

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**  
**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA**  
**GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y AGROAMBIENTAL**



**“ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ENMIENDA ORGÁNICA EN  
LA CALIDAD DE LA UVA MONASTRELL EN LA D.O.  
PROTEGIDA DE ALICANTE”**

TRABAJO FIN DE GRADO

Septiembre-2014

Autor: M<sup>a</sup> Soledad Pina Hernández

Tutor/es: Concepción Paredes Gil

Antonio José Marín Martínez



**Título:** ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ENMIENDA ORGÁNICA EN LA CALIDAD DE LA UVA MONASTRELL EN LA D.O. PROTEGIDA DE ALICANTE

**RESUMEN:**

En este trabajo se ha estudiado la contribución del sistema de conducción, vaso o espaldera, y del uso de distintos materiales orgánicos, estiércol y compost, como enmienda orgánica en el cultivo del viñedo, de la variedad Monastrell, destinado a vinificación. Para ello, se ha analizado la incidencia de estos factores en la producción y en algunos parámetros de calidad enológica en fruto, como contenido en azúcares, acidez, Índice de polifenoles, etc. Este trabajo se realizó en condiciones de campo en la Comarca del Vinalopó Medio, en el Municipio de Monóvar dentro de la Denominación de Origen Protegida de Alicante.

De los resultados obtenidos, se pone de manifiesto la capacidad de las enmiendas orgánicas ensayadas en este experimento de constituir la fuente única de nutrientes para un cultivo comercial de viña, con la obtención adicional de un incremento de la fertilidad del suelo frente a opciones de manejo no orgánicas, sin menoscabo del rendimiento o la calidad del fruto.

**Palabras clave:** Enmiendas orgánicas, D.O.P. Alicante, Monóvar, uva Monastrell, Calidad enológica.

**Title:** STUDY OF THE EFFECT OF ORGANIC AMENDMENT MONASTRELL GRAPE QUALITY IN PROTECTED DENOMINATION OF ORIGIN ALICANTE

**ABSTRACT:**

In this work, the contribution of the conduction system, vessel or trellis, and the use of compost and manure, as organic amendment, has been studied in the Monastrell vineyard for winemaking. These objectives were carried out by analyzing the impact of the above factors on the production and some quality parameters of grape, as sugar content, acidity, polyphenols index, etc. This work was conducted under field conditions in the region of Middle Vinalopó, in Monovar within the Protected Denomination of Origin Alicante.

From the data obtained it can be concluded that the organic amendments used in this experiment can be a source of nutrients for commercial cultivation of vine and increase soil fertility compared to non-organic management options, with no reduction in yield or fruit quality.

**Keywords:** Organic amendments, Protected Denomination of Origin. Alicante, Monóvar, Monastrell grape, winemaking Quality.

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mi sincera gratitud a todas las personas que han hecho posible la realización de este Trabajo de Investigación:

A Dra. Concepción Paredes Gil, profesora Titular de Universidad, del Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente, en el área de Edafología y Química Agrícola de la Universidad Miguel Hernández y Directora de este Trabajo

A Antonio José Marín Martínez, Doctorando en el Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente, en el área de Edafología y Química Agrícola de la Universidad Miguel Hernández y Codirector de este Trabajo. Gracias por haber me dejado participar en un cachito de tu tesis.

A Dra. M. Ángeles Bustamante, por su gran apoyo técnico, teórico y físico y por su paciencia para explicarme todo lo que desconocía.

Al Dtor. Raúl Moral Herrero, Dra. M<sup>a</sup> Dolores Pérez Murcia, Dra. Aurelia Pérez Espinosa y Enrique Agulló Ruiz del Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente, en el área de Edafología y Química Agrícola de la Universidad Miguel Hernández. Son mis guías en el laboratorio donde desempeño mi trabajo actualmente.

A mi compañero José Joaquín García Díez y Angélica García González, por esos divertidos ratos de campo, sin ellos no hubiera soportado la vendimia.

A todos los del Departamento de Tecnología Agroalimentaria de la Universidad Miguel Hernández, donde aprendí gran parte de lo que ahora se para trabajar en un laboratorio, con magníficos investigadores.

A mi marido Santiago, por su inmensa ayuda, sin él no hubiera realizado este Trabajo Fin de Grado.

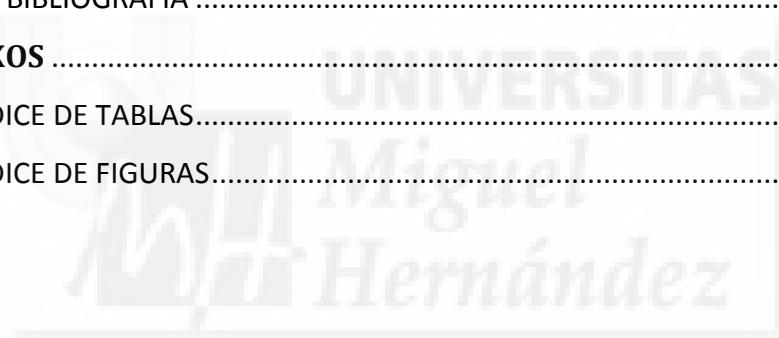
A mis hijos, por aguantarme.

Por último, a todos aquellos que durante este tiempo se han interesado por el desarrollo de este Trabajo, muchas gracias.

## INDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	7
1.1.	DENOMINACIÓN DE ORIGEN PROTEGIDA ALICANTE .....	7
1.1.1.	Zona de Producción .....	8
1.1.2.	El Clima.....	9
1.1.3.	El Suelo.....	10
1.1.4.	Normativa de la D.O. Protegida de Alicante.....	10
1.2.	LA IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO.....	17
1.2.1.	Efectos sobre las propiedades físicas .....	18
1.2.3.	Efectos sobre las propiedades químicas.....	18
1.2.4.	Efectos sobre las propiedades biológicas .....	19
1.3.	LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA.....	19
1.3.1.	Descripción general.....	19
1.3.2.	Producción y composición de residuos .....	20
1.3.3.	Gestión y aprovechamiento de los residuos.....	24
1.4.	CALIDAD DE LA UVA PARA VINIFICACIÓN.....	27
2.	OBJETIVOS .....	37
3.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	38
3.1.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	38
3.2.	DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	45
3.2.1.	Preparación.....	45
3.2.2.	Muestreo.....	47
3.3.	MÉTODOS ANALÍTICOS .....	48
3.3.1.	Suelos.....	48
3.3.2.	Residuos orgánicos .....	51
3.3.3.	Material vegetal.....	53
3.4.	MÉTODOS ESTADÍSTICOS .....	55
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	56
4.1.	PRODUCCIÓN Y PARÁMETROS MORFOLÓGICOS DE LA UVA .....	56
4.1.1.	Rendimiento comercial del viñedo .....	56
4.1.2.	Número de racimos por planta.....	57

4.2. PARÁMETROS DE CALIDAD RELACIONADOS CON ACIDEZ Y CONTENIDO DE AZÚCARES.....	58
4.2.1. Kilogramos Baumé .....	58
4.2.2. Grados Baumé.....	60
4.2.3. Acidez total (g/L de ac. Tartárico).....	61
4.2.4. pH.....	62
4.3. PARÁMETROS DE CALIDAD RELACIONADOS CON COMPUESTOS POLIFENÓLICOS .....	64
4.3.1. Índice de Polifenoles Totales (IPT).....	64
4.3.2. Antocianos totales (mg/L).....	65
4.3.3. Antocianos extraíbles (mg/L) .....	67
4.3.4. Extractabilidad antocianos (%) .....	68
5. CONCLUSIONES.....	70
6. BIBLIOGRAFÍA .....	71
<b>ANEXOS</b> .....	79
ÍNDICE DE TABLAS.....	79
ÍNDICE DE FIGURAS.....	80



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. DENOMINACIÓN DE ORIGEN PROTEGIDA ALICANTE

Alicante y sus vinos han destacado en el panorama vinícola en la última década. Los responsables de este hecho han sido por un lado, los agricultores con un cultivo más esmerado y técnico de sus parcelas y por otro, las bodegas con sus continuas renovaciones y mejoras en infraestructura, procesos y su constante adaptación a los nuevos tiempos y gustos del consumidor. A ello hay que unir la excelente relación calidad-precio de los vinos. Todo ello, apoyado y controlado por el Consejo Regulador de la Denominación de Origen Protegida (DOP) Alicante (Vinos de Alicante DOP. 2014a)

El Consejo Regulador de la D.O.P. Alicante se creó en el año 1957 para gestionar la Denominación de Origen que había sido reconocida en el año 1932. Su actual sede se encuentra en la ciudad de Alicante y desde aquí se realiza:

- La certificación del origen “Alicante”.
- La promoción de esa misma certificación y de la cultura vitivinícola de Alicante.

Actualmente es una “corporación de derecho público”, independiente de cualquier organismo, pero con algunas de sus actividades de control, tuteladas por la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Sus principales patrocinadores son la misma Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación (a través de las Ayudas para la promoción de la calidad, internacionalización, etc.) y la Diputación Provincial de Alicante.

Así mismo colaboran en su labor de promoción otros organismos como la Cámara de Comercio de Alicante, el ICEX (Instituto de Comercio Exterior) o el IVEX (Instituto Valenciano de la Exportación) junto con otros organismos e instituciones de toda la provincia.

Las tierras de cultivo se dividen en dos áreas bien diferenciadas:

La más extensa es la ribera del río Vinalopó, que se extiende detrás de la ciudad de Alicante. En esta zona, la uva Monastrell comparte los viñedos con otras variedades nuevas.

La segunda zona es La Marina, situada en la costa norte e incorporada a la D.O. en 1987. Mucho más pequeña, en ella dominan las uvas Moscatel, que prosperan en un clima cálido y húmedo.

### 1.1.1. Zona de Producción

Nº de municipios inscritos: 101 (Figura 1)

- Municipios de L'Alacantí: Alicante
- Municipios de L'Alcoià: Banyeres de Mariola, Castalla, Ibi, Onil, Tibi, Alcoy, Benifallim y Penáguila.
- Municipios de El Comtat: Alfafara, Alcolecha, Alcocer de Planes, Agres, Muro de Alcoy, Gayanes, Beniarrés, Benimasot, Lorcha, Planes, Tollos, Facheca, Famorca, Quatretondeta, Benasau, Gorga, Millena, Balones, Benilloba, Benillup, Alquería de Aznar, Almudaina, Benimarfull y Cocentaina.
- Municipios del 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 pagos vitícolas y bodegas situados en la provincia de Murcia y aledaños a la de Alicante, en 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 de Jumilla; y Hoyas y Raspay, del término municipal de Yecla.
- Municipios del Bajo Vinalopó: Elche, Crevillente y Santa Pola.
- Municipios de la Marina Alta: Alcalalí, Beniarbeig, Benichembla, Benidoleig, Benimeli, Benissa, Benitachell, Calpe, Castell de Castells, Dénia, Els Poblets, Gata de Gorgos, Llíber, Murla, Ondara, Orba, Parcent, Pedreger, Sagra, Sanet y Negrals, Senija, Teulada, Rafól de la Almunia, Tormos, Vall de Laguart, El Verger, Jávea y Xaló.
- Municipios de la Marina Baja: Benidorm, Alfaz del Pí, Altea, Finestrat, La Nucía, Polop de La Marina, Guadalest, Benimantell, Benifato, Confrides, Sella, Beniardá, Bolulla, Relleu, Villajoyosa y Orcheta.
- Los viñedos dentro de la demarcación del "Parque Natural de las Lagunas de la Mata y Torrevieja".

Las parcelas objeto de estudio se encuentra en el municipio de Monóvar, perteneciente a la Denominación de Origen Protegida Alicante.





ascendente. Son lluvias derivadas de masas de aire inestables y no provocadas por los frentes, que pueden ser muy fuertes y suelen provocar inundaciones "La Gota Fría". Son más probables en otoño donde las irrupciones de aire frío se encuentran con un mar que aún está cálido. (Muñoz Moreno, 2009).

### **1.1.3. El Suelo**

Los suelos de la Denominación de Origen Protegida Alicante son areno-francos y arenosos, y tienen por tanto una granulometría y textura especialmente aptos para el cultivo de la vid. Son suelos con elevada porosidad y permeabilidad, que facilitan el drenaje y evitan la retención de agua. De esta forma se evita la proliferación de hongos fitopatógenos. El suelo se caracteriza por su elevado nivel de caliza, nula o casi nula acumulación de arcilla y escaso nivel orgánico, destacando la riqueza en minerales. Con la materia orgánica y la fertilización adecuada del suelo con sales de hierro, los suelos de la D.O.P. Alicante son óptimos para la vid, tal y como se concluye en el Informe del Proyecto de Zonificación de la D.O. Protegida Alicante publicado por el Grupo de Investigación Aplicada en Agroquímicos y Medio Ambiente de la Universidad Miguel Hernández de Elche (Vinos de Alicante DOP. 2014c).

### **1.1.4. Normativa de la D.O. 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. Su actividad está regulada por la 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. [2011/12096]. Esta orden deroga la Orden anterior, 13/2010, del Reglamento del Consejo Regulador. Los principales objetivos del Consejo Regulador son los de la defensa de la marca, el control del origen y la calidad de la producción, y la promoción de los vinos amparados dentro y fuera de nuestras fronteras. También, desde su creación, el Consejo Regulador ha ido adaptando su Reglamento a las circunstancias, siempre con el firme propósito de perfeccionar los sistemas y controles de calidad de la producción amparada y de potenciar la promoción.

En la figura 2 se muestra el logotipo de la Denominación de Origen Alicante.



Figura 2. Logotipo de la D.O.P. de Alicante (Vinos de Alicante DOP. 2014d)

### **PLIEGO DE CONDICIONES** (Vinos de Alicante DOP. 2014e)

#### **Variedades autorizadas**

Las principales variedades utilizadas como uva de vinificación en la D.O.P. Alicante son las siguientes:

#### **Blancas:**

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

#### **Tintas:**

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

### **Prácticas de Cultivo, Densidad, Marco de Plantación y Producción máxima autorizados.**

Los sistemas y prácticas de cultivo, serán los tradicionales en la zona de producción que tiendan a conseguir las mejores calidades.

#### Densidad de plantación:

La densidad máxima de plantación será la siguiente, tanto para formación en vaso, como en espaldera:

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

También, el número máximo de yemas vistas por cepa será el siguiente:

- Poda en vaso 15
- Poda en espaldera 18

En relación al riego de las parcelas inscritas, se permitirá siempre y cuando se cumplan todos los requisitos que exige el reglamento, las disposiciones del Consejo y la legislación vigente que les pueda afectar.

El Consejo podrá autorizar nuevas prácticas de cultivo, tratamientos o labores que supongan un avance en la técnica vitícola y se haya comprobado que no afectan desfavorablemente a la calidad de las uvas ni del vino.

#### Rendimiento máximo por hectárea:

La producción máxima admitida por hectárea será la siguiente:

- Variedades blancas: 9.000 kilos/hectárea (66,6 hl/ha).
- Variedades tintas: 7.500 kilos/hectárea (55,5 hl/ha).

Estos límites podrán ser modificados en determinadas campañas por el Consejo Regulador a iniciativa propia o a petición de determinados viticultores, siempre antes de la vendimia, y de acuerdo a razones técnicas demostrables. En ningún caso la modificación, podrá superar el 25% del límite fijado.

La uva procedente de parcelas cuyos rendimientos sean superiores al límite autorizado, no podrá ser utilizada en la elaboración de vinos protegidos.

### **Restricciones a la vinificación**

Tendrán la consideración de vino tinto Alicante los vinos elaborados con uvas de la variedad Monastrell 100% o con una presencia mínima de esta variedad en un 80% junto con cualquier otra de las variedades tintas autorizadas.

Quedan prohibidas por esta Denominación de Origen la utilización expresa de virutas de roble para el envejecimiento o maduración de los vinos.

También se considera vino espumoso aromático a los que han sido elaborados únicamente con uvas de la variedad aromática moscatel y poseen un grado alcohólico volumétrico total superior a 7%.

### **Tipos de vino**

Estos vinos son los siguientes:

**TÉRMINO TRADICIONAL “CRIANZA”:** Vinos, salvo los espumosos, vinos de aguja y vinos de licor, que cumplen las condiciones siguientes:

- Los vinos tintos deben tener un período mínimo de envejecimiento de 24 meses, de los cuales deben permanecer al menos 6 meses en barricas de roble de una capacidad máxima de 330 l.
- Los vinos blancos y rosados deben tener un período mínimo de envejecimiento de 18 meses, de los cuales deben permanecer al menos 6 meses en barricas de roble de la misma capacidad máxima.

**TÉRMINO TRADICIONAL “RESERVA”:** vinos, salvo los espumosos, vinos de aguja y vinos de licor, que cumplen las condiciones siguientes:

- Los vinos tintos deben tener un período mínimo de envejecimiento de 36 meses, de los cuales deben permanecer al menos 12 meses en barricas de roble de una capacidad máxima de 330 l, y en botella el resto de este período.
- Los vinos blancos y rosados deben tener un período mínimo de envejecimiento de 24 meses, de los cuales deben permanecer al menos 6 meses en barricas de roble de la misma capacidad máxima y en botella el resto de este período.

**TÉRMINO TRADICIONAL “GRAN RESERVA”:** vinos, salvo los espumosos, vinos de aguja y vinos de licor, que cumplen las condiciones siguientes:

- Los vinos tintos deben tener un período mínimo de envejecimiento de 60 meses, de los cuales deben permanecer al menos 18 meses en barricas de roble de una capacidad máxima de 330 l, y en botella el resto de este período.

- Los vinos blancos y rosados deben tener un período mínimo de envejecimiento de 48 meses, de los cuales deben permanecer al menos 6 meses en barricas de roble de la misma capacidad máxima y en botella el resto de este período.

TÉRMINO TRADICIONAL “AÑEJO”: únicamente podrá utilizarse esta indicación a los vinos tintos, blancos o rosados sometidos a procesos de envejecimiento que habrá de ajustarse a las siguientes normas:

- Envejecimiento en envases de madera de roble de capacidad máxima de 600 litros o en botella.
- Período mínimo de vinos: 24 meses.

TÉRMINO TRADICIONAL “NOBLE”: esta indicación podrá aplicarse a los vinos tintos, blancos y rosados envejecidos durante un periodo de 18 meses en total, en barricas de roble de una capacidad máxima de 600 litros o en botella

TÉRMINO TRADICIONAL “SUPERIOR”: vino elaborado, al menos, con un 85% de las variedades preferidas de las respectivas zonas delimitadas.

TÉRMINO TRADICIONAL “VIEJO”: vino envejecido al menos 36 meses, con un marcado carácter oxidativo debido a la acción de la luz, del oxígeno, del calor o del conjunto de estos factores.

TÉRMINO TRADICIONAL “FONDILLÓN”: se aplicará esta indicación, exclusiva de la Denominación de Origen Protegida Alicante, a los vinos elaborados con uvas de la variedad monastrell de la zona de producción, sobremaduradas en la cepa y con excepcionales condiciones de calidad y sanidad. En la fermentación se utilizarán únicamente levaduras autóctonas y la graduación alcohólica adquirida (mínimo 16% volumen) deberá ser, en su totalidad, natural. Envejecido al menos 10 años en barricas de roble.

Otras menciones de etiquetado:

“NUEVO”, “JOVEN”: podrán utilizar estas indicaciones los vinos procedentes de uva de una cosecha concreta, y elaborados dentro del año siguiente a esa misma vendimia. Será obligatorio indicar en la etiqueta su añada.

“MOSCATEL DE ALICANTE”: se podrá aplicar a los vinos cuya uva sea en su totalidad de la variedad moscatel de Alejandría

“VINO DULCE”: podrá aplicarse a los vinos de licor que cumplan lo indicado en el cuarto guión del apartado c del punto 3 del anexo XI ter del Reglamento CE 1234/2007.

**Características organolépticas.**

Los vinos presentarán características organolépticas propias, sin ningún tipo de oxidación, salvo en los vinos que ha sufrido procesos de envejecimiento o maduración.

**Vinos blancos**

- De Moscatel:

Color: desde tonos amarillos pálidos a ambarinos

Nariz: flor blanca, cítricos

Boca: Buena acidez, fresco afrutado. Persistente

- Resto de variedades blancas:

Color: tonos amarillos claros

Nariz: Fruta fresca, limpio.

Boca: buena acidez, persistencia, frescura.

**Blancos con envejecimiento:**

Color: entre amarillo y amarillo dorado.

Nariz: fruta golosa, toques de madera

Boca: equilibrado, fresco, persistente, mayor cuerpo.

**Rosados:**

Color: gama desde salmón a rosa.

Nariz: Potencia, frescura, con mucha fruta

Boca: buena acidez, equilibrado, afrutado.

**Tintos jóvenes:**

Color: Capa media y alta. Intensidad de color. Desde rubí a tonos violetas

Nariz: Intensidad. Fruta fresca roja.

Boca: Buen equilibrio. Buena estructura. Volumen.

**Tintos con envejecimiento:**

Color: Intensidad de color. Cereza.  
Nariz: Potencia olfativa. Fruta madura. Balsámicos.  
Boca: Buen equilibrio. Buena estructura. Persistencia. Mineral. Bosque mediterráneo.

### **Moscatel Alicante:**

Color De Amarillo a amarillo dorado.  
Nariz: Intensa. Flores. Fruta madura. Pasas.  
Boca: Persistencia. Postgusto largo. Buena acidez. Goloso. Untuoso.

### **Vinos de licor:**

Color: los hay rosados o tintos, en función de sus variedades.  
Nariz: Intensa. Flores. Fruta.  
Boca: Persistencia. Postgusto largo. Buena acidez.

### **Vinos nobles:**

Color: capa media y alta, tonos cereza, ribetes anaranjados.  
Nariz: intensa, madera.  
Boca: persistencia, estructura, postgusto largo.

### **Vinos añejos:**

Color: tonos caoba.  
Nariz: intensa, madera.  
Boca: persistencia, estructura, postgusto largo.

### **Vinos espumosos**

Color: amarillos o rosados pálidos.  
Nariz: floral, frutal  
Boca: equilibrados en azúcar y acidez.

### **Vino espumoso aromático de calidad:**

Color: amarillo pálido, buena integración del carbónico



Nariz: floral, frutal.

Boca: buena acidez e intensidad, buena estructura.

### **Fondillón**

Color: caoba, ámbar y tonalidades cobrizas.

Nariz: intensidad aromática, fruta madura, frutos secos, madera bien integrada, torrefactos

Boca: equilibrada, buena estructura, gran volumen, persistencia, un toque ligeramente goloso.

## **1.2. LA IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO**

La materia orgánica del suelo es una mezcla heterogénea compleja de materiales de origen biótico que se presentan de forma natural en el suelo o bien son incorporados por el hombre. Estos materiales incluyen (Porta, 2003):

- Biomasa vegetal y animal senescente: restos vegetales y animales en diversos estados de descomposición.
- Biomasa microbiana: microorganismos y microfauna del suelo de tamaño inferior a  $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}$ .
- Humus: mezcla de materiales orgánicos, las sustancias no húmicas (compuestos de estructura molecular específica) y las sustancias húmicas (compuestos de estructura molecular no específica).

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 (Moral y col., 2013).

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.

### 1.2.1. Efectos sobre las propiedades físicas

La mayoría de las propiedades físicas afectadas por la materia orgánica están mediatizadas por la formación de agregados (Porta, 2003):

- Estructuración (formación y estabilidad de agregados).
- Sellado y encostramiento de la superficie del suelo.
- Porosidad y aireación.
- Movimiento del agua en el suelo.
- Capacidad de retención de agua disponible para las plantas.
- Facilidad de laboreo.
- Oscurecimiento de la superficie de los suelos.
- Prevención de los procesos erosivos, por efecto combinado sobre la estabilidad de la estructura, el sellado y la infiltración.

### 1.2.2. Efectos sobre las propiedades físico-químicas

La aplicación de residuos orgánicos al suelo produce un aumento en la capacidad de intercambio catiónico (CIC), debido a la presencia de iones calcio y de sales básicas que ejercen un efecto tampón a la vez que también mejoran su estructura. Los valores de CIC de la materia orgánica oscilan entre valores de 100 a 300 cmol/kg, siendo superiores a la de los componentes inorgánicos del suelo (arenas, limos y arcillas). Pero lo realmente importante, es la interacción de la materia orgánica con los minerales de la arcilla, constituyendo el complejo órgano-mineral, que puede permanecer en el suelo de forma casi indefinida. La capacidad de intercambio catiónico es una propiedad del suelo que repercute en su comportamiento, debido a que (Porta, 2003):

- Controla la disponibilidad de nutrientes para las plantas.
- Interviene en procesos de floculación-dispersión de las arcillas, por tanto, en el desarrollo de la estructura y estabilidad de agregados.
- Determina el papel del suelo como depurador natural, permitiendo la retención de elementos contaminantes incorporados al suelo.

### 1.2.3. Efectos sobre las propiedades químicas

Los efectos de la adición de materia orgánica al suelo sobre sus propiedades químicas se pueden resumir en (Porta, 2003):

- Estabilización de los nutrientes en forma orgánica (N , P y S).

- Formación de complejos organominerales.
- Interacciones con xenobióticos.
- Papel depurador frente a vertidos, al regular la movilidad y la biodisponibilidad de productos potencialmente tóxicos.

#### 1.2.4. Efectos sobre las propiedades biológicas

Respecto a los efectos de la materia orgánica sobre las propiedades biológicas del suelo, Porta (2003) indica que:

- Interviene en la formación del suelo.
- Constituye una reserva de energía metabólica, por las grandes cantidades de carbono y de nutrientes que contiene.
- Fuente de macronutrientes y micronutrientes, que son liberados de forma progresiva.
- Estimula e inhibe la actividad enzimática según los casos.
- Contiene reguladores de crecimiento de las plantas.
- Efectos antibióticos frente a organismos patógenos (efecto biofumigante).
- Contribuye a la resiliencia de los ecosistemas, al disminuir o inhibir los efectos de las perturbaciones ambientales, y de este modo acelera su recuperación.

### 1.3.LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

#### 1.3.1. Descripción general

El sector de la elaboración de vino en España ostenta una posición destacada en el contexto mundial (Figura 3a). 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 3b). 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).

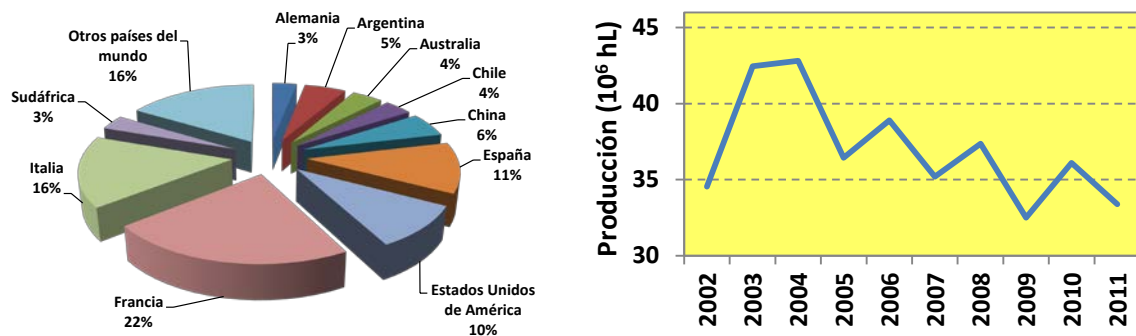


Figura 3. (a) Producción mundial media de vino durante el año 2011; (b) Evolución de la producción de vino en España en el periodo 2002-2011 (FAO, 2014)

### 1.3.2. Producción y composición de residuos

La producción de vino genera grandes cantidades de residuos sólidos y líquidos tales como, raspón, orujo, lías y aguas residuales (Figuras 4a y 5). 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  $33 \times 10^6$  hL 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) N° 491/2009).

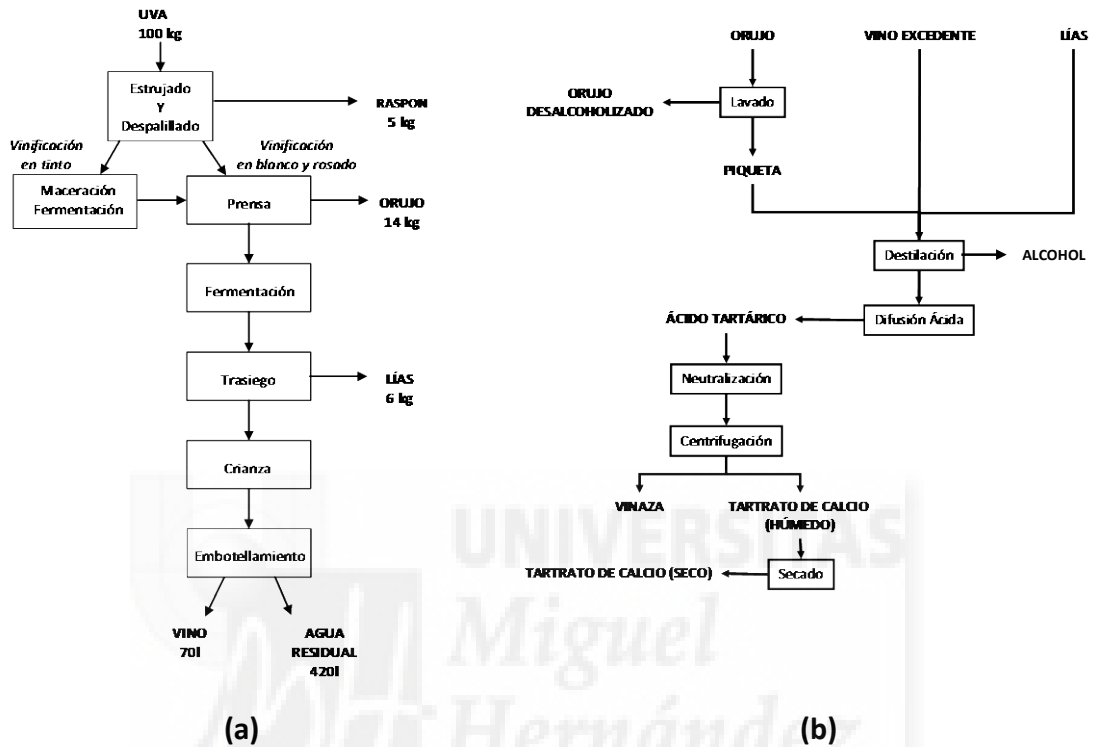


Figura 4. (a) Esquemas simplificado de los productos que se obtienen en la elaboración del vino y (b) en la extracción del alcohol y de tartratos de los residuos vinícolas que se realiza en alcoholera (Bustamante, 2007)

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 4b y 5). 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 5. Residuos y subproductos generados durante la actividad de las bodegas y alcoholeras**

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

### 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). 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: 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 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 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 éstos 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 2).

### 1.3.3. Gestión y aprovechamiento de los residuos

Según la Ley 22/2011 de residuos, la gestión de residuos se define como “la recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos,...”, mientras que la valorización se define como “todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar medios que puedan causar perjuicios al medio ambiente”. Una gestión adecuada de los recursos vitivinícolas debería considerar por orden decreciente de prioridad las alternativas de reducción, recuperación, reciclaje o transformación de los mismos, dejando como última alternativa la eliminación.

Este tipo de gestión de los residuos contribuye sin ninguna duda a aumentar la sostenibilidad de la actividad y su integración en el tejido productivo.



Tabla 2. Principales características de los residuos y sub-productos sólidos generados en bodega y en alcoholera (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 7.2.1.

\*, \*\*, \*\*\*: 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

En la tabla 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 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 fisico-químico, químico y biológico de las vinazas. Entre los tratamientos fisico-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 (Beltran de Heredia y col., 2005). Dentro de los tratamientos químicos está la oxidación con ozono (Beltran 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 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>
Tratamientos combinados	Digestión anaerobia	<i>Ganesh y col. (2010)</i>	
	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>

#### 1.4.CALIDAD DE LA UVA PARA VINIFICACIÓN

Las calidades que ofrece una determinada vendimia, englobadas bajo el calificativo de “calidad”, determinan con una estrecha correlación la tipicidad y la calidad del vino elaborado a partir de la misma. Es sabido que los grandes vinos se elaboran a partir de excelentes vendimias, aunque esto no siempre sucede así, pues una buena vendimia puede ser malograda por su incorrecta manipulación en la bodega; no obstante, lo que si es claro, es que partiendo de uvas de calidad media o

mala, nunca se puede lograr un excelente vino, por mucho que el enólogo y la tecnología disponible se apliquen en su elaboración. En este caso, la Naturaleza, no puede ser superada (Hidalgo, 2006; González Caballero, 2012).

La calidad de un vino está condicionada por la calidad de la uva. Ésta marca un potencial, y a partir de él, lo único que se puede hacer es trasladarlo al vino. La calidad en la uva viene marcada por factores intrínsecos, como son la variedad y el suelo, y por otros culturales que van a condicionar su producción, composición, estado sanitario e integridad (Toda, 2008; González Caballero, 2012).

Asimismo, la fecha de vendimia condiciona estrechamente la calidad de la uva, porque determina, junto con la parada de crecimiento, el valor del producto heliotérmico durante el período de maduración, siendo éste más elevado para vendimias tardías. Por esta causa aumenta el peligro de la aparición de enfermedades criptogámicas. No obstante, la elección de la fecha de vendimia debe suponer el conocimiento y riesgo de los condicionamientos, aún cuando es ostensible la escasa ganancia de la calidad al final del período de maduración. El adelanto de la vendimia solo está justificado para la elaboración de vinos blancos, jóvenes y afrutados (Hidalgo, 2002; González Caballero, 2012).

Aunque el concepto de calidad de uva está en continua evolución, la concentración del azúcar en la uva es un parámetro estrechamente correlacionado con algunos de los más importantes elementos constitutivos del mosto, ya que todo lo que favorece su síntesis provoca también una mayor concentración en términos de aromas, vitaminas y polifenoles porque son sintetizados también a partir de precursores comunes (Balsari y Scienza, 2004; González Caballero, 2012).

Los parámetros como antocianos totales y extraíbles, polifenoles totales, grado probable y acidez total de la uva puede ser utilizados como método de estimación de la calidad de la uva en el viñedo (Toda, 2008; González Caballero, 2012).

### **El material vegetal**

Para obtener uva de la más alta calidad es imprescindible que la variedad cultivada tenga unas condiciones cualitativas mínimas y esté suficientemente adaptada a las condiciones de cultivo concretas. En general puede considerarse como una “variedad de calidad reconocida” aquella que está autorizada para su cultivo en la región o Denominación de Origen concreta (Martínez de Toda, 2011).

Para la Denominación de Origen Protegida de Alicante, en las comarcas del sur la mejor representante de la historia y de la adaptación al terreno es la Monastrell, representa un 75% de su cultivo en todas las comarcas principales y es su variedad mejor definida.

En este caso, hablamos de una variedad también muy asociada al mediterráneo y capaz de transmitir sus valores a través de sus vinos. Vinos de fuerte color violeta oscuro, con capa alta, se nota que han recogido muchas de las horas de luz de las que goza esta región y que por tanto, tienen tanta alta carga fenólica como altos porcentajes de resveratrol, el mejor antioxidante para el ser humano.

Su tamaño es mediano pero muy compacto y fuerte, lo que permite aguantar mucho las horas de sol. Las condiciones de sequía de la región, por así decirlo, la han hecho fuerte y densa, con un gran poder aromático y versatilidad para realizar vinos monovarietales o en coupages, así como vinos de licor y por supuesto el Fondillón, ya que además, puede sobremadurar en la cepa en condiciones adecuadas y debido a su carga de azúcar.

Es una variedad de tardía, cuya vendimia se suele producir a finales de septiembre y octubre y que, como hemos comentado, puede sobremadurar en cepa si las condiciones meteorológicas lo permiten.

La diferencia de la Monastrell alicantina frente a otras comarcas vecinas es su mayor frescura y su versatilidad a la hora de combinarse con otras variedades, gracias al suelo y las condiciones climáticas de las comarcas. (Consejo Regulador D.O.P. Alicante, 2014)

MONASTRELL (Vitis vinífera) (Consejo regulador D.O.P. Alicante, 2014)

### *Origen*

- Variedad de origen español que se sitúa según distintos autores en la Comunidad Valenciana y en la región de Cataluña, concretamente en la localidad barcelonesa de Mataró, por lo que también es denominada con el nombre de Mataró. Después del siglo XVI, la variedad Monastrell se comenzó a cultivar ampliamente en Francia.

### *Sinonimias*

- Alcayata, Balzac, Espar, Garrut, Mataró (Australia y Chipre), Morrastel, Mourvedre, Mourviedro, Negria (Grecia), Plant de Saint-Gilles (Francia) y Rossola nera (Italia).

### *Fenología (variedad referencia Chasselas)*

- Época de desborre: tardía.
- Época de maduración: muy tardía.

### *Ampelografía*

En la tabla 4. Se muestran las características ampelográficas de la variedad Monastrell.

**Tabla 4. Características ampelográficas de la variedad Monastrell (MAGRAMA, 2014 a).**

<b>SUMIDAD</b>		
<i>Apertura extremidad</i>		<i>Abierta</i>
<i>Pelos postrados extremidad</i>	<i>Pigmentación</i>	<i>Débil</i>
	<i>Densidad</i>	<i>Alta-muy alta</i>
<b>PÁMPANO</b>		
<i>Color entrenudo</i>	<i>Cara dorsal</i>	<i>Rojo</i>
	<i>Cara ventral</i>	<i>Verde con rayas rojas</i>
<i>Color nudo</i>	<i>Cara dorsal</i>	<i>Verde</i>
	<i>Cara ventral</i>	<i>Verde</i>
<i>Densidad pelos tumbados</i>	<i>En nudo</i>	<i>Baja</i>
	<i>En entrenudo</i>	<i>Baja</i>
<b>HOJA JOVEN</b>		
<i>Intensidad antociánica de las 6 hojas terminales</i>		<i>Débil-media</i>
<i>Densidad pelos tumbados</i>		<i>Alta-muy alta</i>
<b>HOJA ADULTA</b>		
<i>Tamaño limbo</i>		<i>Medio</i>
<i>Forma del limbo</i>		<i>Pentagonal</i>
<i>Número de lóbulos</i>		<i>Tres</i>
<i>Disposición de lóbulos del seno peciolar</i>		<i>Abierto, en lira</i>
<i>Hinchazón del haz</i>		<i>Media</i>
<i>Perfil en sección transversal</i>		<i>Alabeado</i>
<i>Profundidad y disposición de los lóbulos de los senos laterales superiores</i>		<i>Profundidad superficial, con lóbulos abiertos</i>
<i>Pigmentación del haz</i>		<i>Punto peciolar rojo</i>
<i>Densidad entre nervios principales</i>	<i>Pelos tumbados</i>	<i>Alta</i>
	<i>Pelos erguidos</i>	<i>Nula o muy baja</i>
<i>Densidad pelos sobre el peciolo</i>		<i>Nula o muy baja</i>
<i>Forma de dientes</i>		<i>Rectilíneos</i>
<i>Longitud dientes</i>		<i>Longitud media, relación longitud-anchura media</i>
<b>RACIMO</b>		
<i>Tamaño</i>		<i>Pequeño-mediano</i>
<i>Compacidad</i>		<i>Compacto</i>
<i>Longitud pedúnculo</i>		<i>Muy corto</i>
<b>BAYA</b>		
<i>Tamaño</i>		<i>Pequeña-mediana</i>
<i>Uniformidad tamaño</i>		<i>Uniforme</i>
<i>Color epidermis</i>		<i>Azul-negra</i>
<i>Forma perfil</i>		<i>Esférica</i>
<i>Separación pedicelo</i>		<i>Difícil</i>
<i>Grosor piel</i>		<i>Media</i>
<i>Pigmentación pulpa</i>		<i>Ausente</i>
<i>Consistencia pulpa</i>		<i>Blanda-ligeramente dura</i>
<i>Suculencia pulpa</i>		<i>Jugosa</i>
<i>Sabores particulares</i>		<i>Ninguno</i>
<i>Formación pepitas</i>		<i>Presentes</i>
<b>SARMIENTO</b>		
<i>Color</i>		<i>Marrón</i>
<i>Relieve superficie</i>		<i>Estriada</i>

### *Características agronómicas*

- Cepa exigente, de cultivo delicado. Requiere temperaturas elevadas.

- Porte erecto aunque no es sensible al viento, fertilidad media con tendencia a la vecería, exige poda corta en espaldera o vaso.
- Rendimiento bajo.
- Muy exigente en magnesio y potasio. Exterioriza fácilmente la toxicidad provocada por la simazina. Muy sensible a la sequía.
- Poco sensible a la excoriosis y botrytis, medianamente sensible al oídio y a los ácaros. Sensible al mildiu y a la podredumbre ácida.

### *Potencial enológico*

- Máximo potencial en caso de vendimias bien maduras, dando vinos ricos en alcohol, muy pigmentados, tánicos y estructurados y ásperos en juventud.
- Apto para técnicas de maceración carbónica. Muy resistente a la oxidación.

En las figuras 6 y 7 se muestra la hoja (haz y envés), pámpano joven y el racimo

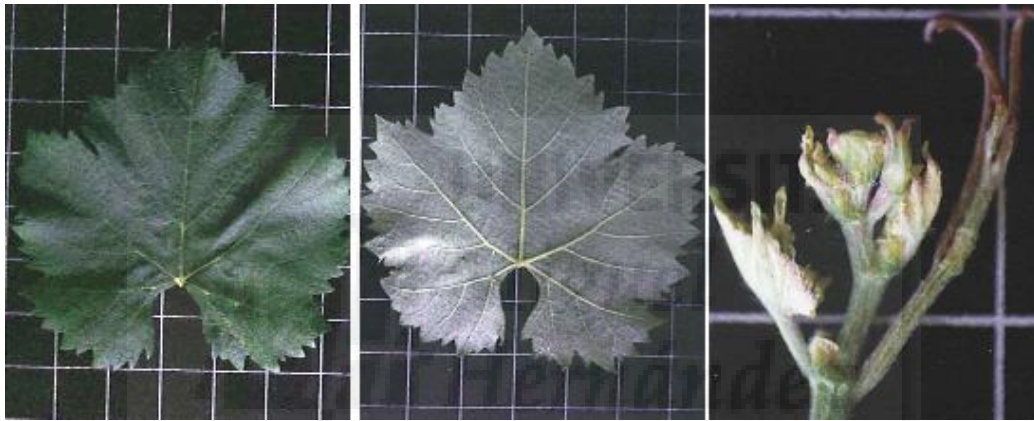


Figura 6. Hoja (haz y envés) y pámpano joven de la vid de la variedad Monastrell (MAGRAMA, 2014 a).

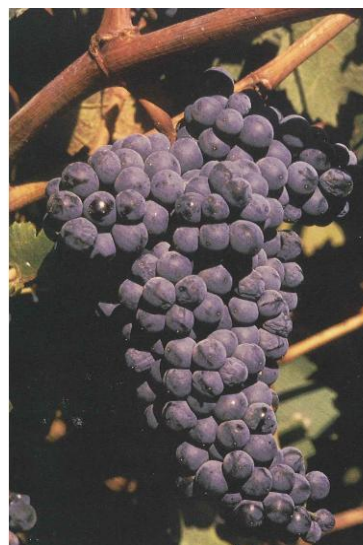


Figura 7. Racimo de la variedad Monastrell (MAGRAMA, 2014 a).

## Factores determinantes de la calidad de la uva

### *Factores precosecha*

#### El suelo

El suelo muy fértil provoca un crecimiento excesivo y, lo que es peor, prolongado incluso durante el período de maduración de la baya por lo que se retrasa el envero y la maduración no es adecuada. Además, van a existir más problemas de sombra debidos a la mayor densidad foliar y frondosidad de la vegetación y más enfermedades criptogámicas repercutiendo todo ello en una vendimia de menor calidad. El suelo poco fértil, se va a comportar de forma totalmente inversa, limitando el crecimiento del pámpano y favoreciendo la obtención de una cosecha de calidad. Estas diferencias de comportamiento en función de la fertilidad del suelo tienen más influencia sobre la calidad en climas frescos que en climas cálidos, pero aún en estos últimos siguen siendo significativas. Los mejores suelos son generalmente en pendiente, poco profundos, bien drenados, con fertilidad moderada, que inducen en el viñedo, vigor moderado, parada precoz de la vegetación, producción moderada y buena maduración (Martínez de Toda, 2011; González Caballero, 2012)

#### El clima

Existen suficientes experiencias que demuestran la influencia positiva del salto térmico (diferencia entre temperaturas diurnas y nocturnas) durante el período de maduración sobre la síntesis de antocianos, compuestos que inciden decisivamente en la calidad de los vinos tintos. Este salto térmico es superior en las situaciones en que la temperatura media en la época de vendimia es inferior a 15°C, pues es la temperatura mínima (nocturna) la que reduce el valor de la temperatura media; por eso en la situación más fresca ( $T^{\text{m}} < 15^{\circ}\text{C}$ ) se indica una mayor síntesis de antocianos (Martínez de Toda, 2011; González Caballero, 2012).

### *Factores humanos: Técnicas de cultivo*

#### La poda

El objetivo general ha de ser el de maximizar la captación de energía solar y favorecer un reparto homogéneo en el conjunto de la vegetación. Una deficiente exposición de la vegetación a la radiación solar disminuye el contenido en azúcares, polifenoles, antocianos, aromas y acidez total y aumenta el pH, ácido málico, contenido en potasio y el carácter herbáceo, quedando patente la influencia negativa del exceso de vegetación en el viñedo para una producción de uva de calidad (Martínez de Toda, 2011).



### El riego y el abonado

El abonado y el riego al igual que la fertilidad del suelo, aumentan el crecimiento, el vigor, la superficie total y la producción, por lo que han de ser moderados.

El riego presenta el dilema de tener que escoger entre producción y calidad; un estrés moderado reduce el rendimiento del cultivo pero puede mejorar algunos atributos de calidad de la fruta; y sin estrés de agua, se puede aumentar el rendimiento pero puede reducirse la calidad postcosecha (Crisosto y Mitchell, 2007; González Caballero, 2012).

A partir del envero y hasta el momento de la vendimia, un estrés hídrico durante esta fase puede dar lugar a una pérdida de acidez y a un aumento del pH, así como a una reducción de la cantidad de azúcares de las uvas. Al final del período de maduración no conviene regar porque un exceso de agua puede producir rotura de granos y dilución de los diferentes componentes de las bayas (González Caballero, 2012).

### Determinación de la fecha de vendimia

Los autores proponen como momento óptimo de vendimia para vinos tintos jóvenes, cuando la uva alcanza un contenido en sólidos solubles de 1,090-1,095 g/cm<sup>3</sup> (11,6-12,1° Be; 12-12,5° alcohol probable) y una acidez del mosto de 6 a 7 g/L expresados en ácido tartárico. El índice de polifenoles totales en tinto joven de calidad debe estar comprendido entre 35-40

A continuación, se describen los principales parámetros usados para evaluar la calidad de las uvas

- Contenido en sólidos solubles totales

Los sólidos solubles de uvas, constituyen el conjunto de sustancias presentes, diferentes al agua, que se encuentran disueltas en la fase líquida.

El contenido en sólidos solubles de la uva proporciona una medida del grado de madurez del fruto y es un método aproximado para conocer su concentración en azúcares y estimar el contenido alcohólico probable del vino (fecha óptima de vendimia). A partir del inicio de la maduración, aproximadamente el 90% de los sólidos solubles está compuesto por azúcares fermentables. En los estados de desarrollo anteriores (periodo herbáceo y envero), tienen una mayor representación las formas

ácidas (ácidos D-tartárico y L-málico, fundamentalmente), debido a sus elevadas concentraciones en esos estados fisiológicos (Ribéreau-Gayon y col., 1980).

El contenido en sólidos solubles totales de uvas se expresa con diferente terminología según el método de determinación y las unidades que se utilicen para expresar los resultados. Entre estos métodos se encuentran los grados Brix.

Los grados Brix o Balling (% m/m sacarosa) indican los gramos de sacarosa por 100 gramos de mosto. Es decir, un mosto con 180 gramos de azúcares por kilo de mosto tiene 18 Brix. El método oficial de análisis se basa en la refractometría (OIV, 2009).

- Acidez total y pH

La acidez de la uva se debe fundamentalmente a los ácidos orgánicos presentes, ya que los minerales se hallan totalmente salificados. Los ácidos orgánicos presentes más importantes son el tartárico, el málico y el cítrico; y cada uno de ellos tiene un comportamiento propio durante la maduración de la uva.

La acidez total es la suma de todos los ácidos presentes en la muestra cuando se valora con hidróxido sódico 0,1 N hasta pH 7 (OIV, 2009).

El pH de un mosto o vino constituye una medida de los protones cedidos al agua por parte de las especies con actividad ácida en la muestra. Viene determinado por la fuerza de los ácidos presentes y su valor depende más del tipo de ácido que de la concentración. Los valores adecuados de pH para el mosto y el vino están comprendidos entre 3,4 y 3,5; valores inferiores indicarían excesiva acidez, y valores superiores a 3,6 harían necesario realizar una corrección para disminuir el pH.

- Potencial fenólico de la uva

Existen dos grandes grupos de compuestos fenólicos: los ácidos fenólicos y los flavonoides (flavonoles, flavanoles, antocianos y taninos).

A continuación, se indica la localización en el racimo de la uva de los compuestos fenólicos anteriores (Toda, 2008).

	Ac. Fenoles	Flavonoles	Flavanoles	Antocianos	Taninos
Piel	Si	Si	Si	Si	Si
Pulpa	Si	No	No	No	No
Semillas	Si	No	No	No	Si
Raspón	Si	No	No	No	Si

La concentración de polifenoles tiende a aumentar durante toda la maduración, aunque no linealmente. Los antocianos aparecen durante el envero y se acumulan durante la maduración (Glories, 1999), produciéndose al final un descenso en su concentración que suele coincidir con la sobremaduración de la uva. La cantidad de taninos en el hollejo también va a aumentar durante el periodo de madurez, alcanzando un máximo para después mantenerse más o menos constante. En cambio, la concentración de taninos de las semillas desciende desde el envero, al mismo tiempo que aumenta su grado de polimerización (Fernández-López y col., 1992; Sella y col., 1998; Mazza y col., 1999).

Así mismo, se ha constatado que la extracción de los compuestos fenólicos no depende únicamente de la cantidad en la que éstos se encuentren en la uva. Las paredes celulares van a formar una barrera a la difusión de antocianos, taninos y otros polifenoles de la uva al vino (Lecas y Brillouet, 1994; Kennedy y col., 2001). El proceso de maduración implica una solubilización de los polisacáridos de la pared celular del hollejo. La degradación de la pared celular durante la maduración facilitará, de esta manera, la extracción de la materia colorante durante la vinificación (Amrani Joutei y Glories, 1994).

De este modo, surge el concepto de madurez fenólica (Glories y Augustin, 1993; Amrani Joutei y Glories, 1994; Izcara y González-San José, 2001), que va a tener en cuenta el contenido total de compuestos polifenólicos (Lamadon, 1995) y su facilidad de extracción del hollejo y de la pepita de la uva (Saint-Cricq et al., 1998; Romero Cascales, 2008).

#### *Factores vitícolas*

A continuación vemos la influencia que tienen los principales factores vitícolas sobre los diferentes componentes y características de la uva (Toda, 2008):

#### Factores que aumentan el contenido en azúcares y antocianos de la uva.

##### Azúcares:

- Tª media alta (> 15°C en vendimia).
- Baja disponibilidad de agua y N en maduración.
- Vegetación muy bien expuesta.
- Producción moderada.

##### Antocianos:

- Tª media baja (<15°C en vendimia).
- Salto térmico importante entre día y noche.
- Racimos bien expuestos.

- Resto, igual que azúcares.

### Factores que aumentan el contenido en Aromas.

Aromas:

- Tª media baja (<15°C en vendimia).
- Racimos bien expuestos.
- Baja disponibilidad de agua y N en maduración.
- Vegetación muy bien expuesta.
- Producción moderada.

### Factores que aumentan el contenido en compuestos fenólicos de la uva.

Fenoles: (igual que Antocianos y Aromas; pero sin influencia clara de la Tª).

### Factores que aumentan la acidez total de la uva.

Acidez Total:

- Tª media baja (< 15°C en vendimia).
- Racimos mal expuestos (ácido málico).
- Alta disponibilidad de agua y N en maduración.
- Vegetación muy bien expuesta.

### Factores que mejoran el estado sanitario de la uva.

Estado sanitario: (igual que Azúcares).

- Tª media alta (< 15°C en vendimia).
- Baja disponibilidad de agua y N en maduración.
- Vegetación muy bien expuesta.
- Producción moderada.
- Racimos muy bien expuestos.
- Protección adecuada.

## 2. OBJETIVOS

Los suelos del sudeste mediterráneo español se caracterizan por ser deficientes en materia orgánica, lo cual los hace vulnerables frente a la degradación. Con la aplicación de residuos orgánicos al suelo, se puede ralentizar la degradación de dichos suelos y aumentar el contenido de materia orgánica de los mismos. El empleo agrícola de composts, que han alcanzado un grado de madurez adecuado, es recomendado debido a que se han observado una mejora de las propiedades del suelo, tras la aplicación de estos productos y una efectividad, comparable e incluso superior al fertilizante mineral, sobre el rendimiento de cosecha y para cubrir los requerimientos nutricionales de los cultivos. Sin embargo, el empleo de enmiendas orgánicas en el cultivo de la vid, requiere de estudios previos en campo que permitan evaluar la respuesta del cultivo a estos tipos de materiales orgánicos.

La evolución del mercado actual de los vinos está dirigida principalmente a la elaboración de vinos de alto contenido polifenólico, con color intenso, mucho cuerpo y equilibrados. Los compuestos polifenólicos de las uvas tintas, en particular antocianos y taninos, son los principales responsables de las características de color y gustativas buscadas en la actualidad. Por ello, paralelamente a los estudios clásicos de maduración, cada vez más, se realizan estudios de "madurez polifenólica", midiendo la extractabilidad de los compuestos polifenólicos.

Por todo ello, los objetivos de este Trabajo Fin de Grado, son:

- Determinar el efecto de diversas enmiendas orgánicas, composts y estiércol, como fuente de materia orgánica, sobre la planta, en cuanto a rendimiento y calidad del fruto.
- Evaluar qué sistema de conducción de la planta, vaso o espaldera, conlleva a una mayor producción de uva y calidad de la misma.

### 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 mayor producción y calidad de la uva. Por lo tanto, el diseño experimental se elaboró teniendo en cuenta dos variables de estudio: el tipo de fertilización y sistema de conducción. Para ello, el experimento se llevó a cabo en el municipio de Monóvar, territorio amparado bajo la Denominación de Origen Protegida de Alicante, en dos parcelas con una variedad autóctona: Monastrell y con diferente sistema de conducción de la uva (vaso y espaldera) y riego o secano (Figura 8):

- 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 y con Fertirrigación.

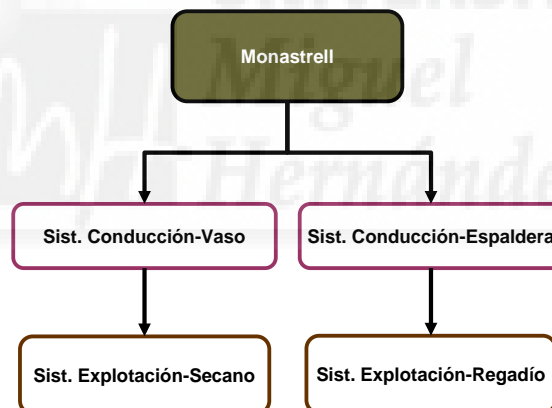


Figura 8. Parcelas experimentales.

Para la realización del ensayo se evaluaron 3 tipos de enmiendas orgánicas y un tratamiento control que no tuvo fertilización (Tabla 5)

Tabla 5. Tipos de tratamientos usados en el experimento.

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.

**Condiciones climáticas del experimento**

Las condiciones climáticas en la zona de estudio durante el periodo del experimento (desde marzo 2013 a octubre 2013) se muestran en las siguientes figuras.

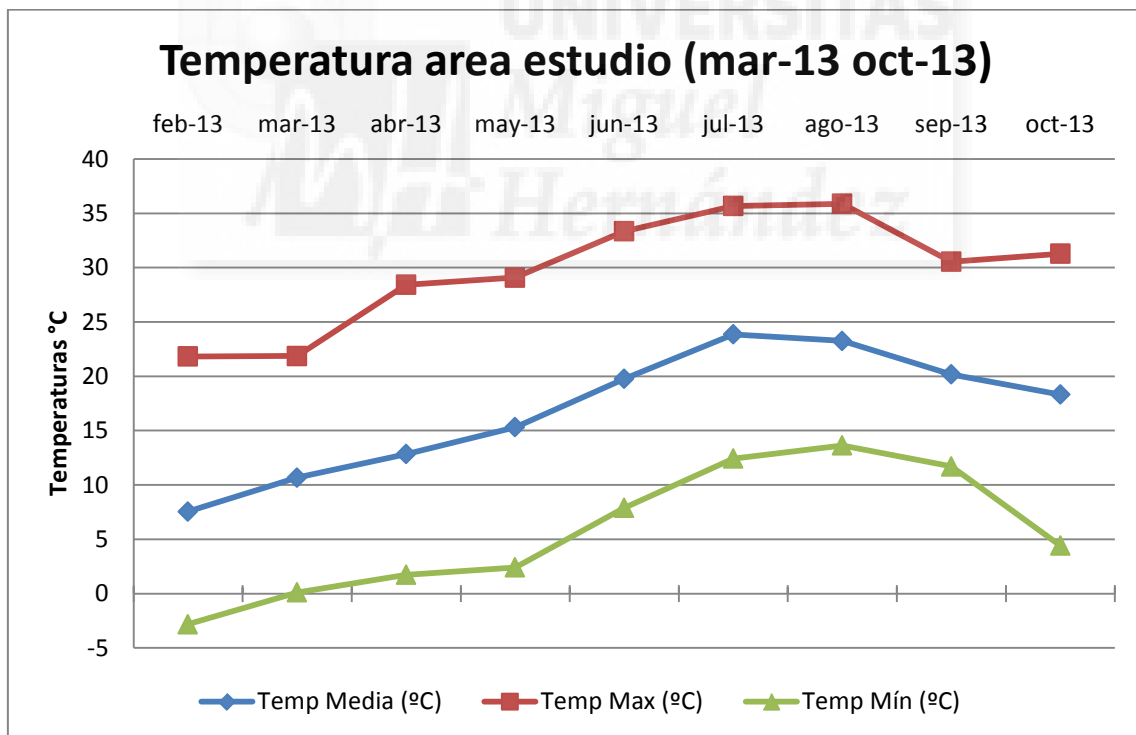


Figura 9. Temperaturas máximas, mínimas y medias del área de estudio durante el periodo experimental (MAGRAMA, 2013).

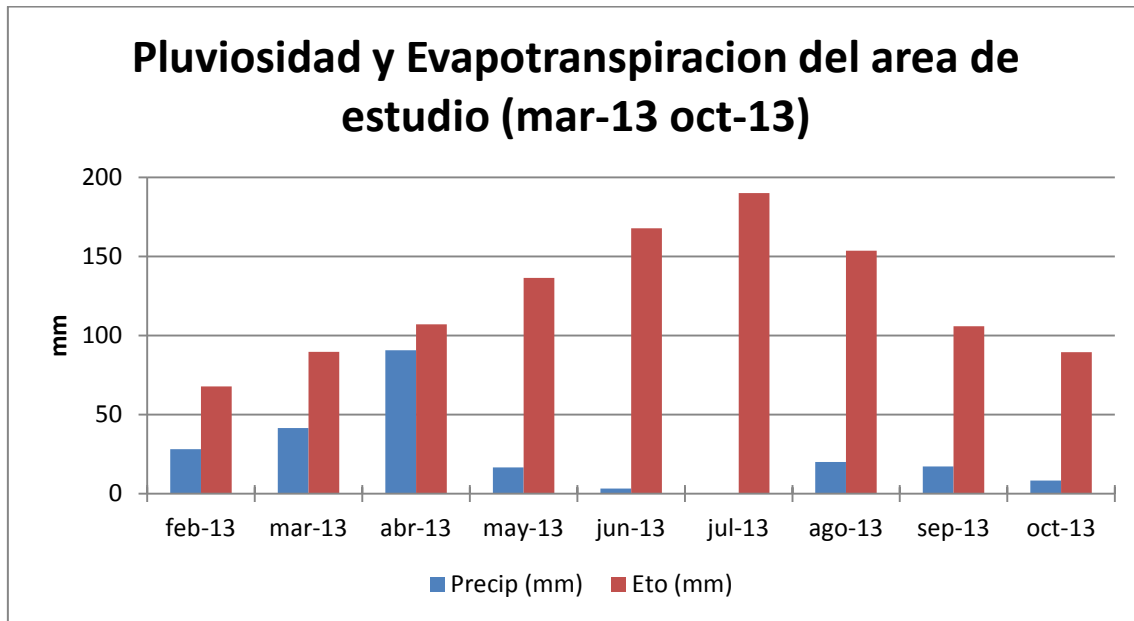
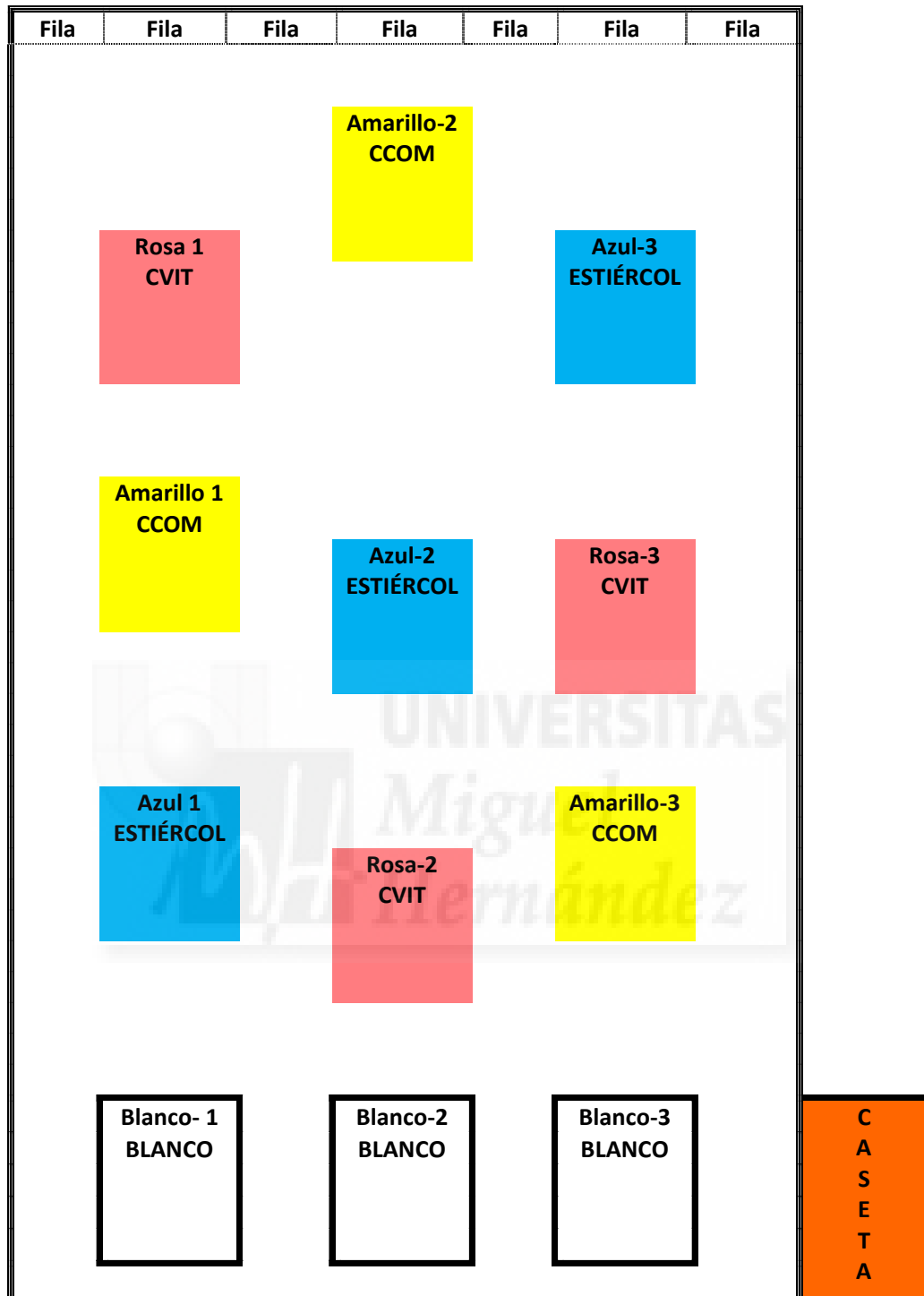


Figura 10. Precipitación y Evapotranspiración del área de estudio durante el periodo experimental (MAGRAMA, 2013).

### *Dispositivo experimental*

El experimento se desarrolló en el municipio de Monóvar, 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 y 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 11 y 12.





### CAMINO

Figura 11. Esquema de parcela de viña variedad Monastrell en vaso-secano.

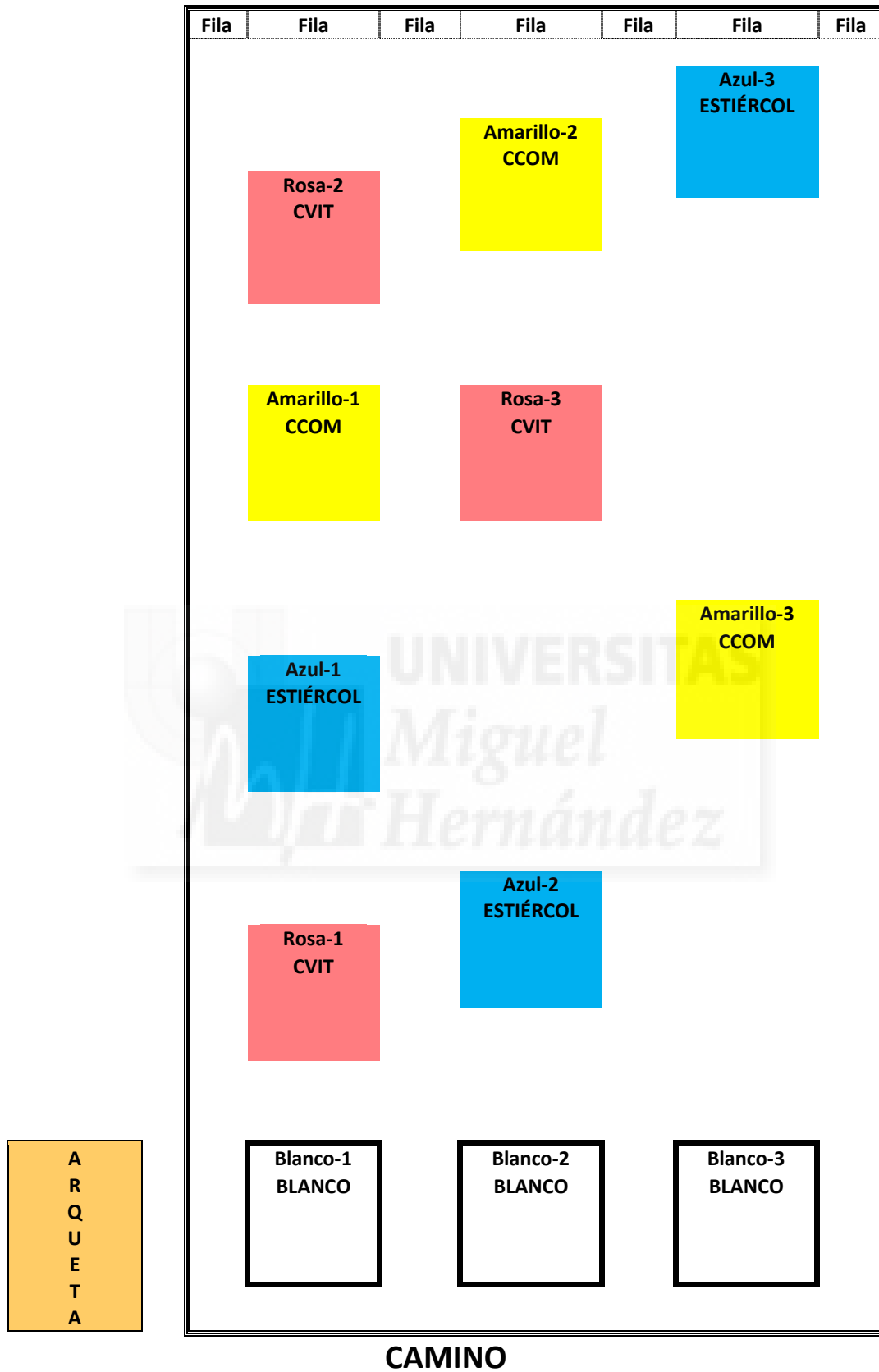


Figura 12. Esquema de parcela de viña variedad Monastrell en espaldera-regadío.

La localización de las parcelas a través del Sistema de Información Geográfica se muestra en las Figuras 13 y 14.



Figura 13. Parcela de viña variedad Monastrell en vaso (SIGPAC, 2014).



Figura 14. Parcela de viña variedad Monastrell en espaldera (SIGPAC, 2014).

### *Suelo*

Las características de los suelos estudiados en este experimento se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Análisis físico-químico de los suelos (datos expresados sobre materia seca)

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

M-V: Monastrell con sistema de conducción en vaso; M-E: Monastrell 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 7.

**Tabla 7. Características de las enmiendas orgánicas utilizadas en el ensayo (datos expresados sobre materia seca)**

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

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

## 3.2.DESARROLLO EXPERIMENTAL

### 3.2.1. Preparación

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 15). 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 7). 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 15. 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 radícola* 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 (Figura 16).



**Figura 16. 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 (Figuras 9 y 10).

### **3.2.2. Muestreo**

En virtud del diseño experimental, el muestreo del material vegetal se realizó en el momento de la vendimia (Octubre 2013). Para ello se pesaron y contaron los kilos de uva y el número de racimos por cada viña

Los racimos seleccionados para el análisis de la calidad de la uva fueron los representativos de cada cepa muestreada. De este modo, se tomaron racimos de cada cara de la vid, de la parte alta y de la parte baja de la planta y racimos expuestos al sol y los que se encontraban sombreados.

La duración del estudio ha sido de marzo 2013/octubre 2013, en la siguiente tabla se indican todas las operaciones realizadas. La vendimia se realizó el 15 de octubre.

Tabla 8. 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
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)
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

#### 3.3.1. Suelos.

##### *Preparación de la muestras.*

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 es la que tiene lugar el desarrollo vegetal y es la más interesante estudiar. A continuación fueron llevadas al laboratorio y se tomó una submuestra de cada una, que se guardó en frigorífico para posterior análisis de nitrógeno en forma amónica y la respiración del suelo. En el resto de muestra se desmenuzaron los agregados más grandes y se dispusieron en bandejas para ser secados al aire a temperatura ambiente. Una vez seco, fue pasado por un tamiz de 2mm de luz y envasado en bolsas herméticas debidamente etiquetadas para su manejo y posterior análisis.

##### *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).

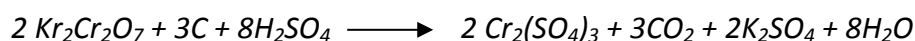
### **Determinación de caliza activa.**

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.

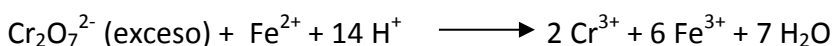
### **Carbono orgánico oxidable.**

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**



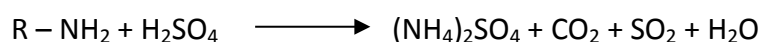
### **Nitrógeno total Kjeldahl.**

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, recogiendo 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*



### **Nitrato**

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:

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

### *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 una 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. 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).

### ***Fosforo 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 fometría 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. Material vegetal.

#### 3.3.3.1. *Planta.*

##### *Rendimiento de cosecha.*

Los racimos de uva se cortaron para separarlos de la planta y se pesaron para obtener el peso fresco. El muestreo de uva se hizo con mucho cuidado para evitar el desgranado del racimo, así como obtener las bayas sin deterioro alguno, pues se debe procurar que no se produzcan pérdidas de mosto, que ocasionaría errores por defecto de pesada.

#### 3.3.3.2. *Uva.*

Todas las muestras recogidas son de las uvas de yema.

El punto óptimo de vendimia fue establecido por el enólogo de la finca mediante el muestreo del fruto, para establecer el rendimiento del cultivo, así como toda una serie de propiedades de calidad. Para ello, la recolección de la uva se realizó el mismo día para toda la parcela, cuando se encontraban en su momento óptimo para el paso a la bodega.

##### *Preparación de la muestra.*

La muestra se llevaba al laboratorio, donde se cogían, de cada racimo, unos granos, sin mirar los racimos de uva mientras se muestrea, para evitar así coger involuntariamente los granos más gordos, sanos o de mejor aspecto. La finalidad fue coger granos de uva de todas las posiciones dentro del racimo (zona central, hombros, ápice terminal, etc.).

Los granos de uva se lavaron primero con agua corriente para separar la mayor parte de las sustancias extrañas y después con agua desionizada. Los granos de uva así lavados se dividieron en dos submuestras. Una de ellas se utilizó para la determinación de los parámetros clásicos de madurez (pH, acidez total y grado Brix) para ello se procedió primero a la extracción del mosto contenido en las uvas, mediante el triturado de las uvas con una Termomix, durante dos minutos a una velocidad media que asegura la trituración evitando la ruptura de las pepitas. A continuación, se filtró para obtener un mosto limpio y transparente para la realización de los análisis. La otra submuestra de uva se congeló para posteriores análisis, donde se determinó el contenido de antocianos totales y fácilmente extraíbles y el índice de polifenoles totales.

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

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 por tablas los valores de grado Beaumé

### *pH*

El valor del pH en un mosto muestra el nivel de salificación de los diferentes ácidos orgánicos que contiene la uva, además de que nos da una idea de su estado de madurez. Hay que tener en cuenta que el valor del pH es un parámetro importante a la hora de decidir el momento de vendimia, ya que con valores de pH elevador podemos tener problemas de estabilidad microbiológica y, por tanto, necesidad de realizar posteriores correcciones de acidez de los mostos en bodega.

Este parámetro se determinó mediante la medida de la diferencia de potencial entre dos electrodos sumergidos en el mosto exprimido que se estudió. Uno tiene un potencial que es una función definida del pH del líquido, el otro tiene un potencial fijo y conocido y constituye el electrodo de referencia. Inicialmente se procedió a la calibración del pHmetro, que se realiza antes de efectuar las medidas o diariamente como mínimo. Se efectúa habitualmente a 20°C, primero con la disolución tampón de pH 7 y posteriormente con el tampón de pH 4 para el calibrado de la escala. El aparato constaba de una sonda de temperatura para que la medida fuera referida a 20°C.

### *Acidez Total*

El mosto es una disolución con marcado carácter ácido, fundamentalmente debida a los ácidos tartárico y málico. Estos ácidos orgánicos se combinan con diferentes compuestos, resultando la disolución final con diferente fuerza ácida, la cual se mide con este parámetro. Paralelamente al valor del pH, la evolución de este parámetro a lo largo de la maduración nos da una idea del estado de madurez de la uva.

La determinación se realizó mediante la neutralización de una muestra de 10 mL de mosto con NaOH 0,1 N. La valoración se realizó con azul de bromotimol como indicador del final de reacción. Los resultados se expresaron en g de ácido tartárico/L.

### *Antocianos totales y extraíbles*

Los antocianos totales y extraíbles se determinaron mediante el método Saint-Cricq.

Este método consiste en la extracción de los antocianos totales (antocianos pH<sub>1</sub>, ApH<sub>1</sub>) y fácilmente extraíbles (antocianos pH 3,2, ApH<sub>3,2</sub>) de una muestra de uva triturada con una disolución de HCl o de ácido tartárico, respectivamente, mediante maceración durante 4 horas. Posteriormente, en los extractos obtenidos se determinan los antocianos espectrofotométricamente, realizando la medida de la absorbancia a la  $\lambda = 520$  nm, antes y después de decolorar los antocianos con SO<sub>2</sub> (Saint-Cricq y col.,

1998). A partir de los datos de antocianos totales y extraíbles se puede calcular la extractabilidad de antocianos (EA):

$$EA (\%) = [(ApH_1 - ApH_{3,2})/ApH_1] * 100$$

#### *Compuestos fenólicos totales (CFT).*

Para la determinación de los polifenoles totales de la uva, se mide la absorbancia (DO) de una alícuota del extracto a pH 3,2, anterior, diluida 50 veces con agua destilada, a la  $\lambda=280$  nm, en una cubeta de 1 cm de camino óptico (Saint-Cricq y col., 1998).

$$CFT = A_{280} * 50$$

### 3.4. MÉTODOS ESTADÍSTICOS .

El tratamiento estadístico aplicado a los datos determinados en la uva de este experimento fue 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 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% ( $P < 0,05$ ).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. PRODUCCIÓN Y PARÁMETROS MORFOLÓGICOS DE LA UVA

#### 4.1.1. Rendimiento comercial del viñedo

Con el fin de evaluar el rendimiento comercial de los viñedos del estudio se ha medido el peso fresco de uva por hectárea.

Los factores estudiados tratamiento y sistema de conducción y su interacción entre ellos fueron muy significativos en la producción de uva /ha, como se puede observar del alto valor de F y la alta significación de P para cada uno de ellos (Tabla 9).

Tabla 9. Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre la producción de uva mediante ANOVA MLG-Univariante

Producción de uva (kg/ha)			
Variable	df	F	P <sup>a</sup>
Tratamiento (TR)	3	27,371	***
Sist. Conduc (SC)	1	159,088	***
TR x SC	3	40,739	***

df: grados de libertad; <sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA: \*\*\*: P<0,001

En la producción de uva, se observa que hay diferencias significativas entre los sistemas de conducción, siendo mayor este parámetro en las vides de la parcela de Monastrell en espaldera. Esto es normal porque el marco de plantación es menor y por tanto mayor número de cepas/ha, además el nº de yemas que se dejan es mayor, como consecuencia más hojas, más racimos y, por tanto, más rendimiento (Figura 17).

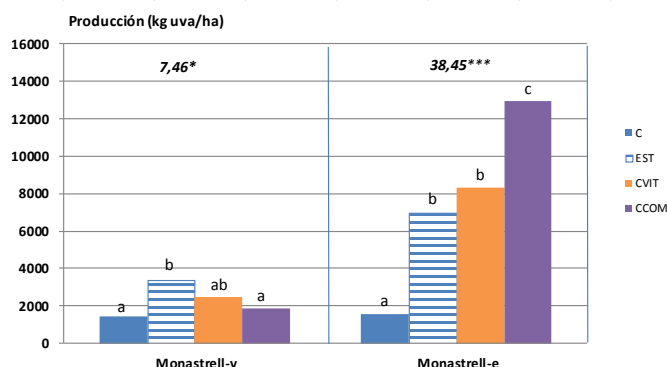


Figura 17. Efecto del tipo de tratamiento sobre la producción de uva en las parcelas estudiadas



En cuanto a la variable Tratamiento, en la parcela Monastrell vaso, no se encontraron grandes diferencias en producción. Solo el tratamiento con Estiércol presentó valores de producción significativamente más altos a aquellos del control y compost comercial. Sin embargo, en la parcela Monastrell espaldera, sí que se observaron diferencias muy significativas, en cuanto a kilogramos de peso fresco de uva por hectárea, encontrándose un aumento, de dicho parámetro, en todos los tratamientos, con enmienda orgánica, con respecto al tratamiento blanco (Control). Los tratamientos EST y CVIT afectaron de la misma manera prácticamente a la producción de peso fresco por hectárea, siendo el tratamiento CCOM el que mayores aumentos indujo (Figura 17).

#### 4.1.2. Número de racimos por planta

Respecto al nº racimos/planta, los factores estudiados tratamiento y sistema de conducción y su interacción entre ellos fueron muy significativos para este parámetro, como se puede observar del alto valor de F y la alta significación de P para cada uno de ellos (Tabla 10).

**Tabla 10. Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre el número de racimos por cepa mediante ANOVA MLG-Univariante**

Nº Racimos/Planta			
Variable	df	F	P <sup>a</sup>
Tratamiento (TR)	3	20,050	***
Sist. Conduc (SC)	1	168,532	***
TR x SC	3	25,780	***

df: grados de libertad; <sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA: \*\*\*: P<0,001

Entre los sistemas de conducción, se observó que hay diferencias significativas, siendo mayor el nº de racimos/planta en las cepas de la parcela Monastrell en espaldera (Figura 18). En cuanto a la variable tratamiento, no se encontraron diferencias significativas en este parámetro entre tratamientos en la parcela Monastrell en vaso. Sin embargo, en las vides de la parcela Monastrell-espaldera sí se observaron una diferencia muy significativa, en el número de racimos por cepa, produciéndose un aumento, de dicho parámetro, en todos los tratamientos con fertilización orgánica con respecto al tratamiento blanco (C). Los tratamientos CVIT y CCOM fueron los que produjeron mayor nº de racimos/planta. Este hecho podría deberse a que estas enmiendas tenían en su composición un elevado nivel de K y Fe, como se muestra en la tabla 7 del apartado de Materiales y Métodos, y debido al riego

por goteo que tienen las parcelas en espaldera estos nutrientes fueron tomados por las plantas. El potasio es un elemento de gran importancia para favorecer el rendimiento de la vid, principalmente debido a que participa en la economía del agua, favoreciendo su absorción por las raíces y controlando los mecanismos de apertura y cierre de estomas (Sentís y col., 2004). También, la disponibilidad del Fe para la vid influye en el número de hojas o superficie foliar expuesta y por tanto en un aumento de la producción (Salazar, 2005).

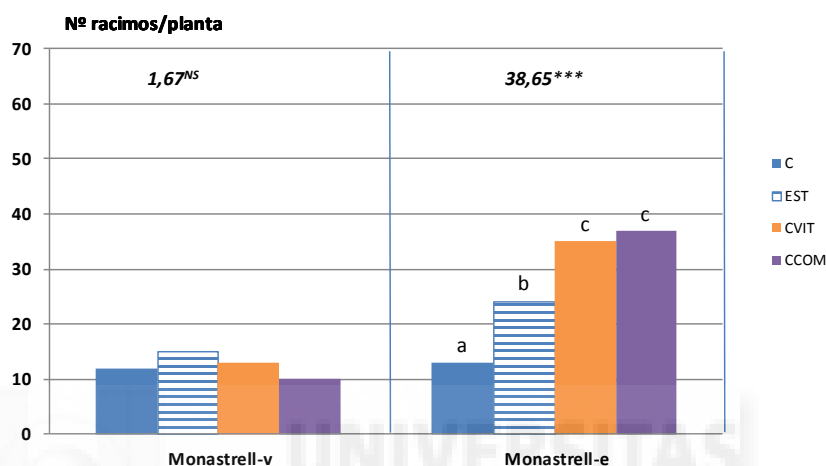


Figura 18. Efecto del tipo de tratamiento sobre el nº de racimos por planta en las parcelas estudiadas

## 4.2. PARÁMETROS DE CALIDAD RELACIONADOS CON ACIDEZ Y CONTENIDO DE AZÚCARES

### 4.2.1. Kilogramos Baumé

El kilogramo Baumé es un parámetro que se obtiene de multiplicar la producción de uvas en kilos con el grado Baumé ( $^{\circ}\text{Be}$ ) de la misma. 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.

Como se puede observar en la tabla 11, los factores estudiados tratamiento y sistema de conducción y su interacción entre ellos fueron muy significativos para el parámetro  $\text{kg } ^{\circ}\text{Be}$ .

Tabla 11. Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre el kilogramo Baumé mediante ANOVA MLG-Univariante

kg °Be/ha			
Variable	df	F	p <sup>a</sup>
Tratamiento (TR)	3	50,813	***
Sist. Conduc (SC)	1	251,602	***
TR x SC	3	38,885	***

df: grados de libertad; <sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA: \*\*\*: P<0,001

En relación al sistema de conducción, se observó que kg °Be fue significativamente mayor en la parcela Monastrell en espaldera. Este hecho probablemente se debe a la mayor producción/ha que se obtuvo con este sistema de conducción, como se ha comentado anteriormente. Los blancos (C) presentaron valores similares de kg °Be en ambos sistemas de conducción (Figura 19).

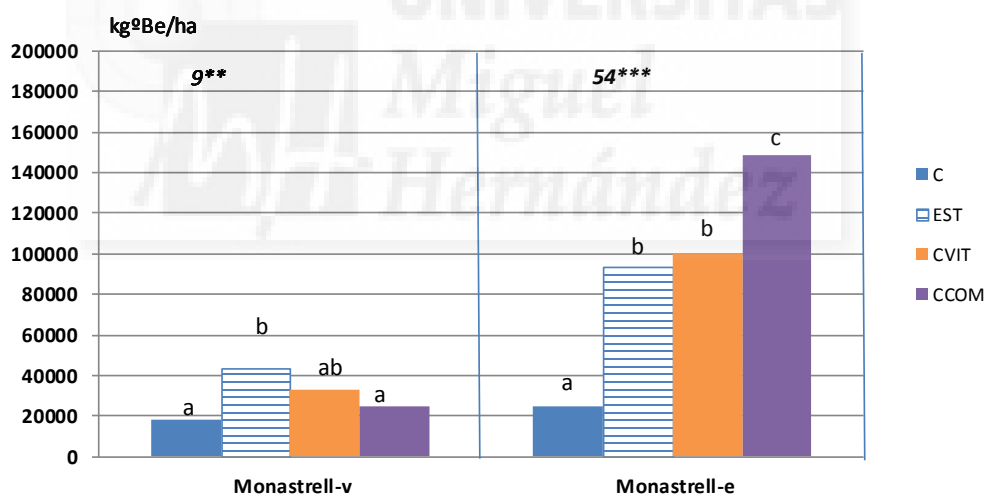


Figura 19. Efecto del tipo de tratamiento sobre el kilogramo Baumé en las parcelas estudiadas

En relación al efecto de los tratamientos, el comportamiento fue igual al observado en la producción/ha, indicando que el kg °Be depende en gran medida de la producción obtenida, ya que el °Be no varía mucho entre tratamientos, como se verá más adelante (Figura 19).

### 4.2.2. Grados Baumé

La medida del grado Baumé ( $^{\circ}\text{Be}$ ) indica el contenido en sólidos solubles de la uva y es un método aproximado para conocer su concentración en azúcares. Este parámetro aumenta durante la maduración de la uva debido a que los azúcares se van acumulando en el grano, como consecuencia de la desaparición de las hormonas de crecimiento, especialmente las auxinas, y al aumento del contenido de ácido abscísico, que favorecen las actividades enzimáticas implicadas en la acumulación de los azúcares, en las vacuolas de las células de la pulpa (sacarosa fosfato sintetasa, sacarosa sintetasa y hexoquinasa) (Ribéreau-Gayon y col., 2003).

Dentro de los factores estudiados, solo el factor sistema de conducción fue significativo para el  $^{\circ}\text{Be}$  de la uva, mientras que el factor tratamiento y su interacción con el sistema de conducción no fueron significativos (Tabla 12).

**Tabla 12.** Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre el grado Baumé mediante ANOVA MLG-Univariante

Grado Baumé ( $^{\circ}\text{Be}$ )			
Variable	df	F	$P^a$
Tratamiento (TR)	3	1,113	NS
Sist. Conduc (SC)	1	16,816	**
TR x SC	3	1,638	NS

df: grados de libertad; <sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA: NS:  $P > 0,05$  ; \*\*:  $P < 0,01$

En la figura 20 se puede observar, también, que no se encontraron diferencias significativas en el  $^{\circ}\text{Be}$  debidas a los tratamientos, en ninguna de las parcelas del estudio. Sin embargo, sí se observaron diferencias, en este parámetro, en cuanto a sistema de conducción, siendo mayores los valores del  $^{\circ}\text{Be}$  en las uvas de la parcela Monastrell en vaso. Este hecho confirma, que al tener menor nº racimos/planta, las cepas de esta parcela, como se ha visto anteriormente, estos estuvieron bien expuestos a la radiación solar, realizando más fotosíntesis que el sistema de conducción en espaldera y por tanto, la concentración de azúcares es mayor en la bayas (Toda, 2011). El mayor valor del  $^{\circ}\text{Be}$  de las uvas en la parcela en vaso es importante, ya que cuanto mayor es el contenido de azúcares de la uva mayor será la cantidad de alcohol a producir, factor perseguido por la viticultura productivista.

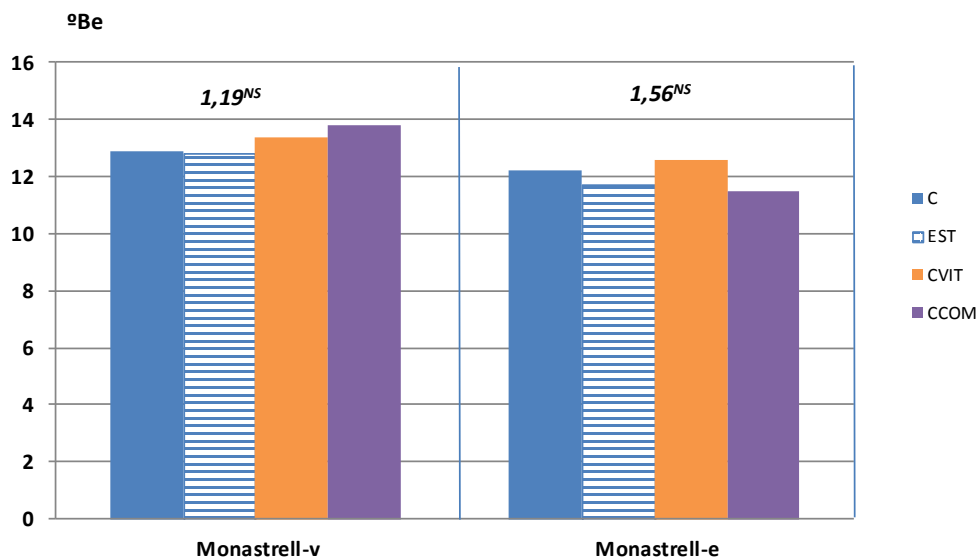


Figura 20. Efecto del tipo de tratamiento sobre el grado Baumé en las parcelas estudiadas

#### 4.2.3. Acidez total (g/L de ac. Tartárico)

Los ácidos de la uva a lo largo de la maduración, sufren una gran disminución. Esta disminución es debida esencialmente a dos causas, la respiración y el aumento del tamaño del grano que produce un efecto dilución (Oreglia, 1978).

Los valores de la acidez total de la uva estuvieron solo afectados por el sistema de conducción. Como se puede observar en la tabla 13, el factor tratamiento y su interacción con el factor sistema de conducción no fueron significativos.

Tabla 13. Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre la acidez total mediante ANOVA MLG-Univariante

Acidez total (g ac. Tartarico/L)			
Variable	df	F	P <sup>a</sup>
Tratamiento (TR)	3	1,613	NS
Sist. Conduc (SC)	1	10,502	**
TR x SC	3	0,163	NS

df: grados de libertad; <sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA: NS: P>0,05 ; \*\*: P<0,01

En la figura 21 también se muestra que no se encontraron diferencias significativas en los valores de la acidez total de las uvas debidas al tratamiento. Sin embargo, se apreciaron diferencia significativa en los valores de este parámetro en cuanto al sistema de conducción, siendo mayor la acidez total en las uvas de la parcela

Monastrell en espaldera. Este hecho podría deberse a que esta parcela tuvo un menor estrés hídrico, ya que se le aportó un riego de socorro. Este riego pudo influir en una mayor reposición de los ácidos perdidos durante la madurez de la uva por combustión respiratoria, como consecuencia de una mayor circulación de agua en la planta (Hidalgo Togores, 2006).

Todas las uvas vendimiadas presentaron valores de acidez total adecuados para la vinificación, ya que la mayoría de ellas tuvieron valores entre 4,5 y 5,5 g ac. Tartarico/L. Esto indica que las correcciones de acidez de los mostos para el comienzo de la fermentación serán mínimas (Hidalgo Togores, 2003).

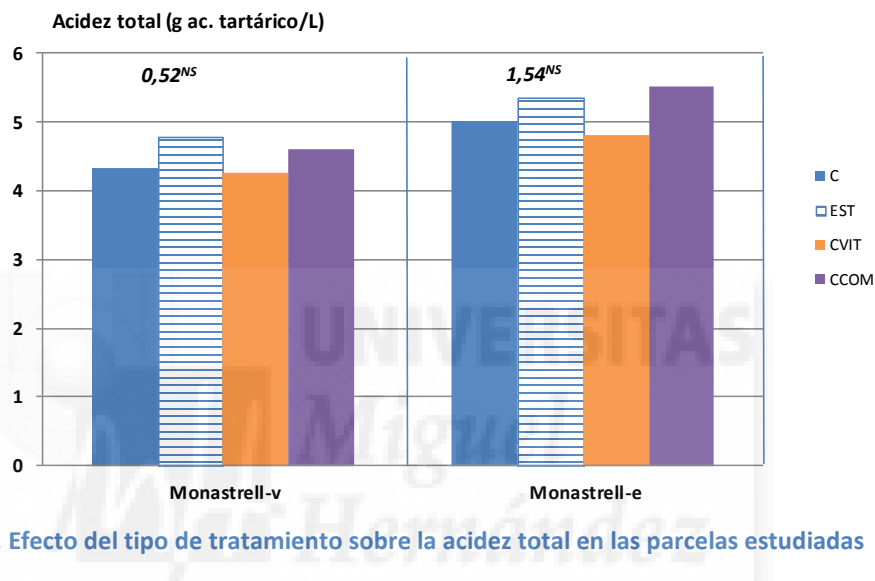


Figura 21. Efecto del tipo de tratamiento sobre la acidez total en las parcelas estudiadas

#### 4.2.4. pH

El valor del pH suele ser un factor a tener muy en cuenta en las vinificaciones, realizando correcciones de acidez para garantizar la integridad microbiológica del vino. En vinos con un pH elevado, el color tenderá a ser menos vivo, más apagado, mientras que a pH más ácidos las tonalidades lo harán hacia otras más rojizas.

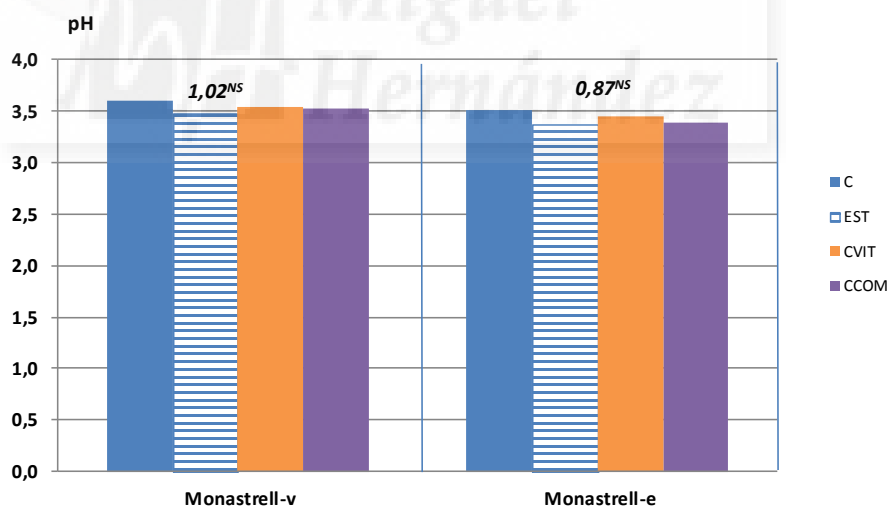
Respecto al pH, de los factores estudiados solo la variable sistema de conducción fue significativa para este parámetro (Tabla 14).

**Tabla 14. Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre el pH mediante ANOVA MLG-Univariante**

pH			
Variable	df	F	p <sup>a</sup>
Tratamiento (TR)	3	1,768	NS
Sist. Conduc (SC)	1	6,141	*
TR x SC	3	0,081	NS

df: grados de libertad; <sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA: NS: P>0,05 ; \*: P<0,05

En la figura 22 también se puede observar como no se encontraron diferencias significativas en los valores de pH en las uvas de ambas parcelas debidas al tratamiento. Las uvas de la parcela Monastrell-vaso alcanzaron un grado de madurez ligeramente mayor que las de Monastrell-espaldera, debido a que el pH de sus mostos fue, estadísticamente, algo mayor, lo que conllevaría a una mayor disminución de ácidos orgánicos durante la maduración. En la maduración aumenta la alcalinidad, debido a la salificación de los ácidos de la uva con las bases que llegan de la raíz a la baya (Salazar, 2005).



**Figura 22. Efecto del tipo de tratamiento sobre el pH en las parcelas estudiadas**

### 4.3. PARÁMETROS DE CALIDAD RELACIONADOS CON COMPUESTOS POLIFENÓLICOS

#### 4.3.1. Índice de Polifenoles Totales (IPT)

Los compuestos fenólicos presentes en la piel de la uva tinta van a ser los mayores responsables del color del vino tinto. Estos se clasifican como no flavonoides (ácidos benzoicos, ácidos cinámicos y estilbenos) y flavonoides (flavonoles, antocianos y flavanonoles). Los antocianos y los taninos (flavonoles polimerizados o procianidinas) van a ser los compuestos más relevantes en relación al color y su estabilidad en los vinos tintos (Toda, 2011).

Es importante que el racimo alcance la madurez polifenólica, porque la uva debe tener buena y equilibrada composición polifenólica, pero fundamentalmente porque ésta no puede corregirse.

Los índices relacionados con la madurez polifenólica de la uva tratan de tener en cuenta la concentración global en sustancias polifenólicas, pero también su estructura y su aptitud a la extracción que permite el paso en el vino durante la vinificación (Ribéreau-Gayon y col., 2003).

La existencia de un anillo fenólico supone una absorción de las radiaciones ultravioletas ( $\lambda = 280$  nm) lo que se utiliza para su determinación (IPT, Índice de polifenoles totales).

En la tabla 15 se puede observar que solo el factor sistema de conducción tuvo un efecto significativo en los valores de IPT de las uvas del estudio.

**Tabla 15. Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre el índice de polifenoles totales mediante ANOVA MLG-Univariante**

IPT			
Variable	df	F	$p^a$
Tratamiento (TR)	3	1,454	NS
Sist. Conduc (SC)	1	19,039	***
TR x SC	3	0,715	NS

df: grados de libertad; <sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA: NS:  $P > 0,05$ ; \*\*\*:  $P < 0,001$



En la figura 23 también se puede observar que no se encontraron diferencias significativas debidas a los tratamientos estudiados en los valores de IPT de las uvas de ambas parcelas.

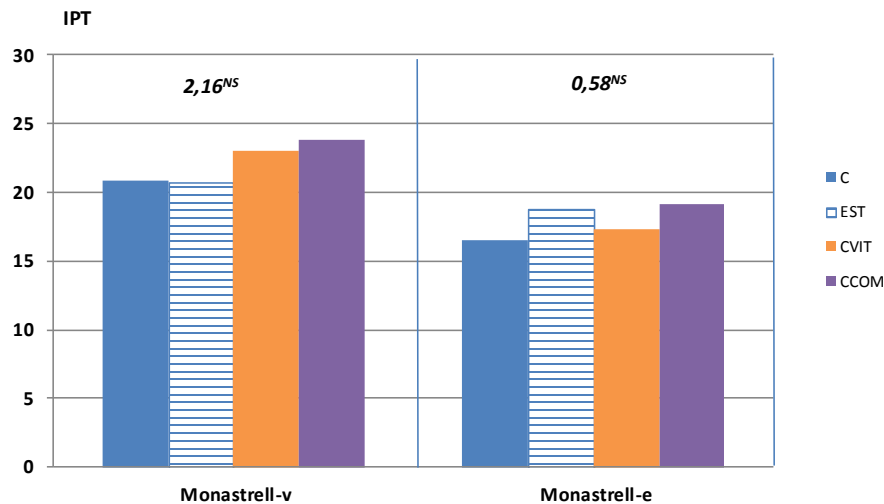


Figura 23. Efecto del tipo de tratamiento sobre el índice de polifenoles totales en las parcelas estudiadas

En relación a la comparación de los sistemas de conducción, se observó que los valores de IPT en las uvas de la parcela Monastrell en vaso fueron mayores que aquellos de las uvas de la parcela en espaldera. De este modo, se puede observar que una menor producción de uva por cepa conlleva a una mayor acumulación de compuestos polifenólicos en la uva.

Por otra parte, todos los compuestos fenólicos provienen de los azúcares, lo que explica que se formen más fácilmente cuando el contenido de azúcares es elevado (Toda, 2011). Con lo cual, se puede relacionar que el mayor contenido de azúcares de las uvas de la parcela en vaso haya favorecido una mayor síntesis de compuestos polifenólicos, en comparación con las uvas de la parcela en espaldera.

#### 4.3.2. Antocianos totales (mg/L)

Los antocianos se sintetizan en la piel de la uva y un gran tamaño de baya da como resultado un pequeño ratio piel/pulpa, que lleva a que estos compuestos se diluyan (Romero Cascales, 2008). El aumento de la fertilización nitrogenada, generalmente, va acompañada de la producción de uvas con menor contenido de compuestos fenólicos (Martínez de Toda Fernández, 2011).

Los factores estudiados tratamiento y sistema de conducción fueron muy significativos para el contenido de antocianos totales, siendo menos significativa su interacción entre ellos (Tabla 16).

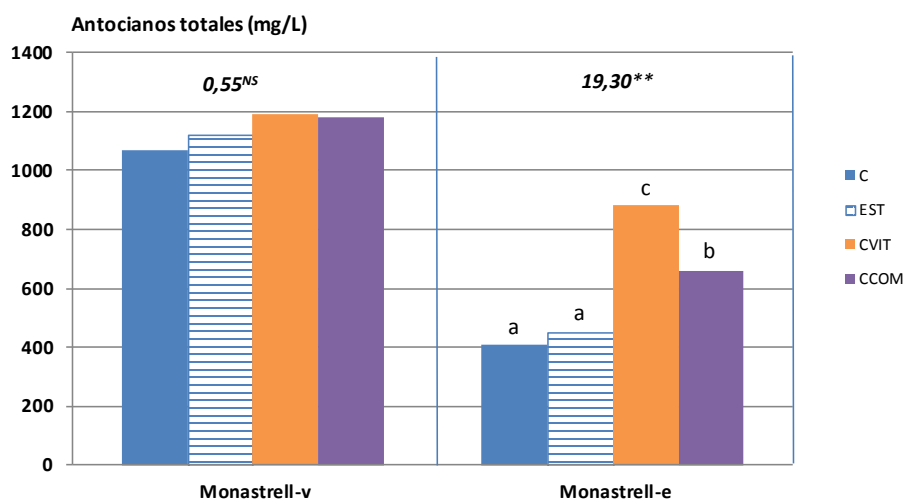
**Tabla 16. Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre los antocianos totales mediante ANOVA MLG-Univariante**

Antocianos totales			
Variable	df	F	P <sup>a</sup>
Tratamiento (TR)	3	8,587	**
Sist. Conduc (SC)	1	138,526	***
TR x SC	3	3,313	*

df: grados de libertad; <sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA: \*\*\*: P<0,001; \*\*: p <0,01 ; \* : p <0,05

En cuanto a los tratamientos, no se observaron diferencias significativas en el contenido de antocianos totales de las uvas de la parcela Monastrell-vaso. Sin embargo, en las uvas de la parcela en espaldera los tratamientos con compost produjeron un aumento de antocianos totales en la uva, especialmente en el caso de CVIT. No se observaron diferencias estadísticas entre el contenido de antocianos totales de las uvas con el tratamiento control y con estiércol en esta parcela (Figura 24).

Respecto al sistema de conducción, se encontraron diferencias muy significativas, siendo mayor el nivel de antocianos totales en las uvas de la parcela Monastrell-vaso en comparación con aquellas del sistema de conducción en espaldera.



**Figura 24. Efecto del tipo de tratamiento sobre los antocianos totales en las parcelas estudiadas**

### 4.3.3. Antocianos extraíbles (mg/L)

La extractabilidad de compuestos fenólicos de la uva está condicionada por el estado de madurez que afecta a la degradación de las células del hollejo (Ribéreau-Gayon y col., 2003)

En la tabla 17 se puede observar que el factor sistema de conducción tuvo una mayor significación en el contenido de antocianos extraíbles de la uva que el factor tratamiento o la interacción Tratamiento x Sistema de conducción.

**Tabla 17.** Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre los antocianos extraíbles mediante ANOVA MLG-Univariante

Antocianos extraíbles			
Variable	df	F	p <sup>a</sup>
Tratamiento (TR)	3	4,014	*
Sist. Conduc (SC)	1	102,377	***
TR x SC	3	5,008	*

df: grados de libertad; <sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA: \*\*\*: P<0,001; \* : p <0,05

En la figura 25 se muestra que en las uvas de la parcela en vaso, los tratamientos con compost consiguieron aumentar en mayor medida el contenido de antocianos extraíbles de la uva. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el contenido de estos compuestos en las uvas de los tratamientos C y EST. En el caso de las uvas procedentes de la parcela con sistema de conducción en espaldera, la variable tratamiento no afectó al contenido de antocianos totales de la uva.

En cuanto al sistema de conducción, se observaron diferencias muy significativas, siendo mayor el nivel de antocianos extraíbles en las bayas de la parcela Monastrell-vaso. De este modo el sistema de conducción en vaso fue el que dio uvas con mayor madurez fenólica, debido a que sus mostos fueron los que tuvieron mayor contenido de antocianos y éstos fueron también más fácilmente extraíbles, con lo que se asegura su difusión al mosto.

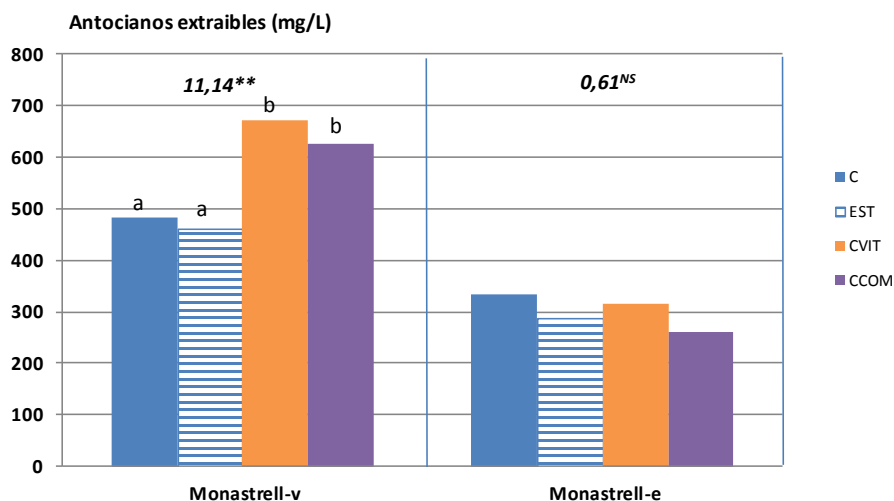


Figura 25. Efecto del tipo de tratamiento sobre los antocianos extraíbles en las parcelas estudiadas

#### 4.3.4. Extractabilidad antocianos (%)

El índice de madurez celular, también llamado Extractabilidad de los antocianos (EA), se calcula a partir de los contenidos de antocianos totales ( $ApH_1$ ) y de antocianos extraíbles ( $ApH_{3,2}$ ).

$$EA (\%) = [(ApH_1 - ApH_{3,2}) / ApH_1] * 100$$

Saint-Criq et al. (1998) propusieron este índice para evaluar la facilidad de extracción de los compuestos fenólicos al vino. Este análisis consiste en macerar uvas durante cuatro horas a dos valores diferentes de pH (3,2 y 1,0) y asume que a pH 1,0 se da una completa desorganización de la membrana vacuolar que facilita la liberación de los compuestos fenólicos. Cuando el pH de la disolución macerativa es de 3,2, la degradación tiene lugar en condiciones similares a las que ocurren durante la maceración (Glories y Saucier, 2000). La extractabilidad se considera óptima cuando la diferencia entre estos dos resultados es pequeña y, por tanto, el índice de extractabilidad es bajo (Romero Cascales, 2008).

El color del vino tinto y su posterior estabilidad se deben principalmente a la presencia de antocianos y taninos y a su grado de extracción.

Los factores estudiados tratamiento y la interacción tratamiento x sistema de conducción fueron más significativos que el factor sistema de conducción en la extractabilidad de antocianos (Tabla 18).

Tabla 18. Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre la Extractabilidad antocianos mediante ANOVA MLG-Univariante

Extractabilidad antocianos (%)			
Variable	df	F	p <sup>a</sup>
Tratamiento (TR)	3	17,947	***
Sist. Conduc (SC)	1	6,935	*
TR x SC	3	32,924	***

df: grados de libertad; <sup>a</sup> Nivel de probabilidad del test F-ANOVA: \*\*\*: P<0,001; \* : p <0,05

Respecto al tratamiento, no se encontraron grandes diferencias significativas en los porcentajes de extractabilidad de antocianos en las uvas de la parcela en vaso. Con lo cual, todas las bayas de la parcela mostraron una similar extracción de antocianos con respecto al contenido total de estos compuestos. Sin embargo, en la parcela en espaldera la fertilización orgánica aumentó el porcentaje de extracción de antocianos, especialmente en el caso de los tratamientos con compost (Figura 26). El efecto del sistema de conducción en la extractabilidad de antocianos no presentó una pauta determinada.

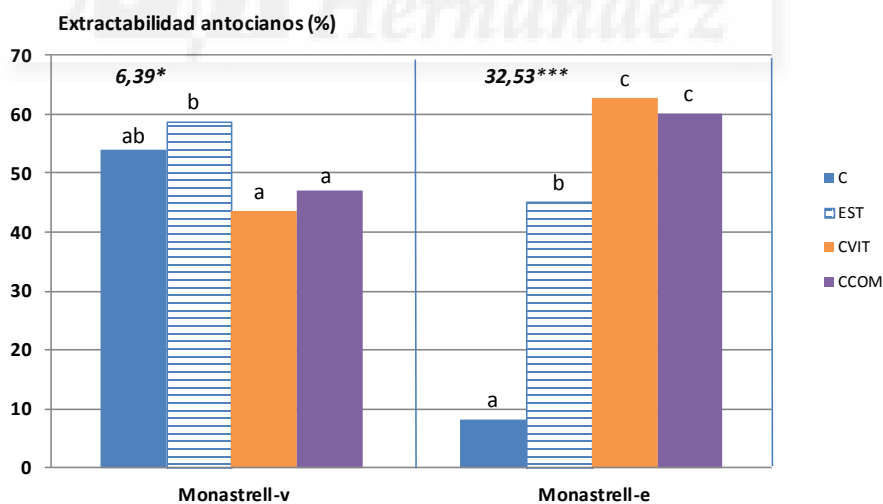


Figura 26. Efecto del tipo de tratamiento sobre la Extractabilidad antocianos en las parcelas estudiadas

## 5. CONCLUSIONES

Respecto al trabajo realizado se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El empleo de las enmiendas orgánicas estudiadas afectó en mayor medida a los parámetros relacionados con la producción del viñedo que a aquellos relacionados con la calidad de la uva.
- En general, los parámetros de producción/ha, nº racimos/planta y kg °Be fueron mayores 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 la parcela con sistema de conducción en espaldera.
- No se observaron diferencias significativas en el contenido en azúcar (medido con el °Be), acidez total, pH, Índice de polifenoles totales y contenido de antocianos totales debidas a los tratamientos empleados.
- La influencia del tratamiento solo se observó en los contenidos en antocianos extraíbles y en la extractabilidad de antocianos, siendo los **compost** los que mejoraron la extractabilidad de antocianos en la parcela en vaso, mientras que el **control** y el **estiércol** fueron los tratamientos que mejoraron este parámetro en la parcela en espaldera.
- El sistema de conducción fue la variable que tuvo un mayor efecto en los parámetros, de producción y de calidad de la uva, estudiados.
- Los valores de los parámetros relacionados con la producción (producción/ha, nº racimos/planta y kg °Be) 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.
- Sin embargo, las uvas de las parcelas con sistema de conducción en vaso presentaron una mejor calidad para su vinificación, ya que tuvieron mayores contenidos de azúcares, menor acidez y mayor contenido de polifenoles totales, así como de antocianos totales y extraíbles.
- En definitiva, como conclusión final de este trabajo, se pone de manifiesto la capacidad de las enmiendas orgánicas en la mejora de la productividad del sector vitivinícola, sin menoscabo de la calidad del fruto. Por otra parte, el sistema de conducción tradicional (en vaso) conlleva a una mayor calidad de vinificación de la uva variedad Monastrell, autóctona de la zona de estudio, a pesar del menor rendimiento conseguido y perseguido solo por el sector productivista y no de elaboración de vinos de calidad.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

**Abrisqueta, C. y Romero, M., 1969.** Digestión húmeda rápida de suelos y materiales orgánicos. *Anal. Edafol. Agrobiol.*, 27, 855-867.

**Akassou, M., Kaanane, A., Crolla, A., Kinsley, C. 2010.** Statistical modelling of the impact of some polyphenols on the efficiency of anaerobic digestion and the co-digestion of the wine distillery wastewater with dairy cattle manure and cheese whey). *Water Science and Technology*, 62: 475-483.

**Amrani Joutei, K. ; Glories, Y. 1994.** Etude en conditions modèles de l'extractibilité des composés phenoliques des pellicules et des pepins de raisin rouges. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 28 : 303-317.

**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.

**Beltran de Heredia, J., Dominguez J.R., Partido E. 2005.** Physico-chemical treatment for the depuration of wine distillery wastewaters (vinasses). *Water Science and Technology*, 51: 159-166.

**Bertran, E., Blanco, M., MasPOCH, S., Ortiz, M.C., Sánchez, M.S., Sarabia, L.A. 1999.** Handling intrinsic non-linearity in near-infrared reflectance spectroscopy. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 49, 215-224.

**Bertrán, E., Sort, X., Soliva, M., Trillas, I. 2004.** Composting winery waste: sludges and grape stalks. *Bioresource Technology*, 95: 203-208.

**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. 2007.** Compostaje de los residuos generados en la industria vinícola y alcoholera. Valoración agronómica de estos materiales. Tesis Doctoral. Universidad Miguel Hernández.

**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 Manage.* 28, 372-380.

**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., 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.

**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 Sci. Technol.* 56, 187-192.

**Consejo Regulador D.O.P. Alicante, 2014.** [www.crdo-alicante.org](http://www.crdo-alicante.org) (Acceso febrero 2014.)

**Crisosto, C.H., Mitchell, F.G. 2007.** Factores precosecha que afectan la calidad de frutas y hortalizas. In: Kader, A. (Ed.), *Tecnología Poscosecha de Productos Hortofrutícolas*. 3ª Edición. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California, USA, pp. 55-62.

**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*, 91: 1665-1673.

**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.

**Estévez, A., Vera, J.A., Alfaro, P., Andreu, J.M., Tent-Manclús, J.E., Yébenes, A. (2004).** Alicante en la Cordillera Bética. En: *Geología de la provincia de Alicante*. (Eds.) Alfaro, P., Andreu, J.M., Estévez, A., Tent-Manclús, Yébenes, A. Libro guía de las excursiones del XIII Simposio sobre Enseñanza de la Geología. Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad de Alicante. pp. 39-50.

**FAO (2014).** Food and Agriculture Organization of the United Nations. Analysis base don IEA Statistics (FAOSTAT, 2014). <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/QC/S>



**Fernández-López, J. A.; Hidalgo, V.; Almela, L.; Lopez-Roca, J. M. 1992.** Quantitative changes in anthocyanin pigments of *Vitis vinifera* c.v. Monastrell during maturation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 58: 153-155.

**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

**Glories, Y. 1999.** La maturità fenolica delle uve: primo parametro da controllare per una corretta vinificazione in rosso. *Vignevine*, 3: 46-50.

**Glories, Y.; Augustin, M. 1993.** Actes du Colloque Journée Technique du CIVB, Burdeos.

**Glories, Y.; Saucier, C. 2000.** Tannin evolution from grape to wine. Effects on wine taste. En: *Proceedings of the ASEV 50th Anniversary Annual Meeting*, Rantz, J. M. (Ed.), ASEV, Davis, CA, pp. 353-355.

**González Caballero, Virginia. 2012.** TESIS DOCTORAL “Determinación no destructiva de parámetros de calidad en uvas, racimos y mostos mediante Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano” UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA. E.T.S. DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DE MONTES. DEPARTAMENTO DE BROMATOLOGÍA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS. © Edita: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. 2012. Campus de Rabanales. Ctra. Nacional IV, Km. 396 A 14071 Córdoba

**Hidalgo Fernandez-Cano, Luis. 2011.** Tratado de viticultura. 4ª Edición. Mundi-Prensa Madrid. Mexico

**Hidalgo Togores, J., 2003.** Tratado de enología, Tomo I y II. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

**Hidalgo Togores, J., 2006.** La calidad del vino desde el viñedo. Mundi-Prensa. Madrid.

**Hidalgo, L. 2002.** Poda de la Vid. Mundi-Prensa, Madrid, España.

**Hidalgo, L. 2006.** Tratado de Viticultura General. Mundi-Prensa, Madrid, España.

**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.

**Ioannou, L.A., Michael, C., Vakondios, N., Drosou, K., Xekoukoulotakis, N.P., Diamadopoulou, 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: 659-669.

**Izcarra, E.; Gonzalez-San Jose, M. L. 2001.** Análisis de métodos rápidos de extracción para la maduración fenólica de la uva. *Enólogos*, 14: 14-28.

**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*, 2nd ed., American Society of Agronomy, Madison, WI, 643-697.

**Kennedy, J. A.; Hayasaka, Y.; Vidal, S.; Waters, E. J.; Jones, G. P. 2001.** Composition of grape skin proanthocyanidins at different stages of berry development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 5348-5355.

**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., Pratt, P.F., 1982.** Lithium, sodium and potassium. *Methods of soil analysis*. In: ASA-SSSA (Eds), vol. 2, Madison, pp. 225-246.

**Lamadon, F., 1995.** Protocole pour l'évaluation de la richesse polyphénolique des raisins. *Revue des Oenologues*, 76: 37-38.

**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.

**Lecas, M.; Brillouet, J.M. 1994.** Cell wall composition of grape berry skins. *Phytochemistry*, 35: 1241-1243.

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

**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 (2013).** Red de estaciones agrometeorológicas de SiAR. Disponible en: <http://eportal.magrama.gob.es/websiar/SeleccionParametrosMap.aspx?dst=1> (Acceso mayo 2014)

**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/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2013/default.aspx?parte=3&capitulo=13>. (Acceso mayo 2014)

**MAGRAMA 2014a,** Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. Gobierno de España. Material Vegetal.

<http://www.magrama.gob.es/app/materialVegetal/fichaMaterialVegetal.aspx?lng=es&IdFicha=489>. (Acceso mayo 2014)

**Martínez de Toda, F. 2008.** Claves de la Viticultura de Calidad: nuevas técnicas de estimulación y control de la calidad de la uva en el viñedo. 1ª Edición. Mundi-Prensa, Madrid, España.

**Martínez de Toda, F. 2011.** Claves de la Viticultura de Calidad: nuevas técnicas de estimulación y control de la calidad de la uva en el viñedo. 2ª Edición. Mundi-Prensa, Madrid, España

**Mazza, G.; Fukumoto, L.; Delaquis, P.; Girard, B.; Ewert, B., 1999.** Anthocyanins, phenolics and color of Cabernet Franc, Merlot and Pinot Noir wines from British Columbia. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47: 4009-4017.

**Moral, R., Pérez-Murcia, M.D., Moreno-Caselles, J. (2013).** Apuntes de la asignatura Estrategias contra la erosión, degradación y el cambio climático. Titulación de Grado en Ingeniería Agroalimentaria y Agroambiental. Universidad Miguel Hernández

**Muñoz Moreno, A. (2009).** Geología y vinos de España. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. Madrid

**Musee, N., Trerise, M.A., Lorenzen, L. 2007.** Post-treatment of distillery wastewater after UASB using aerobic techniques. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 28: 50-55.

**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.

**OIV (2009).** Compendium of international methods of wine and must analysis. Organisation Internationale de la Vigne et du Vin, Paris.

**Olsen, S.R., Xole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., 1954.** Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Department of Agriculture. Circular 939.

**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

**Oreglia, F(1978).** "Enología teórico-práctica". 2vols. Ed. Instituto Salesiano de artes gráficas. Buenos Aires. Argentina.

**Paredes, C., Cegarra, J., Roig, A., Sánchez-Monedero, M.A., Bernal, M.P. (1999).** Characterization of olive mill wastewater (alpechin) and its sludge for agricultural purposes. Bioresource Technology, 67: 111-115.

**Porta, J., López Acevedo, M. y Roquero, C. 2003.** Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. p. 807.

**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.

**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.

**Ribéreau-Gayon, J., Peynaud, E., Sudraud, P. Y Ribéreau-Gayon, P. (1980).** Tratado de Enología. Ciencias y Técnicas del vino. Tomo I: Análisis y Control de los Vinos. Editorial Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires.

**Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donéche, B., Lonvaud, A. (2003).** Tratado de enología. 1. Microbiología del vino. Vinificaciones. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, p. 651.

**Romero Cascales, Inmaculada. 2008.** Tesis Doctoral “Extracción de Compuestos Fenólicos de La uva al vino. Papel de Los Enzimas de Maceración”. Universidad de Murcia. Departamento de Tecnología de Alimentos, Nutrición y Bromatología

**Saint-Cricq, N.; Vivas, N.; Glories, Y. 1998.** Maturité phenolique: définition et contrôle. Revue Francaise d’ OEnologie, 173: 22-25.

**Salazar Hernandez, D.M.; Melgarejo Moreno, P., 2005.** Viticultura. Tecnicas de cultivo de la vid, calidad de la uva y atributos de los vinos. AMV, Ediciones; Mundi-Prensa.Madrid

**Sella, J.; Espinas, E.; Villaroya, A.; Mínguez, S. 1998.** Factores agronómicos que inciden sobre la composición fenólica de la uva. En: Las materias fenólicas del vino. Villafranca del Penedés.

**Sempere, A.; Oliver, J. y Ramos, C. (1993).** Simple determination of nitrate in soils by second-derivate spectroscopy. J. Soil Sci., 44: 633-639.

**Sentís, J., Martín, I., Eymar, E., Rodríguez, A.M., Argueta, M., Marín, J. (2004).** Importancia del potasio en la fertirrigación de la vid. Vida Rural, marzo: 44-47.

**SIGPAC (2014).** Disponible en: <http://sigpac.mapa.es/fega/visor/> . (Acceso mayo 2014)

**Strong, P.J., Burgess, J.E. 2008.** Fungal and enzymatic remediation of a wine lees and five wine-related distillery wastewaters, 99: 6134-6142.

**Torrijos, M. y Moletta, R. (2000).** Efluentes vinícolas y procedimientos de tratamiento. En: Enología: fundamentos científicos y tecnológicos. Ed. C. Flanzy. AMV Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, 769-783.

**Vila López R., Fernández Fernández J.I., Gil Muñoz R., Martínez Cutillas A. 2006.** Determinación rápida mediante espectrofotometría FT-IR- de la madurez fenólica en uva de la vendimia 2006. IMIDA. Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario. Estación enológica de Jumilla. Avda Asunción nº 24, 30520 Jumilla Murcia. rvl2000@terra.es. +0034-968-75-75-80

**Vinos de Alicante DOP. 2014a.** <http://www.vinosalicantedop.org/funciones/> (Acceso junio 2014)

**Vinos de Alicante DOP. 2014b.** <http://www.vinosalicantedop.org/comarcas/> (Acceso junio 2014)

**Vinos de Alicante DOP. 2014c.** <http://www.vinosalicantedop.org/descripcion-de-los-suelos/> (Acceso junio 2014)

**Vinos de Alicante DOP. 2014d.** <http://www.vinosalicantedop.org/> (Acceso junio 2014)

**Vinos de Alicante DOP. 2014e.** [http://www.vinosalicantedop.org/wp-content/uploads/documentos/Reglamento\\_DOP\\_Alicante-Orden\\_5-011\\_16.11.2011.pdf](http://www.vinosalicantedop.org/wp-content/uploads/documentos/Reglamento_DOP_Alicante-Orden_5-011_16.11.2011.pdf) (Acceso junio 2014)

**Vogt, J. y Lemperle, W. (1986).** El vino: obtención, elaboración y análisis. Ed. Acribia S.A. Zaragoza.

**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.

**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.



## ANEXOS

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales características de las aguas residuales de bodega y de la vinaza (Bustamante y col., 2005).....	23
Tabla 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). .....	25
Tabla 3. Métodos de tratamiento/aprovechamiento de los residuos y subproductos de origen vitivinícola. ....	27
Tabla 4. Características ampelográficas de la variedad Monastrell (MAGRAMA, 2014 a). .....	30
Tabla 5. Tipos de tratamientos usados en el experimento. ....	39
Tabla 6. Análisis físico-químico de los suelos (datos expresados sobre materia seca).....	44
Tabla 7. Características de las enmiendas orgánicas utilizadas en el ensayo (datos expresados sobre materia seca).....	45
Tabla 8. Calendario de las operaciones realizadas en el viñedo durante el tiempo que duró el experimento. ....	48
Tabla 9. Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre la producción de uva mediante ANOVA MLG-Univariante.....	56
Tabla 10. Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre el numero de racimos por cepa mediante ANOVA MLG-Univariante .....	57
Tabla 11. Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre el kilogramo Baumé mediante ANOVA MLG-Univariante .....	59
Tabla 12. Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre el grado Baumé mediante ANOVA MLG-Univariante .....	60
Tabla 13. Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre la acidez total mediante ANOVA MLG-Univariante .....	61
Tabla 14. Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre el pH mediante ANOVA MLG-Univariante .....	63
Tabla 15. Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre el índice de polifenoles totales mediante ANOVA MLG-Univariante .....	64
Tabla 16. Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre los antocianos totales mediante ANOVA MLG-Univariante .....	66
Tabla 17. Análisis del efecto del tratamiento (TR) y del sistema de conducción (SC) sobre los antocianos extraíbles mediante ANOVA MLG-Univariante.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la zona de producción de la D.O.P. Alicante (Vinos de Alicante DOP. 2014b).....	9
Figura 2. Logotipo de la D.O.P. de Alicante (Vinos de Alicante DOP. 2014d)....	11
Figura 3. (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) .	20
Figura 4. (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) .....	21
Figura 5. Residuos y subproductos generados durante la actividad de las bodegas y alcoholeras .....	22
Figura 6. Hoja (haz y envés) y pámpano joven de la vid de la variedad Monastrell (MAGRAMA, 2014 a).....	31
Figura 7. Racimo de la variedad Monastrell (MAGRAMA, 2014 a).....	31
Figura 8. Parcelas experimentales. ....	38
Figura 9. Temperaturas máximas, mínimas y medias del área de estudio durante el periodo experimental (MAGRAMA, 2013). ....	39
Figura 10. Precipitación y Evapotranspiración del área de estudio durante el periodo experimental (MAGRAMA, 2013). ....	40
Figura 11. Esquema de parcela de viña variedad Monastrell en vaso-secano..	41
Figura 12. Esquema de parcela de viña variedad Monastrell en espaldera-regadío.....	42
Figura 13. Parcela de viña variedad Monastrell en vaso (SIGPAC, 2014).....	43
Figura 14. Parcela de viña variedad Monastrell en espaldera (SIGPAC, 2014). 43	
Figura 15. Aplicación de las enmiendas orgánicas .....	46
Figura 16. Parcelas del experimento .....	47
Figura 17. Efecto del tipo de tratamiento sobre la producción de uva en las parcelas estudiadas .....	56
Figura 18. Efecto del tipo de tratamiento sobre el nº de racimos por planta en las parcelas estudiadas .....	58
Figura 19. Efecto del tipo de tratamiento sobre el kilogramo Baumé en las parcelas estudiadas .....	59
Figura 20. Efecto del tipo de tratamiento sobre el grado Baumé en las parcelas estudiadas.....	61
Figura 21. Efecto del tipo de tratamiento sobre la acidez total en las parcelas estudiadas.....	62
Figura 22. Efecto del tipo de tratamiento sobre el pH en las parcelas estudiadas .....	63
Figura 23. Efecto del tipo de tratamiento sobre el índice de polifenoles totales en las parcelas estudiadas .....	65



---

Figura 24. Efecto del tipo de tratamiento sobre los antocianos totales en las parcelas estudiadas .....	66
Figura 25. Efecto del tipo de tratamiento sobre los antocianos extraíbles en las parcelas estudiadas .....	68
Figura 26. Efecto del tipo de tratamiento sobre la Extractabilidad antocianos en las parcelas estudiadas .....	69

