejo del suelo.**

El manejo del suelo agrícola es la clave en la estrategia contra la erosión, la degradación y el cambio climático. El manejo del suelo agrícola se puede dividir en dos grandes actividades (Moral y col 2014):

- Medidas de enmienda orgánica para favorecer la agregación y las características físicas del suelo.
- Medidas de laboreo orientadas a evitar y reducir la pérdida física del suelo.

Los agregados del suelo configuran la estructura del suelo y dicha estructura específica condiciona el comportamiento del suelo, al modificar la morfología y la arquitectura de la porosidad del suelo, afectando tanto a su capacidad de almacenamiento de agua como a su conductividad hidráulica saturada e insaturada, su capacidad de aireación y en definitiva su funcionamiento como sistema vivo.

Por tanto, las modificaciones inducidas por el manejo de los suelos y por el clima en su organización física se traducen en cambios bioquímicos y químicos que afectan a su fertilidad como medio vivo. Por ello, es fundamental desarrollar prácticas de manejo del suelo y técnicas de conservación y de restauración adaptadas a las condiciones climáticas, que permitan que en él puedan desarrollarse todos los procesos de intercambio de masa y de energía asociados al clima y al manejo, a una velocidad económicamente sostenible.

Estas técnicas deben dirigirse a la mejora o al mantenimiento de la estructura del suelo en unas determinadas condiciones de clima y manejo.

La utilización de enmiendas orgánicas en la formación de agregados de alta calidad tiene como objetivos:

- La mejora o el mantenimiento de las propiedades físicas e hidrológicas de los suelos.
- La disminución de la densidad aparente del suelo y el aumento de la porosidad global junto con la modificación del tamaño y conectividad de los poros.
- El aumento de la agregación del suelo y de su estabilidad estructural.



- Protección del suelo contra procesos físicos como la producción de escorrentía, la salpicadura y la erosión hídrica.
- El ahorro de agua mediante acolchados y la mejora en la revegetación de los suelos degradados.

La sostenibilidad y la fertilidad de los suelos agrícolas, así como su capacidad de producción y también su propia capacidad de conservación está completamente ligada al agua debido a las condiciones climáticas mediterráneas, es decir, en estas condiciones un suelo es fértil si está preparado físicamente para soportar las situaciones de estrés hídrico temporal por déficit o por exceso.

La técnica de adición al suelo de enmiendas orgánicas puede ser considerada una práctica de manejo para el mantenimiento o para la recuperación de la fertilidad del suelo en condiciones climáticas mediterráneas si consigue alguno de los objetivos siguientes (Ingelmo, 2013):

- Disminuir la compactación del suelo para facilitar su exploración por las raíces de las plantas.
- Mejorar la estabilidad de los agregados como un indicador del mantenimiento de la arquitectura porosa del suelo y de la resistencia a la degradación superficial del suelo por sellamiento.
- Aumentar la capacidad de almacenamiento de agua utilizable por la plantas para evitar los riesgos de estrés hídrico temporal.
- Aumentar la capacidad de almacenamiento de agua a saturación para mejorar la capacidad de infiltración de los suelos, retardando con ello los riesgos de encharcamiento.
- Mejorar la velocidad de infiltración del agua en el suelo para disminuir los riesgos de encharcamiento, las pérdidas de agua y nutrientes por escorrentía, y la pérdida de suelo por erosión hídrica.

## **Dosificación de recursos orgánicos en la agricultura.**

La dosificación de los recursos orgánicos en suelos agrícolas se ha regido por diferentes criterios, que en muchos casos generan un balance de reposición negativo, esto genera procesos de pérdida de suelo y fertilidad.

Existen diferentes criterios para decidir la dosificación de la materia orgánica a aplicar a un suelo agrícola como son:

- **Criterios normativos:** establecen parámetros de obligado cumplimiento a nivel de dosificación, contenido en sustancias potencialmente peligrosas como metales pesados y otros aspectos sanitarios. Si el recurso orgánico es un compost o una enmienda orgánica, estos están regulados por el RD de Fertilizantes 506/2013. Si es un lodo, se regirán por la orden AAA/1072/2013, sobre la utilización de lodos de depuración en el sector agrario.
- **Criterio económico:** Establece el uso de recursos orgánicos en función del coste de la fertilización inorgánica equivalente a nivel de nutrientes primarios NPK. Sin tener en cuenta los puntos positivos de la aplicación orgánica. Se utilizan cálculos aprioristas y dosificaciones usando tasas de aplicación generalistas independientes del tipo de recurso orgánico, su estabilización, ni su tasa de mineralización o dinámica del suelo.
- **Criterio de balance de nutrientes:** Mediante el balance de nutrientes se pueden conocer las entradas y salidas de nutrientes del sistema suelo-planta para saber con que eficiencia se utilizan y las necesidades de reposición.
- **Criterio de nitrógeno:** Se ha utilizado este criterio para determinar la entrada de compost o residuo orgánico fresco al sistema agrícola, debido a que respecto a este elemento se estableció la primera reglamentación comunitaria que regulaba la aplicación de estiércoles. Es considerado en España como límite 170 kg N/ha.
- **Criterio de sostenibilidad basado en la materia orgánica:** Está basado en la recuperación y el mantenimiento de los niveles orgánicos del suelo, con el fin

de incorporar todas las potencialidades asociadas a la materia orgánica, a nivel físico, biológico y químico, sin perder de vista la capacidad fertilizante.

### **Prácticas de manejo agrícola optimizadas para el fomento del secuestro de carbono.**

Existen diferentes técnicas de manejo agrícolas que tienen repercusión directa en el secuestro de carbono en el suelo. Es necesario conocer cuál es el potencial de fijación de carbono de cada una de las prácticas de manejo agrícola actuales para poder priorizar aquellas más eficientes.

La mayoría de actividades agrícolas que pueden afectar al secuestro de carbono en el suelo agrícola se pueden clasificar en diferentes categorías en relación a la entrada de carbono en el suelo (Moral y col 2014):

- Manejo orgánico-ecológico: prácticas que excluyen el uso de fertilizantes sintéticos y otros insumos químicos.
- Enmienda orgánica: dosis de aplicación inferior a 10 Mg C/ha y año, excluyéndose basuras urbanas como lodos de depuradora.
- Aplicación de residuos orgánicos al suelo: dosis de enmiendas orgánicas en dosis superiores a 10 Mg C/ha y año.
- Cultivos de cobertura: Sustituyen a los suelos desnudos. Llevan asociado reducción del laboreo e incluso estrategias de no laboreo.
- Aplicación de purines y residuos líquidos.
- No laboreo.
- Reducción de laboreo: en esta categoría existe algún tipo de laboreo, con una intensidad reducida respecto a los sistemas convencionales.
- Prácticas de manejo combinadas.

Todas estas prácticas agrícolas con repercusiones en el secuestro de carbono están condicionadas de forma general por cuatro factores:

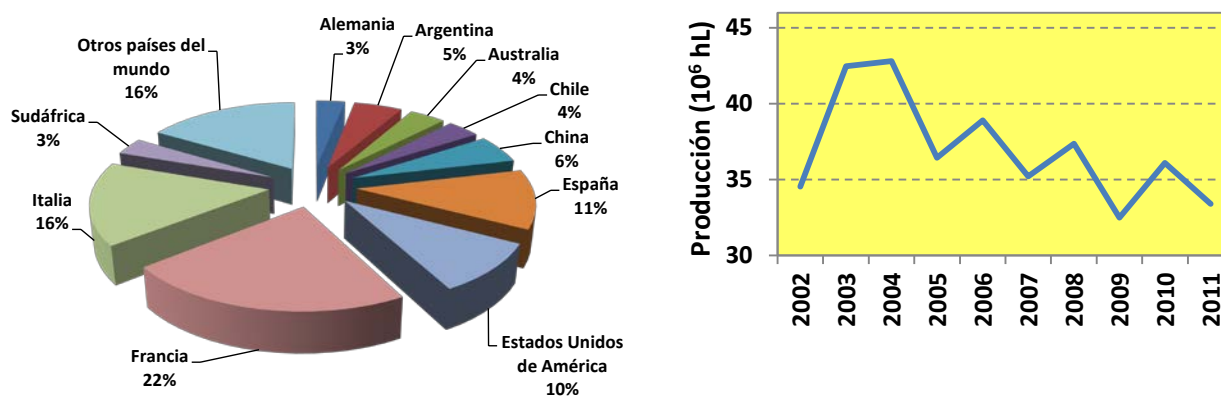
1. Intensidad de manejo.
  - a. Sistemas de secano sin aplicación de agua y dependiente de la lluvia.

- b. Sistemas irrigados donde el suelo tienen aportación exógena de agua.
2. Tipo de laboreo
  3. Tipo de material orgánico de entrada: La tipología del material orgánico que se utiliza como enmienda o aplicación al suelo condiciona el comportamiento a nivel de fijación del carbono, y podemos distinguir en función de su naturaleza:
    - a. Compost de origen animal o vegetal
    - b. Estiércoles.
    - c. Materia vegetal fresca.
  4. Tipos de cultivo que se puede clasificar de forma general en:
    - a. Cultivos extensivos, mayoritariamente cereales.
    - b. Horticultura.
    - c. Cultivos leñosos.

### **1.3 El Sector vitivinícola.**

#### **1.3.1 Situación del sector vitivinícola**

El sector de la elaboración de vino en España ostenta una posición destacada en el contexto mundial (Figura 1.2a). España es el tercer productor del mundo después de Italia y Francia (FAO, 2014). En el año 2011, en España se elaboraron 2,7 millones de hectolitros menos que en el año 2010, lo que supuso una reducción del 7,5% (Figura 1.2b). Si se tienen en cuenta las estadísticas de producción desde el año 2002 hasta el 2011, se aprecia un aumento de la producción durante los años 2003-2004 para posteriormente producirse un progresivo decrecimiento de producción en el sector. Sin embargo, la media mundial para ese mismo periodo fue de un aumento de la producción de un 13% (FAO, 2014).

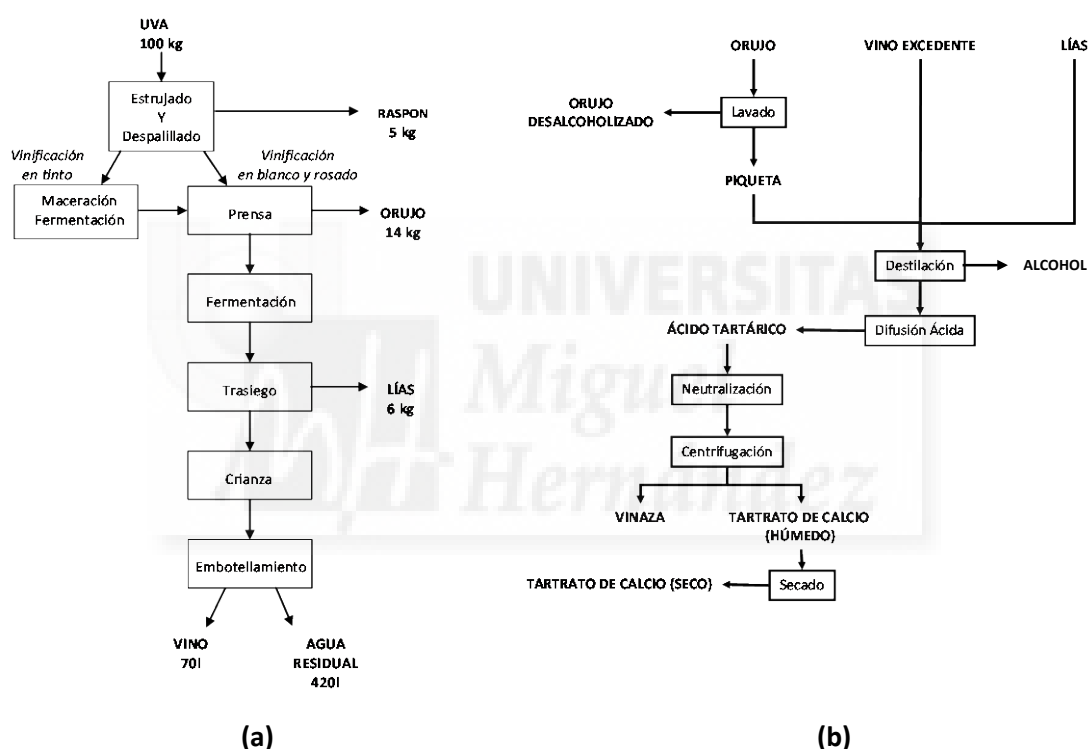


**Figura 1.2:** (a) Producción mundial media de vino durante el año 2011; (b) Evolución de la producción de vino en España en el periodo 2002-2011 (FAO, 2014)

### 1.3.2 Sistema productivo y niveles de consumo y emisión

La producción de vino genera grandes cantidades de residuos sólidos y líquidos tales como, raspón, orujo, lías y aguas residuales (Figuras 1.3a y 1.3b). El raspón está constituido por el pedúnculo o tronco principal del racimo, escobajo o estructura soporte de los granos de uva y pedicelo o unión del grano con el escobajo. El orujo contiene el hollejo o piel de los granos de uva, la pulpa y las semillas de los mismos. Las lías están compuestas por los componentes del vino que sedimentan después de la fermentación, las cuales no sólo se componen de levaduras vivas o muertas y otros microorganismos, sino también de una amplia serie de otras sustancias como albúmina, pigmentos, tartrato de calcio y bitartrato de potasio, así como componentes de la pulpa de la uva. Las aguas residuales resultan del agua empleada en operaciones tales como: acondicionamiento del fruto y limpieza de los equipos empleados en la recepción de la vendimia, en la vinificación, en los trasiegos y en los filtrados. Estos efluentes contienen dos categorías principales de contaminantes: por un lado, las materias primas y los productos acabados como raspones, semillas, pulpas, mostos, fangos, lías o incluso vinos arrastrados durante los diversos lavados o durante derrames accidentales y por otro, los productos utilizados para las operaciones de encolado, las filtraciones o para la limpieza y la eliminación de tartrato de las cubas (Vogt y col., 1986; Torrijos y Moletta, 2000). En el año 2011, España produjo aproximadamente unos  $33 \times 10^6$  hectolitros de vino (FAO, 2014) lo que generó unos 236.000 t de raspón, 660.000 t de orujo, 283.000 t de lías y  $20 \times 10^6$  m<sup>3</sup> de aguas residuales (FAO, 2014; Bustamante, 2007).

A esta gran generación de residuos se une los problemas de almacenamiento de los mismos debido a que tienen un marcado carácter estacional que está ligado a la actividad de las bodegas (septiembre-noviembre). Los orujos y las lías deben de ser considerados como subproductos, ya que tienen cierto valor económico y son utilizados por otras industrias para su destilación. Este destino de los subproductos de la vinificación está regulado por el reglamento comunitario de la organización común de mercados agrícolas, en el cual se contempla que con las lías de vino y el orujo de uva no podrá elaborarse vino ni ninguna otra bebida destinada al consumo humano directo (Reglamento (CE) Nº 491/2009).



**Figura 1.3:** (a) Esquemas simplificado de los productos que se obtienen en la elaboración del vino y (b) en la extracción del alcohol y de tartratos de los residuos vinícolas que se realiza en alcoholera (Bustamante, 2007)

En las alcoholeras se extraerán el alcohol y el tartrato que contienen los orujos, las lías y el vino de excedentes generándose un residuo sólido, el orujo desalcoholizado, y un residuo líquido, la vinaza (Figuras 1.3 y 1.4). No se han encontrado datos de producción de estos residuos, estando solamente referenciadas las cantidades de orujos y de lías que se destilan. Es de destacar que el año 2000 se destilaron en España aproximadamente unas 480.000 toneladas de orujo y 220.000

toneladas de lías (MAPA, 2000), con lo cual la generación de residuos cabe esperar que sea alta.



**Figura 1.4:** Residuos y subproductos generados durante la actividad de las bodegas y alcoholeras

(Fotografías Grupo Investigación Aplicada a Agroquímica y Medio Ambiente-Univ. Miguel Hernández).

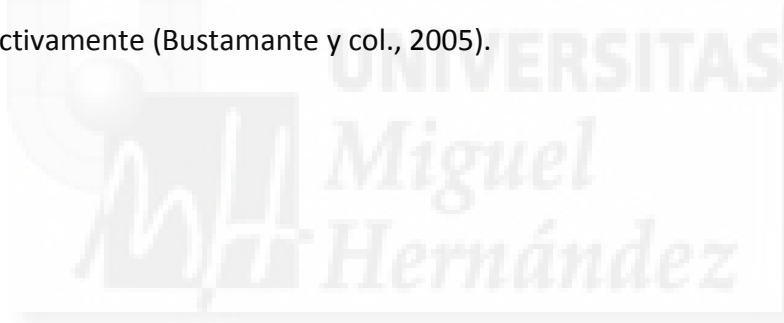
### 1.3.3 Características de los residuos y subproductos generados de forma directa e indirecta por la industria vitivinícola

#### Residuos líquidos

Los efluentes de bodega se caracterizan por su alto contenido en materia orgánica (DQO: 738-296.119 mg O<sub>2</sub>/L y DBO<sub>5</sub>: 125-130.000 mg O<sub>2</sub>/L), la cual está esencialmente en forma soluble (Tabla 1). Esta materia orgánica en su mayoría es muy biodegradable, aunque se tiene una presencia de polifenoles en cantidad variable (29-474 mg/L) cuya descomposición puede ser más difícil. También contienen materias en suspensión (sólidos en suspensión: 226-30.300 mg/L), el pH es normalmente ácido con valores puntualmente básicos durante las operaciones de limpieza con productos alcalinos, la conductividad eléctrica es menor a la de otros vertidos de industrias agroalimentarias (Paredes y col., 1999; Brito, 2008), salvo en vertidos directos del lavado de botellas, donde el NaOH empleado para la limpieza aumenta muchísimo el valor de este parámetro (Torrijos y Moletta, 2000). Además, este residuo líquido

presenta concentraciones variables de nitrógeno y fósforo y presencia de micronutrientes y metales pesados.

En cuanto al residuo líquido generado en las alcoholeras, la vinaza, este efluente al igual que las aguas residuales de bodega destaca por su alto contenido en materia orgánica (DQO: 11.815- 111.520 mg O<sub>2</sub>/L y DBO<sub>5</sub>: 4.767–32.500 mg O<sub>2</sub>/L), la cual se encuentra en gran cantidad como materia estable en suspensión (sólidos en suspensión: 32–49.767 mg/L), el pH es ácido y presenta contenidos más altos de nitrógeno que las aguas residuales de bodega posiblemente debido a la presencia de lías desalcoholizadas en este residuo, las cuales contienen materia orgánica rica en N (Bustamante y col., 2005) (Tabla 1.1). También posee altos contenidos de potasio y de calcio, probablemente procedentes de la liberación del potasio del bitartrato de potasio que contienen los orujos y las lías durante la difusión ácida y del CaCO<sub>3</sub> empleado en la neutralización de las aguas tartáricas para la obtención del tartrato de calcio, respectivamente (Bustamante y col., 2005).





**Tabla 1.1:** Principales características de las aguas residuales de bodega y de la vinaza (Bustamante y col., 2005)

	Agua residual de bodega			Vinaza		
	Media	Intervalo	CV	Media	Intervalo	CV
pH	5,5 a	3,6 - 11,8	50	4,2 a	3,3 – 5,3	18
CE (S/m)	0,19 a	0,08 - 0,31	37	0,52 b	0,18 – 1,16	57
d (g/cm <sup>3</sup> )	1,010 a	1,002 - 1,054	1,8	1,027 a	1,002 – 1,077	2,2
DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	49105 a	738 - 296119	206	50207 a	11815 - 111520	56
DBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	22418 a	125 - 130000	197	14542 a	4767 – 32500	50
SS (mg/L)	5137 a	226 - 30300	217	12285 a	32 - 49767	135
SV (mg/L)	12385 a	661 - 54952	192	24197 a	4956 - 75184	85
ST (mg/L)	18336 a	1602 - 79635	187	38485 a	6685 - 113615	81
Polifenoles (mg/L)	140 a	29 - 474	135	318 a	65 - 766	63
C <sub>ox</sub> (g/L)	2,16 a	0,11 – 9,18	182	4,40 a	1,09 - 11,12	60
NTK (mg/L)	35,4 a	0,0 - 142,8	146	104,9 b	21,3 – 252,5	74
P (mg/L)	35,4 a	3,3 – 188,3	176	118,4 a	1,90 – 472,7	126
Na (mg/L)	158 a	7 – 470	107	88 a	6 – 570	166
K (mg/L)	270 a	29 – 353	46	354 b	313 – 403	9
Ca (mg/L)	545 a	187 - 2203	124	2222 a	174 - 9071	143
Mg (mg/L)	36 a	16 – 87	66	71 b	32 – 166	51
Fe (mg/L)	12 a	1 – 77	219	61 a	4 – 246	125
Mn (µg/L)	310 a	< 200 – 1740	187	1810 b	730 – 3520	56
Cu (µg/L)	790 a	< 200 – 3260	134	1940 a	50 – 8570	124
Zn (µg/L)	580 a	90 – 1400	80	1280 b	410 – 2670	50
Co (µg/L)	170 a	110 – 300	33	230 a	90 – 610	64
Cr (µg/L)	150 a	< 200 – 720	155	310 a	10 – 950	90
Cd (µg/L)	60 a	50 – 80	17	70 a	20 – 160	55
Pb (µg/L)	1090 a	550 – 1340	24	980 a	320 – 1740	43
Ni (µg/L)	120 a	< 200 – 650	178	300 a	60 – 810	85

CE: conductividad eléctrica; d: densidad; DQO: demanda química de oxígeno; DBO<sub>5</sub>: demanda biológica de oxígeno; SS: sólidos en suspensión; SV: sólidos volátiles; ST: sólidos totales; C<sub>ox</sub>: carbono orgánico oxidable; NTK: nitrógeno total Kjeldahl.

Valores medios en filas seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) entre ambos grupos de residuos

## Residuos sólidos

La composición de los residuos sólidos generados en la industria vitivinícola es muy heterogénea, pudiéndose destacar el pH ácido, los bajos valores de conductividad eléctrica y los altos contenidos de materia orgánica, y por consiguiente de carbono orgánico, de estos residuos (Tabla 1.2). También se caracterizan por sus contenidos notables de polifenoles, los cuales son mayores en el raspón y menores en el orujo desalcoholizado, posiblemente debido a que el raspón es la parte del racimo que presenta mayor contenido de taninos fácilmente extraíbles y a que la mayor parte de los compuestos fenólicos del orujo se pierden durante el lavado que sufre en las alcoholeras para la extracción del alcohol y de los tartratos que contiene.

Por otra parte, también destaca el alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio de las lías, debidos principalmente a la presencia en este residuo de clarificantes de naturaleza proteica añadidos al vino, de levaduras y de sales de fosfato férrico y bitartrato de potasio (Bustamante y col., 2008a) (Tabla 1.2). En general, todos los residuos presentan bajas concentraciones de Ca y Mg, micronutrientes y metales pesados. Los valores de la relación C/N están comprendidos entre 8,9-32,1, siendo estos más bajos en las lías debido a su alto contenido en nitrógeno.

La procedencia de los residuos y subproductos sólidos generados en las bodegas no es significativa en la mayoría de los parámetros estudiados en estos materiales, siendo el orujo y la lía donde la denominación de origen influye en mayor medida en la composición de los mismos, debido esencialmente a diferencias en las etapas de elaboración del vino según en la región donde se realice (Bustamante y col., 2008a) (Tabla 1.2).

**Tabla 1.2:** Principales características de los residuos y sub-productos sólidos generados en bodega y en alcohola (datos referidos a material seca) (Bustamante y col., 2008a).

	Raspón				Orujo				Lía				Orujo desalcoholizado		
	Media	Intervalo	CV	DO	Media	Intervalo	CV	DO	Media	Intervalo	CV	DO	Media	Intervalo	CV
pH	4,4 a	3,8 – 6,1	19	NS	3,8 a	3,4 – 5,4	11	NS	4,0 a	3,6 – 7,2	25	**	5,5 b	3,8 – 6,9	18
CE (dS/m)	4,44 bc	3,05 – 6,14	22	*	3,40 b	2,32 – 5,35	15	**	5,59 cd	3,99 – 13,79	47	*	1,62 a	0,56 – 2,48	36
MO (g/kg)	920 c	879 – 940	2	NS	915 c	873 – 947	2	NS	759 b	598 – 936	15	NS	912 c	845 – 941	3
C <sub>ox</sub> (g/kg)	316 b	26 – 357	11	NS	280 ab	218 – 408	16	NS	300 ab	226 – 376	13	NS	276 ab	233 – 359	13
C <sub>hidro</sub> (g/kg)	74,5 b	17,7 – 121,8	49	NS	37,4 a	17,1 – 104,1	40	**	87,8 b	44,3 – 168,9	37	**	18,3 a	10,0 – 36,7	37
Polifenol. (g/kg)	19,0 c	3,8 – 34,9	55	**	2,6 ab	0,9 – 13,6	82	NS	7,5 b	1,9 – 16,3	57	NS	1,6 a	1,0 – 3,5	45
NTK (g/kg)	12,4 a	9,7 – 16,6	18	NS	20,3 b	17,0 – 24,2	9	***	35,2 c	17,2 – 59,7	37	NS	21,3 b	18,2 – 27,5	12
P (g/kg)	0,94 a	0,52 – 1,35	25	NS	1,15 a	0,62 – 1,72	22	NS	4,94 b	1,61 – 10,3	53	NS	1,64 a	0,73 – 4,22	60
K (g/kg)	30,0 a	22,5 – 41,6	22	NS	24,2 a	11,8 – 37,9	27	***	72,8 b	17,6 – 158,1	57	*	11,9 a	5,6 – 17,7	28
Ca (g/kg)	9,5 a	6,6 – 15,5	25	NS	9,4 a	5,4 – 20,6	29	NS	9,2 a	3,6 – 15,5	47	NS	14,6 a	8,1 – 25,8	38
Mg (g/kg)	2,1 b	1,3 – 4,3	43	NS	1,2 a	0,7 – 2,2	26	NS	1,6 ab	0,4 – 3,7	53	NS	1,2 a	0,7 – 2,0	31
Fe (mg/kg)	128 a	24 – 301	69	*	136 a	54 – 279	37	*	357 a	84 – 1756	127	NS	370 a	161 – 842	53
Mn (mg/kg)	25 a	10 – 66	66	NS	12 a	< 0,2 – 100	120	NS	12 a	< 0,2 – 21	63	NS	17 a	4 – 28	39
Cu (mg/kg)	22 a	3 – 71	98	NS	28 a	6 – 279	147	***	189 b	13 – 1187	169	**	23 a	15 – 35	27
Zn (mg/kg)	26 a	13 – 72	59	NS	24 a	14 – 35	23	NS	46 a	14 – 84	50	NS	19 a	12 – 28	24

MO: materia orgánica; C<sub>hidro</sub>: carbono orgánico hidrosoluble; DO: significación estadística de las diferencias debidas al origen del residuo (denominación de origen), para otras abreviaturas ver tabla 2.

\*, \*\*, \*\*\*: significativo a  $P < 0,05$ ,  $0,01$ ,  $0,001$ , respectivamente, NS: no significativo.

Valores medios en filas seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ , test Tukey) entre los distintos grupos de residuos

#### 1.3.4 Gestión y tratamiento de los residuos asociados a la industria vitivinícola

En la tabla 1.3 se muestra de forma resumida los principales métodos de tratamiento-aprovechamiento de los residuos de la industria vitivinícola. Se han propuesto diferentes métodos para el tratamiento y aprovechamiento de las aguas residuales de bodega, como su aplicación directa al suelo, siempre que las características del mismo sean apropiadas (baja permeabilidad, aguas subterráneas profundas, etc.) (Christen y col., 2010). También, se han empleado métodos fisico-químicos como la evaporación en balsas de forma natural o forzada (Quayle y col., 2006) y la electrocoagulación (Khara y col., 2013). Por otra parte, se han utilizado métodos biológicos, como tratamientos aerobios (Arvanitoyannis y col., 2006b) y digestión anaerobia (Ganesh y col., 2010), métodos de oxidación química (Lucas y col., 2010) y métodos combinados (osmosis inversa+oxidación Fenton) (Ioannou y col., 2013). Sin embargo, estos métodos tienen el inconveniente de la necesidad de grandes extensiones de terreno para la aplicación de este residuo líquido o para la construcción de las balsas de evaporación y en cuanto a los otros métodos propuestos, éstos necesitan por lo general instalaciones y mantenimiento muy costosos y la mayoría de ellos no solucionan el problema completamente debido a que durante el proceso se generan lodos.

Por otra parte, se han encontrado varios métodos para el tratamiento físico-químico, químico y biológico de las vinazas. Entre los tratamientos físico-químicos cabe citar la concentración térmica en columnas de destilación o en evaporadores de múltiples efectos y la evaporación natural en balsas (Torrijos y Moletta, 2000), así como la combinación de procesos de oxidación-coagulación/floculación (Beltrán de Heredia y col., 2005). Dentro de los tratamientos químicos está la oxidación con ozono (Beltrán y col., 1999) y, respecto a los tratamientos biológicos está la digestión anaerobia (Akassou y col., 2010), biorremediación enzimática y con hongos (Strong y Burgess, 2008) y la combinación de digestión anaerobia y tratamiento aerobio con lodos activos (Musee y col., 2007). Actualmente las vinazas son en su mayoría acumuladas en balsas de evaporación, debido a que los otros métodos necesitan de grandes inversiones para su mantenimiento e instalación. Aunque la evaporación en balsas es muy simple y funciona muy bien, necesita estudios del suelo para evitar

problemas de infiltración y se han encontrado inconvenientes tales como, producción de malos olores y colmatación de las mismas por los lodos que se forman en ellas y que siguen constituyendo un residuo (Torrijos y Moletta, 2000).

Los raspones se depositan en vertedero o se emplean como abono orgánico de forma directa (KEPOS, 2000) o también son compostados (Ranalli y col., 2001, Bertran y col., 2004, Bustamante y col., 2007). Los orujos son de los residuos vitivinícolas que mayores aplicaciones tienen, ya que se han llevado a cabo estudios sobre su combustión para la producción de energía (Arvanitoyannis y col., 2006b), extracción de productos de alto valor tales como, etanol, sales tartáricas y málicas, ácido cítrico, hidrocoloides y fibras dietéticas (Arvanitoyannis y col., 2006a) e incluso se pueden separar las semillas para la extracción de aceite empleado en la preparación de margarina, en la fabricación de pinturas al óleo, jabones, etc. (Vogt y col., 1986). También se han encontrado diversos experimentos sobre el compostaje de orujo (Madejón y col., 2001; Ranalli y col., 2001; Bustamante y col., 2008b).



**Tabla 1.3:** Métodos de tratamiento/aprovechamiento de los residuos y subproductos de origen vitivinícola.

Residuo	Tratamiento/Aprovechamiento	Método	Fuente
Aguas residuales de bodega	Aprovechamiento	Aplicación directa al suelo	<i>Christen y col. (2010)</i>
	Físico-químico	Evaporación natural	<i>Quayle y col. (2006)</i>
		Electrocoagulación	<i>Kara y col. (2013)</i>
	Químico	Oxidación química	<i>Lucas y col. (2010)</i>
	Biológico	Lodos activados	<i>Arvanitoyannis y col. (2006b)</i>
		Lechos bacterianos	<i>Arvanitoyannis y col. (2006b)</i>
		Lagunaje aireado	<i>Arvanitoyannis y col. (2006b)</i>
Digestión anaerobia		<i>Ganesh y col. (2010)</i>	
Tratamientos combinados	Osmosis inversa+oxidación Fenton	<i>Ioannou y col. (2013)</i>	
Vinazas	Físico-químico	Evaporación natural	<i>Torrijos y Moletta (2000)</i>
		Concentración térmica	<i>Torrijos y Moletta (2000)</i>
		Oxidación-coagulación/floculación	<i>Beltran de Heredia y col. (2005)</i>
	Químicos	Ozonización	<i>Beltran y col. (1999)</i>
	Biológico	Digestión anaerobia	<i>Akassou y col. (2010)</i>
		Biorremediación enzimática/hongos	<i>Strong y Burgess (2008)</i>
Digestión anaerobia+Tratamiento aerobio		<i>Musee y col. (2007)</i>	
Raspones	-	Depósito en vertedero	<i>KEPOS (2000)</i>
	Aprovechamiento	Enmienda orgánica	<i>KEPOS (2000)</i>
	Biológico	Compostaje	<i>Ranalli y col. (2001)</i> <i>Bertran y col. (2004)</i> <i>Rodríguez y col. (2006)</i> <i>Bustamante y col. (2007)</i>
Orujos	Térmico	Combustión con producción de energía	<i>Arvanitoyannis y col. (2006b)</i>
	Químico	Extracción de productos de alto valor añadido	<i>Arvanitoyannis y col. (2006a)</i> <i>Vogt y col. (1986)</i>
	Biológico	Compostaje	<i>Madejón y col. (2001)</i> <i>Ranalli y col. (2001)</i> <i>Bustamante y col. (2008b)</i>

### Compostaje de los residuos asociados a la industria vitivinícola

Uno de los métodos propuestos de tratamiento de los residuos sólidos asociados a la industria vitivinícola es el compostaje de los mismos para su empleo posterior como fertilizante orgánico. Sin embargo, el compostaje de este tipo de residuos no está muy extendido actualmente debido a que los residuos vitivinícolas sobre todo son empleados para la obtención de productos de alto valor, pero con este tipo de aprovechamiento no se elimina de forma completa la generación de estos residuos. A

continuación se van a comentar algunas de las experiencias de compostaje de residuos vitivinícolas encontradas en la bibliografía.

Madejón y col. (2001) estudiaron la influencia del agente estructurante en el compostaje de un residuo líquido procedente de la industria azucarera, vinaza de remolacha. Los agentes estructurantes empleados fueron orujo de uva y residuo de algodón. Se prepararon dos pilas con vinaza y estos residuos ligno-celulósicos y a ambas mezclas se le añadió además fosfato para ajustar la relación C/P < 150 y leonardita para minimizar las pérdidas de nitrógeno durante el proceso de compostaje. La aireación de las pilas se realizó mediante volteos periódicos. El proceso de compostaje se desarrolló de forma adecuada en ambas pilas, con lo cual ambos agentes estructurantes se podrían emplear para el co-compostaje de vinaza de remolacha. La diferencia más destacable encontrada en la evolución de estas mezclas fue la menor degradación de materia orgánica observada en la pila con orujo de uva y vinaza, debido posiblemente al mayor contenido de lignina de este agente estructurante con respecto al residuo de algodón. Sin embargo, los dos composts obtenidos tuvieron un alto valor fertilizante, alto nivel de estabilidad de la materia orgánica y ausencia de fitotoxicidad.

Por otra parte, Ranalli y col. (2001) compostaron una mezcla de orujo de uva, raspón, cascarilla de arroz y lodo procedente de depuración de aguas residuales de la industria láctea para evaluar la efectividad del empleo de bioindicadores que determinaran la calidad y madurez del compost obtenido. El sistema de compostaje empleado fue de pila móvil con ventilación por volteos periódicos. En este estudio se observó que el compostaje puede considerarse como una solución para el reciclado de los residuos estudiados, ya que el compost obtenido presentó ausencia de fitotoxicidad y de microorganismos patógenos, así como tampoco se encontraron diferencias genotóxicas entre el control y el material final de compostaje. También estos autores indican que la calidad de un compost no se puede determinar mediante la medida de un único índice de madurez biológico, químico o físico y proponen la combinación de estos índices con un conjunto de bioindicadores relacionados con varias actividades enzimáticas.

Bertran y col. (2004) prepararon varias mezclas de raspón y de lodo de depuración de aguas residuales de bodega, en las cuales se estudió la influencia en el proceso de compostaje del aumento de la proporción de raspón y su grado de molienda. La aireación de las pilas se realizó mediante volteos periódicos. Estos autores encontraron que la proporción de raspón y lodo de bodega adecuada era la 2:1, ya que cuando los residuos se mezclaban en estas proporciones el proceso de compostaje se desarrollaba mejor. Las pilas preparadas con esta proporción de residuos alcanzaron de forma más rápida la estabilización del porcentaje de sólidos volátiles, produciéndose una menor mineralización de la materia orgánica, menores pérdidas de nitrógeno y el valor de la relación C/N fue más similar a los valores comunes encontrados en los suelos. Las mezclas preparadas con raspón molido también obtuvieron mejores resultados que cuando este residuo no fue molido, ya que la mezcla con el lodo de bodega fue más homogénea, se alcanzaron temperaturas más altas a lo largo del proceso y se necesitaron menos volteos para conseguir una óptima aireación de la pila.

También, Rodríguez y col. (2006) compostaron residuos vitivinícolas (lías y raspón) solos o mezclados con otros residuos orgánicos, como basuras urbanas y estiércol de vaca, en pilas móviles con ventilación por volteos. En este estudio se observó que la mezcla más adecuada para compostar los residuos de origen vitivinícola fue la realizada entre estos residuos sin la adición de ningún otro material residual exógeno a la producción de vino. La mezcla de lía y raspón (1:3) alcanzó una estabilización de la materia orgánica rápida, en aproximadamente un mes, y como la relación C/N inicial fue la más alta de las mezclas preparadas, las pérdidas de nitrógeno por volatilización como amoníaco fueron menores, minimizándose así los malos olores causados por la emisión de este gas. Por otra parte, la proporción en la que se mezcló estos residuos es similar a la generada por la industria vitivinícola con lo cual el reciclado de los mismos mediante compostaje se podría hacer sin la necesidad de añadir a la mezcla ningún residuo externo.

Además, Bustamante y col. (2007) y Bustamante y col. (2008b) prepararon varias mezclas de residuos líquidos y sólidos asociados a la industria vitivinícola con residuos urbanos y ganaderos y las compostó mediante el sistema Rutgers. Los



residuos vitivinícolas estudiados fueron raspón, orujo de uva, orujo desalcoholizado de uva y vinaza, mientras que los otros residuos empleados en el co-compostaje de los anteriores fueron lodo de depuración de aguas urbanas, estiércol de vaca y gallinaza. De los resultados obtenidos se podría destacar que el empleo de vinaza como fuente de humedad produjo una reducción del tiempo de la fase termófila, aumentó el contenido de sales del compost obtenido y ralentizó la desaparición de la fitotoxicidad a lo largo del proceso de compostaje. En relación con el empleo de los residuos externos a la producción de vino, la gallinaza fue el residuo que aportó de forma más efectiva nitrógeno a los residuos vitivinícola, ya que el compost obtenido tuvo mayor contenido de nitrógeno orgánico e inorgánico. Respecto a los residuos vitivinícolas empleados se observó que el proceso de compostaje se desarrolló de forma adecuada en todas las pilas, excepto en las mezclas donde se añadió raspón, en las cuales se tendría que optimizar la proporción de este residuo. El empleo de raspón aumentó de forma considerable el contenido de polifenoles solubles de la mezcla, los cuales pudieron causar la menor duración de la etapa termófila de las pilas preparadas con este residuo, como consecuencia de los efectos antimicrobianos de algunos compuestos polifenólicos presentes en el raspón tales como los taninos. Sin embargo, todos los composts obtenidos mostraron generalmente una materia orgánica estabilizada y humificada, ausencia de fitotoxicidad y de microorganismos patógenos y niveles de metales pesados por debajo de los límites establecidos en la legislación. En la tabla 4 se muestran algunas de las características de los composts elaborados con residuos asociados a la industria vitivinícola de las experiencias comentadas anteriormente.

**Tabla 1.4.** Características de los composts de residuos vitivinícolas

Mezcla	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	OU+VR	OU+R+CA+LL	LB+R	L+R	OU+ODU+R+LU
pH	-	7,4	8,3	-	7,0
CE (S/m)	0,40	0,55	0,16	-	0,28
MO (g/kg)	764	344	545	-	843
C <sub>OT</sub> (g/kg)	-	264	-	-	449
N <sub>T</sub> (g/kg)	18,1	17,5	22,9	10,4	24,0
C/N	23	15,1	11,9	-	18,8
C <sub>hidro</sub> (g/kg)	-	-	-	-	22,8
C <sub>ah</sub> (g/kg)	47,0	48,3	-	-	5,4
C <sub>af</sub> (g/kg)	-	27,2	-	-	10,7
CCC (meq/100g MO)	-	-	-	-	160
IG (%)	78	-	78	-	84
P (g/kg)	14,14	4,28	4,00	3,50	5,20
K (g/kg)	16,8	-	13,0	19,0	27,0
Na (g/kg)	14,1	-	-	0,8	1,5
Fe (mg/kg)	1800	-	5000	1100	9486
Mn (mg/kg)	43	-	-	-	63
Cu (mg/kg)	99	-	157	30	78
Zn (mg/kg)	138	-	187	21	182

(1): Madejón y col. (2001); (2): Ranalli y col. (2001); (3): Bertran y col. (2004); (4): Rodríguez y col. (2006); (5): Bustamante y col. (2007).

OU: orujo de uva; VR: vinaza de remolacha; R: raspón; CA: cascarilla de arroz; LL: lodo de depuración de aguas residuales de industria láctea; LB: lodo de depuración de aguas residuales de bodega; L: lía; ODU: orujo desalcoholizado de uva; LU: lodo de depuración de aguas residuales urbanas; para el resto de abreviaturas ver las tablas 1, 2 y 3.

#### 1.4 Denominación de origen protegida de Alicante.

La Denominación de Origen (D.O.) Alicante fue reconocida en 1932, cuando se promulgó el Estatuto del Vino por el Ministerio de Agricultura. El Consejo Regulador quedó constituido en 1957, fecha en que se publicó su primer Reglamento. En el año 1997, se aprobó el nuevo texto del Reglamento de la Denominación de Origen Alicante y su Consejo Regulador (Orden de 17 de noviembre de 1997-DOGV 3.132, 28/11/1997), pero este texto no estaba todavía ratificado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. La Orden de 12 de marzo de 1999 (DOGV 3.495,

14/05/1999) recoge las observaciones del Ministerio respecto al texto anterior así como las aportaciones que había formulado el Consejo Regulador.

En el año 2003, se aprueba la Ley 24/2003, de 10 de julio, de la Viña y del Vino, (BOE 165, 11/07/2003), donde se recoge que la normativa específica de los vinos de calidad producidos en región determinada, v.c.p.r.d., debe ser aprobada por las comunidades autónomas, a efectos de su protección nacional, comunitaria e internacional. De este modo, el 7 de agosto del 2006 se publicó en el Diario Oficial de la Generalitat Valenciana la Orden de 3 de agosto de 2006, de la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación (DOGV 5.319, 07/08/2006) que modificaba la Orden anterior del Reglamento del Consejo Regulador, con su posterior actualización con la ORDEN 5/2011, de 16 de noviembre, de la Consellería de Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua.

#### **1.4.1 Zona de producción.**

La zona de producción amparada por la Denominación de Origen Protegida Alicante está constituida por los terrenos ubicados en la provincia de Alicante, comprendidos en las unidades geográficas menores de la zona abarcada por la DOP, denominadas subzonas como (Figura 2.5):

- *Subzona L'Alacantí*: Alicante.
- *Subzona L'Alcoià*: Banyeres de Mariola, Castalla, Ibi, Onil, Tibi, Alcoy, Benifallim, Penàguila.
- *Subzona Alto Vinalopó y Medio Vinalopó*: Algueña, Beneixama, Biar, Campo de Mirra, Cañada, Elda, Hondón de las Nieves, Hondón de los Frailes, La Romana, Monóvar y su partida Mañán, Petrer, Pinoso, Salinas, Sax y Villena y los parajes del término municipal de Novelda.
- Así como la partida de Barbarroja, del término municipal de Orihuela, en la provincia de Alicante, y los parajes: Cantón, Cañada de la Leña y Maciscada, del término municipal de Abanilla; Alberquilla, Cañada de Trigo, Raja, Casa los frailes, Torre del Rico y Zarza, del término municipal Jumilla; y Hoyas y Raspay, del término municipal de Yecla.

- *Subzona Bajo Vinalopó*: Elche, Crevillent y Santa Pola.
- *Subzona La Marina Alta*: Alcalalí, Beniarbeig, Benigembla, Benidoleig, Benimeli, Benissa, Benitachell, Calp, Castell de Castells, Dénia, Els Poblets, Gata de Gorgos, Llíber, Murla, Ondara, Orba, Parcent, Pedreger, Sagra, Sanet y Negrals, Senija, Teulada, El Ràfol d'Almúnia, Tormos, La Vall de Laguar, El Verger, Jávea y Xaló.
- *Subzona La Marina Baja*: Benidorm, L'Alfàs del Pi, Altea, Finestrat, La Nucia, Polop, El Castell de Guadalest, Benimantell, Benifato, confrides, Sella, Beniardá, Bolulla, Relleu, Villajoyosa y Orxeta.
- *Subzona El Comtat*: Alfafara, Alcoleja, Alcocer de Planes, Agres, Muro de Alcoy, Gayanes, Beniarrés, Benimassot, Lorcha, Planes, Tollos, Facheca, Famorca, Quatretondeta, Benasau, Gorga, Millena, Balones, Benilloba, Benillup, L'Alqueria d'Asnar, Almudaina, Benimarfull, Concentaina.
- Y también los viñedos dentro de la demarcación del Parque Natural de las Lagunas de la Mata y Torrevieja.



**Figura 1.5:** Distribución de las distintas zonas de producción de la D.O Alicante.

#### 1.4.2 Área geográfica.

La Denominación de Origen Protegida Alicante limita al este por el mar mediterráneo, siendo este uno de sus mayores influyentes. Al oeste por las Sierra Oliva

(1.153m.) que marca el límite entre las comarcas del Alto Vinalopó y la Meseta castellana en Albacete. Al norte por la provincia de Valencia separados por los macizos montañosos del Montgó y las Sierras de Alfaro. Por la zona sur con las cañadas y zonas semidesérticas de Abanilla y las cañadas (incluidas en la propia zona de producción).

Este desarrollo vertical del territorio crea unas comarcas muy definidas en donde es muy característica la influencia del mar mediterráneo, cuyas brisas circulan hacia el interior por una serie de pasillos creados por estas montañas que aportan mayor frescor a la superficie foliar combinado con el duro sol.

En la zona de la Marina Alta, el territorio se condensa en pequeñas comarcas con altas y espesas montañas que marcan valles y territorios escalonados. Desde el Cabo de la Nao, que es el más meridional de la Península Ibérica, los aires se empotran con esas montañas y crean un microclima especial marcado por una presencia constante de humedad en forma de brisa o en lluvia (más 500mm/año). Unido a esta particularidad de clima, se encuentra un suelo arcilloso, fértil, con filtración muy rápida al ser franco arenosos. Suelos fructíferos para muchos cultivos pero que por las características escarpadas del terreno, dieron lugar al cultivo la moscatel. Estos suelos se mezclan junto con formaciones de calizas cretácicas, lo que da a la moscatel su particular finura (DOCV, 2011).

Por el contrario en la zona del Vinalopó y l'Alcoiá las brisas marinas circulan a través de los pasillos naturales creados, por un lado por la desviación de las brisas de las Sierras de Carrasqueta y Maigmó hacia el interior del Vinalopó, y por el otro por el pasillo abierto desde el Golfo de Alicante.

Allí el suelo se vuelve mucho más calizo, con alta presencia de yesos, cantos calcáreos, costra y piedras conforme se avanza hacia el oeste. Y es una de las riquezas vínicas, el cultivo en estos suelos. Suelen suelos con pH de entre 5-7 y con caliza activa con poca capacidad de retención de agua y por lo que la planta debe de estirar mucho sus raíces en el subsuelo, casi compitiendo con el tronco y la superficie foliar, lo que de nuevo da características de grano pequeño y condensación de componentes (DOCV, 2011).

Estos suelos sufren una mayor desertización y por lo tanto es menor la adaptación de cultivos, pero son dos los mejor adaptados: olivar y viña (tanto de mesa

en la zona más al este, como de vinificación, conforme el suelo se enriquece de minerales). Este suelo sufre grandes horas de insolación y grandes oscilaciones térmicas conforme se avanza al interior. En el Vinalopó Medio el agua es más escasa y las temperaturas más estables, mientras que en Vinalopó Alto hay mayor presencia de acuíferos, suelos más arenosos y temperaturas más extremas, que se influyen de la presencia de la meseta que arranca a pocos kilómetros al oeste.

#### **1.4.3 Normativa de la D.O. Protegida de Alicante.**

En la ORDEN 5/2011, de 16 de noviembre, de la Conselleria de Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua se regulan las prácticas específicas, rendimiento máximo por hectárea, variedades de uva y los requisitos aplicables en bodega. En relación a las prácticas vitícolas establecidas se regula lo siguiente:

##### **Prácticas de cultivo**

La densidad de plantación máxima tanto para formación en vaso como para formación espaldera:

- En secano: 2.500 cepas/hectárea.
- En regadío: 3.500 cepas/hectárea.

##### **Rendimiento máximo por hectárea**

La producción máxima admitida por hectárea será la siguiente:

- Variedades blancas: 9.000 kilos/hectárea (66.60 hl/ha).
- Variedades tintas: 7.500 kilos/hectárea (55.5hl/ha).

##### **Variedades de uva de las que proceden los vinos:**

###### *a) Blancas:*

Moscatel de Alejandría, Airén, Subirat Parent, Chardonnay, Macabeo, Merseguera, Planta, fina de Pedralba, Sauvignon blanc, Verdil.

###### *b) Tintas:*

Monastrell, Garnacha Tintorera o Alicante Bouschet, Garnacha tinta (Gironet), Bobal, Cabernet Sauvignon, Merlot, Pinot Noir, Petit Verdot, Syrah, Tempranillo.

El Consejo podrá proponer a la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación que sean autorizadas nuevas variedades si, previos los ensayos y experiencias convenientes se comprueba que producen mostos de calidad aptos para la elaboración de vinos protegidos. Tal autorización se hará efectiva mediante la oportuna orden de dicha consellería.





## **OBJETIVOS**

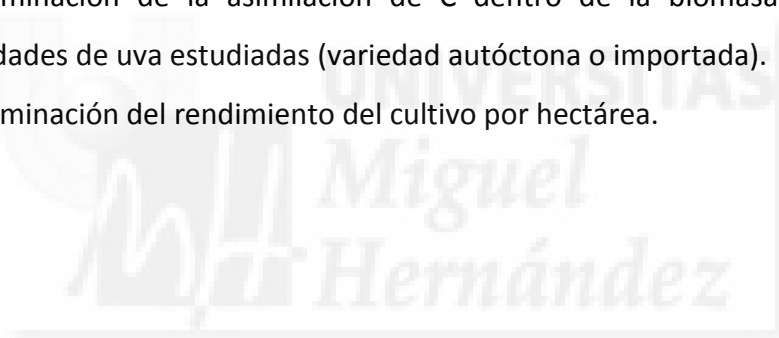


## 2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo fue determinar en los sistemas vitivinícolas mediterráneos las condiciones de cultivo de la vid (fertilización y sistema de riego y de conducción de la planta) que conlleven una menor emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y una mayor reserva de C orgánico en el suelo, así como, a un mayor rendimiento en la cosecha.

Los objetivos concretos planteados fueron:

- Evaluar la estrategia más adecuada de cultivo (fertilización: orgánica o sin fertilización, sistemas de riego: riego por goteo o secano y conducción de la planta: vaso o espaldera), con el fin de analizar la mejora de la fijación de C del suelo y reducción de las pérdidas de nitrógeno en campo debidas a emisiones o a procesos de lixiviación.
- Determinación de la asimilación de C dentro de la biomasa aérea de las variedades de uva estudiadas (variedad autóctona o importada).
- Determinación del rendimiento del cultivo por hectárea.





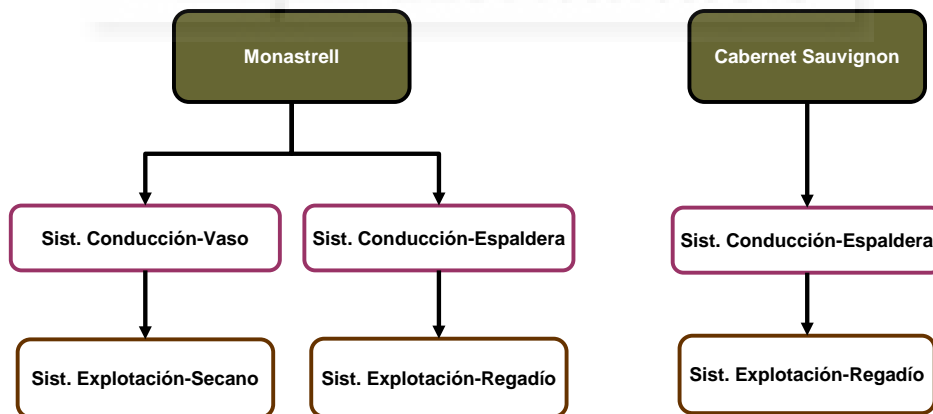
## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### 3. Material y Métodos.

#### 3.1 Diseño experimental

El objetivo del ensayo fue determinar en los sistemas vitivinícolas mediterráneos las condiciones de cultivo de la vid que conlleven una menor emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y una mayor reserva de C orgánico en el suelo, así como, a una mayor producción y calidad de la uva. Por lo tanto, el diseño experimental se elaboró con distintas variables, basándose en el tipo de fertilización, sistema de conducción y de riego y variedad de uva. Para ello, el experimento se llevó a cabo en tres parcelas con dos variedades diferentes (variedad autóctona: Monastrell; variedad importada: Cabernet Sauvignon) y con diferente sistema de conducción de la uva (vaso y espaldera) y riego o secano (Figura 6):

- Parcela con Cabernet Sauvignon (Polígono 15; parcela 11): Tipo de conducción en Espaldera.
- Parcela con Monastrell (Polígono 15; parcela 115): Tipo de conducción en Vaso y Secano.
- Parcela con Monastrell (Polígono 15; parcela 109): Tipo de conducción en Espaldera.



**Figura 3.1.** Esquema del diseño experimental.

Para la realización del ensayo se evaluaron 3 tipos de enmiendas orgánicas y un tratamiento control que no tuvo fertilización (Tabla 3.1).

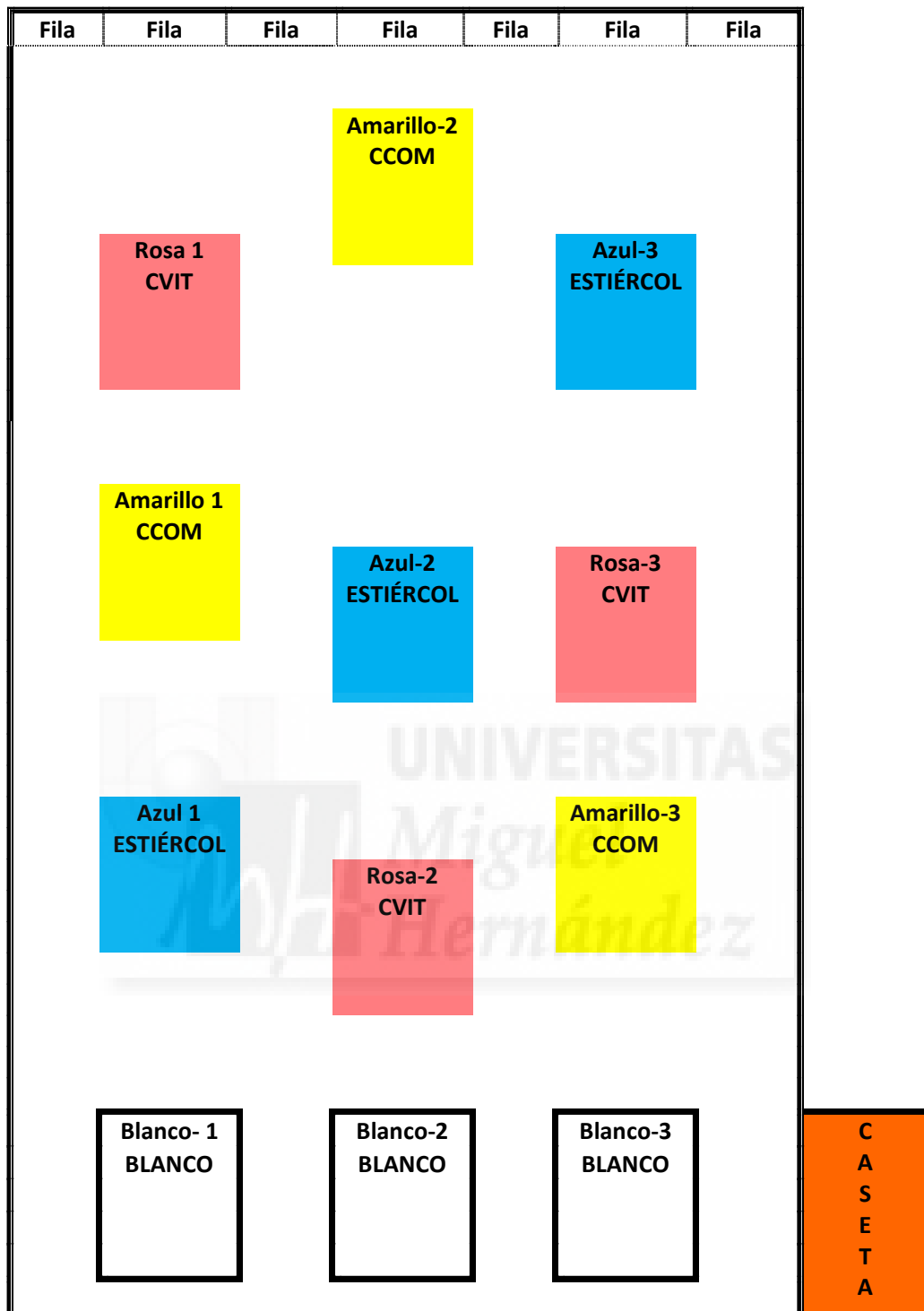
**Tabla 3.1.** Descripción de las enmiendas orgánicas empleadas.

Denominación	Descripción
CVIT	Compost de residuos vitivinícolas
CCOM	Compost comercial
EST	Estiércol de oveja+cabra
C	Tratamiento control, sin fertilización

Se estableció una dosis de aplicación para cada enmienda, calculada en función del contenido de nitrógeno total aportado en cada caso. De tal forma, que el nitrógeno aportado fuera de 170 kg de N/ha, de acuerdo a la Directiva CEE/676/91 para zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de la agricultura.

### 3.2 Dispositivo experimental

El experimento se desarrolló en el municipio de Monovar, territorio amparado bajo la Denominación de Origen Protegida de Alicante, en estrictas condiciones de campo. Como se ha comentado en el apartado anterior, en cada parcela se emplearon cuatro tratamientos diferentes (C, EST, CVIT y CCOM) con tres repeticiones cada uno. Con lo cual, cada una de las parcelas elegidas para la experiencia se dividió en 12 subparcelas, cada una de las cuales tenía 10 viñas. Estas subparcelas tenían una superficie de 50 m<sup>2</sup> y 44 m<sup>2</sup>, para las parcelas con sistema de conducción en vaso o espaldera, respectivamente. Esta diferencia de superficie, según el tipo de conducción, está de acuerdo con la densidad de plantación de las parcelas ensayadas (sistema de conducción en vaso = 2000 cepas/ha y sistema de conducción en espaldera = 2300 cepas/ha). Las subparcelas se distribuyeron aleatoriamente para reducir la influencia de los factores externos, como se muestra en los esquemas de las figuras 3.2, 3.3 y 3.4.



### CAMINO

Figura 3.2: Esquema de parcela de viña variedad Monastrell en vaso-secano.

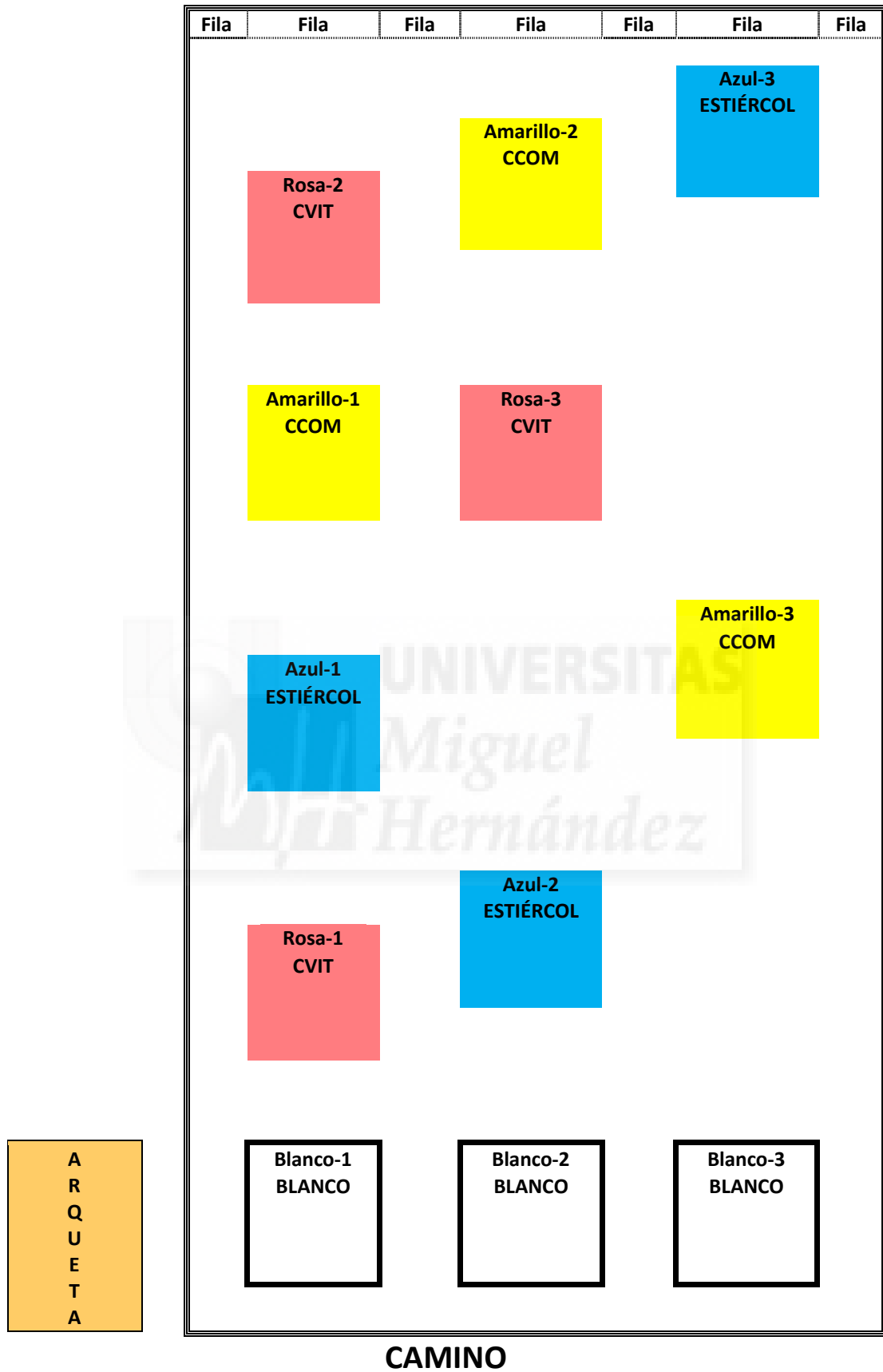


Figura 3.3: Esquema de parcela de viña variedad Monastrell en espaldera-regadío.

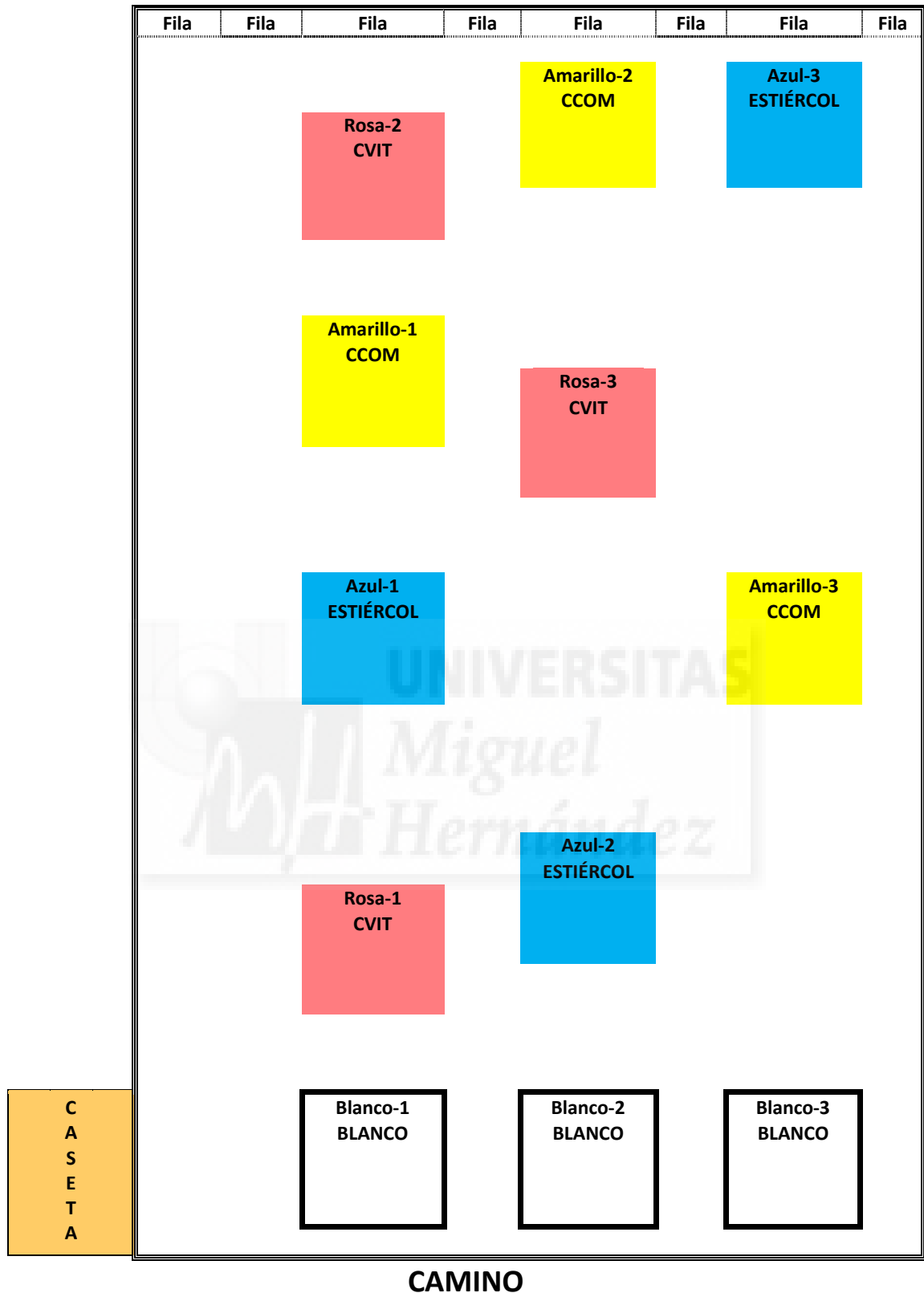


Figura 3.4: Esquema de parcela de viña variedad Cabernet-Sauvignon en espaldera-regadío.

La localización de las parcelas a través del Sistema de Información Geográfica se muestra en las Figuras 3.5, 3.6 y 3.7 Las coordenadas UTM de estas parcelas se indican en la Tabla 3.2.



**Figura 3.5:** Parcela de variedad Monastrell en vaso **SIGPAC (2014)**. Disponible en: <http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>. (Acceso mayo 2014)



**Figura 3.6:** Parcela de variedad Monastrell en espaldera. **SIGPAC (2014)**. Disponible en: <http://sigpac.mapa.es/fega/visor/>. (Acceso mayo 2014)





**Figura 3.7:** Parcela de variedad Cabernet Sauvignon en espaldera [SIGPAC \(2014\)](http://sigpac.mapa.es/feqa/visor/). Disponible en: <http://sigpac.mapa.es/feqa/visor/>. (Acceso mayo 2014)

**Tabla 3.2:** Coordenadas UTM de las parcelas.

Parcela	X:	Y:
Monastrell Vaso	68.1880,26	4.257.920,26
Cabernet Sauvignon	68.1993,70	4.258.728,63
Monastrell Espaldera	68.1881,26	4.257.920,26

## Suelo

Las características de los suelos estudiados en este experimento se muestran en la tabla 3.3.

**Tabla 3.3.** Análisis físico-químico de los suelos (datos expresados sobre materia seca)

Parámetro	Unidad	Parcela M-V	Parcela M-E	Parcela CS-E
pH	-	8,38	8,28	8,25
Conductividad eléctrica	(dS/m)	0,26	0,28	0,27
Arena	(%)	81	79	71
Limo	(%)	10	8	14
Arcilla	(%)	9	13	15
Textura		Areno-franca	Areno-franca	Areno-franca
CaCO <sub>3</sub> activo	(%)	18,93	11,84	17,91
C orgánico oxidable	(%)	0,39	0,33	0,44
N <sub>org</sub>	(mg/kg)	559	572	610
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	(mg/kg)	2,07	2,38	3,18
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	(mg/kg)	1,70	0,57	1,68
P <sub>asim</sub>	(mg/kg)	5,7	11,7	19,5
K <sub>asim</sub>	(mg/kg)	206	400	276

M-V: Monastrell con sistema de conducción en vaso; M-E: Monastrell con sistema de conducción en espaldera; CS-E: Cabernet Sauvignon con sistema de conducción en espaldera; N<sub>org</sub>: nitrógeno orgánico; P<sub>asim</sub>: fósforo asimilable; K<sub>asim</sub>: potasio asimilable

## Enmiendas orgánicas

Las enmiendas orgánicas empleadas en esta experiencia fueron:

- **EST**: Enmienda orgánica compuesta por estiércol de oveja y cabra comercializado como estiércol con quelatos de hierro.
- **CVIT**: Esta enmienda orgánica es un compost resultante del co-compostaje de orujo desalcoholizado (componente mayoritario) junto con residuos de la industria de extracción de zumo de naranja, estiércol de vaca, cáscara de almendra molida y óxidos de Fe y Mn.
- **CCOM**: Esta enmienda orgánica se compone de estiércol de oveja y cabra compostados, comercializado como compost comercial maduro.

Las características de las enmiendas orgánicas empleadas en esta experiencia se muestran en la tabla 3.4.

**Tabla 3.4.** Características de las enmiendas orgánicas utilizadas en el ensayo (datos expresados sobre materia seca)

Parámetro	Unidad	EST	CVIT	CCOM
Humedad	(%)	38,0	55,0	35,0
pH		7,37	7,96	7,67
Conductividad eléctrica	dS m <sup>-1</sup>	11,6	6,5	16,9
Materia orgánica	(%)	47,0	64,4	46,3
C orgánico total	(%)	22,2	42,5	24,6
N total	(%)	3,08	3,04	1,00
P	(g/kg)	2,08	1,84	2,04
Na	(g/kg)	13,4	15,2	16,8
K	(g/kg)	48,1	71,4	61,7
Fe	(mg/kg)	6810	8235	17639
Cu	(mg/kg)	50	66	28
Mn	(mg/kg)	386	466	328
Zn	(mg/kg)	249	268	129

EST: Estiércol oveja+cabra; CVIT: compost a base de residuos vitivinícolas; CCOM: compost comercial.

### 3.3 Desarrollo experimental.

En virtud del diseño experimental, presentado con anterioridad, se aplicaron cuatro tratamientos diferentes: EST (estiércol oveja+cabra), CVIT (compost a base de residuos vitivinícolas), CCOM (compost comercial) y C (control sin fertilización). La aplicación de los tratamientos con residuos orgánicos se realizó durante el periodo de reposo de la viña, marzo 2013 (Figura 3.8.). La dosis de enmienda orgánica fue de 5,5 t/ha para EST, 5,6 t/ha para CVIT y de 17 t/ha para CCOM. La aplicación de estas enmiendas se realizó de manera que incorporarán al suelo cantidades equivalentes de nitrógeno (170kg N/ha). Esta cantidad de nitrógeno es la máxima permitida para zonas

vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de la agricultura, de acuerdo a la Directiva CEE/676/91. Las diferencias en la cantidad de las enmiendas orgánicas a aplicar estuvieron de acuerdo con la cantidad de nitrógeno de cada uno de ellos (Tabla 3.4). Para identificar los distintos tratamientos se marcó las viñas de inicio y fin de cada tratamiento con cintas de colores (C = blanco; EST = azul; CVIT = rosa y CCOM = amarillo). La incorporación de las distintas enmiendas orgánicas al suelo se hizo mediante enterrado de la misma. Para ello, mediante un subsolador se abrió un surco a ambos lados de las viñas. Posteriormente se incorporó a cada grupo de viñas el tratamiento correspondiente y se procedió a tapar la abertura.



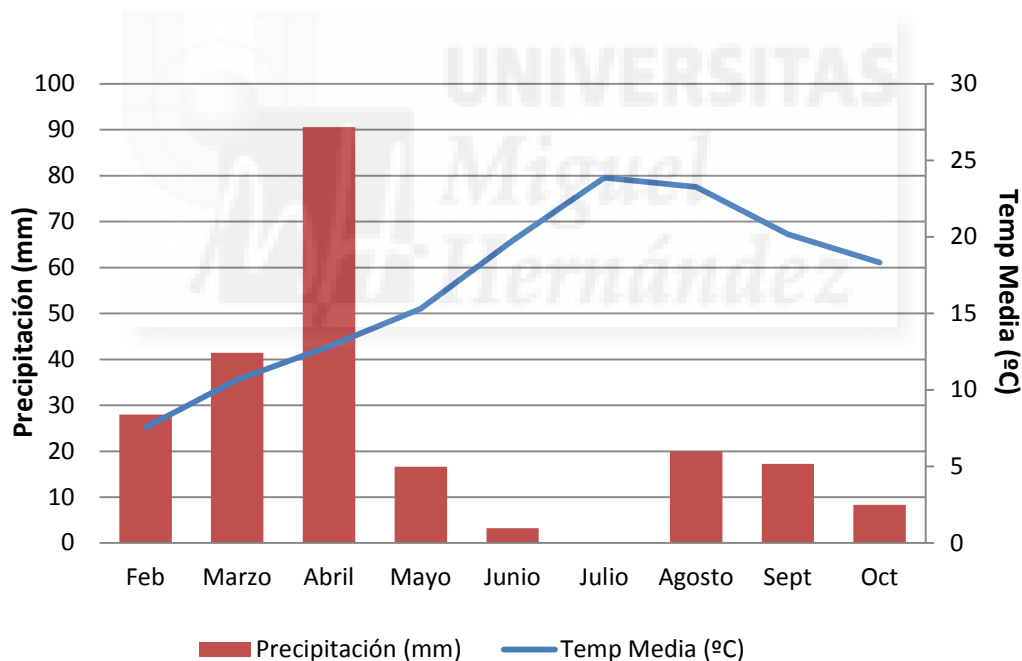
**Figura 3.8.** Aplicación de las enmiendas orgánicas

Las viñas empleadas en este experimento están conformadas por un patrón 110 Richter, cruzamiento de *V. berlandieri* cv. *Resseguier nº 2* x *V. rupestris* cv. *Martin*. Tienen buen grado de tolerancia a filoxera radícula con resistencia media a nematodos *M. incógnita*, *M. arenaria* y *M. hapla*. También, están medianamente adaptadas a suelos calcáreos, se considera que soporta hasta un 17 % de caliza activa y un Índice de Poder Clorosante de 30. Muy bien adaptado a la sequía pero sensible al exceso de humedad. Es conveniente para suelos secos, pobres, pedregosos, poco calcáreos. Además, presenta cierta resistencia a salinidad. Transmite fuerte vigor a los injertos. Induce fertilidad y tiende a retrasar el ciclo vegetativo y la maduración. Las viñas del experimento de la variedad Monastrell tienen una edad de 15 años y de 10 años las de la variedad Cabernet Sauvignon (Figura 3.9.).



**Figura 3.9.** Parcelas del experimento

En las parcelas con sistema de conducción en vaso no se realizó ningún riego, mientras que en las parcelas con sistema en espaldera el riego fue por goteo. Solo se realizó un riego durante el mes de agosto. Este riego y la cantidad de agua aplicada estuvieron en función de las necesidades mínimas del viñedo. La campaña 2012/2013 se caracterizó por ser abundante en lluvias y con temperaturas no muy elevadas, por ello solo se realizó un riego anual (Figura 3.10).



**Figura 3.10.** Temperaturas medias y precipitaciones recogidas durante el tiempo en que se desarrolló el experimento (Estación Agroclimática de Pinoso; MAGRAMA, 2014)

En virtud del diseño experimental, presentado con anterioridad, se establecieron ocho muestreos de suelo. En cada muestreo se tomaron muestras mediante una sonda: 0-20 cm. La distribución de los muestreos en el tiempo se muestra en la tabla 9. También, en esta tabla se muestra cuando las parcelas fueron

roturadas, tratadas con plaguicidas y cuando se realizó la vendimia en cada una de ellas.

El muestreo del material vegetal se realizó en el momento de la vendimia. Para ello se pesaron y contaron los kilos de uva y el número de racimos por cada viña. Se contabilizaron el número de pámpanos de cada viña y el número de hojas en cada uno de los pámpanos, para obtener posteriormente el número medio de hojas por viña, tomando una muestra representativa de hojas y pámpanos de cada tratamiento. Las hojas se pesaron en el laboratorio.

**Tabla 3.5.** Calendario de las operaciones realizadas en el viñedo durante el tiempo que duró el experimento.

Fecha	Operación realizada
21/03/2013	Aplicación de fertilizantes orgánicos y toma de muestra de suelo de todas las parcelas
15/04/2013	Labranza de parcelas Monastrell en espaldera y vaso
19/04/2013	Toma de muestra de suelo de Monastrell en espaldera y vaso y labranza de Cabernet Sauvignon en espaldera
23/04/2013	Toma de muestra Cabernet Sauvignon en espaldera
20/05/2013	Tratamiento con plaguicidas
22/05/2013	Toma de muestra de suelo (todas las parcelas)
10/06/2013	Tratamiento con plaguicidas
11/06/2013	Labranza
19/06/2013	Toma de muestra de suelo (todas las parcelas)
12/07/2013	Tratamiento con plaguicidas
22/07/2013	Toma de muestra de suelo (todas las parcelas)
10/08/2013	Riego
20/08/2013	Toma de muestra (todas las parcelas).
19/09/2013	Toma de muestra de suelo (todas las parcelas)
03/10/2013	Vendimia variedad Cabernet Sauvignon en espaldera
15/10/2013	Vendimia variedad Monastrell en vaso y espaldera
19/10/2013	Toma de muestra de suelo (todas las parcelas)



### **3.3 Métodos analíticos utilizados.**

#### **3.3.1. Técnica analíticas de suelos**

##### **Preparación de la muestra**

Las muestras de suelo (alrededor de 500 g de suelo) se tomaron en los primeros 20 cm de suelo, ya que esta parte del suelo en la que tiene lugar el desarrollo vegetal y es la más interesante estudiar. Estas muestras se llevaron al laboratorio y se tomó una submuestra de cada una que se guardó en frigorífico para su posterior análisis del nitrógeno en forma amónica y la respiración del suelo y el resto de muestra se extendió en bandejas de plástico para que se secase a temperatura ambiente y una vez seca se tamizó ( $\emptyset < 2$  mm).

##### **Reacción del suelo o pH**

La determinación del pH de un suelo se basa en la medida de la diferencia de potencial existente entre un electrodo de vidrio y el electrodo de referencia calomelanos ( $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  (sat),  $\text{KCl}(x\text{F})/\text{Hg}$ ) sumergidos en una misma disolución. Esta diferencia de potencial es función lineal de la actividad de los iones hidrógeno presentes en la muestra problema a una temperatura dada.

En un suelo tamizado a 2 mm, la medida del pH actual se realiza en la suspensión suelo-agua desionizada con una relación de 1:2,5 (p/v) (M.A.P.A., 1994).

##### **Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica de un extracto acuoso es la aptitud que presenta éste para transmitir la corriente eléctrica. La conductividad depende de la actividad e iones disueltos y de la temperatura a la que se realiza la medida. Para medir la conductividad se hace uso de un puente de Wheatstone y una célula de conductividad apropiada, comparando a la misma temperatura, la resistencia eléctrica de la muestra y la de una disolución estándar de cloruro potásico.

En un suelo tamizado a 2 mm, la medida de la conductividad eléctrica. se realiza en el extracto acuoso, obtenido por filtración de la suspensión suelo-agua

desionizada con una relación 1:5 (p/v), previa agitación de la muestra durante 1 hora (M.A.P.A., 1994).

### Textura

Esta determinación se realizó con un densímetro tipo Bouyoucos, basándonos en que la densidad de una suspensión depende de la cantidad suspendida, pudiendo evaluar la variación de dicha densidad con el tiempo y relacionarla con la velocidad de deposición y tamaño de las partículas suspendidas (Primo y Carrasco, 1980).

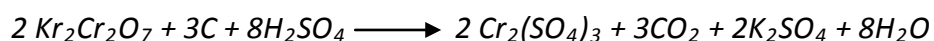
### Determinación de caliza activa

La caliza activa se determina mediante su extracción con oxalato amónico en medio ácido, dando un precipitado de oxalato de calcio. El oxalato de amonio en exceso, que no ha reaccionado con la caliza activa del suelo, se determina mediante su valoración con  $\text{KMnO}_4$  en caliente.

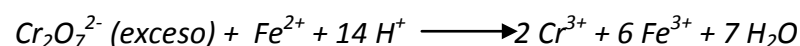
### Carbono orgánico oxidable

La determinación del carbono orgánico del suelo se basa en la oxidación parcial del carbono con dicromato potásico en medio ácido sulfúrico. El exceso de dicromato que no ha reaccionado se determina por valoración con sulfato de amonio y hierro (II) hexahidratado (sal de Mohr), utilizando ferroína como indicador, método Walkley-Black, (1934) modificado por Yeomans y Bremner (1989).

1ª Etapa. *Oxidación del carbono orgánico*



2ª Etapa. *Valoración del exceso de dicromato*



### Materia Orgánica

La materia orgánica total se obtiene a partir del carbono orgánico oxidable por el factor de conversión 1,724.



$$\text{MOT(\%)} = \text{COOX (\%)} \times 1,724$$

### Nitrógeno total Kjeldahl

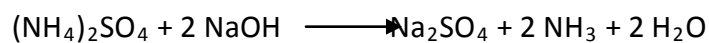
El nitrógeno total Kjeldahl (NTK) se define como la suma del nitrógeno amoniacal y del nitrógeno orgánico sin incluir el nitrógeno de nitratos y nitritos. Además, no queda incluido necesariamente todo el nitrógeno orgánico, ya que sólo se determina el nitrógeno trivalente negativo. El nitrógeno orgánico en forma azida, azo, hidrazona, nitrito, nitro, nitroso, oxima o semicarbazona no se determina cuantitativamente en este método.

El método Kjeldahl consiste en la transformación del nitrógeno orgánico en amoniacal mediante digestión de la muestra con ácido sulfúrico, sulfato de potasio y sulfato de cobre (II) y selenio. En una segunda etapa, el amoniaco formado es destilado en medio básico, mediante arrastre de vapor, recogién dose el destilado en una disolución indicadora de ácido bórico. Posteriormente, el amoniaco se determina por valoración ácida del borato de amonio formado (Bremner y Britenbeck, 1983). Las reacciones correspondientes a las etapas que tienen lugar son:

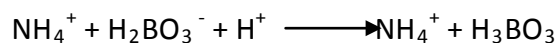
#### 1ª Etapa. Digestión



#### 2ª Etapa. Destilación



#### 3ª Etapa. Valoración



### Nitratos

El nitrato es extraído del suelo mediante agitación, con una disolución saturada de sulfato de calcio y posteriormente, se determina en el extracto obtenido por espectrofotometría visible-ultravioleta, método propuesto por Sempere y col. (1993).

Los iones nitratos presentes en el extracto de suelo absorben radiación ultravioleta a la longitud de onda de 220 nm. La medida de la radiación absorbida en un espectrofotómetro visible-ultravioleta es proporcional a la concentración de nitrato en el extracto. La presencia de materia orgánica disuelta puede interferir en la absorción de radiación, debiendo realizar una segunda medida a la longitud de onda de 275 nm y restar a la primera para corregir del valor de nitrato la posible interferencia de la materia orgánica.

### **Amonio**

El amonio es extraído del suelo con una disolución de cloruro de potasio, mediante agitación (Honeycutt y col., 1991) y posteriormente, se determina aquel, en el extracto obtenido, por espectrofotometría visible-ultravioleta, Keneey y Nelson (1982); Dorich y Nelson (1983).

Los iones amonio forman con el fenol, en presencia de hipoclorito y nitroprusiato de sodio, un azocompuesto de color azul (indofenol), medible a una longitud de onda de 636 nm en un espectrofotómetro visible-ultravioleta. La medida de la radiación absorbida es proporcional a la concentración de amonio en el extracto.

La disolución de hipoclorito de sodio y la de nitroprusiato de sodio son utilizadas como oxidante y catalizador de la reacción respectivamente. La solución de sal disódica del ácido etilendiaminotetracético se utiliza para complejar los iones metálicos que pueden precipitar como hidróxidos en el medio básico donde transcurre la reacción.

### **Nitrógeno orgánico**

El contenido de nitrógeno orgánico se calculó restando a la concentración de nitrógeno total Kjeldahl el contenido de nitrógeno en forma amónica

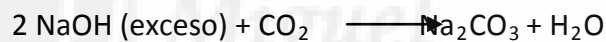
$$\text{Norg (mg/kg)} = \text{NTK (mg/kg)} - \text{N-NH}_4^+ \text{ (mg/kg)}$$

### Respiración del suelo

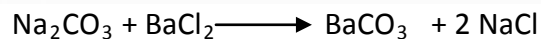
La respiración del suelo o microbiana se define como el consumo de O<sub>2</sub> o el desprendimiento de CO<sub>2</sub> producido por bacterias, hongos, algas y protozoos, e incluye el intercambio de gas del metabolismo aeróbico y anaeróbico (Anderson, 1982). Durante la respiración, la materia orgánica es degradada por los microorganismos para obtener energía y los distintos constituyentes necesarios para su estructura, desprendiéndose CO<sub>2</sub> en el proceso. Midiendo esta producción de CO<sub>2</sub> se puede cuantificar la actividad de los microorganismos del suelo.

Este método se basa en la incubación de muestras de suelo en recipientes herméticos a 25 °C. El CO<sub>2</sub> producido, es absorbido en una disolución de hidróxido sódico y posteriormente, cuantificado por valoración con ácido clorhídrico (Stotzki, 1965). Las reacciones correspondientes a las etapas del proceso, son las siguientes:

1ª Etapa. *Absorción del CO<sub>2</sub>*



2ª Etapa. *Precipitación*



3ª Etapa. *Valoración*



### Potasio asimilable

El potasio asimilable fue extraído del suelo mediante agitación, con una disolución de acetato amónico 1N a pH 7 (Knudsen y col, 1982) y posteriormente, se determinó en el extracto obtenido, por fotometría de llama.

### Fósforo asimilable

Esta determinación se basa en la extracción con bicarbonato de sodio del fósforo asimilable del suelo y posterior determinación mediante espectrofotometría visible-ultravioleta. Los iones fosfato forman con el molibdato de amonio en medio

ácido fosfomolibdato de amonio, compuesto que es reducido, con ácido ascórbico, formándose un complejo de color azul, medible a un longitud de onda de 882 nm. La medida de la radiación absorbida en un espectrofotómetro visible-ultravioleta es proporcional a la concentración de fósforo en el extracto (Olsen y col., 1954).

### **3.3.2 Técnicas analíticas de residuos orgánicos**

#### **Preparación de la muestra**

La muestra recogida es secada al aire y molida en un molino a través de una malla de 0,5 mm de luz, para los análisis físico-químicos y químicos.

#### **Humedad**

Se toma como humedad el porcentaje de agua con respecto a muestra húmeda, por diferencia de pesadas entre material húmedo y seco. El material es secado en estufa de aire a 105°C, durante 12 horas.

#### **pH**

El pH se determinó en la suspensión residuo-agua desionizada con una relación 1:10 (p/v) obtenida por agitación mecánica durante 2 horas. La medida se realiza con un pH-metro.

#### **Conductividad eléctrica**

La medida de la conductividad eléctrica se realiza en el extracto acuoso obtenido por filtración de la suspensión residuo-agua desionizada con una relación 1:10 (p/v), previa agitación de la muestra durante 2 horas con un conductímetro con una célula conductimétrica.

#### **Pérdida de peso por calcinación**

Se toma como "materia orgánica" la pérdida de peso por calcinación a 430°C. La pérdida de peso se expresa como porcentaje respecto a peso de muestra seca.

### **Carbono orgánico total**

En los sustratos residuales el carbono orgánico total se determina mediante la medida del dióxido de carbono producido al quemar la muestra a 1020°C en un analizador elemental (Navarro y col., 1991).

### **Nitrógeno total**

En las muestras de sustrato residual se realiza quemando la muestra a 1020°C en un analizador elemental.

### **Mineralización de la muestra**

Digestión nítrico-perclórica de las muestras según el método recomendado por Abrisqueta y Romero (1969).

### **Fósforo total**

Se determina por medida espectrofotométrica de la intensidad de coloración amarilla producida por el complejo fosfovanadato molibdato amónico (Kitson y Mellon, 1944), obtenida sobre una fracción del extracto de mineralización.

### **Sodio, potasio, hierro, cobre, manganeso y cinc.**

El sodio y el potasio se miden por fotometría de llama, en disoluciones adecuadas del extracto de mineralización. El resto de los elementos se determinan por espectrofotometría de absorción atómica, en disoluciones adecuadas del extracto de mineralización de las muestras.

### **3.3.3. Técnicas analíticas de material vegetal**

#### **Preparación de la muestra**

Las muestras vegetales como son los pámpanos, las hojas, raspones y uva, se lavaron para eliminar restos de suelo o insectos y se dejaron secar en la estufa de

secado a 60°C, una vez secas se trituraron de manera que se obtuvieron partículas finas y se guardaron secas en botes marcados con sus claves de identificación.

### **Rendimiento de cosecha**

Para obtener el rendimiento de cosecha se pesó en campo la uva producida por cada tratamiento.

### **Contenido en sólidos solubles. Grado Baumé**

Del total de materias disueltas en el mosto, el 90 % de las mismas son azúcares fermentables, fundamentalmente fructosa y glucosa casi al 50%. Por ello se ha utilizado este parámetro como indicador del contenido en azúcares y por lo tanto, del contenido alcohólico final de los vinos.

Se obtuvo utilizando un refractómetro digital, con corrección incorporada de temperatura, ajustando el cero con agua destilada. El resultado se expresa en % de sacarosa, tal y como se obtiene directamente del refractómetro, o grado Brix. A partir del grado Brix se calculan los valores de grado Baumé, teniendo en cuenta que 1,8<sup>o</sup> Brix equivalen a 1<sup>o</sup> Baumé.

### **Producción de biomasa aérea**

Una vez realizada la vendimia se contabilizaron las hojas por pámpano y el número de pámpanos por planta. Posteriormente se pesaron las hojas existentes en un pámpano y se multiplicó por el número de pámpanos de cada planta.

Para estimar la biomasa producida por los pámpanos, se pesaron en conjunto todos los pámpanos de cada planta.

### **Carbono orgánico total**

En las muestras vegetales el carbono orgánico total se determina mediante la medida del dióxido de carbono producido al quemar la muestra a 1020°C en un analizador elemental (Navarro y col., 1991).

### 3.4 Métodos estadísticos utilizados.

El tratamiento estadístico aplicado a los datos determinados en el suelo de este experimento se realizó de dos modos, por un lado, se calculó la desviación del estándar de los datos obtenidos en el triplicado realizado en cada análisis y el intervalo de confianza para un  $\alpha = 0,05$  de los datos obtenidos, lo cual se reflejó en las figuras mediante las barras de error. Por otro lado, se realizó un análisis estadístico ANOVA doble vía de medidas repetidas (MLG) que permitiera evaluar el efecto de las variables consideradas: tipo de tratamiento, tiempo, variedad y sistema de conducción y los efectos combinados entre estas variables.

También, se realizó un análisis estadístico ANOVA MLG-Univariante que permitiera evaluar en los parámetros estudiados en el material vegetal el efecto de las variables consideradas: tipo de tratamiento, tiempo, variedad y sistema de conducción y los efectos combinados entre estas variables.

En los casos en el que la F-ANOVA mostró cierta significación, se empleó la prueba Tukey-b como prueba post-hoc para evaluar las diferencias entre las medias específicas, mostrándose en los resultados mediante el empleo de letras para una probabilidad del 95% ( $P < 0,05$ ).



## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**



## 4. Resultados y discusión

### 4.1. Evolución de los parámetros físico-químicos del suelo.

#### 4.1.1. Evolución de la reacción del suelo

La reacción del suelo condiciona de forma decisiva la vida de los microorganismos y los procesos en que ellos intervienen; también en la mayor o menor asimilabilidad de muchos elementos químicos que para las plantas son esenciales, y la de otros que a determinadas concentraciones pueden resultar tóxicos; y por último en las propiedades químicas de los suelos.

Según Guerrero Maestre (2003), tras la adición de compuestos orgánicos es frecuente observar que el pH se modifique debido sobre todo a:

- la liberación de  $\text{CO}_2$  producido por la respiración microbiana, éste se disuelve para dar  $\text{H}_2\text{CO}_3$  con disociación a  $\text{H}^+$  y  $\text{HCO}_3^-$ .
- la amonificación, proceso considerado alcalinizante.
- la producción de  $\text{NO}_3^-$ , la cual implica la oxidación de  $\text{NH}_4^+$  con la generación de dos protones por  $\text{NH}_4^+$  oxidado.
- la formación de compuestos orgánicos de naturaleza ácida durante la biodegradación de la materia orgánica añadida. Estos ácidos orgánicos suelen ser fórmico, acético, butírico, láctico, oxálico y succínico (Dommergues y Mangenot, 1970).
- los cationes básicos contenidos en los residuos y los solubilizados a partir de los minerales del suelo.

Entre los factores estudiados en la reacción del suelo, se observaron que los más significativos son T, TR y las interacciones de T con el resto de variables, como indican los valores altos de F, siendo no significativos V, SC, TxTRxV y TxTRxSC. Respecto al efecto del tratamiento en el pH del suelo los tratamientos EST y CCOM hicieron descender el pH, estos tratamientos se agrupan juntos y con valores promedio de 7,81 y 7,82 respectivamente, este descenso se puede deber al incremento de  $\text{CO}_2$  debido al incremento de la tasa de respiración microbiana que es mayor en estos tratamientos, como se verá más adelante. Sin embargo, el tratamiento CVIT no modificó el pH del suelo, no encontrándose diferencias significativas en los valores de

este parámetro en comparación con el suelo control (valores promedio de pH de 8,33 y 8,32 para los suelos con los tratamientos CVIT y C, respectivamente) (Tabla 4.1).

**Tabla 4.1.** Análisis de los efectos generados por la adición de las enmiendas orgánicas, EST-CVIT-CCOM, en el pH mediante ANOVA doble vía de medidas repetidas.

Parámetro (pH)						
Fuente	df	F	P <sup>a</sup>	Contraste	Tratamiento <sup>1</sup>	
Tiempo (T)	7	16,539	***	B	8,32	b
Tratamiento (TR)	3	334,925	***	EST	7,81	a
Variedad (V)	1	1,965	NS	CVIT	8,33	b
Sist. Conduc (SC)	1	2,672	NS	CCOM	7,82	a
T x TR	21	3,855	***			
T x V	7	6,454	***			
T x SC	7	5,287	***			
T x TR x V	21	1,333	NS			
T x TR x SC	21	1,601	NS			
TR x V	3	4,483	*			
TR x SC	3	5,172	**			

<sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA:

\*\*\*: P<0,001, \*\*: P<0,01; \*: P <0,05, ns: P >0,05.

<sup>1</sup> Valores promedio; los valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (P<0,05).

En la Figura 4.1 se muestra la evolución temporal del pH del suelo en las parcelas estudiadas.

#### Monastrell Vaso

El suelo de esta parcela posee una reacción básica (Cescas, 1978; Porta y col., 1986) con un valor 8,38. La adición de los tratamientos con EST y CCOM bajó los valores iniciales de pH del suelo a 7,58 y 7,74, respectivamente. Durante los primeros 60 días existió un leve aumento del pH de los suelos enmendados, en el tratamiento CVIT y CCOM se prolongó hasta los 90 días con un posterior descenso hasta los 140 días, donde comenzó un leve aumento hasta el día 180 y posterior descenso hacia el final del experimento.

### Monastrell Espaldera

El suelo de esta parcela también posee una reacción básica (Cescas, 1978; Porta y col., 1986) con un valor promedio 8,28. El pH inicial de esta parcela descendió hasta valores de 7,69 y 7,67 con los tratamientos de EST y CCOM respectivamente. Sin embargo, el tratamiento CVIT mantuvo en 8,08 el valor de pH al inicio. En los tratamientos aplicados el pH aumentó ligeramente durante los primeros 30 días y posteriormente descendió, hasta los 90 días que aumentó, excepto en el tratamiento EST que continuó aumentando desde el día 0 hasta el 60 donde comenzó a descender hasta el día 120 que volvió a aumentar con un máximo en el día 150 y posterior descenso hacia el final del experimento. Los tratamientos CVIT y CCOM guardan cierto paralelismo en su evolución temporal con un aumento del pH desde los 60 hasta los 120 días y un descenso hasta los 150 días, que posteriormente aumentó hacia el día 180 y descendió al final del experimento.

### Cabernet Sauvignon Espaldera

Al igual que en las parcelas anteriores, el suelo de esta parcela posee una reacción básica (Cescas, 1978; Porta y col., 1986) con un valor promedio 8,35. Como se observó en el resto de las parcelas los tratamientos CCOM y EST hicieron descender el pH a niveles de 7,67 y 7,70, respectivamente, y el tratamiento CVIT hasta 8,16. La evolución temporal del pH fue similar en todos los tratamientos incluidos el control, aumentó desde el tiempo 0 hasta el día 90, donde descendió ligeramente hasta el día 120 y posteriormente aumentó paulatinamente hasta el final del experimento.

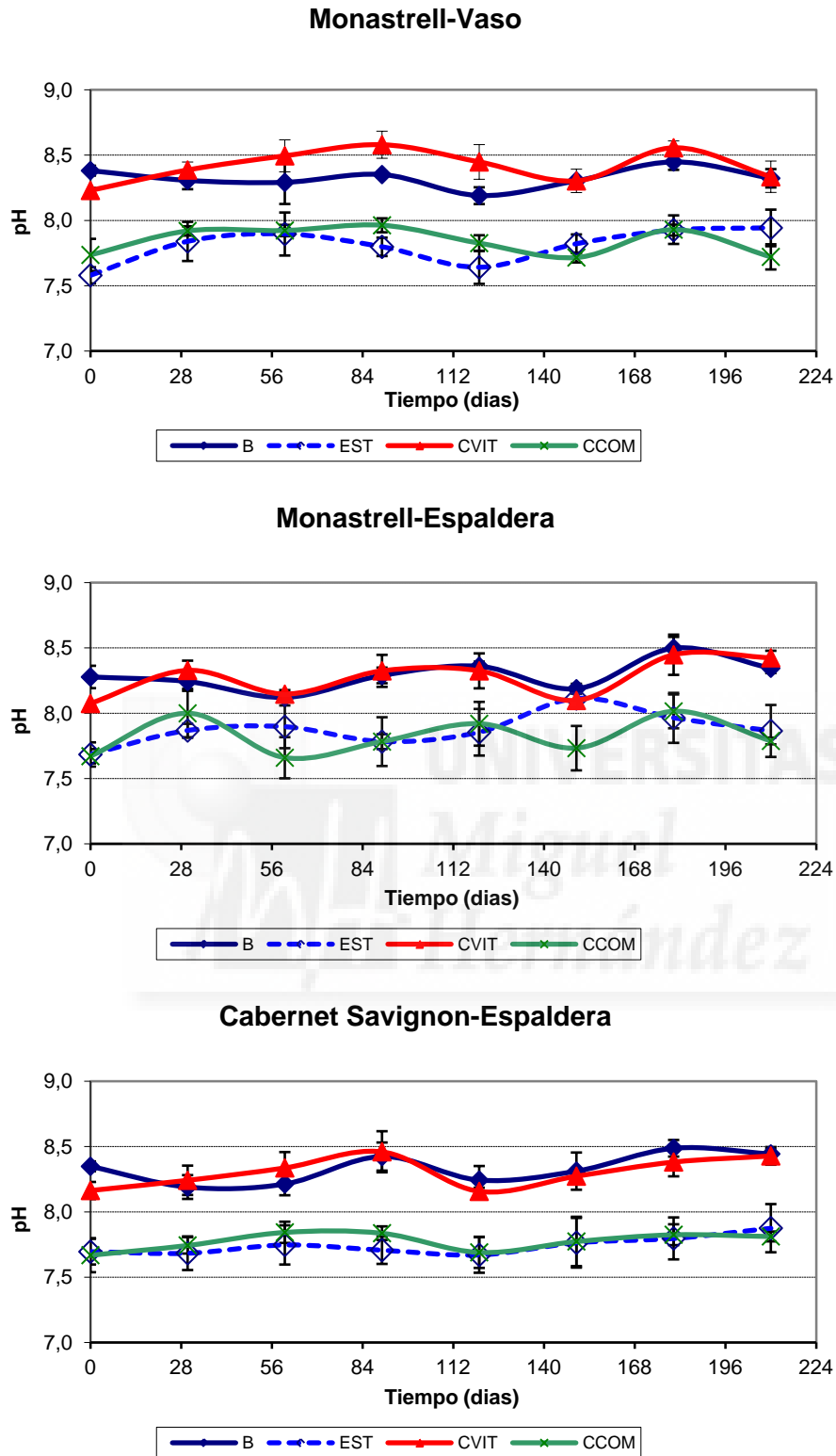


Figura 4.1: Evolución temporal del pH del suelo en las parcelas.

#### 4.1.2. Evolución de la conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) hace referencia a la cantidad de sales disueltas en la disolución del suelo. El aporte de residuos orgánicos suele producir un aumento de la conductividad eléctrica del suelo, es decir, de su contenido en sales, siendo en algunos casos uno de los factores limitantes del empleo de ciertos residuos orgánicos (Hortenstine y Rothwell, 1972; Juste, 1980). Los iones que tienen una mayor incidencia en el desarrollo de la conductividad eléctrica son sulfato, cloruro, carbonato, bicarbonato y sodio (Saña y col., 1996).

Los incrementos de sales disueltas del suelo se pueden relacionar con la generación de sustancias inorgánicas en la mineralización de la materia orgánica del suelo, siendo estos mayores en los suelos con residuos orgánicos debido a la mayor aportación de compuestos orgánicos por estos tratamientos. Por ello, la conductividad eléctrica también es un buen indicador de la mineralización de la materia orgánica de los residuos (De Neve y col., 2000). Sin embargo, los descensos en la conductividad eléctrica se pueden relacionar con la toma de nutrientes por parte del cultivo y a la lixiviación de sales a capas más profundas del suelo.

Los factores estudiados y las interacciones entre ellos fueron muy significativos para este parámetro en esta experiencia (tabla 4.2). En relación con el efecto de los tratamientos en la conductividad eléctrica del suelo, las tres enmiendas orgánicas aumentaron significativamente los valores de la conductividad eléctrica del suelo, siendo este aumento mayor para el caso del tratamiento CCOM. Este hecho fue posiblemente debido a la mayor cantidad aplicada al suelo de esta enmienda (17 t/ha) (como consecuencia de su menor contenido en N) en comparación con los otros tratamientos orgánicos (5,5 t/ha para EST y 5,6 t/ha para CVIT).

**Tabla 4.2.** Análisis de los efectos generados por la adición de las enmiendas orgánicas, EST-CVIT-CCOM, en la CE mediante ANOVA doble vía de medidas repetidas.

Parámetro (CE (dS/m))						
Fuente	df	F	P <sup>a</sup>	Contraste	Tratamiento <sup>1</sup>	
Tiempo (T)	7	48,066	***	B	0,2454	a
Tratamiento (TR)	3	1920,473	***	EST	0,7119	c
Variedad (V)	1	240,208	***	CVIT	0,2965	b
Sist. Conduc (SC)	1	72,219	***	CCOM	1,3988	d
T x TR	21	43,361	***			
T x V	7	35,384	***			
T x SC	7	15,942	***			
T x TR x V	21	25,692	***			
T x TR x SC	21	7,868	***			
TR x V	3	88,510	***			
TR x SC	3	35,741	***			

<sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA:

\*\*\*: P<0,001,

<sup>1</sup> Valores promedio; los valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (P<0,05).

En la figura 4.2 se puede observar la evolución temporal de la conductividad eléctrica del suelo en las parcelas del estudio.

#### Monastrell Vaso

La conductividad inicial del suelo control era de 0,26 dS/m, la cual se mantuvo constante hasta el día 90. A partir de aquí aumentó en el tiempo 120 hasta 0,44 dS/m y descendió posteriormente hasta el final del experimento a valores de 0,11dS/m. El tratamiento CVIT siguió una evolución temporal similar al control aumentando moderadamente la conductividad al inicio (0,40 dS/m) y disminuyó al final de la experiencia (0,13 dS/m). El tratamiento CCOM provocó el mayor aumento de la conductividad al inicio, alcanzando valores de 1,81 dS/m en los primeros 60 días con un descenso en el tiempo 90 (1dS/m) y posterior incremento en el 120 (1,74 dS/m), terminado la experiencia con valores de 1,50 dS/m. El tratamiento EST aumento la

conductividad al inicio (0,81 dS/m) y se mantuvo entorno a esos valores hasta el día 120 que aumento a 1,76 dS/m descendiendo a los 150 días hasta 0,53 dS/m.

#### Monastrell Espaldera.

En esta parcela el tratamiento control y el CVIT al igual que la parcela Monastrell-Vaso siguieron una evolución muy similar. El tratamiento CCOM aumentó la conductividad respecto al control al inicio de la experiencia, con un descenso en los primero 30 días del experimento y un progresivo aumento con máximo en el día 90 (1,37 dS/m), hacia el final del experimento la conductividad se mantiene en estos valores. El tratamiento EST comienza con un descenso progresivo y aumenta ligeramente en el tiempo 60 días, mostrando el máximo en el día 120 del experimento. Al final de la experiencia la conductividad de este tratamiento ha descendido con respecto al valor inicial.

#### Cabernet Sauvignon Espaldera

Al igual que en las otras dos parcelas el tratamiento control y el CVIT tuvieron una evolución similar. El tratamiento CCOM aumento en los primeros 30 días mostrando un pico máximo con un valor de conductividad eléctrica de 2,80 dS/m. Posteriormente los valores de este parámetro disminuyeron en esta parcela, aumentando al final del experimento. El tratamiento EST también aumento el valor de conductividad respecto al control, comenzó aumentando hasta el tiempo 60 días, donde empezó a descender y se estabilizó en el tiempo 90 hasta el tiempo 150, que cayó hasta el día 180 y posteriormente aumento al final del experimento. El valor final de conductividad eléctrica alcanzado con este tratamiento fue de 0,46 dS/m.

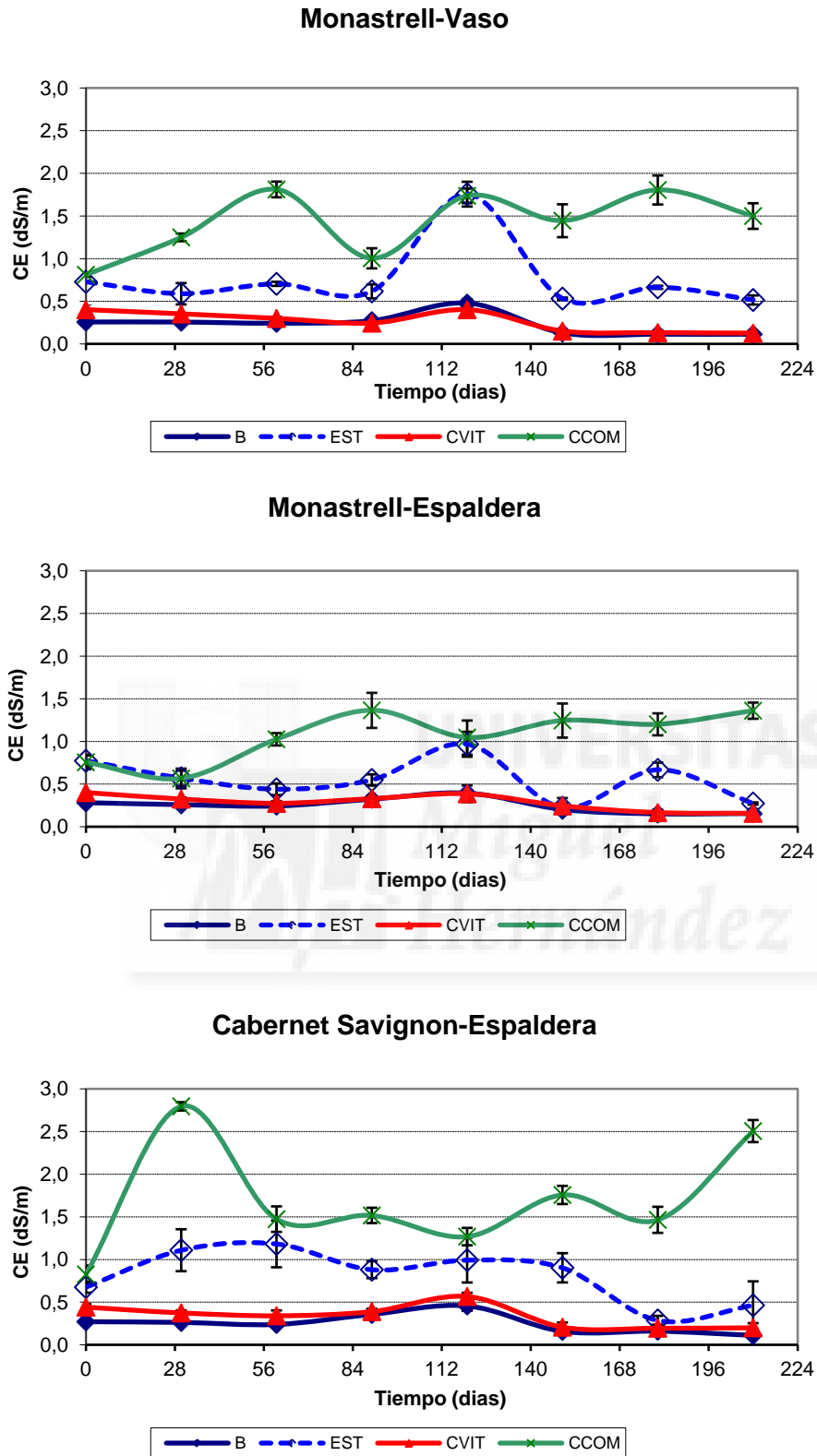


Figura 4.2: Evolución temporal de la conductividad eléctrica del suelo.



## **4.2. Evolución de la mineralización y secuestro de carbono orgánico en el suelo.**

### **4.2.1. Evolución del carbono orgánico oxidable**

Este parámetro hace referencia al carbono asociado a la materia orgánica y que por tanto es susceptible de oxidarse pasando a forma mineral. El carbono oxidable representa el carbono de todos los materiales orgánicos existentes en el suelo tales como celulosa, lignina, hemicelulosa, proteínas, ácidos orgánicos, etc., los cuales han sido agrupados como sustancias orgánicas descomponibles.

La degradación de la materia orgánica es una propiedad que presentan todos los microorganismos heterótrofos y el comportamiento de dicha descomposición se ha utilizado comúnmente para indicar el estado biológico de los suelos (Nannipieri y col, 1990).

El ciclo del carbono es el más importante cuantitativamente, formando parte del mismo se hallan los microorganismos edáficos. Sobre el comportamiento de éstos en el suelo podemos distinguir dos momentos; el primero de ellos se encuentra asociado al crecimiento poblacional de los microorganismos cuando el suelo está en condiciones óptimas. En este intervalo, los microorganismos del suelo estarían utilizando formas más lábiles de carbono. En el segundo estadio, disminuyen su actividad y utilizan las formas carbonadas más complejas estructuralmente.

En la tabla 4.3. se puede observar los resultados estadísticos de los diferentes factores respecto al C<sub>oox</sub>, siendo la mayoría de factores significativos, exceptuando el factor SC y TR x SC que como cabía esperar no son significativos. En relación al efecto de la adición de la enmienda orgánica en el suelo se observa como las enmiendas aumentaron el valor promedio del contenido de C<sub>oox</sub> en el suelo respecto al control. Este aumento fue mayor en el caso del tratamiento CCOM posiblemente debido a la mayor adición de esta enmienda (como consecuencia de su menor contenido en N) en comparación con el resto de tratamientos orgánicos.

**Tabla 4.3.** Análisis de los efectos generados por la adición de las enmiendas orgánicas, EST-CVIT-CCOM, sobre el carbono orgánico oxidable (Coox) mediante ANOVA doble vía de medidas repetidas.

Fuente	Parámetro (Coox (%))			Contraste	Tratamiento <sup>1</sup>	
	df	F	P <sup>a</sup>			
Tiempo (T)	7	41,004	***	B	0,5301	a
Tratamiento (TR)	3	697,806	***	EST	0,9261	c
Variedad (V)	1	18,204	***	CVIT	0,7506	b
Sist. Conduc (SC)	1	2,675	NS	CCOM	1,3925	d
T x TR	21	15,409	***			
T x V	7	14,930	***			
T x SC	7	16,294	***			
T x TR x V	21	12,528	***			
T x TR x SC	21	7,283	***			
TR x V	3	7,073	**			
TR x SC	3	2,416	NS			

<sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA:

\*\*\*: P<0,001, \*\*: P <0,01, ns: P >0,05.

<sup>1</sup> Valores promedio; los valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (P<0,05).

La evolución del carbono orgánico en los suelos siguió un comportamiento similar, al inicio del experimento con un aumento respecto al tratamiento control en todas las parcelas y posterior descenso posiblemente debido a la degradación de la materia orgánica más lábil. Tras este descenso se aprecia un aumento del Coox, este hecho se puede deber a la degradación por parte de los microorganismos de la materia orgánica más compleja transformándola en materia orgánica fácilmente degradable (Figura 4.3).

#### Monastrell-Vaso

En la parcela de la variedad Monastrell con sistema de conducción en vaso tomamos como referencia el tratamiento control que supone los valores más bajos de Coox de todos los tratamientos, este tratamiento mantuvo los niveles de carbono al inicio y al final muy similares.

En cuanto a los tratamientos con enmienda orgánica todos los suelos presentaron los mayores niveles de Coox durante los primeros 28 días que se corresponden con la presencia y evolución de la fracción orgánica más lábil. Los diferentes tratamientos siguen una evolución similar con un pico posterior a los 90 días, posiblemente debido a la degradación de la materia orgánica más resistente. Se observa que el tratamiento con compost comercial muestra valores de Coox siempre por encima del resto. (Figura 4.1).

#### Monastrell Espaldera

En esta parcela todos los tratamientos siguen una evolución similar. Se observa una variación mínima en el tratamiento control al inicio y al final y un aumento del Coox en todos los tratamientos respecto al control. Los tratamientos de CVIT y CCOM sufrieron un descenso del Coox en los primeros 28 días, debido posiblemente a la degradación de la materia orgánica más lábil, y un posterior aumento hacia los 60 días en el CCOM y los 90 en el CVIT, posiblemente relacionado con la degradación de la parte más resistente de la materia orgánica. Los niveles de Coox al final del experimento se vieron aumentados con respecto al blanco. En mayor medida en el CCOM alcanzando el 1,68%. (Figura 4.1)

#### Cabernet Sauvignon Espaldera.

Esta parcela sigue una evolución muy similar al resto, manteniéndose el control por debajo del resto de tratamientos respecto al contenido de Coox. Se observó una evolución más constante que el resto de parcelas. Al final del experimento los tratamientos aumentan el nivel de Coox en el suelo. En el caso del tratamiento CCOM los niveles de Coox se situaron en 1,62%, siendo este el tratamiento con Coox final más elevado.

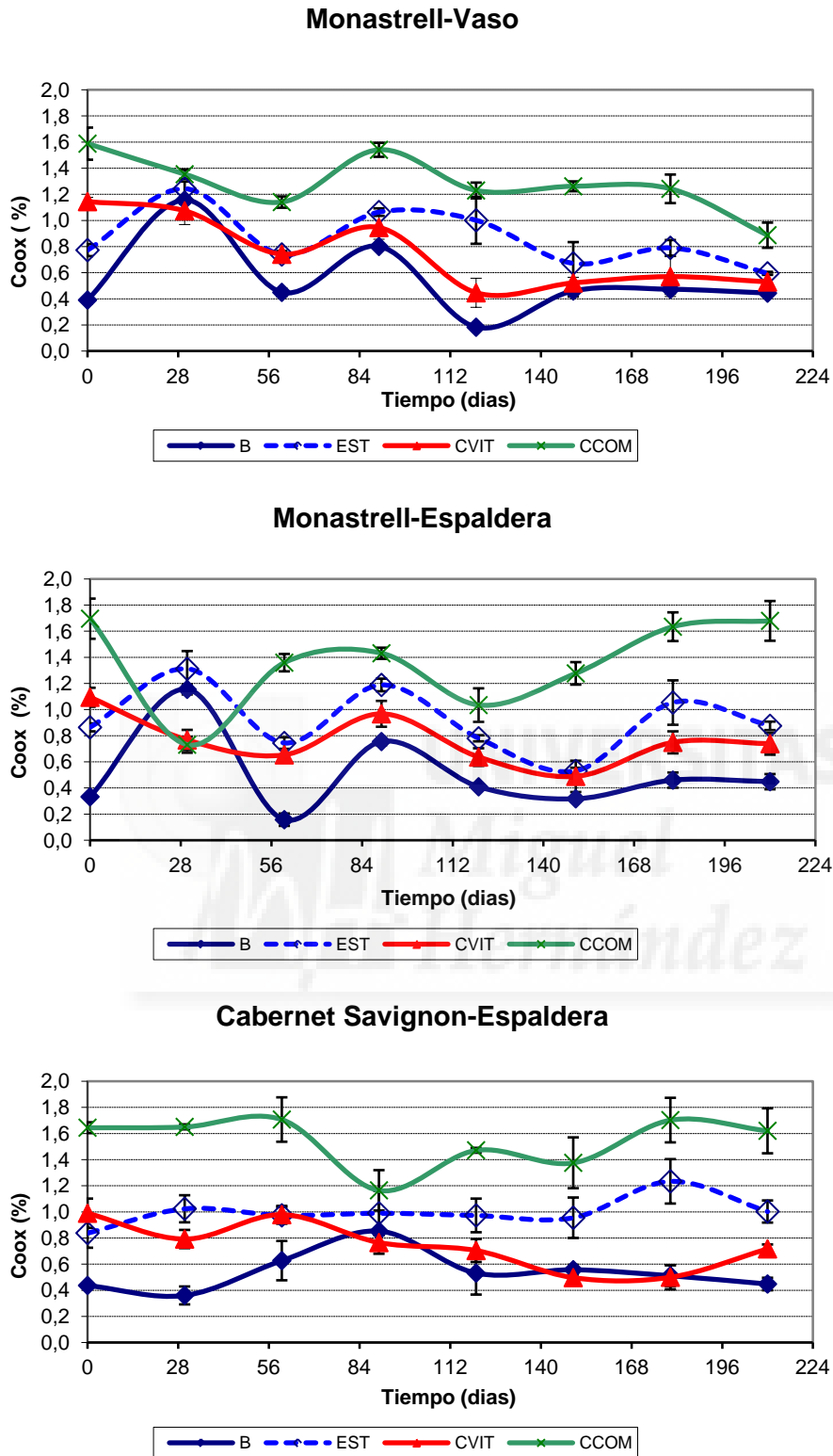


Figura 4.3: Evolución temporal del Carbono orgánico oxidable en % en las parcelas.

#### 4.2.2. Evolución de la respiración edáfica.

La cuantificación de este parámetro en laboratorio nos va a dar idea de la actividad mineralizadora microbiana de los suelos. La medida del CO<sub>2</sub> también da idea de la cantidad y calidad del sustrato orgánico disponible para los microorganismos mineralizadores (Anderson, 1982; Stotzky, 1972). La respiración microbiana se define como el consumo de oxígeno y desprendimiento de dióxido de carbono por bacterias, hongos, algas y protozoos, incluyendo el intercambio de gases por el metabolismo de organismos tanto aerobios como anaerobios.

Las condiciones ambientales (humedad y temperatura) a las que hayan estado sometidos los suelos influyen en las tasas de respiración edáfica obtenidas. En períodos en los que la humedad del suelo haya sido óptima la actividad biológica será más o menos alta, entrando en juego la temperatura y la disponibilidad de sustratos a mineralizar (Davidson y col., 1998; Conant y col., 2000; Boriken y col., 2002). Por el contrario largos períodos de sequía van a ralentizar los procesos microbianos, entre ellos la respiración (Orchad y Cook, 1983). Por tanto, la humedad es un factor que afecta de manera positiva a la respiración (Guerrero Maestre, 2003). Respecto a la temperatura también existe un rango óptimo, fuera del cual habrá una ralentización de la actividad microbiana.

Entre los factores estudiados en la respiración del suelo, se observaron que todos fueron muy significativos. Respecto al efecto del tratamiento en este parámetro, todas las enmiendas orgánicas aumentaron significativamente la respiración del suelo con respecto al control, especialmente en el caso del tratamiento CCOM (Tabla 4.4).

**Tabla 4.4.** Análisis de los efectos generados por la adición de las enmiendas orgánicas, EST-CVIT-CCOM, en la respiración edáfica mediante ANOVA doble vía de medidas repetidas.

Parámetro Respiración (mg C-CO <sub>2</sub> /kg suelo seco y día)						
Fuente	df	F	P <sup>a</sup>	Contraste	Tratamiento <sup>1</sup>	
Tiempo (T)	7	582,069	***	B	13,3833	a
Tratamiento (TR)	3	1787,024	***	EST	18,3958	c
Variedad (V)	1	68,270	***	CVIT	15,8181	b
Sist. Conduc (SC)	1	86,574	***	CCOM	30,4847	d
T x TR	21	128,454	***			
T x V	7	154,302	***			
T x SC	7	26,561	***			
T x TR x V	21	77,365	***			
T x TR x SC	21	25,682	***			
TR x V	3	36,699	***			
TR x SC	3	20,077	***			

<sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA:

\*\*\*: P<0,001.

<sup>1</sup> Valores promedio; los valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (P<0,05).

En la figura 4.4. se puede observar la evolución temporal de respiración edáfica en las tres parcelas estudiadas.

#### Monastrell-Vaso

Al inicio de la experiencia se observó un incremento de la respiración del suelo en los suelos enmendados respecto al control. Este incremento fue más pronunciado en el tratamiento CCOM, seguido de CVIT y EST con un incremento menor. Los tratamientos CVIT, EST y CCOM siguieron una evolución similar descendente durante los primeros 30 días y posteriormente aumentaron hasta los 60 días. En el tiempo 90 se observó un descenso en los suelos con CCOM y control, con valores de la respiración del suelo de 24,55 y 20,0 mg C-CO<sub>2</sub>/kg suelo seco y día, respectivamente. Los tratamientos CVIT y EST mantuvieron una evolución constante en este parámetro desde el día 60 hasta el final del experimento, descendiendo ligeramente hasta valores

de 7,48 mg C-CO<sub>2</sub>/kg suelo seco y día en el suelo con CVIT y 7,26 mg C-CO<sub>2</sub>/kg suelo seco y día en el caso del EST.

El tratamiento CCOM aumento desde el día 90 hasta el 150 y posteriormente descendió hasta el final de la experiencia con valores medios de 12,33 mg C-CO<sub>2</sub>/kg suelo seco y día. El control aumenta ligeramente a partir del día 90 con un pico en el día 150 (22,56 mg C-CO<sub>2</sub>/kg suelo seco y día) y un descenso hasta 8,56 mg C-CO<sub>2</sub>/kg suelo seco y día al finalizar el experimento.

#### Monastrell- Espaldera

Los tratamientos CCOM y EST presentaron un incremento en la tasa de respiración inicialmente de 60 y 35 mg C-CO<sub>2</sub>/kg suelo seco y día, respectivamente: En los primero 30 días el tratamiento EST descendió, que junto al tratamiento CVIT mostraron valores similares al control a lo largo de todo el ensayo. El tratamiento CCOM descendió a los 28 días y posteriormente aumento en el tiempo 60 días. A partir de los 60 días, los valores de respiración se estabilizaron hasta el final del ensayo.

#### Cabernet Sauvignon –Espaldera

Todos los tratamientos mostraron mayores tasas de respiración respecto al control al inicio del ensayo. El tratamiento CCOM mostró tasas de respiración superiores al doble que el resto de tratamientos al inicio. Las tasas de respiración se estabilizaron a partir del día 60 del ensayo.

En todas las parcelas enmendadas se observó, en general un aumento inicial de la respiración y una posterior reducción y estabilización de este parámetro. Resultados similares fueron encontrados en otros estudios de suelos enmendados con compost vitivinícola (Bustamante y col., 2006) y compost de lodo de depuradora (Sánchez-Monedero y col., 2004).

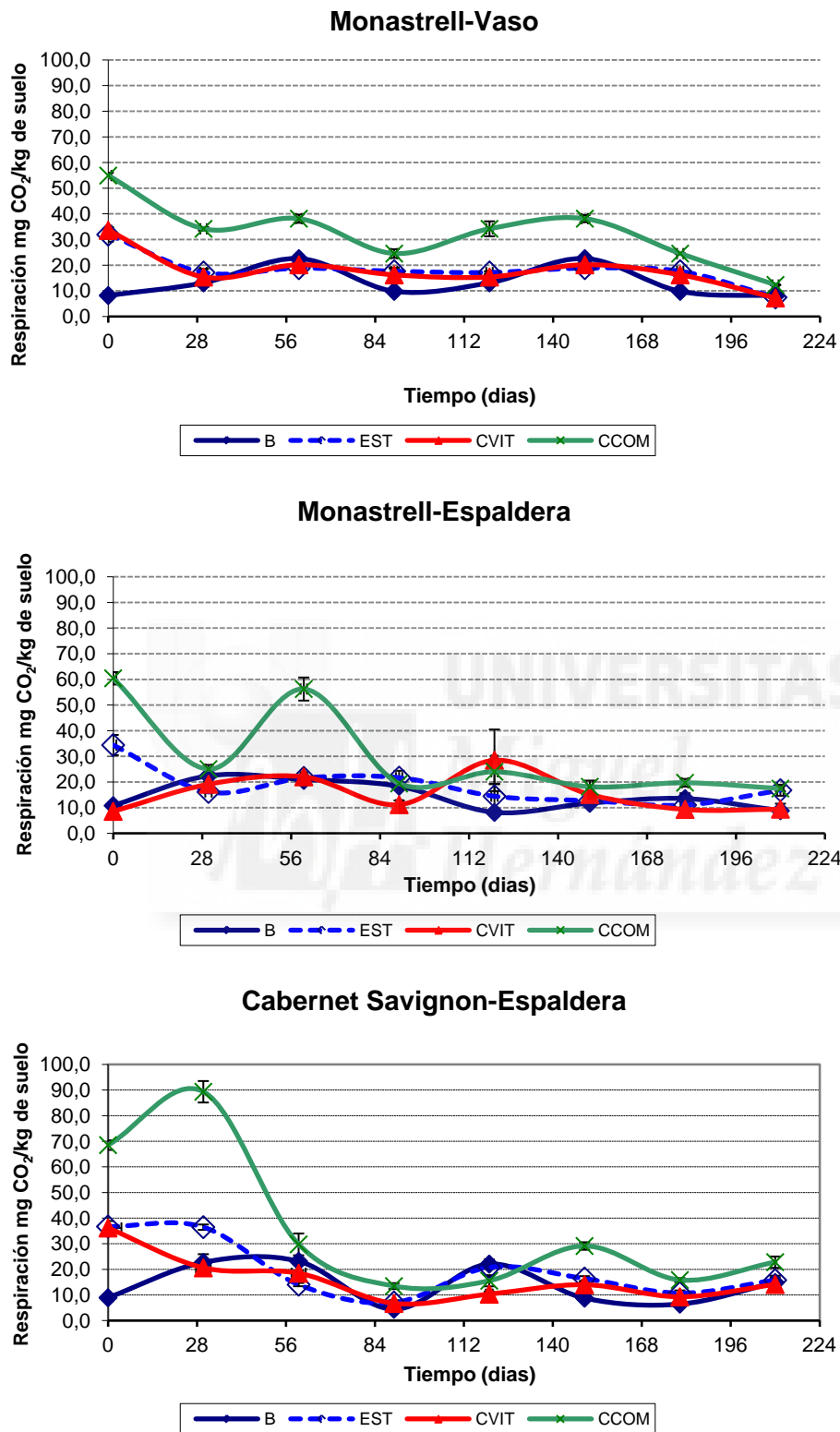


Figura 4.4: Evolución temporal de respiración edáfica.



### 4.2.3. Secuestro de carbono orgánico en el suelo.

El carbono orgánico del suelo es un componente esencial de la materia orgánica del suelo, el cual juega un importante papel preservando la humedad, manteniendo la estructura y almacenando nutrientes para las plantas (Trumbore, 1997). Ha sido reconocido que pequeños cambios en el carbono orgánico del suelo podrían haber causado un enorme impacto en la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (Cox y col., 2000). En este camino podemos diferenciar el carbono en el suelo en dos componentes: por un lado el carbono que causa los incrementos anuales, secuestro activo de carbono, y por otro el carbono conocido como stock del suelo. El stock del suelo, es el carbono que encontramos seguido del secuestro activo en el suelo, que puede ser definido como secuestro pasivo (West y Six, 2007).

Los efectos de los factores TR y SC fueron muy significativos en el incremento del carbono en el suelo. Sin embargo, la variedad y la interacción TRxSC no fueron significativos en el secuestro de carbono orgánico en el suelo (Tabla 4.5).

**Tabla 4.5.** Análisis de los efectos generados por la adición de las enmiendas orgánicas, EST-CVIT-CCOM, en el secuestro de carbono en el suelo mediante análisis univariante.

Incremento de C en el suelo			
Fuente	df	F	P <sup>a</sup>
Tratamiento (TR)	2	32,133	***
Variedad (V)	1	0,024	NS
Sist. Conduc (SC)	1	23,294	***
TR x V	2	0,369	*
TR x SC	2	4,324	NS

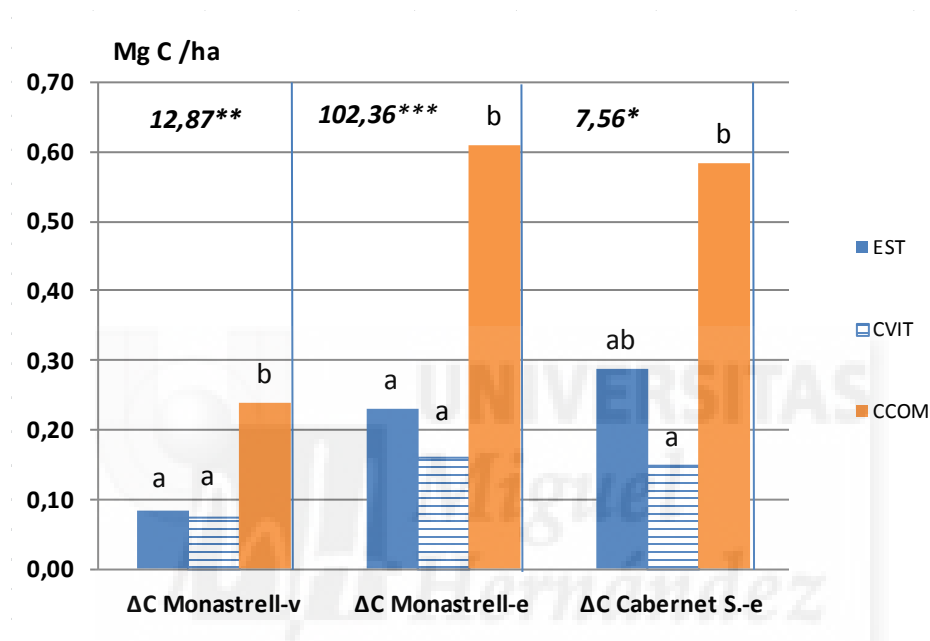
<sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA:

\*\*\*: P<0,001; \*:P<0,05; ns: P>0,05.

<sup>1</sup> Valores promedio; los valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (P<0,05).

La figura 4.5 refleja los resultados obtenidos del incremento de carbono almacenado en la profundidad de suelo 0-30 cm. El almacenamiento de carbono tuvo un balance positivo en todos los tratamientos. Se observó un incremento del carbono

almacenado en las parcelas con sistema de conducción en espaldera respecto a la parcela con sistema de conducción en vaso. Respecto a los tratamientos el CCOM mostró un incremento significativo en el carbono del suelo superior al resto, con valores superiores al triple que los encontrados en el CVIT y EST en el caso de Monastrell Espaldera y cercanos al triple en el caso de Cabernet Sauvignon. Este hecho se debió posiblemente a la mayor adición de CCOM, como consecuencia de su menor contenido en N.



**Figura 4.5.** Incremento de carbono en Mg de C /ha en el suelo de las parcelas estudiadas con los diferentes tratamiento CCOM, EST, CVIT y C.

### 4.3. Evolución de las diferentes formas de nitrógeno y de la mineralización de nitrógeno orgánico del suelo.

#### 4.3.1. Evolución del nitrógeno orgánico

La mayor parte del nitrógeno presente en los suelos se encuentra formando parte de la materia orgánica, en esta forma, no es aprovechable por la planta. Sin embargo, este nitrógeno puede ser transformado y liberado bajo la forma de compuestos más sencillos ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , etc.), mediante su mineralización llevada a cabo por los microorganismos edáficos. Los microorganismos del suelo realizan la

mineralización de los compuestos orgánicos nitrogenados para satisfacer sus necesidades energéticas.

Los diferentes factores estudiados así como su interacción fueron significativos en la evolución del nitrógeno orgánico en los suelos estudiados. La variedad y la interacción TRxSC tuvieron un menor efecto sobre este parámetro. Todos los tratamientos presentaron un incremento del nitrógeno orgánico en los suelos enmendados respecto al control en las tres parcelas estudiadas. El tratamiento que consiguió mayores niveles de nitrógeno orgánico fue el CCOM seguido de EST y CVIT (Tabla 4.6).

**Tabla 4.6.** Análisis de los efectos generados por la adición de las enmiendas orgánicas, EST-CVIT-CCOM, en el Norg mediante ANOVA doble vía de medidas repetidas.

Parámetro (Norg (mg/kg))						
Fuente	df	F	P <sup>a</sup>	Contraste	Tratamiento <sup>1</sup>	
Tiempo (T)	7	158,479	***	B	635	a
Tratamiento (TR)	3	1207,811	***	EST	1039	c
Variedad (V)	1	189,948	**	CVIT	940	b
Sist. Conduc (SC)	1	92,633	***	CCOM	1510	d
T x TR	21	37,215	***			
T x V	7	15,665	***			
T x SC	7	23,892	***			
T x TR x V	21	16,738	***			
T x TR x SC	21	18,281	***			
TR x V	3	18,194	***			
TR x SC	3	6,501	*			

<sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA:

\*\*\*: P<0,001, \*\*: P<0,01; \*: P <0,05.

<sup>1</sup> Valores promedio; los valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (P<0,05).

La evolución general del nitrógeno orgánico durante el experimento fue una disminución del mismo respecto al inicio. Esta disminución posiblemente fue debida a la mineralización de materia orgánica, a la oxidación de amonio, y a las posibles

pérdidas por volatilización y por desnitrificación (Simón Navarro Blaya y col., 2000) (Figura 4.6).

#### Monastrell-Vaso

Se observaron diversas fluctuaciones durante los primeros 120 días del experimento. Los tratamientos comenzaron con valores muy similares, debido a que la adición de las enmiendas orgánicas se realizó de manera que se adicionara la misma cantidad de nitrógeno (170 kg N/ha). En el caso de los tratamientos CCOM y EST, la concentración de Norg del suelo descendió hasta el día 60 y a continuación aumentó hasta un máximo en el día 120. Tras ese incremento descendieron los niveles de nitrógeno orgánico y se mantuvieron prácticamente constantes hasta el final del experimento.

#### Monastrell Espaldera.

En esta parcela los tres tratamientos mostraron un incremento frente al control. Todos los tratamientos comenzaron con un descenso hasta el tiempo 30 días. En el tiempo 60 días el tratamiento CCOM mostró un valor máximo de Norg (1694 mg Norg/kg) y se mantuvo constante hasta que descendió ligeramente al final del experimento.

El tratamiento EST mostró un valor máximo en el tiempo 90 días (1500 mg de Norg/kg) y descendió a niveles del control hasta el final del experimento.

El CVIT descendió al principio y aumento ligeramente a partir del tiempo 90 días. Al final del experimento este tratamiento también alcanzó valores de Norg similares a los del control.

#### Cabernet Sauvignon Espaldera

En esta parcela los tratamientos mostraron valores muy dispares en la primera mitad del experimento y se empezaron a estabilizar a partir del día 120. Todos mostraron valores superiores al inicio del experimento respecto al control. El tratamiento EST y CVIT descendieron al final del experimento a valores similares a los

del control. El tratamiento CCOM, aunque descendió mantuvo niveles superiores de nitrógeno orgánico al resto de tratamientos.

Los aumentos de la concentración del Norg en las diferentes parcelas durante la evolución del experimento podrían ser debidos a la inmovilización de nitrógeno mineral por parte de los microorganismos del suelo o a la posible fijación biológica de nitrógeno atmosférico. Galli y col. (1996) observaron que la adición al suelo de compost de alpechín aumentaba la fijación biológica de nitrógeno en el suelo.



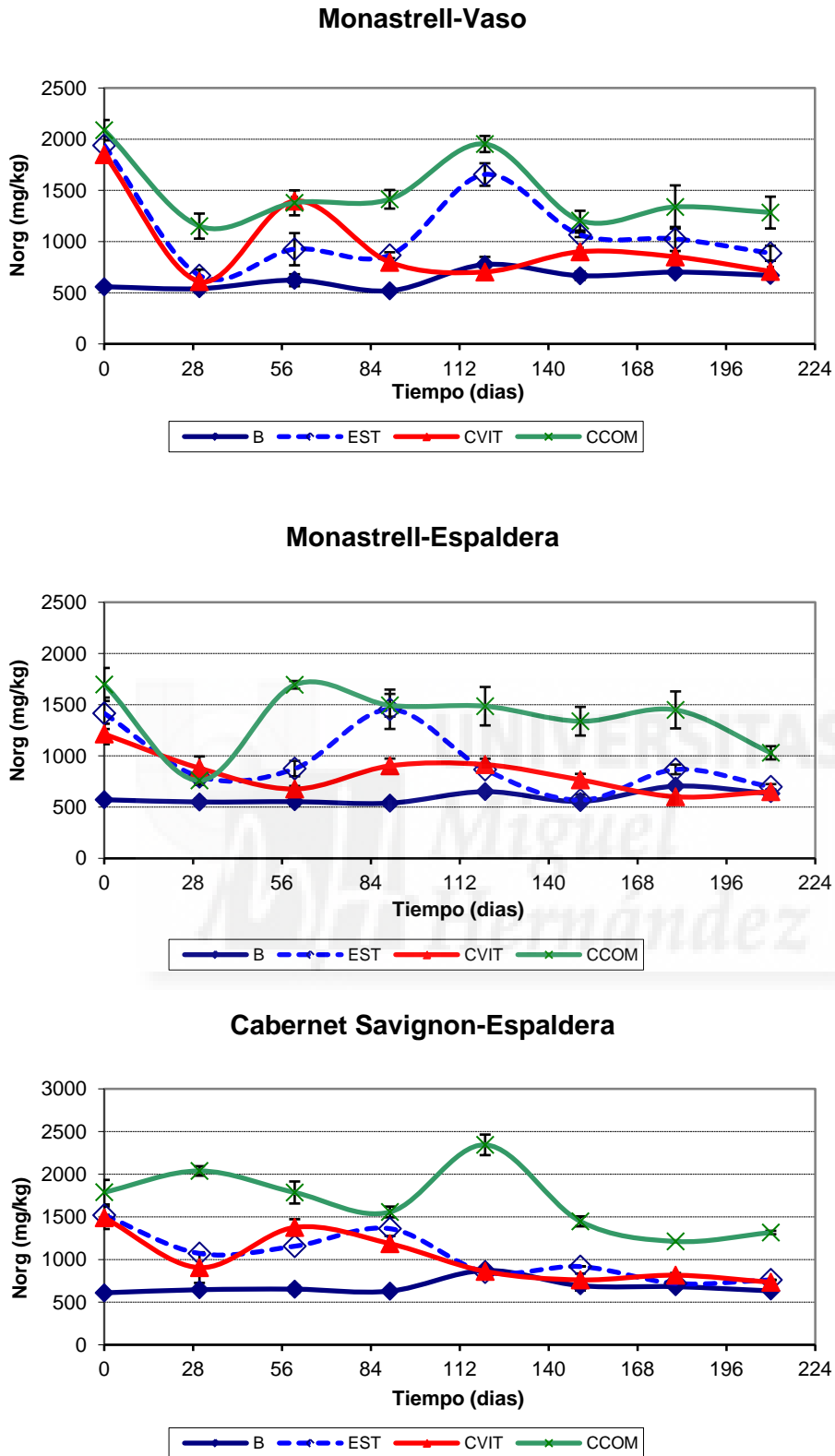


Figura 4.6: Evolución temporal del nitrógeno orgánico en el suelo.

#### 4.3.2. Evolución del nitrógeno en forma amónica

La materia nitrogenada depositada en el suelo es utilizada fácilmente por los microorganismos del suelo. Estos microorganismos degradan las proteínas y compuestos relacionados a aminas y aminoácidos principalmente. A este proceso se le llama *aminificación*.

El nitrógeno de las aminas y aminoácidos, puede tener dos destinos. Puede ser utilizado por diversos microorganismos del suelo para construir sus propias estructuras, o bien puede ser transformado por estos microorganismos en productos simples, que aparecen casi siempre en forma de compuestos amónicos, este es el proceso enzimático denominado *amonificación*. El amonio es el principal producto nitrogenado de la mineralización de la materia orgánica. Según autores como Acea y Carballas (1996), o Alexander (1967), un elevadísimo porcentaje de los microorganismos heterótrofos producen amonio tras mineralizar compuestos orgánicos nitrogenados.

Los factores estudiados, así como la interacción entre ellos, muestran en todos los casos diferencias muy significativas en la evolución del nitrógeno en forma amónica de este experimento. También, se observaron que existen diferencias entre los diferentes tratamiento siendo los valores medios de  $N-NH_4^+$  más altos los encontrados en el CCOM y EST, mientras que la fertilización con CCVIT no mostró diferencias significativas respecto al control en este parámetro (Tabla 4.7).

**Tabla 4.7.** Análisis de los efectos generados por la adición de las enmiendas orgánicas, EST-CVIT-CCOM, en el amonio mediante ANOVA doble vía de medidas repetidas.

Parámetro (N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/kg))						
Fuente	df	F	P <sup>a</sup>	Contraste	Tratamiento <sup>1</sup>	
Tiempo (T)	7	380,726	***	B	1,3357	a
Tratamiento (TR)	3	415,830	***	EST	2,6818	b
Variedad (V)	1	68,050	***	CVIT	1,6283	a
Sist. Conduc (SC)	1	53,711	***	CCOM	5,3446	c
T x TR	21	263,296	***			
T x V	7	89,235	***			
T x SC	7	4,891	***			
T x TR x V	21	19,914	***			
T x TR x SC	21	14,049	***			
TR x V	3	18,716	***			
TR x SC	3	35,616	***			

<sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA:

\*\*\*: P<0,001,

<sup>1</sup> Valores promedio; los valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (P<0,05).

La evolución del nitrógeno en forma de amonio fue similar en todas las parcelas durante el experimento (Figura 4.7).

#### Monastrell Vaso

Al inicio del experimento no se mostraron valores muy elevados de amonio en ninguno de los tratamientos. A partir del tiempo 60 días se observa un gran aumento de este parámetro en el tratamiento CCOM y un aumento pero menos intenso en el EST. El tratamiento CVIT se mantiene durante todo el experimento a los mismos niveles que el control.

#### Monastrell- Espaldera

La evolución del amonio en esta parcela se comporta igual que en la comentada anteriormente. A partir del día 60 los niveles de amonio aumentan considerablemente



en el tratamiento CCOM y en menor medida en el EST. El tratamiento control y el CVIT siguen una evolución muy similar y prácticamente constante.

#### Cabernet Sauvignon- Espaldera

La evolución del amonio en esta parcela tiene un ligero aumento inicialmente en los tratamientos CCOM y EST. Posteriormente y de la misma forma que en las otras parcelas el tratamiento CCOM tiene un incremento a partir del tiempo 90 días, que se mantiene hasta el tiempo 150 días. Los otros dos tratamientos EST y CVIT siguen una evolución paralela al control.



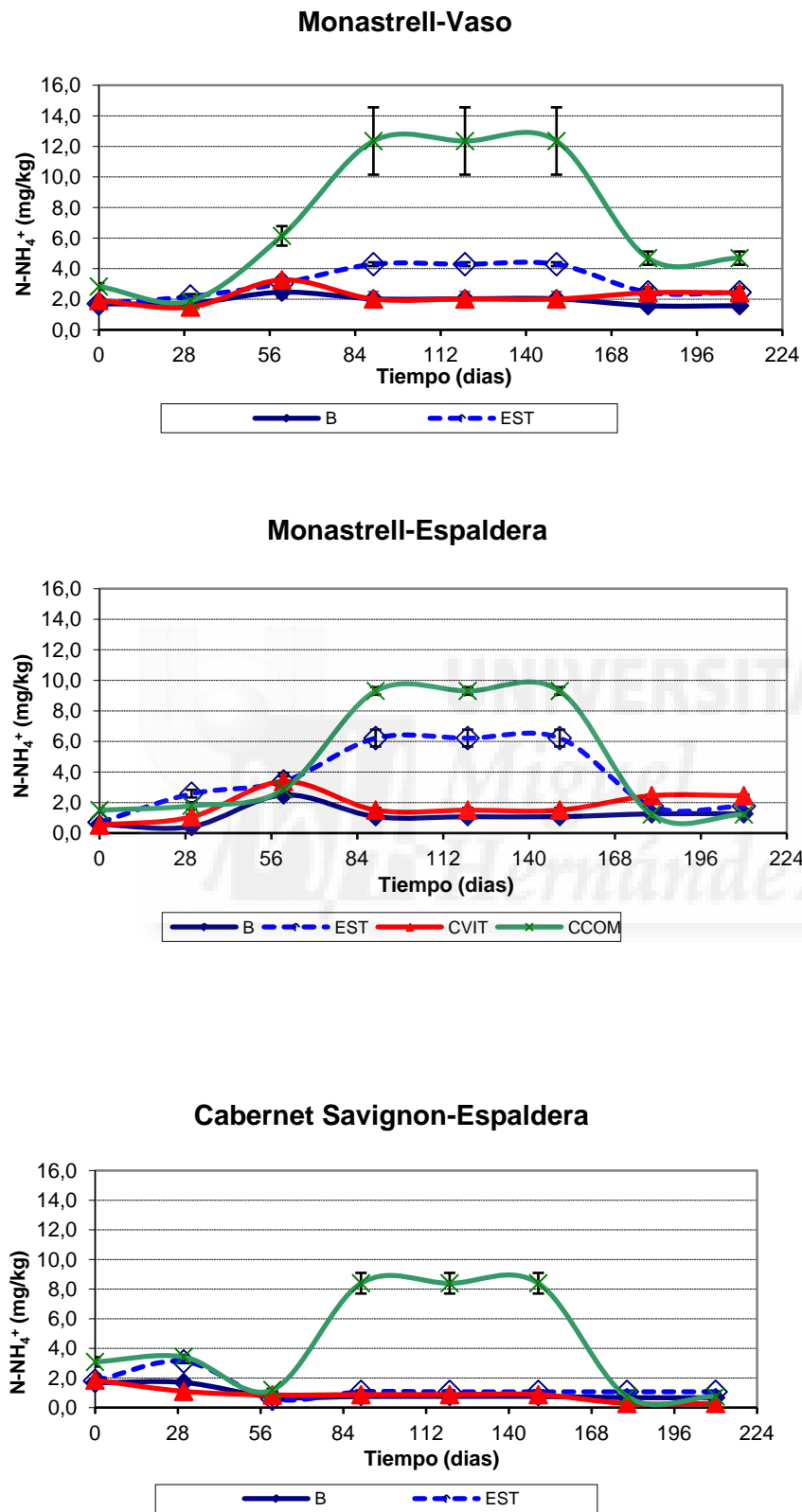
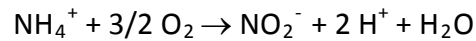


Figura 4.7: Evolución temporal del nitrógeno amónico en el suelo.

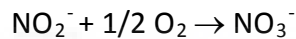
### 4.3.3 Evolución del nitrógeno en forma de nitratos.

La forma nitrogenada inorgánica predominante en el suelo es el nitrato, como producto final de la mineralización del nitrógeno orgánico. El nitrato es la forma principal de utilización de nitrógeno por los vegetales superiores. Cuando las condiciones son favorables, una parte del amonio liberado en el proceso de amonificación es inmediatamente oxidado a nitrato; esto ocurre tras un proceso secuencial:

- I. Las *Nitrosomonas* son responsables de la oxidación de los iones amonio a nitrito.



- II. Los *Nitrobacter* son oxidadoras del nitrito a nitrato.



Además de estas bacterias nitrificadoras autótrofas, existe un pequeño grupo de organismos heterótrofos que incluyen bacterias, hongos y actinomicetos. La actividad nitrificadora de los heterótrofos es muy inferior a la realizada por los autótrofos. Las bacterias nitrificantes requieren un suministro adecuado de calcio, fósforo, cobre y magnesio, aunque no se ha determinado sus exactas necesidades. Otros oligoelementos como hierro, molibdeno, boro, wolframio y vanadio, se consideran estimulantes a concentraciones bajas, pero se transforman en inhibidores a concentraciones superiores al 1%.

En los distintos factores, así como la interacción entre ellos, se apreciaron efectos muy significativos en la evolución del nitrógeno en forma de nitratos, exceptuando la interacción tratamiento y sistema de conducción, donde su influencia en este parámetro fue no significativa. Los valores medios obtenidos del nitrógeno en forma de nitrato fueron superiores en todos los tratamientos respecto al control. El tratamiento EST fue el que produjo un mayor incremento del contenido de  $\text{N-NO}_3^-$  en el suelo en comparación con las otras enmiendas orgánicas estudiadas (Tabla 4.8).

**Tabla 4.8.** Análisis de los efectos generados por la adición de las enmiendas orgánicas, EST-CVIT-CCOM, los nitratos mediante ANOVA doble vía de medidas repetidas.

Parámetro (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/kg))						
Fuente	df	F	P <sup>a</sup>	Contraste	Tratamiento <sup>1</sup>	
Tiempo (T)	7	200,710	***	B	6,8264	a
Tratamiento (TR)	3	857,044	***	EST	30,2653	d
Variedad (V)	1	299,461	***	CVIT	10,2708	b
Sist. Conduc (SC)	1	15,730	***	CCOM	28,0861	c
T x TR	21	52,722	***			
T x V	7	48,168	***			
T x SC	7	11,455	***			
T x TR x V	21	23,842	***			
T x TR x SC	21	13,565	***			
TR x V	3	30,413	***			
TR x SC	3	1,478	NS			

<sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA:

\*\*\*: P<0,001, ns:P>0,05

<sup>1</sup> Valores promedio; los valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (P<0,05).

En la figura 4.8 se muestra la evolución temporal del nitrógeno en forma de nitratos en el suelo de las parcelas estudiadas.

#### Monastrell- Vaso

Los tratamientos CCOM y EST comenzaron con valores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> superiores al CVIT y al control. Los tratamientos CCOM y EST aumentaron los contenidos de este parámetro hasta el día 120, donde el tratamiento EST comenzó a descender hasta alcanzar al final del experimento valores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> similares al control. Sin embargo, en los suelos con CCOM presentaron un acusado descenso de este parámetro en el tiempo 150 días, posteriormente un aumento hasta niveles de 42,35 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/kg de m.s.

### Monastrell Espaldera

En esta parcela la evolución fue similar a la parcela con Monastrell-Vaso. Los tratamientos EST y CCOM comenzaron con niveles de nitratos superiores al control y con un progresivo aumento hasta el día 120, donde ambos tratamientos tuvieron un descenso de este parámetro hasta valores próximos al control. En el tiempo 180 días existe una recuperación de la concentración de  $\text{N-NO}_3^-$  en ambos tratamientos y un leve descenso hacia el final del experimento.

El tratamiento CVIT sigue una evolución similar al control durante todo el desarrollo del experimento. El control se mantiene con valores de este parámetro inferiores al resto de tratamientos durante todo el experimento.

### Cabernet-Sauvignon Espaldera

En esta parcela los tratamientos EST y CCOM mantienen desde el comienzo de la experiencia valores superiores al tratamiento CVIT y al control. El tratamiento EST mostró valores superiores al resto y mantuvo una evolución constante durante el experimento. Por el contrario el tratamiento CCOM mostró una mayor fluctuación con unos máximos de  $\text{N-NO}_3^-$  en los días 60, 120 y 180.

El CVIT muestra valores superiores en esta parcela respecto al resto de parcelas, con aumentos de este anión nitrogenado a partir del tiempo 120 días.

Como se ha observado en la figura 4.7 el contenido en amonio en el suelo fue muy bajo, este bajo contenido en amonio y el aumento de nitratos en el suelo (figura 4.8) sugiere un rápido proceso de nitrificación. Este proceso de nitrificación es considerado beneficioso en la viña, dado que la principal fuente de N usada por este cultivo es el nitrógeno en forma de nitrato (Hunter y Ruffner, 1997; Wilson y col., 1988; Jones y col., 2005a). Zerihun y Treeby (2002) indicaron que gran parte del  $\text{N-NO}_3^-$  es tomado desde las raíces y transportado directamente a la parte aérea de la planta, donde es reducido y asimilado.

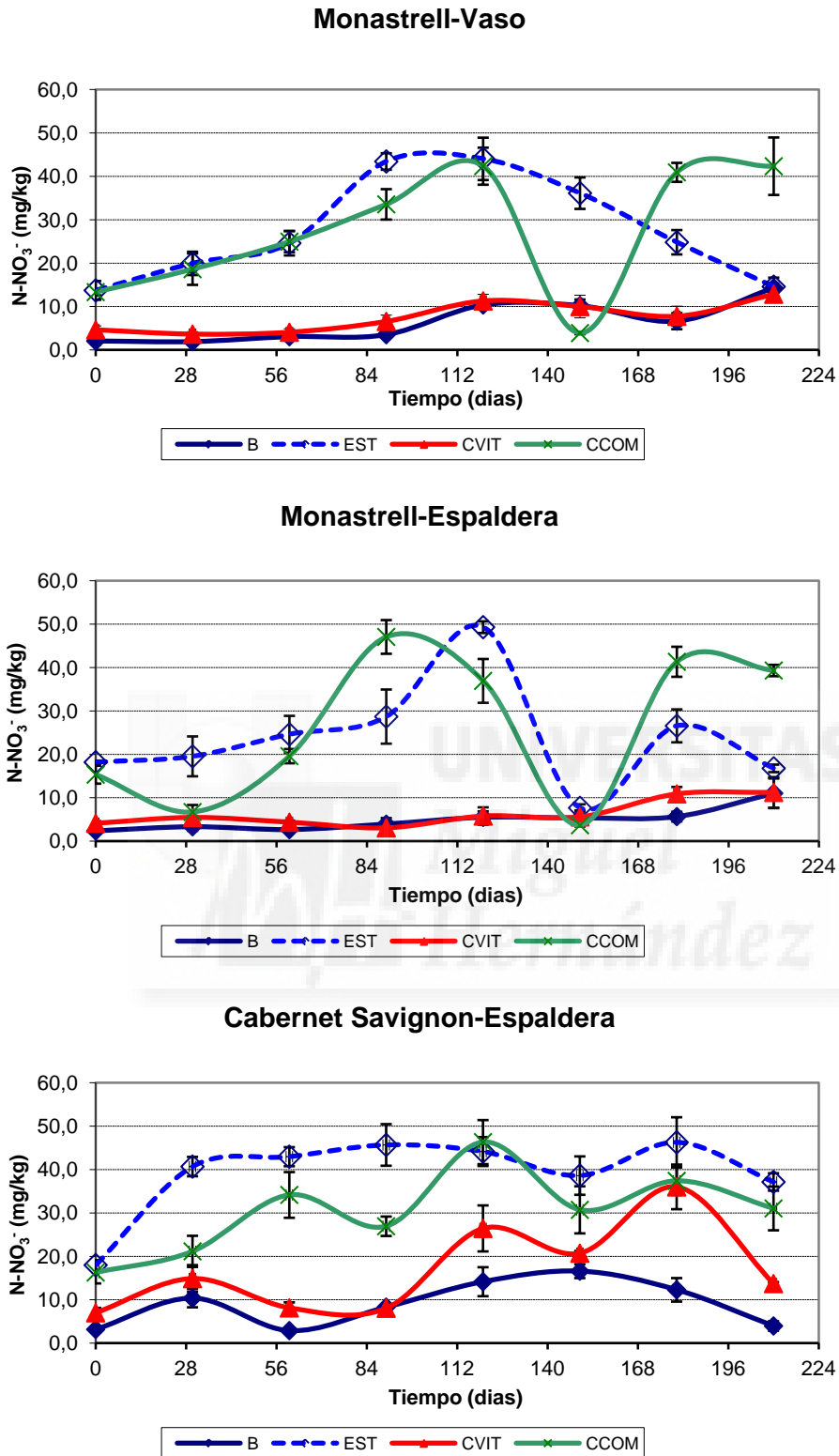


Figura 4.8: Evolución temporal del nitrógeno en forma de nitratos en el suelo.

#### 4.4. Kilogramo Baumé de la uva

Una de las formas más extendidas en la viticultura de medir el rendimiento es el producto de los kilogramos obtenidos en uva y los grados Baumé ( $^{\circ}\text{Be}$ ) de la uva cosechada por cada hectárea de cultivo. El  $^{\circ}\text{Be}$  está directamente relacionado con el contenido de azúcar y la potencial producción de alcohol de la uva de vinificación. Este parámetro es el empleado para el pago de la uva al agricultor a su entrada a la bodega.

En cuanto a los factores estudiados, así como su interacción entre ellos, el análisis estadístico muestra efectos muy significativos de la variedad, sistema de conducción y tratamiento en los  $\text{kg } ^{\circ}\text{Be/ha}$  (Tabla 4.9).

**Tabla 4.9.** Análisis de los efectos generados por la adición de las enmiendas orgánicas, EST-CVIT y CCOM, en el  $\text{kg } ^{\circ}\text{Be}$  mediante análisis univariante.

Kilogramo/ha			
Fuente	df	F	$P^a$
Tratamiento (TR)	3	22,101	***
Variedad (V)	1	15,769	**
Sist. Conduc (SC)	1	96,721	***
TR x V	3	6,777	**
TR x SC	3	14,948	***

<sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA: \*\*\*:  $P < 0,001$ .

<sup>1</sup> Valores promedio; los valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

En la figura 4.9. se observa que las variedades en espaldera obtienen mejores resultados de  $\text{kg } ^{\circ}\text{Be/ha}$  que las variedades de formación en vaso. Esta diferencia es básicamente debida a la mayor densidad de plantación en las parcelas por espaldera. Además, el nº de yemas que se dejan es mayor, como consecuencia más hojas, más racimos y, por tanto, más producción, así como con este sistema de conducción se tiene la opción de dar riegos de socorro a la viña. También, se observan mayores valores de  $\text{kg } ^{\circ}\text{Be/ha}$  en la variedad Cabernet Sauvignon respecto a la variedad Monastrell ambas en formación en espaldera.

En la variedad Monastrell Vaso no existieron grandes diferencias en los valores de  $\text{kg}^{\circ}\text{Be}$  entre los tratamientos. Solo el tratamiento con Estiércol presentó valores de este parámetro significativamente más altos a aquellos del control y compost comercial.

En la parcela Monstrell-Espaldera, las diferencias fueron mayores en los valores de  $\text{kg}^{\circ}\text{Be}$  respecto al control. El tratamiento CCOM mostró los mayores rendimientos superando los  $140.000 \text{ kg}^{\circ}\text{Be}/\text{ha}$ . Los tratamientos EST y CVIT no muestran diferencias significativas entre ellos en rendimiento, pero si con respecto al control.

En el caso de la parcela Cabernet Sauvignon Espaldera, existe una clara diferencia entre todos los tratamientos y el control. Los tratamientos superan los  $120.000 \text{ kg}^{\circ}\text{Be}/\text{ha}$ , y no muestran diferencias significativas entre ellos.

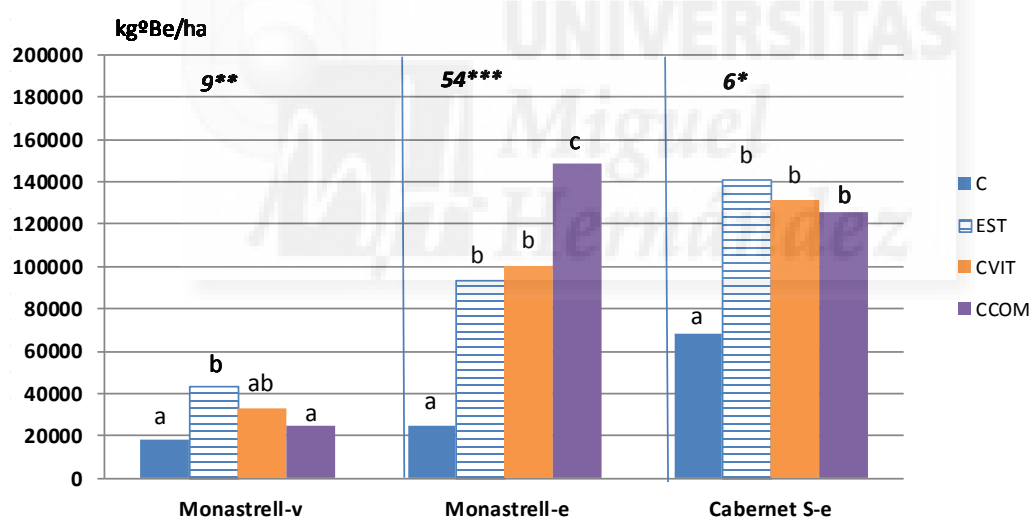


Figura 4.9: Rendimiento de producción en  $\text{kg}^{\circ}\text{Be}/\text{ha}$ .



#### 4.5. Fijación del carbono en la biomasa aérea.

El aumento en el secuestro de carbono por parte del material vegetal, puede estar relacionado con el contenido en nitrógeno de las enmiendas aplicadas. Estudios en un amplio número de viñas de la especie *Vitis vinifera* respondieron con un crecimiento máximo de su parte aérea a aplicaciones superiores 30 mg/L N en programas de fertirrigación. (Zerihun and Treeby, 2002).

En la fijación de carbono en la biomasa aérea, se observaron que todos los factores estudiados, así como sus interacciones, fueron muy significativos, excepto la interacción TRxV que fue no significativa (Tabla 4.10).

**Tabla 4.10.** Análisis de los efectos generados por la adición de las enmiendas orgánicas, EST-CVIT-CCOM, en el carbono secuestrado en el material vegetal mediante análisis univariante.

C secuestrado en material vegetal			
Fuente	df	F	P <sup>a</sup>
Tratamiento (TR)	3	37,417	***
Variedad (V)	1	66,422	***
Sist. Conduc (SC)	1	119,382	***
TR x V	3	0,944	NS
TR x SC	3	16,395	***

<sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA: \*\*\*:

P<0,001, ns:P>0,05

<sup>1</sup> Valores promedio; los valores seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes (P<0,05).

Las gráficas recogen los valores medios de la captación de C de la biomasa aérea, indicándose el porcentaje de carbono de cada una de las fracciones de la planta. Los valores han sido determinados en la uva, raspón, pámpanos y hojas (Figura 4.10.).

#### Monastrell-Vaso

El carbono secuestrado total en las diferentes partes de la biomasa aérea de la planta no mostró diferencias significativas en la mayoría de los tratamientos estudiados. Solo el tratamiento EST produjo una mayor fijación de C en la biomasa aérea de la planta.

### Monastrell-Espaldera

En esta parcela el tratamiento control se mostró por debajo de los demás tratamientos. El tratamiento con mayor contenido de carbono secuestrado en su material vegetal fue CCOM.

### Cabernet Sauvignon-Espaldera

El contenido de carbono acumulado en la parte aérea de la planta en el tratamiento control estuvo en esta parcela por debajo del resto de tratamientos. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en este parámetro entre los tratamientos con fertilización orgánica.

Respectos a los datos obtenidos de fijación de C en la biomasa aérea de la vid, resultados similares fueron encontrados por Peregrina y col. (2012) en viña con laboreo y sin fertilización, con valores de carbono secuestrado de 0,98- 1,19 Mg C/ha y año en racimos y de 1,28-1,75 Mg C/ha y año en hojas+pámpanos. En los resultados obtenidos en este estudio, el C acumulado en el racimo se sitúa en 0,91-1,42 Mg C/ha y año en viñas con fertilización y 0,22 Mg C/ha y año en viñas control de la variedad Monastrell-Espaldera y 1,36-1,52 Mg C/ha y año y 0,734 Mg C/ha y año en viñas con fertilización y control respectivamente de la variedad Cabernet Sauvignon-Espaldera.

Respecto al carbono secuestrado en la parte de hojas y pámpanos las diferencias son mayores en los resultados encontrados por Peregrina y col. (2012) (1,28-1,75 Mg C/ha y año), mientras que los valores encontrados en este estudio estuvieron en torno a los 0,5 Mg C/ha y año en viñas fertilizadas y viñas control en la variedad Monastrell-Espaldera y valores entre 0,506-0,995 Mg C/ha se observaron en la variedad Cabernet Sauvignon-Espaldera en viñas fertilizadas y control.

Carvajal y col 2010, encontraron en viña para uva de mesa, valores en uva de 2,7 Mg C/ha y año y para hojas + pámpanos obtuvieron valores de 1,2 Mg C/ha y año.

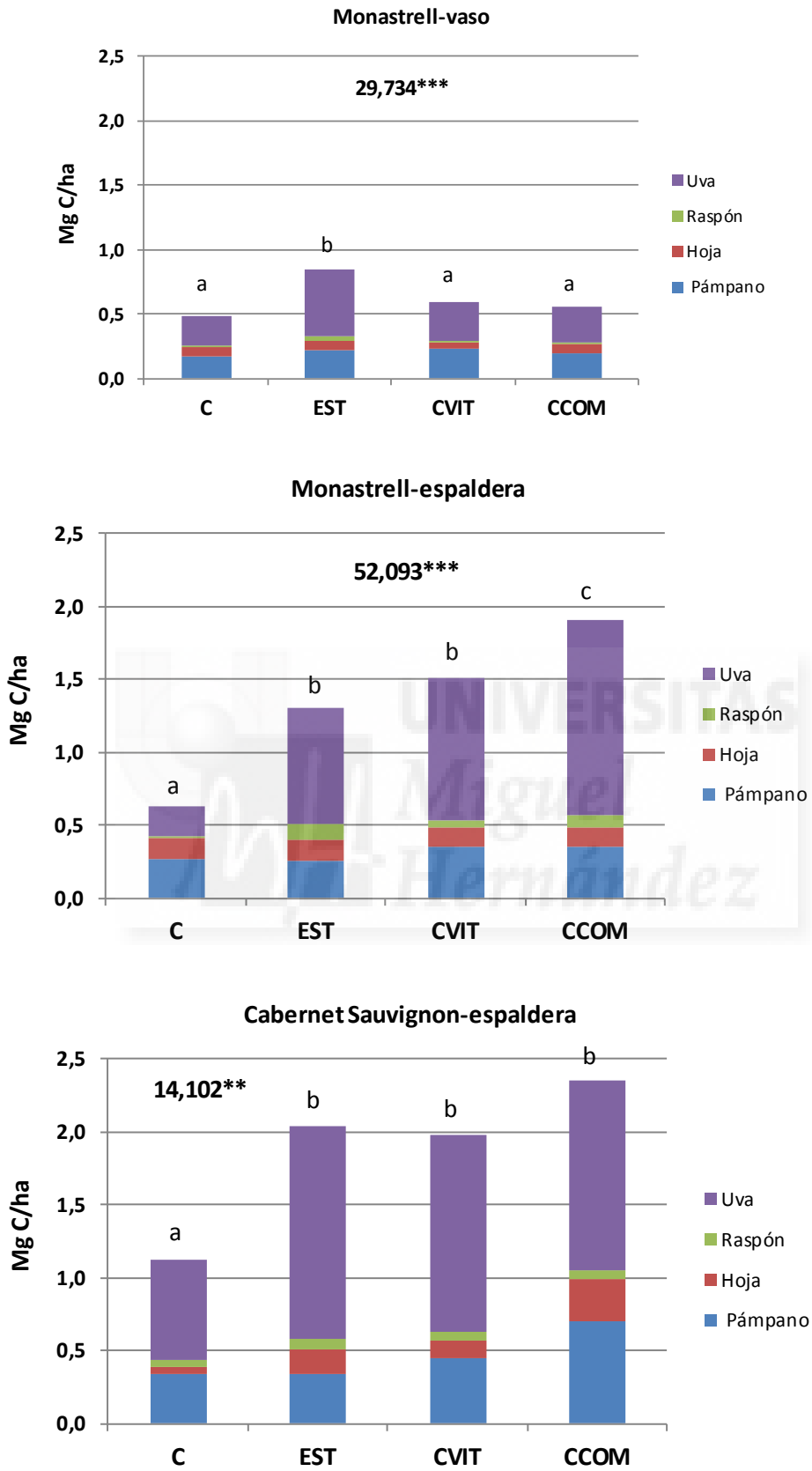


Figura 4.10: Carbono en Mg C/ha secuestrado en el material vegetal.



## **CONCLUSIONES**

## 5. Conclusiones.

Del trabajo realizado se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El pH del suelo descendió en los tratamientos EST y CCOM, lo que puede suponer una mejor asimilación de micronutrientes para la planta, especialmente en el caso del Fe relacionado con la clorosis férrica de las plantas de la zona.
- Las enmiendas orgánicas provocaron un aumento de la conductividad en el suelo, lo que podría restringir el uso de estas enmiendas, especialmente en el caso del tratamiento CCOM.
- El contenido de carbono orgánico fue mayor en todos los suelos enmendados respecto al control, siguiendo el orden decreciente CCOM > EST > CVIT > B. Esto puede suponer una mejora en las propiedades y fertilidad del suelo. Así, también se observa un almacenamiento de carbono en el suelo, siendo este stock de carbono mayor en los suelos con EST.
- En relación a la respiración, parámetro relacionado con la actividad microbiológica del suelo. Se observaron tasas de respiración superiores en los tratamientos enmendados respecto al control al principio de la experiencia, alcanzándose valores similares de este parámetro en todos los tratamientos al final del experimento.
- La adición de las enmiendas orgánicas aumentó del contenido de nitrógeno orgánico del suelo respecto al control, posteriormente este parámetro fue decreciendo al concluir el experimento. Este descenso se produjo principalmente debido a su mineralización en las formas de amonio y de nitrato. El tratamiento CCOM fue el que produjo un mayor aumento de las diferentes formas nitrogenadas del suelo a lo largo del experimento.
- Respecto al contenido en carbono secuestrado en el material vegetal, los niveles de las viñas enmendadas fueron superiores respecto al control en las parcelas con sistema de conducción en espaldera. En el caso de la parcela en

vaso solo el EST aumentó el C acumulado en la biomasa aérea respecto al tratamiento testigo.

- Los valores de  $\text{kg } ^0\text{Be}$  (relacionado con la producción) fueron mayores en las parcelas con sistema de conducción en espaldera, debido al mayor marco de plantación y a la posibilidad de riego de este sistema en comparación con el de vaso. En general, el rendimiento comercial del viñedo fue mayor en las parcelas con fertilización orgánica que en el control. El empleo de **estiércol** fue más adecuado para el caso de la parcela Monastrell-vaso, mientras que el **compost comercial** fue para las parcelas con sistema de conducción en espaldera.
- El efecto de las variables variedad y sistema de conducción sobre los parámetros estudiados fue muy significativo, excepto en el caso del pH, el contenido de C<sub>org</sub> y el secuestro de carbono en el suelo.
- Como conclusión final, de este trabajo, se pone de manifiesto que las enmiendas orgánicas suponen una mejora en la fertilidad del suelo traducida en un mayor rendimiento del cultivo. Así como, un aumento del carbono procedente de la atmósfera en la planta y un almacenamiento en el carbono del suelo. Que manifiesta el carácter de sumidero de carbono de este cultivo.



## **BIBLIOGRAFÍA**

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Acea, M.J., Carballas, T. 1996b.** Microbial response to organic amendment in a forest soil. *Bioresource Technology* 57: 193-199.
- Abrisqueta, C. y Romero, M. 1969.** Digestión húmeda rápida de suelos y materiales orgánicos. *Anal. Edafología Agrobiol*, 27, 855-867.
- Agencia Estatal de Meteorología 2014.** [www.aemet.es](http://www.aemet.es)
- Akassou, A., Kaanane, A., Crolla, A., Kinsley, C. 2010.** Statistical modeling of the impact of some polyphenols on the efficiency of anaerobic digestion and co-digestion of the wine distillery wastewater with dairy cattle manure and cheese whey. *Water Science Technology*, 62, (475-483).
- Alexander, M. 1967.** Introduction to soil microbiology. 491 p. John Wiley & Sons, New York.
- Anderson, J.P.E. 1982.** Soil Respiration. En: methods of Soils Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph nº 9 (2<sup>nd</sup> Edition). ASSA-SSSA, Madison, USA. 831-871.
- Arvanitoyannis, I., Ladas, D., Mavromatis, A. 2006a.** Potential uses and applications of treated wine waste: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 41: 475-487.
- Arvanitoyannis, I., Ladas, D., Mavromatis, A. 2006b.** Wine waste treatment methodology. *International Journal of Food Science and Technology*, 41: 1117-1151.
- Bertrán, E., Sort, X., Soliva, M., Trillas, I. 2004.** Composting winery waste: sludges and grape stalks. *Bioresource Technology*, 95: 203-208.
- Beltrán de Heredia J., Domínguez J.R., y Partido E. 2005.** Physico-chemical treatment for the depuration of wine distillery wastewater (vinasses). *Water Science and Technology*. 51(1): pp 159-166.



- Beltrán, F.J., García-Araya, J.F y Álvarez, P(2001).** pH sequential ozonation of domestic and winery distillery wastewaters. *Waster Research*, 35: 929-936.
- Borken, W., Muhs, A., Beese, F. (2002).** Application of compost in spruce forest: effects on soil respiration, basal respiration and microbial biomass. *Forest Ecology and Management* 159: 49-58.
- Brady, N.C. and Weil, R.R. (2004).** *Elements of the Nature and Properties of Soils*, 2/E. Ed. Pearson Prentice Hall, N.J.
- Bremner, J.M. y Breitenbeck, G.A., 1983.** A simple method for determination of ammonium in semimicro-kjeldahl analysis of soils and plant materials using a block digester. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 14: 905-913.
- Brito, E. 2008.** Optimización del compostaje de residuos procedentes de la elaboración de cerveza en la isla de Tenerife. Trabajo Fin de Master. Universidad Miguel Hernández.
- Bustamante, M.A., Paredes, C., Marhuenda-Egea, F.C., Pérez-Espinosa, A., Bernal, M.P., Moral, R. 2008b.** Co-composting distillery wastes with animal manure: carbon and nitrogen transformations and evaluation of compost stability. *Chemosphere*, 72: 551–557.
- Bustamante, M.A., Moral, R., Paredes, C., Pérez-Espinosa, A., Moreno-Caselles, J., Pérez-Murcia, M.D. 2008a.** Agrochemical characterisation of the solid by products and residues from the winery and distillery industry. *Waste Management*, 28: 372-380.
- Bustamante, M.A., Paredes, C., Moral, R., Moreno-Caselles, J., Pérez-Murcia, M.D., Pérez-Espinosa, A., Bernal, M.P. 2007.** Co-composting of distillery and winery wastes with sewage sludge. *Water Science and Technology*, 56 (2): 187-192.
- Bustamante, M.D. Pérez-Murcia, C. Paredes, R. Moral, A. Pérez-Espinosa, J. Moreno-Caselles 2007a** Short-term carbon and nitrogen mineralisation in soil amended with winery and distillery organic wastes. *Bioresource Technology*, 97. (3269-3277)

- Bustamante, M.A., Paredes, C., Moral, R., Moreno-Caselles, J., Pérez Espinosa, A., Pérez-Murcia, M.D. 2005.** Uses of winery and distillery effluents in agriculture: Characterisation of nutrient and hazardous components. *Water Science and Technology*, 51: 145-151.
- Carvajal, M., Mota, C., Alcaraz-López, M.I, Martilnez-Ballesta, M.C. 2010** Investigación sobre la absorción de CO<sub>2</sub> por los cultivos más representativos de la Región de Murcia. Consejería de agricultura y agua. INICIATIVAS PARA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO. Consejería de agricultura y agua de la Región de Murcia. Pp 65-91.
- Cescas, M. P. 1978.** Table interprétative de la mesure du pH des sols du Québec par quatre méthodes diferentes. *Naturaliste Can.* 105pp. 259-263.
- Christen, E.W. Quayle, W.C, Marcoux, M.A., Arienzo , M Jayawardane, N.S. 2010.** Winery wastewater treatment using the land filter technique. *Journal of Environmental Management*, 9(1665-4673).
- Conant, R.T., Klopatek, J.M., Klopatek, C.C. 2000.** Environmental factors controlling soil respiration in three semiarid ecosystems. *Soil Science Society of America Journal* 64: 383-390.
- Cox P.M, Betts R.A, Jones C.D., Spall S.A., Totterdell, I.J. 2000.** Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model *Nature*, 408 (2000), pp. 184–187
- Davidson, E.A., Belk, E., Boone, R.D. 1998.** Soil water content and temperature as independent or confounded factors controlling soil respiration in a temperate mixed hardwood forest. *Global Change Biology* 4: 217-227.
- Directiva del consejo 91/676/CEE, de 12 de diciembre de 1991.** Relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura.
- Dommergues, Y.R. y Mangenot, F. 1970.** *Ecologie microbiana du sol.* Masson, París.

- Dorich, R.A. y Nelson, D.W. 1983.** Direct colorimetric measurements of ammonium in potassium chloride extracts of soils. *Soil Science Society of America Journal*, 47: 833-836.
- FAO 2014.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. Analysis. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/QC/S>
- Ganesh, R., Rajinikanth, R., Thanikal, J.V., Ramanujam, R.A., Torrijos, M. 2010.** Anaerobic treatment of winery wastewater in fixed bed reactors. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 33: 619-628.
- Galli, E., Pasetti, L. Volterra, E. y Tomati, U. 1996.** Compost from olive processing industry wastewaters. *Atti VII Congresso Internazionale: L'approccio Integrato della Moderna Biologia: Uomo, Territorio, Ambiente*. Vieste, Italia. pp. 185-189.
- Guerrero Maestre, C. 2003.** Uso de diferentes residuos orgánicos en la restauración de suelos forestales quemados. Tesis Doctoral. Dpto. de Agroquímica y Medio Ambiente (UMH), Elche.
- Honeycutt, C.W., Portar, L.J., Halteman, W.A., 1991.** Characterization of peat samples by diffuse reflectance FT-IR spectroscopy. *Applied Spectroscopy*, 42: 255-262.
- Hortenstine C.C., Rothwell, D.F. 1972.** The use of municipal compost in reclamation of phosphate-mining sand tailings. *Journal of Environmental Quality* 1: 415-418.
- Hunter, J.J., Ruffner, H.P., 1997.** Diurnal and seasonal changes in nitrate reductase activity and nitrogen content of grapevines: effect of canopy management. *Vitis* 36, 1-6.
- Ingelmo, F. 2013.** Efecto de la Aplicación de Residuos Orgánicos Tratados y Estabilizados sobre las propiedades Físicas y Químicas del suelo. Master Universitario de Gestión Tratamiento y Valorización de Residuos Orgánicos. Universidad Miguel Hernández de Elche.
- IPCC. 1990.** *Climate change*, Cambridge University Press, Cambridge UK (1990).

- Jones, D.L., Healey, J.R., Willett, V.B., Farrar, J.F., Hodge, A., 2005a.** Dissolved organic nitrogen uptake by plants—an important N uptake pathway? *Soil Biology & Biochemistry* 37, 413–423.
- Juste, C. 1980.** Avantages et inconvénient de l'utilisation des composts d'ordures ménagères comme amendement organique des sols ou supports de cultures. *Jornadas Internacionales sobre el compost*. 15 p. Madrid.
- Kara, S., Gurbulak, E., Eyvaz, M., Yuksel, E. 2013.** Treatment of winery wastewater by electrocoagulation process. *Desalination and Water Treatment*, 51: 5421-5429.
- Keeney, A.C. y Nelson, D.W. 1982.** Nitrogen-inorganic forms. En: Page y col., (Eds.), *Methods of Soils Analysis: Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, 2<sup>nd</sup> ed., American Society of Agronomy, Madison, WI, 643-697.
- KEPOS, 2000.** Impactos ambientales en la bodega. Fundación Caja Rioja. Logroño. p. 24.
- Kitson, R.E. y Mellon, M.G. 1944.** Colorimetric determination of P as molibdovanado phosphoric acid. *Eng. Chem. Anal. Ed.*, 16: 379-383.
- Knudsen, D.; Peterson, G.A. y Partt. P.F. 1982.** Lithium, Sodium and Potassium. En: ASA-SSSA (Eds.). *Methods of soil analysis*. Madison, vol. 2, 225-246.
- Lackner, K.S., 2002.** "Carbonate chemistry for sequestering fossil carbon". *Annual Review of Energy and the Environment* 27, 193-232.
- Lal R. 1997.** "Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO<sub>2</sub>-enrichment". *Soil Tillage Res* 43:81–107.
- Le Villio, M Arrouays, D., Deslais, W., Daroussin, J., Le Bissonnais, Y. y Clergeot, D. 2001.** Estimating the amount of exogenous organic matter needed to restore and maintain French loamy soils at a given organic level. En: Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management (Austria) y Unión Europea (ed). *Applying compost. Benefits and needs*, pp. 103-111. Bruselas.

**Ley 24/2003, de 10 de julio del 2003**, de la Viña y del Vino, (BOE 165, 11/07/2003 DOCV, 2011).

**Lloannou .A., Michael C., Vakondios N, Drosou K., Xekoukoulotakis N.P, Diamadopoulous E. , Fatta-Kassinou, D. 2013** Winery wastewater purification by reverse osmosis and oxidation of the concentrate by solar photo-Fenton. Separation and Purification Technology 118, (659-699)

**Madejón, E., Díaz, M.J., López, R., Cabrera, F. 2001.** Co-composting of sugarbeet vinasse: influence of the organic matter nature of the bulking agents used. Bioresource Technology, 76: 275-278.

**MAGRAMA (2014).** Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. Gobierno de España. Superficies de cultivos y producciones (cultivos y producciones 2012) (Anuario de estadística). <http://www.magrama.gob.es/>

**Monterroso, C., Gil Bueno, A., Pérez Varela, S., Macías, F. 2004.** “Restauración de suelos de mina: contribución a la fijación de carbono en el ecosistema terrestre”. Edafología, 11: 135-148.

**Moral, R., Pérez-Murcia, M.D., Moreno-Caselles, J. 2014.** Temario Estrategias contra la erosión, degradación y el cambio climático. Grado ingeniería agroalimentaria y agroambiental.

**Musee, N., Lorenzen, L. y Aldrich, C. 2007.** Cellar waste minimization in the wine industry: a systems approach. Journal of Cleaner Production, 15: 417-431

**M.A.P.A, 1994.** Métodos oficiales de análisis. Volumen III. Ed. Secretaría Técnica General, Madrid.

**Nannipieri, P.; Greco, S. y Ceccanti, B. 1990.** Ecological significance of the biological activity in soil. En: J.M. Bollag and G. Stozky (Eds.). Soil Biochemistry, vol 6. Marcel Dekker. New York.

**Navarro Blaya, S. y Navarro García. G. 2000.** El Suelo y los Elementos Químicos Esenciales para la Vida Vegetal.

- Navarro, A.F., Cegarra, J., Roig, A. y Bernal, M.P. 1991.** An automatic microanalysis method for the determination of organic carbon in wastes. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 22, 2137-2144.
- Olsen, S.R. and L.E.Sommers.1982.** Phosphorus. p 403-430. In: A.L. Page et al. (eds.) *Methods of soil analysis, part 2. Agron. Mongr.*9. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Orchad, V.A., Cook, F. 1983.** Relationship between soil respiration and soil moisture. *Soil Biology & Biochemistry* 15: 447-453.
- Orden AAA/1072/2013, de 7 de Junio,** sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario.
- Orden 5/2011, de 16 de noviembre, de la Conselleria de Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua.** Por la que se aprueba el texto del reglamento y pliego de condiciones de la Denominación de Origen Protegida Alicante y su consejo regulador
- Paredes, C Cegarra, J,Roig, A ,Sanchez-Monedero, MA ,Bernal, MP 1999.** Characterization of olive mill wastewater (alpechín) and its sludge for agricultural purposes *BIORESOURSE TECHNOLOGY* 67: 111-115
- Peregrina, F., Pérez-Álvarez, E. P., García-Escudero, E. 2012** EFECTO DE DOS TIPOS DE CUBIERTAS VEGETALES EN LA ASIMILACIÓN DE CARBONO POR LA BIOMASA ÁEREA Y EN EL SECUESTRO DE CARBONO DEL SUELO DE UN VIÑEDO DE LA D.O.Ca RIOJA (ESPAÑA). II Workshop Red Remedia.
- Porta, J.; López Acevedo, M. y Rodríguez, R. 1986.** Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. Ed. Mundi-Prensa. pp 807.
- Porta, J.; López-Acevedo, M. y Rodríguez, R. 1986.** Técnicas y Experimentos en Edafología. Ed. Col.legi Oficial d'Enginyers Agrònoms de Catalunya, Barcelona.
- Primo, E. y Carrasco, J.M., 1980.** Química Agrícola I. Suelos y fertilizantes. Ed. Alhambra, Madrid.

- Quayle, W.C., Christen, E.W., Jayawardane, N.S., Blackwell, J., Corell, R., Fattore, A., 2006.** Innovation in management of wastewater in the Australian wine industry. Aust. N. Z. Grapegrow. Winemak., 41-49.
- Ranalli, G., Bottura, G., Taddei, P., Garavani, M., Marchetti, R., Sorlini, C. 2001.** Composting of solid and sludge residues from agricultural and food industries. Bioindicators of monitoring a compost maturity. Journal of Environmental Science and Health, Part A, 36: 415-436.
- Real Decreto 506/2013 del 28 de Junio,** sobre productos fertilizantes.
- Reglamento (CE) Nº 491/2009 del consejo de 25 de mayo de 2009,** que modifica el RE (CE) nº 1234/2007 por el que se crea una organización común de mercados agrícolas y se establecen disposiciones específicas para determinados productos agrícolas.
- Rodríguez, L., Villaseñor, J., Fernández, F.J., Sánchez, V. 2006.** Co-composting winery sludge with different Biowastes. Proceeding IV Internacional Specialized Conference on Sustainable Viticultura: Winery Wastes and Ecologic Impact Management, pp. 227-234. Viña del Mar, Chile.
- Sánchez-Monedero, M.A., Mondini, C., de Nobili, M., Leita, L., Roig, A., 2004.** Land application of biosolids. Soil response to different stabilization degree of the treated organic matter. Waste Manage. 24, 325–332.
- Saña, J., More, J. C., Cohí, A. 1996.** La gestión de la fertilidad de los suelos. Ministerio de agricultura pesca y alimentación.
- Sempere, A.; Oliver, J. y Ramos, C. 1993.** Simple determination of nitrate in soils by second-derivate spectroscopy. J. Soil Sci., 44: 633-639.
- SIAR. 2013** Red de estaciones agrometeorológicas de SiAR. Disponible en <http://eportal.magrama.gob.es/websiar/SeleccionParametrosMap.aspx?dst=1>
- SIGPAC.** Disponible en: <http://sigpac.magrama.es>; en mayo 2014.

- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, R.B. Alley, T. Berntsen, N.L. Bindoff, Z. Chen, A. Chidthaisong, J.M. Gregory, G.C. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B.J. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T.F. Stocker, P. Whetton, R.A. Wood y D. Wratt. 2007.** “Technical Summary”. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge y New York: Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor y H.L. Miller ed. Pp, 25.
- Stotzky, G. 1972.** Activity, ecology and population dynamics of microorganisms in soil. *Critical Reviews in Microbiology* 2: 59-137.
- Stotzki, G. 1965.** Microbial respiration. En: *methods of Soils Analysis, Part 2. Agronomy: 1550-1572*. Black, C. A. y col. (Eds.). ASA, Madison, USA.
- Strong PJ. and Burgess JE, 2008.** Treatment methods for wine-related ad distillery wastewaters: a review. *Bioremediation Journal* 12: 70-87.
- Torrijos, M. y Moletta, R. 2000.** Efluentes vinícolas y procedimientos de tratamiento. En: *Enología: fundamentos científicos y tecnológicos*. Ed. C. Flanzky. AMV Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 769-783.
- Trumbore, S.E. 1997.** Potential responses of soil organic carbon to global environmental change *Proc Natl Acad Sci*, 94 (1997), pp. 8284–8291
- Urbano Terrón, P. 1988** Tratado de fitotecnia genera. Mundi-Prensa, 1992 pg 895
- Vallejo, V.R., Díaz Fierros, F., De La Rosa, D. 2005.** Impacto sobre los recursos edáficos. En: *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*. Moreno J.M. (ed.). Secretaría General Técnica MMA, Madrid. 355-398 pp.
- Vogt, J. y Lemperle, W. 1986.** El vino: obtención, elaboración y análisis. Ed. Acribia S.A.



- Walkley, A. y 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.
- Watanabe, F.S., Dean, L.A., 1954.** Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Department of Agriculture. Circular 939.
- West and Six, . 2007.** Considering the influence of sequestration duration and carbon saturation on estimates of soil carbon capacity *Climatic Change*, 80 (2007), pp. 25–41.
- Whiteside, P.J. y Milner, B.A. 1984.** Pye Unicam atomic absorption data book. Pye Unicam Ltd, Cambridge, Reino Unido.
- Wilson, L.T., Smilanick, J.M., Hoffmann, M.P., Flaherty, D.L., Ruiz, S.M., 1988.** Leaf nitrogen and position in relation to population parameters of pacific spider-mite, *Tetranychus pacificus* (Acari, Tetranychidae) on grapes. *Environmental Entomology* 17, 964–968.
- Yeomans, J. y Bremner, J.M., 1989.** A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 19: 1467-1476.
- Zerihun, A., Treeby, M.T., 2002.** Biomass distribution and nitrate assimilation in response to N supply for *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon on five *Vitis* rootstock genotypes. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 8, 157–162.