

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DEL MEDIO
NATURAL**



***Estrategias para la mejora de la
composición aromática de uvas
Monastrell en función de las
características del agua de riego***

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

TRABAJO FINAL DE GRADO

ALUMNO:

D. Santiago Cebrián Cabo

DIRECTORA ACADÉMICA:

D^a. M^a José García Esparza

Curso Académico: 2017 – 2018

Valencia, Julio de 2018

TÍTULO: *Estrategias para la mejora de la composición aromática de uvas Monastrell en función de las características del agua de riego.*

RESUMEN: Se ha realizado un ensayo de riego de un viñedo de la variedad Monastrell con aguas de diferente calidad en el año 2017. Se han aplicado diferentes estrategias en cuanto al volumen y al periodo en el que se realiza el aporte de agua (secano y riego deficitario). Por otra parte se ha utilizado agua de buena calidad y agua salina con diferente conductividad eléctrica. Se ha realizado un total de 6 tratamientos de riego con distintas características, un total de 1152 cepas, siendo la superficie ocupada por el ensayo de, aproximadamente, 5184 m².

El objetivo del trabajo es estudiar el efecto de la utilización de aguas no convencionales provenientes de la depuración de los vertidos municipales para reducir el déficit hídrico del suelo al que se ven sometidos los viñedos en secano, sobre la composición de la uva en el momento de la vendimia, analizándose los parámetros relacionados con la madurez tecnológica y polifenólica. Así mismo, se determinará la composición aromática de las uvas procedentes de los distintos protocolos de riego.

PALABRAS CLAVE: Riego, Calidad, Tratamiento, Uva, Aromas, Compuestos.

TUTOR: Dña. María José García Esparza

AUTOR: D. Santiago Cebrián Cabo

TITLE: Strategies for the improvement of the aromatic composition of Monastrell grapes according to the characteristics of the irrigation water.

ABSTRACT: An irrigation trial of a vineyard of the Monastrell variety with waters of different quality was carried out in 2017. Different strategies have been applied in terms of volume and the period in which the water supply is made (dry and deficit irrigation). On the other hand, good quality water and saline water with different electrical conductivity have been used. A total of 6 irrigation treatments with different characteristics have been carried out, a total of 1152 strains, with the surface occupied by the trial of approximately 5184 m².

The objective of the work is to study the effect of the use of unconventional waters from the purification of municipal discharges to reduce the water deficit of the soil to which the vineyards are subjected in dry land, on the composition of the grape at the time of the harvest, analysing the parameters related to the technological and polyphenolic

maturity. Likewise, the aromatic composition of the grapes coming from the different irrigation protocols will be determined.

KEY WORDS: Irrigation, Quality, Treatment, Grapes, Odors, Compounds.

TUTOR: Dña. María José García Esparza

AUTHOR: D. Santiago Cebrián Cabo

TÍTOL: Estratègies per a la millora de la composició aromàtica de raïm Monastrell en funció de les característiques de l'aigua de reg.

RESUM: S'ha realitzat un assaig de reg d'una vinya de la varietat Monastrell amb aigües de diferent qualitat en l'any 2017. S'han aplicat diferents estratègies pel que fa al volum i al període en què es realitza l'aportació d'aigua (secà i reg deficitari). D'altra banda s'ha utilitzat aigua de bona qualitat i aigua salina amb diferent conductivitat elèctrica. S'ha realitzat un total de 6 tractaments de reg amb diferents característiques, un total de 1152 ceps, i la superfície ocupada per l'assaig de, aproximadament, 5184 m².

L'objectiu del treball és estudiar l'efecte de la utilització d'aigües no convencionals provinents de la depuració dels abocaments municipals per reduir el dèficit hídric del sòl a què es veuen sotmesos les vinyes en secà, sobre la composició del raïm en el moment de la verema, analitzant els paràmetres relacionats amb la maduresa tecnològica i polifenòlica. Així mateix, es determinarà la composició aromàtica dels raïms procedents dels diferents protocols de reg.

PARAULES CLAU: Reg, Qualitat, Tractament, Raïm, Aromes, Compostos.

TUTOR: Dña. María José García Esparza

AUTOR: D. Santiago Cebrián Cabo

ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. OBJETIVOS**
- 3. MATERIALES Y MÉTODOS**
 - 3.1. CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO**
 - 3.1.1. CARACTERÍSTICAS DE LA PARCELA**
 - 3.1.2. DISEÑO EXPERIMENTAL**
 - 3.2. MÉTODO DE EXTRACCIÓN Y ANÁLISIS DE PRECURSORES AROMATICOS EN UVAS**
 - 3.3. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO**
- 4. RESULTADOS**
 - 4.1. EFECTO DEL PERIODO DE APLICACIÓN Y DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO SOBRE LOS PRINCIPALES COMPUESTOS AROMÁTICOS DE LAS UVAS.**
 - 4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**
- 5. CONCLUSIONES**
- 6. BIBLIOGRAFÍA**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Clasificación del agua de riego de la vid respecto su uso y la conductividad eléctrica. (Fuente: Tratado de viticultura. TOMO I y II).

Tabla 4.1: Tratamientos aplicados y agrupación de los mismos para la realización del estudio.

Tabla 4.1.1: Valores medios, desviación estándar y ANOVA de los compuestos aromáticos liberados de sus precursores en función del periodo de irrigación ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de uva) en uvas de la variedad Monastrell.

Tabla 4.1.2: Valores medios, desviación estándar y ANOVA de los compuestos aromáticos liberados de sus precursores en función de la calidad del agua de riego ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de uva) en uvas de la variedad Monastrell.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Ciclo vegetativo de la vid (Fuente: Blouin y Guimberteau, 2004).

Figura 1.2: Logotipo de la Denominaciones de Origen JUMILLA.

Figura 1.3: Racimo, hojas y cepa de la variedad Monastrell (Fuente: MAPAMA).

Figura 1.4: Flor, haz y envés de las hojas de la variedad Monastrell (Fuente: MAPAMA).

Figura 3.1.1.1: Localización de la parcela de estudio (Fuente: Google Maps).

Figura 3.1.2.1: Disposición de los tratamientos experimentales en Fuente Álamo.

Figura 4.2.1: Concentración de α -Terpineol y Nerol en uvas con los distintos tratamientos de riego ($\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$). Irrigación F-V (desde floración hasta vendimia); Irrigación PE-V (desde post-envero hasta vendimia)

Figura 4.2.2: Concentración de β -Damascenona y α -ionona en uvas con los distintos tratamientos de riego ($\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$). Irrigación F-V (desde floración hasta vendimia); Irrigación PE-V (desde post-envero hasta vendimia).

Figura 4.2.3: Concentración de Vainillina en uvas con los distintos tratamientos de riego ($\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$). Irrigación F-V (desde floración hasta vendimia); Irrigación PE-V (desde post-envero hasta vendimia).

Figura 4.2.4: Concentración de 4-Vinilfenol, Guayacol, 4-Etilguayacol, Eugenol y 4-Etilfenol en uvas con los distintos tratamientos de riego ($\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$). Irrigación

F-V (desde floración hasta vendimia); Irrigación PE-V (desde post-envero hasta vendimia).

Figura 4.2.5: Concentración de Benzaldehido, Ácido Benzoico, 4 Benzilalcohol y 3Hidroxibenzaldehido en uvas con los distintos tratamientos de riego ($\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$). Irrigación F-V (desde floración hasta vendimia); Irrigación PE-V (desde post-envero hasta vendimia).

Figura 4.2.6: Concentración de 1-Propanol, 1-Heptanol y 2-Feniletanol en uvas con los distintos tratamientos de riego ($\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$). Irrigación F-V (desde floración hasta vendimia); Irrigación PE-V (desde post-envero hasta vendimia).

Figura 4.2.7: Concentración de Ácido Butirico, Ácido Hexanoico y Ácido 2-Etil-Ácido Hexanoico en uvas con los distintos tratamientos de riego ($\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$). Irrigación F-V (desde floración hasta vendimia); Irrigación PE-V (desde post-envero hasta vendimia).

Figura 4.2.8: Concentración de 5-Metilfurfura y Decalactona en uvas con los distintos tratamientos de riego ($\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$). Irrigación F-V (desde floración hasta vendimia); Irrigación PE-V (desde post-envero hasta vendimia).

1. INTRODUCCIÓN

La vid se desarrolla en 4 fases durante su periodo vegetativo anual. Estas fases son características de la zona en que se desarrolla. Son las siguientes, pertenecientes a las del clima de la región de Jumilla (*Hidalgo, 2002*):

Fase I. Inicio de la brotación y del cuajado. Ocupa un 20% del ciclo vegetativo anual. Las materias carbonadas sintetizadas van en prioridad a la constitución de los sarmientos, hojas, raíces e inflorescencias. Una restricción hídrica durante esta fase no es deseable.

Fase II. De cuajado a enverado. Abarca cerca de un 50% del ciclo anual. La materia seca, sirve para la reserva de madera vieja, raíces, agostamiento de los sarmientos y la constitución de las pepitas. En el curso de esta fase, un estrés hídrico moderado, frena la actividad de crecimiento de los sarmientos.

Fase III. De enverado a maduración. Corresponde al 20% del ciclo anual. Se realiza la constitución de los racimos. Durante esta fase es imperativo que la actividad de crecimiento de la vid se detenga, pues se produciría una competencia directa con la formación de los racimos. Hace falta dirigir los aportes de agua de tal manera que se ejerza un estrés hídrico muy moderado, sin que dificulte la fotosíntesis.

Fase IV. De vendimia a agostado. Utiliza el 10% del ciclo anual. Una vez cosechados los racimos, las hojas continúan realizando la fotosíntesis, hasta que las condiciones ambientales lo permitan, acumulándose las sustancias en forma de reservas en la madera del viñedo, siendo estas indispensables para la brotación del siguiente año. Las vides no deben sufrir sequía.

En la figura siguiente queda representado el ciclo expuesto anteriormente.

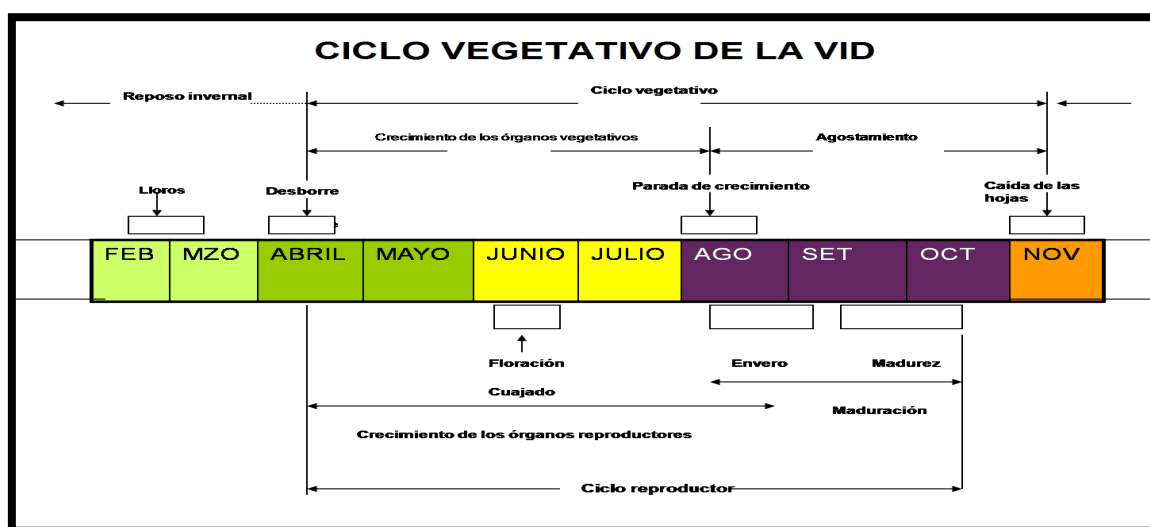


Figura 1.1: Ciclo vegetativo de la vid (Fuente: Blouin y Guimberteau, 2004)

El riego es uno de los factores más importantes para controlar el vigor del viñedo, debiendo aplicarse únicamente para favorecer el desarrollo cualitativo de las uvas, y nunca para aumentar el volumen de la cosecha haciendo que se produzca una reducción de su calidad.

La vid es capaz de desarrollarse con niveles de pluviometría anual de 300 a 800 mm anuales, consumiéndose de acuerdo con el siguiente reparto (*Hidalgo, 2006*):

- Periodo invernal 2%
- De brotación a cuajo 10%
- De cuajado a envero 43%
- De envero a caída de hoja 45%

Sus necesidades hídricas aumentan desde el cuajado hasta el envero, requiriendo un 75% del total. El 25%, es aplicado en los periodos restantes en pequeñas dosis. No se debe aplicar demasiada agua, ya que provocaría una superproducción, disminuyendo la calidad del fruto. La disponibilidad de agua por la planta debe limitarse a lo indispensable, utilizándose la técnica de “regulación del déficit hídrico (*RDI: Reguled Deficit Irrigation*)”, donde se pretende conseguir la máxima actividad fotosintética, con la aplicación de la menor cantidad de agua. Este punto está cercano a la marchitez, favoreciendo la maduración de la uva y reduciendo el tamaño de las bayas, mejorando de este modo la calidad de la vendimia. Adicionalmente se verán afectados procesos de respiración. Metabolitos, tales como ácidos y algunos compuestos aromáticos serán los más afectados. Se produce un aumento de los sólidos solubles y la acidez, una mayor acumulación de azúcares, una mayor síntesis de polifenoles en variedades tintas (*Romero et al., 2010*) y una mayor precocidad en el ciclo fenológico del viñedo, adelantándose por lo tanto a la maduración.

El riego del viñedo después de la cosecha es muy importante, pues de este modo se aumenta el nivel de las reservas en la madera antes de la parada invernal.

La magnitud de la mejora del riego deficitario y la respuesta al estrés hídrico depende de muchos factores, tanto de la propia planta y la variedad de uva, como el periodo fenológico en que se encuentra. También las ajenas a esta, ya sean las prácticas de cultivo o las condiciones ambientales (*Matthews et al., 1987, Medrano et al., 2003*).

La vid puede vegetar en prácticamente cualquier tipo de terreno, salvo en los salinos. Se desarrolla mejor cuando la Conductividad Eléctrica (CE) es menor a $0,8 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ siendo poco tolerante a partir de una $\text{CE} < 2 \text{ a } 3 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, ya que debe vencer el elevado potencial osmótico que producen las sales del suelo. Debe incrementar notablemente su actividad respiratoria para conseguir la energía necesaria.

Se produce una disminución del vigor, afectando negativamente a la biomasa del tronco, pulgares y hojas, así como a la fertilidad de las yemas, conduciendo a una maduración precoz, acompañada de una disminución de la cosecha. Ocasiona una disminución de la acidez, de potasio y de magnesio, y por el contrario un aumento en calcio y cloro, procedente de las sales. (Hidalgo and Hidalgo, 2011).

Las plantas de vid son moderadamente sensibles a la salinidad y la disminución de rendimientos es de 0% a 1,75 dS*m⁻¹; 25% a 2,7 dS*m⁻¹ y 50% a 4,5 dS*m⁻¹. El efecto del estrés salino en vides incluye reducción de la tasa fotosintética, disminución del vigor de tallos y raíces, márgenes foliares necróticos o muerte de la hoja, disminución de los rendimientos y eventualmente la muerte de la planta (Munns and Termaat, 1986; Prior et al., 1992a; Prior et al., 1992b; Shani et al., 1993; Stevens and Harvey, 1995; Fisarakis et al., 2001; Walker et al., 2002).

La salinidad de estas aguas y las concentraciones de iones salinos específicos, como cloruros y sulfatos, son de suma importancia en relación con la estructura del suelo, el rendimiento de la vid y la composición de las bayas y el vino (Laurenson et al., 2012; Netzer et al., 2014). Generalmente la fitotoxicidad de la salinidad está atribuida a la sal Cloruro Sódico (NaCl) (Fisarakis, I. et al, 2001)

Cuando se riegan viñedos por goteo con aguas salinas, es conveniente añadir una cantidad adicional de agua para el lavado de sales o *fracción de lixiviación (FL)* (Hidalgo and Hidalgo, 2011). Para el riego de viñedos por goteo, las aguas pueden clasificarse de la siguiente forma:

Conductividad Eléctrica (CE)(dS m ⁻¹)	Calidad del agua de riego
0 a 2 dS m ⁻¹	BUENA, se puede utilizar sin reservas.
2 a 4 dS m ⁻¹	REGULAR, se puede emplear sin problemas, aplicando un 10 a 20 por ciento más de agua para lavar las sales. Reducción de vendimia esperada del 10 a 15 por ciento.
4 a 6 dS m ⁻¹	MALA, no debe utilizarse de forma permanente. Aplicar un 20 a 30 por ciento más de agua de lavado. Reducción de cosecha esperada del 15 al 25 por ciento.
> 6 dS m ⁻¹	NO UTILIZABLE

Tabla 1.1: Clasificación del agua de riego de la vid respecto su uso y la conductividad eléctrica. (Fuente: Tratado de viticultura. TOMO I y II).

La cantidad de agua y calidad de esta, es un concepto de gran estudio, ya que comprende la vida y desarrollo de la planta para una óptima producción. La planta

absorbe la disolución de agua y minerales del suelo. Mediante las reacciones químicas y fotosintéticas, elabora sus propios nutrientes, de esta manera a mayor calidad de agua, mayor calidad en los nutrientes (*Jackson y Lombard, 1993; Dai et al., 2011*). El fenómeno depende de factores ambientales, endógenos y de técnicas de cultivo utilizadas.

Los efectos negativos de la salinidad sobre las plantas y el suelo se deben al fenómeno osmótico de las sales disueltas, a los efectos del sodio absorbido por las plantas y también a la toxicidad producida por la abundancia de algunos iones. En el primer caso, cuanto mayor es la concentración salina del agua del suelo, mayor es la presión osmótica que las plantas han de vencer, llegando un momento que se cesa la absorción del agua por el sistema radicular.

El momento de aplicación del “*estrés hídrico*”, nombrado anteriormente, resulta crucial en etapas previas a envero. Se consigue una mayor concentración de antocianos en los hollejos.

Los aromas de las bayas de la uva son influenciados por la concentración y tipo de sal del agua del riego, ya que los precursores aromáticos son metabolizados en la planta y pertenecen al grupo de los aromas primarios o varietales (*Bindon et al., 2013*).

Los aromas varietales, o también conocidos como aromas primarios, son aquellos que resultan del propio metabolismo de la uva. Dependiendo de la variedad, las condiciones climáticas y edafológicas, las prácticas culturales y en general de las características de la zona donde se cultivan las viñas (*González-Rodríguez et al., 2011*). Cada variedad de uva aporta unos aromas característicos al resultado final, no solo por la propia variedad de uva, sino también por las condiciones y combinaciones en que se han desarrollado dichos compuestos aromáticos.

Los compuestos responsables del aroma de la uva, constituyen un grupo muy complejo. Pueden ser sustancias en forma libre, como moléculas volátiles y por lo tanto olorosas; o en forma ligada y que no huelen. Estos compuestos son los llamados precursores aromáticos. Cabe destacar que los ligados o no volátiles, no tienen carácter odorante durante la maduración de la uva, pero se hidrolizan y forman compuestos volátiles durante la fermentación del vino o el almacenamiento en botella, siendo aromas secundarios y terciarios.

Estos precursores aromáticos se pueden clasificar atendiendo a si son específicos o no del aroma. El grupo de los que se considera no específico suelen ser los ácidos grasos, carotenoides y aminoácidos. Su perfil es característico de la variedad. Por contraposición, los compuestos específicos del aroma, son los que pueden originar

volátiles olorosos mediante una o dos fragmentaciones de la molécula, quedando aun reconocible la estructura del precursor (Salinas, 2013). El primer tipo, los específicos, no se encuentran en todas las viníferas y requieren de actividades específicas enzimáticas por parte las levaduras, siendo muy inestables y fácilmente oxidables.

El aroma es uno de los componentes más difíciles de clasificar. Es junto al sabor, el determinante de la calidad del propio vino. Está formado por compuestos muy distintos y dispares de gran complejidad biológica, bioquímica y tecnológica, con un elevado número de compuestos volátiles con distinta naturaleza, perfil organoléptico y concentración. La volatilidad es un atributo esencial de los odorantes, se encuentran influenciados por muchos factores. Su formación abarca desde la cepa hasta el momento de la cata en copa, influenciando gran número de factores, siendo el aroma final muy complejo y único en cada vino. (Bayonove et al., 2000).

Los tipos de aromas de los vinos se pueden clasificar en tres tipos, atendiendo al momento de su formación, en la evolución de la uva y al vino ya formado. (Cacho, 2003 Riu-Aumatell, 2005). Las categorías son:

Aromas primarios, son los correspondientes a la cepa, los que depende del lugar del cultivo de esta. Son característicos de cada uno, ya que dependen del clima, suelo, zona riego y todo el conjunto de prácticas culturales. Los aromas característicos de este tipo son frutales, vegetales y florales. Estos aromas serán sobre los que se realice el estudio, ya que se analizan sobre las uvas tras su vendimia.

El resto de aromas son los llamados **Aromas secundarios y Aromas Terciarios**. Los secundarios correspondientes a los procesos de la fermentación del vino, tales como la fermentación alcohólica y maloláctica. Por otra parte los Aromas terciarios, o también conocidos como "*bouquet*", son los que se desarrollan durante la crianza en la barrica y en su posterior maduración en botella. Es una etapa de aromas muy complejos, ya que depende de la barrica y en las condiciones que estén almacenados.

Desde el siglo XIII hasta nuestros días, las tierras de Castilla-La Mancha han sido consideradas la bodega de España. En Albacete, por la tala indiscriminada de bosque, para la obtención de leña para las forjas, se reutilizó el terreno para el pastoreo y posteriormente para el cultivo de la vid, al ser terrenos áridos y cálidos, tener poca pluviometría, condiciones óptimas para la vid. El total de las existencias del vino suponen unos 18.944.219 hectólitros de vino en Castilla-La Mancha. Datos recogidos por INFOVI, pertenecientes al apartado de vitivinicultura del MAGRAMA.

En Albacete, la vid es el cultivo principal, siendo la variedad *Monastrell* la más cultivada hasta la fecha. Se encuentra el perfecto hábitat para su desarrollo. El suelo es cretáceo, el duro clima y la escasa lluvia contribuyen a que la uva desarrolle sus máximas características de color, sabor y aroma. Es una de las Denominaciones de Origen más antiguas de España, con reglamento desde 1966. La figura superior (**Figura 1.2.**), corresponde al logotipo de la Denominaciones de Origen *JUMILLA* (*D.O. Jumilla*).



Abarca una amplia comarca en el sureste español, entre el norte de la región de Murcia (municipio de Jumilla) y parte de la provincia de Albacete. En Fuente Álamo es el lugar de la plantación del estudio. Agrupa en la actualidad a casi 40 bodegas, más de 4.000 viticultores y más de 25.000 hectáreas registradas de viñedo. Sus productos están garantizados por el Consejo Regulador de la *D.O. Jumilla*. El 40% de las hectáreas se encuentran situadas en el municipio de Jumilla.

Como ya se ha nombrado anteriormente la variedad más utilizada por la D.O. JUMILLA es la *Monastrell*.

Las cepas son de vigor medio, de porte muy vertical, desborre y maduración tardíos. Poseen buena fertilidad y producción moderada (*Fuente MAPAMA*).

Las flores poseen la apertura de la extremidad abierta, con gran densidad de pelos y pigmentación débil. El pámpano posee un color rojo en la cara dorsal del entrenudo y verde en los nudos (*Fuente MAPAMA*).

Las hojas poseen un tamaño medio, de forma pentagonal con tres lóbulos dispuestos en el seno peciolar de forma abierta en lira (*Fuente MAPAMA*).

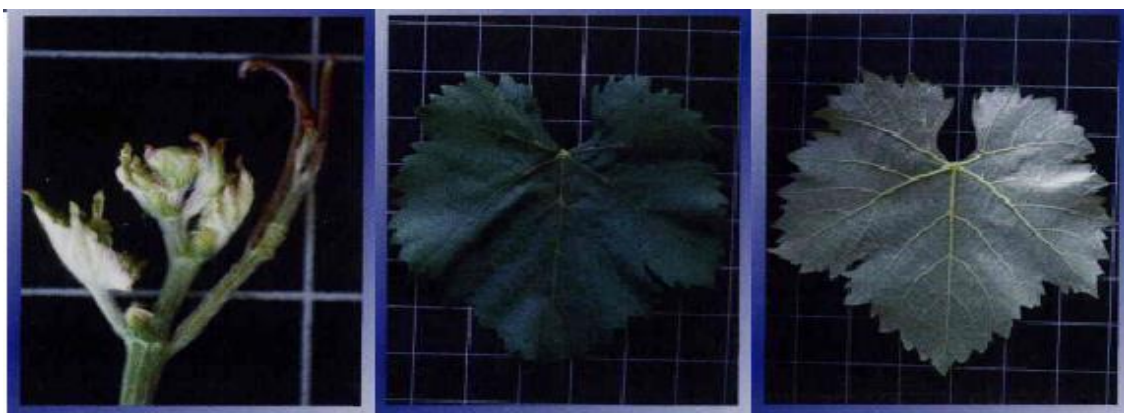


Figura 1.3: Flor, haz y envés de las hojas de la variedad *Monastrell* (*Fuente: MAPAMA*)



Figura 1.4: Racimo, hojas y cepa de la variedad Monastrell (Fuente: MAPAMA)

Es la variedad característica de la zona levantina. Sus racimos están compuestos por bayas esféricas y de tamaño pequeño. Son compactos y de color azul negruzco, con piel gruesa y rica en antocianos. La pulpa es carnosa y blanda con poca cantidad de taninos. Se aclimata muy bien a temperaturas altas.

El vino tiene un sabor dulzón, producido quizás por su elevado grado alcohólica. Su color es intenso, tostado, con ribetes pardo-violáceos. Son de gran aroma y sabor. El *bouquet* de la crianza y envejecimiento, que aparece después de año y medio como mínimo, es intenso y suntuoso, adquiriendo matices de regaliza, cuero y especias. Los vinos son resistentes a la oxidación. (Peynaud, 1996).

2. OBJETIVOS

El cambio climático que se observa con el paso de los años, plantea restricciones en la utilización de agua y obliga al desarrollo de nuevas formas y técnicas de utilización de los recursos. Los retos más inminentes que deben afrontar la industria vinícola, sobre todo en las regiones áridas y semiáridas, son el aumento de la sequía y la salinidad debido a la mayor evaporación y la disminución de la disponibilidad de agua (*Schultz y Stoll, 2010*). La reutilización del agua puede considerarse como una alternativa rentable en la agricultura. Esta práctica consiste en mezclar “agua de buena calidad” con una de otras características, un poco inferiores como puede ser que tengan un porcentaje de sales elevado.

La creciente salinización del agua de riego supone una grave amenaza para el cultivo de la vid, ya que la mayoría de los viñedos son muy poco resistentes a la salinidad. También la gran mayoría de los viñedos de regadío corren el riesgo debido a las sales disueltas en el agua, especialmente los de riego deficitario (*Keller, 2010*).

El objetivo del trabajo es estudiar el efecto de la utilización de aguas no convencionales provenientes de la depuración de los vertidos municipales para reducir el déficit hídrico del suelo al que se ven sometidos los viñedos en secano, sobre la composición de la uva en el momento de la vendimia, analizándose los parámetros relacionados con la madurez tecnológica y polifenólica. Así mismo, se determinará la composición aromática de las uvas procedentes de los distintos protocolos de riego.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO

3.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PARCELA

El viñedo sobre el que vamos a trabajar se encuentra situado en el término municipal de Fuente Álamo (Albacete), con coordenadas geográficas 38° 43' 43.3" Norte y 1° 28' 12.6" Oeste, con una altitud de 820 m y una pendiente media del 5%, siendo la superficie plantada dentro de esta parcela (de acuerdo con SIGPAC) de 1,147 ha, (localización en Google Maps:).

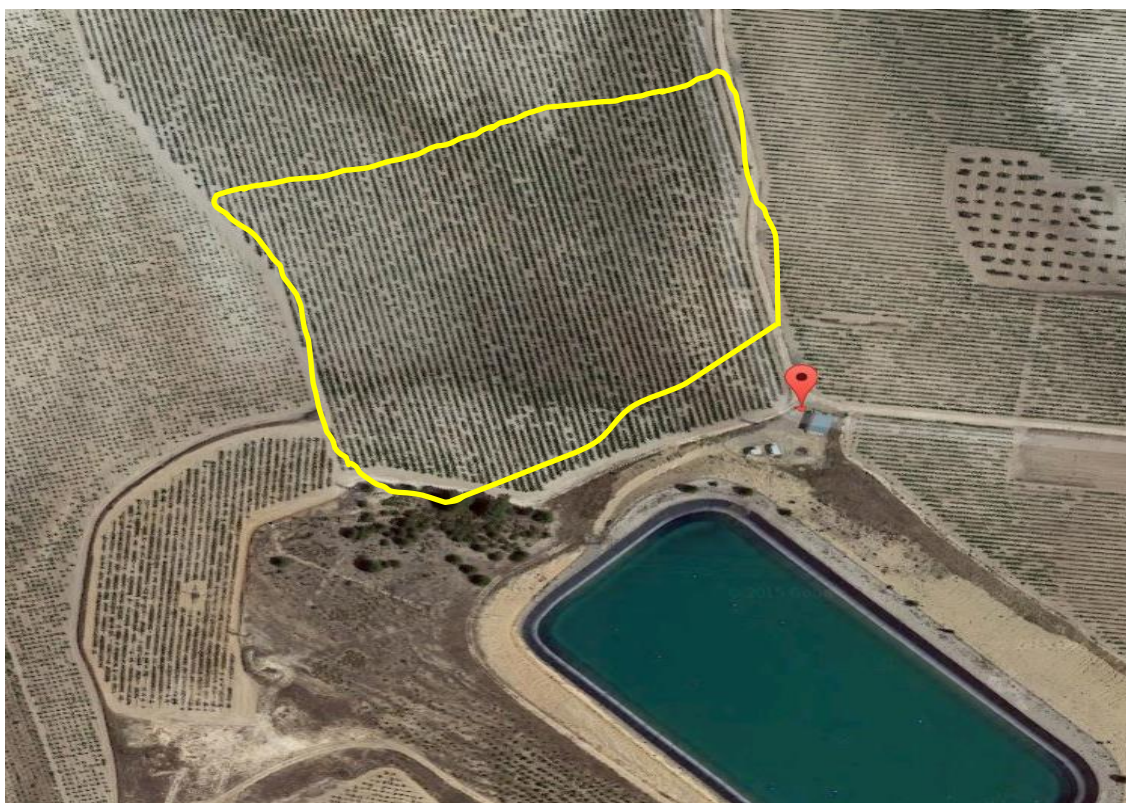


Figura 3.1.1.1: Localización de la parcela de estudio (Fuente: Google Maps).

Se trata de un viñedo de la variedad Monastrell, plantado en 2007, injertado sobre SO₄, con un marco de plantación de 3 metros entre calles y 1,5 metros entre cepas, aproximadamente 2,222 cepas*ha⁻¹. El sistema de conducción es un cordón doble. La orientación de las filas es Norte-Sur.

Se han realizado muestreos y análisis, del suelo de la zona de estudio. Presenta las siguientes características en promedio: pH (H₂O) de 8,86; densidad aparente de 1,17g*cm⁻³; contenidos medios de arena, limo y arcilla de 55,64%, 27,73% y 16,63%, respectivamente. Se trata por tanto de un suelo franco arenoso y con pH ligeramente alcalino. En lo referido al sistema de riego, los goteros tienen un caudal nominal de 3,8L*h⁻¹ y se sitúa uno por cada metro lineal de tubería.

En cuanto a los datos meteorológicos, estos se pueden recoger de la estación de Ontur (ref.: AB06), controlada por el *Servicio de Información al Regante del Gobierno de Castilla La Mancha* y situada a 16,6 km por carretera de la finca experimental. Sus coordenadas UTM son 630946X y 4276000Y, altitud de 682m (coordenadas geográficas: 38° 37' 22.3"N, 1° 29' 44.8"O). En el siguiente enlace web se pueden descargar los registros climáticos:

<http://crea.uclm.es/siar/datmeteo/consulta.php?ip=2&ie=6>

3.1.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

En este viñedo se realizó un ensayo de riego con aguas de diferente calidad entre los años 2016 y 2018. Las estrategias de riego a comprobar durante tres campañas consecutivas, 2016, 2017 y 2018 son las siguientes:

- **T1:** 0,0mm aplicados. Secano.
- **T2:** 111,4 mm aplicados. Riego deficitario repartido durante toda la campaña con agua de "buena calidad".
- **T3:** 114,3 mm aplicados. Riego deficitario repartido durante toda la campaña con agua salina con una Conductividad Eléctrica (CE) de $4.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ con base de sulfatos). (Efecto osmótico).
- **T4:** 115,0 mm aplicados. Riego deficitario con agua salina con una Conductividad Eléctrica (CE) de $4.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ con base de cloruros). (Efecto osmótico + fitotoxicidad cloruros).
- **T5:** 82,1 mm aplicados. Riego deficitario concentrado durante el periodo post-envero con agua salina con una Conductividad Eléctrica (CE) de $4.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ con base de sulfatos. (Efecto osmótico).
- **T6:** 81,2 mm aplicados. Riego deficitario concentrado durante el periodo post-envero con agua salina con una Conductividad Eléctrica (CE) de $4.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ con base de cloruros. (Efecto osmótico + fitotoxicidad cloruros).

Estos tratamientos se distribuyeron en dos subsectores de riego que posee la finca, a los que se les hicieron las correspondientes modificaciones en la instalación para disponer los diferentes tratamientos de manera independiente. Están programados para que se tome el agua con las diferentes características del estudio, ya sean de buena calidad o salinas con base de cloruros o de sulfatos.

El esquema que se presenta a continuación es de la distribución en parcela que se tiene de los diferentes sectores de tratamientos, estos están colocados de manera

aleatoria y sin solape entre ellos para guardar la variabilidad y que no se realicen repeticiones o solapes entre los tratamientos. De este modo se pueden evitar factores de aleatoriedad que puedan interferir en los propios del estudio.

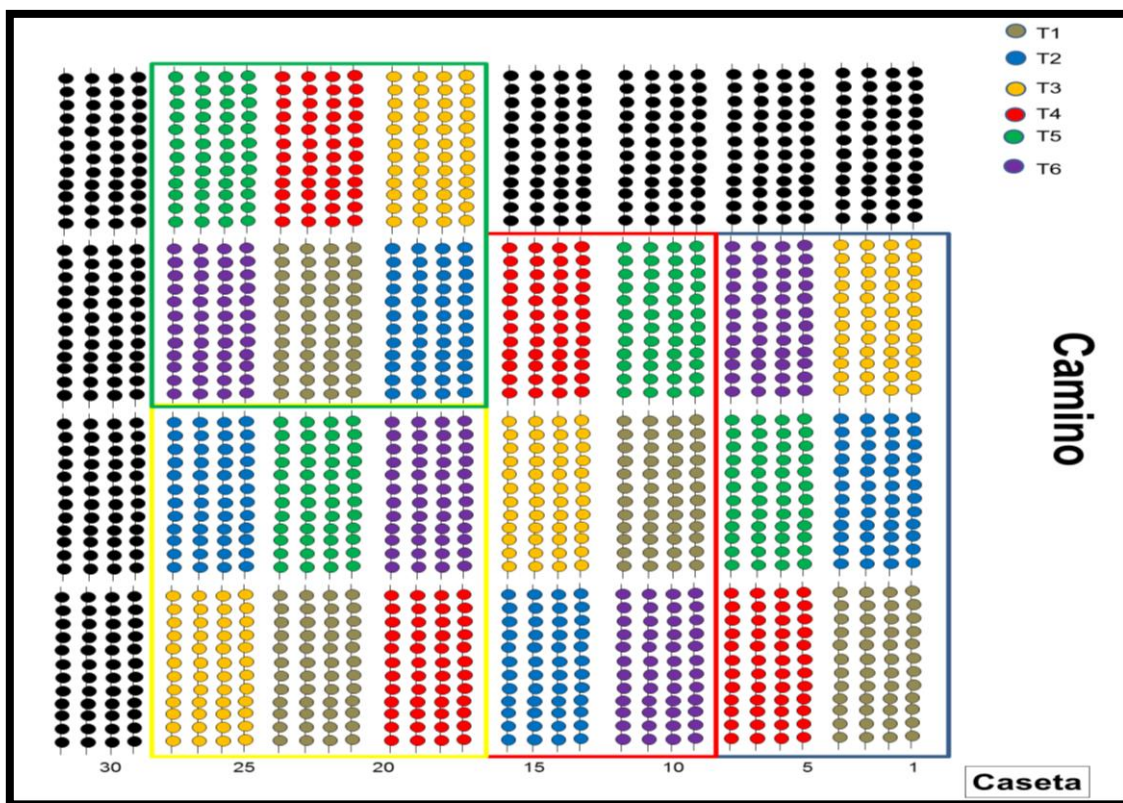


Figura 3.1.2.1: Disposición de los tratamientos experimentales en Fuente Álamo.

Las uvas con las que se va a realizar el estudio proceden de 6 tratamientos distintos en campo. Estos tratamientos fueron aplicados en una misma parcela, delimitado 28 filas de 52 cepas cada una. Los tratamientos se dispondrán de tal modo que queden dos filas guarda y dos filas centrales de control. Cada repetición constará de 40 cepas (20 de ellas, cepas control). Alrededor de unas 1.100 cepas.

El muestreo se realizó en el periodo de la vendimia. Fue durante la primera y segunda semana de septiembre, ya que durante el año 2017 este periodo se ha adelantado por problemas climatológicos y de madurez de las uvas. De cada tratamiento se han tomado unas 500 bayas, entre todos los racimos. El muestreo se realizó de forma aleatoria, procurando ser una muestra lo más representativa y equilibrada.

Las muestra fueron guardadas debidamente y trasladadas en recipientes isotérmicos, para mantener la temperatura inferior a 10°C durante el transporte desde la finca hasta el laboratorio. El mismo día, ya en el laboratorio, fueron contadas y pesadas las 500 bayas. Se realizaron pruebas de densidad, azúcares... y una parte se reservó para el

análisis de los precursores aromáticos. Se almacenó en condiciones de -20°C en recipientes herméticos. Todas las determinaciones analíticas se realizaron por duplicado. Habiendo 24 muestras, se realizaron 48 análisis.

3.2 MÉTODO DE EXTRACCIÓN Y ANÁLISIS DE PRECURSORES AROMÁTICOS EN UVAS

Para la obtención de los precursores aromáticos de las uvas, previamente se deben descongelar durante 24 horas antes de su tratamiento. Esto se realizara en la nevera a una temperatura de 7°C, para preservarlas en frio pero que no estén en estado de congelación. Seguidamente se trituran en presencia de *NaF (Floruro de Sodio)* para prevenir la actividad enzimática y junto a *Ácido Ascórbico*, que funciona como antioxidante. Una vez licuadas las uvas se pasan a la centrífuga para separar el mosto de los hollejos, formando una parte líquida (mosto) y otra formada por los hollejos y las pepitas de los granos de uva. Este proceso se realiza durante 15 minutos a 4.500 rpm (*revoluciones por minuto*) a 10°C de temperatura.

La extracción se realizara mediante el método que utiliza la *Resina LiChrolut EN*. Consiste en la preparación y acondicionamiento de unos cartuchos con dicha resina, formando entre dos filtros de microfibra un espacio donde va albergada la resina, por la cual se hace pasar los reactivos de acondicionamiento (*5mL DCM (DicloroMetano)*, *5mL MeOH (Metanol)* y *5mL Agua Mili-Q*) y seguido el mosto. Todos estos reactivos se desechan y por último se hacen pasar 10mL de *AcEt-MeOH (9:1)*. De este resultado se obtiene una elución, que es el material que se debe mantener para seguir con la extracción. Esta elución debe evaporarse hasta quedar un residuo, al cual se le añaden 10mL de tampón de *Ácido cítrico*. Seguidamente se introduce en un vial hermético y se elimina el aire del interior mediante corriente de N_2 . Se calienta en el horno a 100°C de temperatura durante 4 horas.

A continuación se debe realizar la extracción SPE de los volátiles liberados por hidrólisis. El resultado se hace pasar, otra vez, por los cartuchos de *Resina LiChrolut EN*, pero esta vez son de un tamaño más reducido y los reactivos de la preparación son distintos. Se mantiene la misma estructura de los dos filtros de microfibra y la resina en el espacio entre ambos. Previamente deben estar acondicionados para esta segunda elución con *6mL DCM (DicloroMetano)*, *2mL MeOH (Metanol)* y *6mL de tampón de hidrolisis citrato pH 2,5*. Tras el acondicionamiento se hace pasar la elución del vial del paso previo una vez ha sido enfriado tras la salida del horno con una baño de hielo. Tras este paso por la resina, todo este material se descarta, es únicamente

para el acondicionamiento de la resina. Y por último, se hace pasar una elución de 700 μ L de DCM (*DicloroMetano*) y se añaden 14 μ L de la disolución SI Minoritarios. Se evapora el disolvente hasta que solo quede 1mL mediante corriente de N₂ en la campana de gases por peligro de evaporación e inhalación del disolvente.

Finalmente, se inyecta la muestra en el Cromatógrafo de Gases HP-6800 con un detector de ionización de llama, en columna cromatográfica: HP-INNOWax (Crosslinked Polyethylene Glycol), de 60 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno

3.3 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

Con los resultados obtenidos de los compuestos volátiles analizados en las uvas en ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), se realiza un análisis de la varianza simple (ANOVA) para evaluar el efecto de cada tratamiento y de la calidad del agua de riego. Para ello se hizo uso del programa informático STATGRAFICS CENTURION 15.1. El nivel de confianza utilizado fue del 95%.

El nivel de confianza utilizado fue del 95% y se utilizó un P-valor inferior a 0,05 para indicar posibles diferencias significativas entre los parámetros. Para relacionar los conceptos y sus diferencias de manera más sencilla, rápida y visual, se utilizaran letras (*a*, *b*, *c*). De modo que cuando haya coincidencia de las letras, no habrá diferencia significativa. En caso contrario, cuando no halla coincidencia, sí habrá diferencia significativa.

4. RESULTADOS

Se han realizado dos análisis de la varianza para evaluar el efecto del periodo de irrigación y de la calidad del agua sobre la composición aromática de las uvas. El primer ANOVA corresponde con el momento y periodo de riego realizado en las parcelas de estudio. Este engloba 6 tratamientos. El primero (*T1*) seco es el testigo, segundo, tercero y cuarto (*T2*, *T3* y *T4*) con irrigación desde floración hasta la vendimia y los 2 restantes (*T5* y *T6*) tienen irrigación desde post-envero hasta la vendimia. Se ha realizado un análisis de la varianza para comprobar la correlación que puede haber entre estos tratamientos y los compuestos aromáticos de las uvas. El segundo ANOVA se ha realizado para saber cómo afecta la calidad del agua aportada a los compuestos aromáticos de la uva. El agua utilizada es de tipo salina con una Conductividad Eléctrica (CE) de $4.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ con base de cloruros y sulfatos respectivamente. Para este análisis la primera parcela (*T1*) no está incluida, ya que corresponde al seco. El tratamiento (*T2*) corresponde a las parcelas regadas con agua de buena calidad, se toma como testigo. Las correspondientes al agua con una Conductividad Eléctrica (CE) de $4.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ con base de cloruros son las parcelas *T4* y *T6*. Y las correspondientes al agua con una Conductividad Eléctrica (CE) de $4.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ con base de sulfatos son las parcelas *T3* y *T5*.

Tratamientos	
Análisis 1: Momento y periodo de riego	
Testigo	T1
Irrigación Floración → Vendimia	T2 T3 T4
Irrigación Post-Envero → Vendimia	T5 T6
Análisis 2: Calidad del agua aportada	
Buena	T2
Sulfatos	T3 T5
Cloruros	T4 T6

Tabla 4.1: *Tratamientos aplicados y agrupación de los mismos para la realización del estudio.*

4.1. EFECTO DEL PERIODO DE APLICACIÓN Y DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO SOBRE LOS PRINCIPALES COMPUESTOS AROMÁTICOS DE LAS UVAS.

La existencia en la uva de una fracción no volátil e inodora, capaz de ser revelada por vías químicas o enzimáticas fue demostrada por primera vez por (*Cordonnier et al.*, 1974). Posteriormente, varios investigadores han mostrado que los principales *Terpenoles* y *Polioles terpénicos* están presentes en las uvas *Moscatell* en forma de

Glicósidos (Williams et al., 1982; Gunata et al., 1985; Strauss et al., 1988; Voirin et al., 1992).

Los azúcares que constituyen estos precursores son *Glucosa, Arabinosa, Ramnosa y Apiosa*. Todas las variedades de uva poseen este tipo de precursores, pero los *Moscatell* son los más ricos, teniendo en general mayor cantidad de precursores *Glicosilados* que aromas libres.

Estos precursores se van sintetizando durante la maduración. Sin embargo el momento óptimo de la vendimia, así como las prácticas culturales más adecuadas para conseguir una mayor concentración de estos compuestos, no se conoce con exactitud.

Los hollejos contienen cantidades considerables de sustancias aromáticas y sus precursores. Los métodos y el tiempo de contacto con los hollejos y el mosto influirán en la extracción final de aromas de las uvas al vino. Esto caracteriza cada tipo de vino y el fin por el que ha sido elaborado.

La *Tabla 4.1.1* muestra las diferencias significativas entre las concentraciones de los compuestos aromáticos liberados de sus precursores en las uvas procedentes de los diferentes tratamientos en los que se han aplicado diferentes estrategias de riego en cuanto al periodo de aplicación (*Testigo: secano, F-V: riego desde floración hasta vendimia y PE-V: riego desde post-envero hasta vendimia*). Se han analizado 27 precursores aromáticos, solo se han detectado 23. Como puede verse en la tabla, hay un efecto significativo sobre la mayoría de los compuestos estudiados.

En la *Tabla 4.1.2* se muestran los resultados del efecto de la calidad del agua sobre la composición aromática de las uvas de *Monastrell*; correspondiente a “*Agua de Buena calidad*”, “*Agua Salina*” con una *Conductividad Eléctrica (CE)* de $4.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ con base de cloruros para analizar el efecto de la fitotoxicidad cloruros y “*Agua Salina*” con una *Conductividad Eléctrica (CE)* de $4.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ con base de cloruros para analizar el efecto de la fitotoxicidad sulfatos.

En este caso también se observa un efecto significativo de la calidad del agua utilizada en el riego sobre la composición aromática de las uvas.

Tabla 4.1.1: Valores medios, desviación estándar y ANOVA de los compuestos aromáticos liberados de sus precursores en función del periodo de irrigación ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de uva) en uvas de la variedad Monastrell.

Compuesto	Testigo	Irrigación F-V	Irrigación PE-V	F	P
Terpenos					
Linalol	nd	nd	nd	-	-
α -Terpineol	0,693 \pm 0,025 b	0,532 \pm 0,086 a	0,530 \pm 0,112 a	10,90	0,000
Nerol	0,417 \pm 0,081 a	0,440 \pm 0,144 a	0,355 \pm 0,142 a	1,93	0,158
Norisoprenoides					
B-Damascenona	0,547 \pm 0,033 b	0,442 \pm 0,112 a	1,134 \pm 0,115 c	219,65	0,000
A-Ionona	0,038 \pm 0,009 a	0,152 \pm 0,138 b	0,348 \pm 0,103 c	23,07	0,000
Fenoles volátiles					
4Vinilfenol	0,975 \pm 0,092 a	0,924 \pm 0,329 a	1,325 \pm 0,161 b	12,45	0,000
Guayacol	0,658 \pm 0,082 b	0,439 \pm 0,103 a	0,573 \pm 0,437 ab	2,52	0,092
4Etilguayacol	0,657 \pm 0,189 c	0,184 \pm 0,224 b	0,045 \pm 0,052 a	32,09	0,000
Eugenol	0,310 \pm 0,263 b	0,195 \pm 0,241 b	0,045 \pm 0,045 a	5,12	0,010
4Etilfenol	0,283 \pm 0,035 b	0,211 \pm 0,058 a	0,208 \pm 0,081 a	4,30	0,020
Deriv. vainílicos					
Vainillina	0,400 \pm 0,236 b	0,236 \pm 0,087 a	0,370 \pm 0,144 b	6,53	0,003
Bencenos					
Benzaldehido	0,732 \pm 0,066 c	0,575 \pm 0,061 b	0,528 \pm 0,040 a	36,84	0,000
4Benzilalcohol	1,652 \pm 0,587 a	2,363 \pm 0,759 a	3,068 \pm 1,365 b	5,86	0,006
Ác. Benzoico	0,056 \pm 0,022 a	0,412 \pm 0,266 b	0,188 \pm 0,231 a	8,82	0,001
3oxibenzaldehido	2,177 \pm 1,016 b	0,788 \pm 0,390 a	0,746 \pm 0,147 a	26,84	0,000
Alcoholes					
1Propanol	0,603 \pm 0,158 b	0,408 \pm 0,181 a	0,367 \pm 0,099 a	6,51	0,003
1Butanol	nd	nd	nd	-	-
1Heptanol	0,642 \pm 0,078 b	0,504 \pm 0,156 a	0,516 \pm 0,183 ab	2,43	0,100
2Feniletanol	3,211 \pm 1,380 a	3,672 \pm 0,740 a	4,456 \pm 0,835 b	6,13	0,004
Ácidos					
Ác. Isobutirico	nd	nd	nd	-	-
Ác. Butirico	0,094 \pm 0,005 b	0,053 \pm 0,015 a	0,058 \pm 0,013 a	31,56	0,000
Ác. Hexanoico	2,014 \pm 0,595 b	0,820 \pm 0,234 a	0,646 \pm 0,317 a	46,84	0,000
2 Etilachexanoico	1,792 \pm 0,530 b	0,730 \pm 0,209 a	0,575 \pm 0,282 a	46,84	0,000
Ác. octanoico	nd	nd	nd	-	-
Otros					
5Metilfurfural	nd	0,032 \pm 0,155 b	nd	0,49	0,616
Decalactona	0,212 \pm 0,088 a	0,309 \pm 0,127 b	0,227 \pm 0,090 a	3,81	0,030

Las letras distintas en la misma fila indican la existencia de diferencia significativas al 95%. (nd: no detectado). Irrigación F-V (desde floración hasta vendimia); Irrigación PE-V (desde post enero hasta vendimia)

Tabla 4.1.2: Valores medios, desviación estándar y ANOVA de los compuestos aromáticos liberados de sus precursores en función de la calidad del agua de riego ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de uva) en uvas de la variedad Monastrell.

Compuesto	Buena	Sulfatos	Cloruros	F	P
Terpenos					
Linalol	nd	nd	nd	-	-
α -Terpineol	0,528 \pm 0,020 a	0,532 \pm 0,127 a	0,531 \pm 0,086 a	0,01	0,994
Nerol	0,603 \pm 0,088 b	0,326 \pm 0,105 a	0,387 \pm 0,118 a	18,00	0,000
Norisoprenoides					
B-Damascenona	0,526 \pm 0,008 a	0,761 \pm 0,364 a	0,773 \pm 0,427 a	1,46	0,244
α -Ionona	0,046 \pm 0,014 a	0,216 \pm 0,160 b	0,337 \pm 0,090 c	16,75	0,000
Fenoles volátiles					
4Vinilfenol	1,321 \pm 0,252 b	1,029 \pm 0,285 a	1,020 \pm 0,382 a	2,70	0,080
Guayacol	0,539 \pm 0,054 a	0,573 \pm 0,437 a	0,390 \pm 0,084 a	1,78	0,184
4Etilguayacol	0,476 \pm 0,129 b	0,039 \pm 0,028 a	0,044 \pm 0,051 a	134,38	0,000
Eugenol	0,511 \pm 0,139 b	0,034 \pm 0,018 a	0,048 \pm 0,044 a	153,13	0,000
4Etilfenol	0,241 \pm 0,041 b	0,182 \pm 0,059 a	0,222 \pm 0,077 ab	2,73	0,079
Deriv. vainílicos					
Vainillina	0,220 \pm 0,047 a	0,305 \pm 0,105 a	0,310 \pm 0,169 a	1,48	0,241
Bencenos					
Benzaldehido	0,633 \pm 0,022 b	0,529 \pm 0,045 a	0,545 \pm 0,048 a	16,17	0,000
Ác. benzoico	0,245 \pm 0,248 a	0,289 \pm 0,287 a	0,394 \pm 0,269 a	0,99	0,379
4Benzilalcohol	1,605 \pm 0,285 a	2,579 \pm 0,567 b	3,232 \pm 1,325 b	8,30	0,001
3oxbenzaldehido	0,991 \pm 0,444 b	0,750 \pm 0,347 ab	0,683 \pm 0,096 a	2,89	0,068
Alcoholes					
1Propanol	0,543 \pm 0,059 c	0,462 \pm 0,131 b	0,246 \pm 0,048 a	35,40	0,000
1Butanol	nd	nd	nd	-	-
1Heptanol	0,620 \pm 0,020 b	0,587 \pm 0,167 b	0,375 \pm 0,102 a	15,52	0,000
2Feniletanol	3,411 \pm 1,100 a	4,375 \pm 0,475 b	3,883 \pm 0,888 ab	4,09	0,025
Ácidos					
Ác. Isobutirico	nd	nd	nd	-	-
Ác. Butirico	0,060 \pm 0,016 b	0,044 \pm 0,012 a	0,063 \pm 0,007 b	12,07	0,000
Ác. Hexanoico	0,571 \pm 0,173 a	0,888 \pm 0,142 b	0,702 \pm 0,360 a	4,50	0,018
2Etilachexanoico	0,508 \pm 0,154 a	0,791 \pm 0,126 b	0,625 \pm 0,321 a	4,50	0,018
Ác. Octanoico	nd	nd	nd	-	-
Otros					
5Metilfurfural	0,095 \pm 0,268 b	nd	nd	2,11	0,135
Decalactona	0,377 \pm 0,143 b	0,272 \pm 0,096 a	0,230 \pm 0,103 a	4,88	0,013

Las letras distintas en la misma fila indican la existencia de diferencia significativas al 95%. (%. (nd: no detectado).

4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para visualizar mejor los resultados y sus diferencias significativas, se han representado mediante diagramas de barras. Se han agrupado según las diferentes familias de compuestos aromáticos que se encuentran en las uvas: *Terpenos* (Figura 4.3.1), *Norisoprenoides* (Figura 4.3.2), *Fenoles volátiles* (Figura 4.3.3), *Vainillas* (Figura 4.3.4), *Bencenos* (Figura 4.3.5), *Alcoholes* (Figura 4.3.6), *Ácidos* (Figura 4.3.7) y *Otros* (Figura 4.3.8).

Para cada compuesto se han representado los dos factores objeto del estudio: periodo de aplicación del agua de riego y calidad del agua aportada en el riego.

Terpenos

Estos compuestos se relacionan con una fracción volátil e inodora, capaz de ser revelada por vías químicas o enzimáticas. Algunos investigadores han demostrado que los principales terpenos provienen de la degradación oxidativa de carotenoides de 40 átomos de carbono, que conducen a derivación de derivados de 9 a 13 átomos. (Williams et al. 1982, Guanta et al. 1985, Voirin et al. 1992). Poseen un grado de polimerización más elevado que los *Norisoprenoides*. Se localizan en las partes solidas de la uva y su concentración depende mucho del “terroir” (Bayonove, 2000).

Los resultados muestran que el aporte de agua desde floración y post-envero afecta significativamente a la concentración de α -Terpineol, aumentando en secano. Algunos estudios muestran que el déficit de agua mejora los atributos sensoriales de los vinos, debido al incremento de aromas afrutados en las uvas (Chapman et al., 2005). En el caso del *Nerol*, cuando el agua de riego es de buena calidad su concentración aumenta significativamente (Figura 4.2.1).

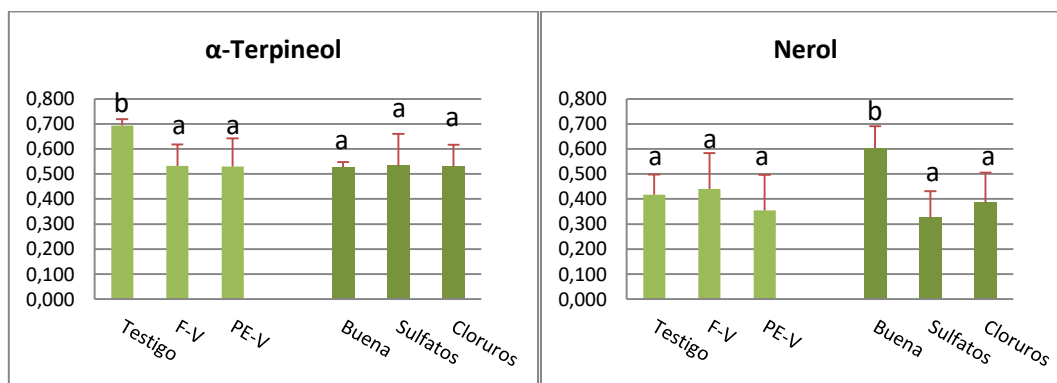


Figura 4.2.1: Concentración de α -Terpineol y Nerol en uvas con los distintos tratamientos de riego ($\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$). Irrigación F-V (desde floración hasta vendimia); Irrigación PE-V (desde post-envero hasta vendimia)

Norisoprenoides

Esta familia, junto a los terpenos, compuestos todos liberados por hidrolisis, han sido los precursores más estudiados en de las uvas. Se encuentran en la parte sólida de la pulpa y en los hollejos, ya que son compuestos que proceden de los carotenoides de las uvas (*Ristic et al 2010*).

En el caso de la α -ionona (*Figura 4.1.1 y Figura 4.1.2*), se observa que hay diferencias significativas tanto con el periodo del riego y con la calidad del agua, mientras que la β -Damascenona solo se ve afectada significativamente por el periodo de riego.

Se puede apreciar como en ambos compuestos la concentración es mayor en los tratamientos de riego desde el post-envero hasta la vendimia (*PE-V*). Hay una evidencia creciente que sugiere que la división específica de los carotenoides produce los *Norisoprenoides*, reduciendo así la probabilidad de su formación por degradación a través de la acción de oxidasas y/o reacciones químicas. La inducción de este fenómeno ocurre en el envero, que coincide con la disminución característica en el contenido total de carotenoides y el aumento de la formación de precursores de *Norisoprenoides* en esta etapa de la baya en desarrollo (*Keren et al. 2007*).

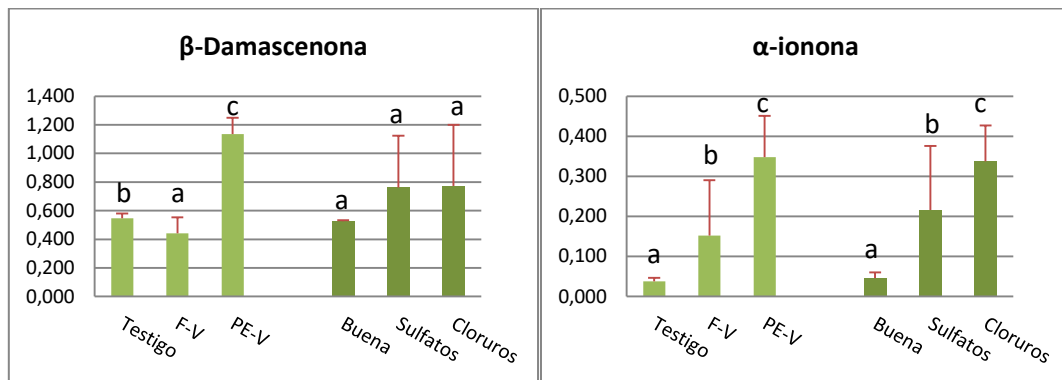


Figura 4.2.2: Concentración de β -Damascenona y α -ionona en uvas con los distintos tratamientos de riego ($\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$). Irrigación F-V (desde floración hasta vendimia); Irrigación PE-V (desde post-envero hasta vendimia).

Derivados Vainílicos

Dentro del grupo de los derivados vainílicos hay compuestos que se encuentran en grandes cantidades en el vino, debido a su extracción de la madera durante el periodo de crianza. Sin embargo, las concentraciones que se liberan por hidrólisis de sus precursores *Glicosídicos* son mucho menores, en vinos sin crianza, la reserva de potencial aromático de los precursores puede llegar a tener una influencia sutil en el aroma y sabor de los vinos (*De la Hoz et al., 2015*).

El único compuesto que se ha detectado es la *Vainillina* (Figura 4.2.3) y se observa que hay un efecto significativo del periodo de riego, disminuyendo la concentración de este compuesto cuando el riego se realiza desde la floración hasta la vendimia.

La calidad del agua no influye en la concentración de este compuesto.

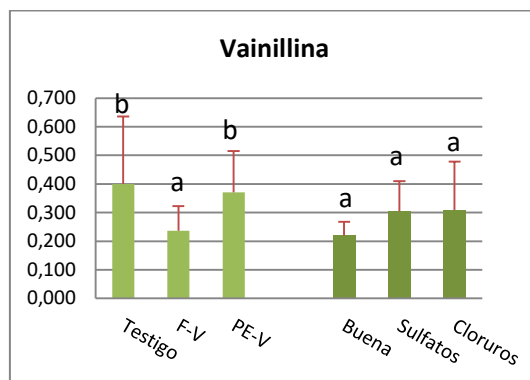


Figura 4.2.3: Concentración de Vainillina en uvas con los distintos tratamientos de riego ($\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$). Irrigación F-V (desde floración hasta vendimia); Irrigación PE-V (desde post envero hasta vendimia).

Fenoles volátiles

Los precursores de los fenoles volátiles se encuentran en la película de la piel de las uvas, son los *Glicósidos*, que se encuentran en los hollejos de los granos de uva. Son considerados como formas de transporte y de acumulación, no solo de *Fenoles volátiles*, sino también de *Terpenos*, *Alcoholes lineales* y *Norisoprenoides*.

Los resultados (Figura 4.2.4) muestran que en todos los *Fenoles volátiles* analizados, excepto el *4-Vinilfenol* (el aumento se produce cuando se riega en el post-envero) en el tratamiento testigo de secano se produce un aumento significativo de estos compuestos.

La aplicación del agua de riego desde el envero o en post-envero influye significativamente en la concentración de *4-Vinilfenol*, *4-Etilguayacol* y *Eugenol* en las uvas.

Por otra parte, todos, a excepción del *Guayacol*, presentan diferencias significativas entre los tratamientos con distinta calidad del agua, siendo las uvas regadas con agua de buena calidad las que muestran las concentraciones más altas. Según *Esteban et al.*, (1999), la concentración de *Guayacol* es mayor en las uvas con aporte de agua estándar, sin embargo en este estudio no se han encontrado diferencias significativas entre las diferentes calidades de agua.

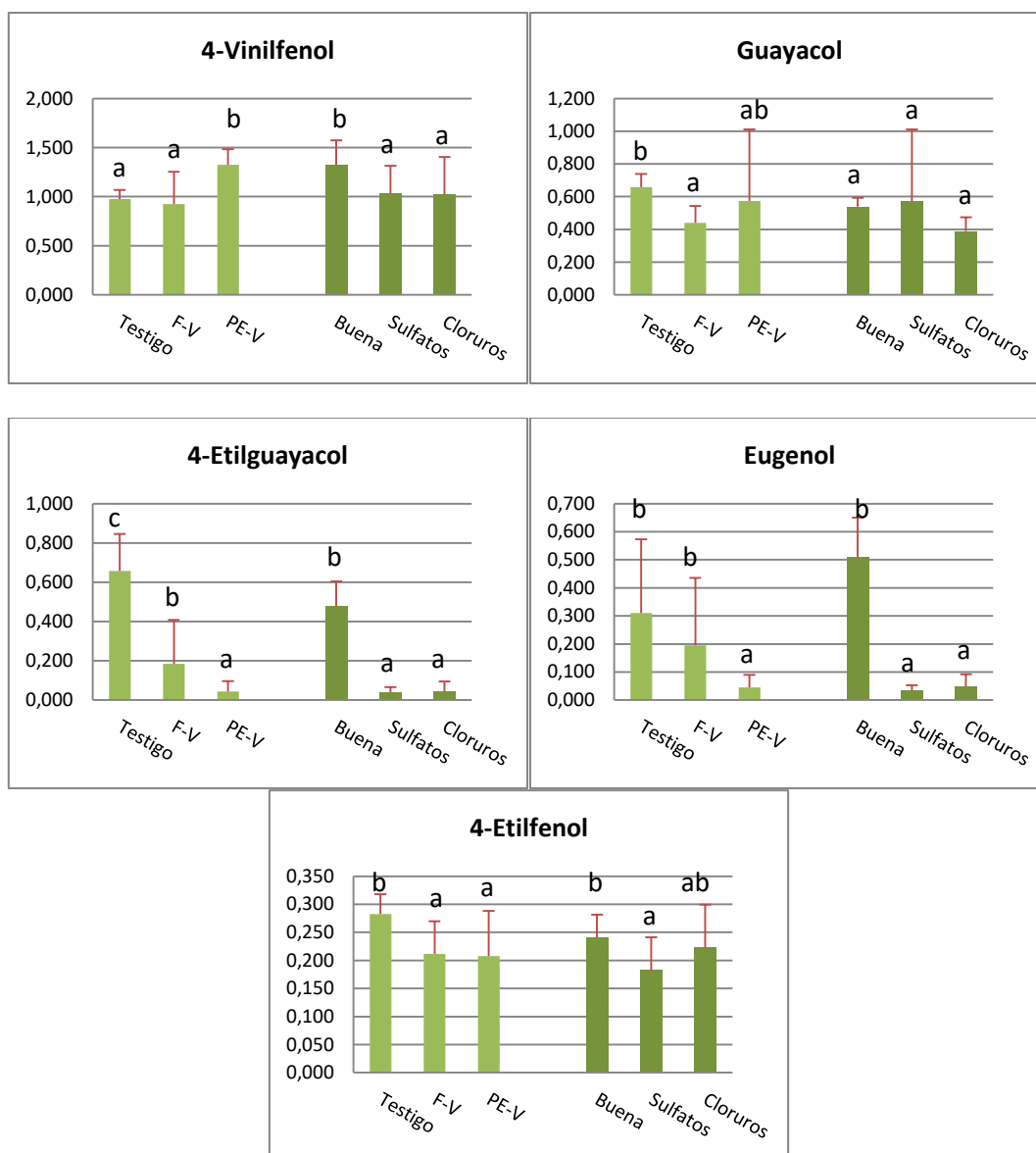


Figura 4.2.4: Concentración de 4-Vinilfenol, Guayacol, 4-Etilguayacol, Eugenol y 4-Etilfenol en uvas con los distintos tratamientos de riego ($\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$). Irrigación F-V (desde floración hasta vendimia); Irrigación PE-V (desde post envero hasta vendimia).

Bencenos

La familia de los *Bencenos* se caracteriza porque los compuestos que la forman tienen un anillo aromático de *Bencenos* en su formulación. El *Bencenos* es un hidrocarburo aromático de fórmula molecular C_6H_6 . Originalmente sus derivados se le denominan compuestos aromáticos debido a la forma característica que poseen. La mayor parte de los compuestos aromáticos se encuentran en forma *glicosilada*. Estos precursores pueden liberarse mediante hidrólisis ácida o enzimática (Hernandez-Orte et al. 2008).

Los compuestos aromáticos detectados en las uvas son: *Benzaldehido*, *Ácido Benzoico*, *4-Benzilalcohol* y *3-Hidroxibenzaldehido* (Figura 4.2.5).

Se observa que benzaldehído y 3-Hidroxibenzaldehído aumentan significativamente en el testigo de secano, mientras que el *Ácido Benzoico* aumenta significativamente cuando se riega desde post-envero y el 4-Benzilalcohol presenta la concentración más alta cuando se riega desde floración.

La calidad del agua produce un aumento significativo de benzaldehído y 3-Hidroxibenzaldehído, mientras que son las aguas de riego salinas las que producen un aumento de 4-Benzilalcohol.

Se ha observado que en uvas los *Terpenos* son frecuentes durante el desarrollo temprano y los derivados del *Benceno* tienden a aparecer hacia las etapas de desarrollo tardío de la baya (Curtis et. al, 2009).

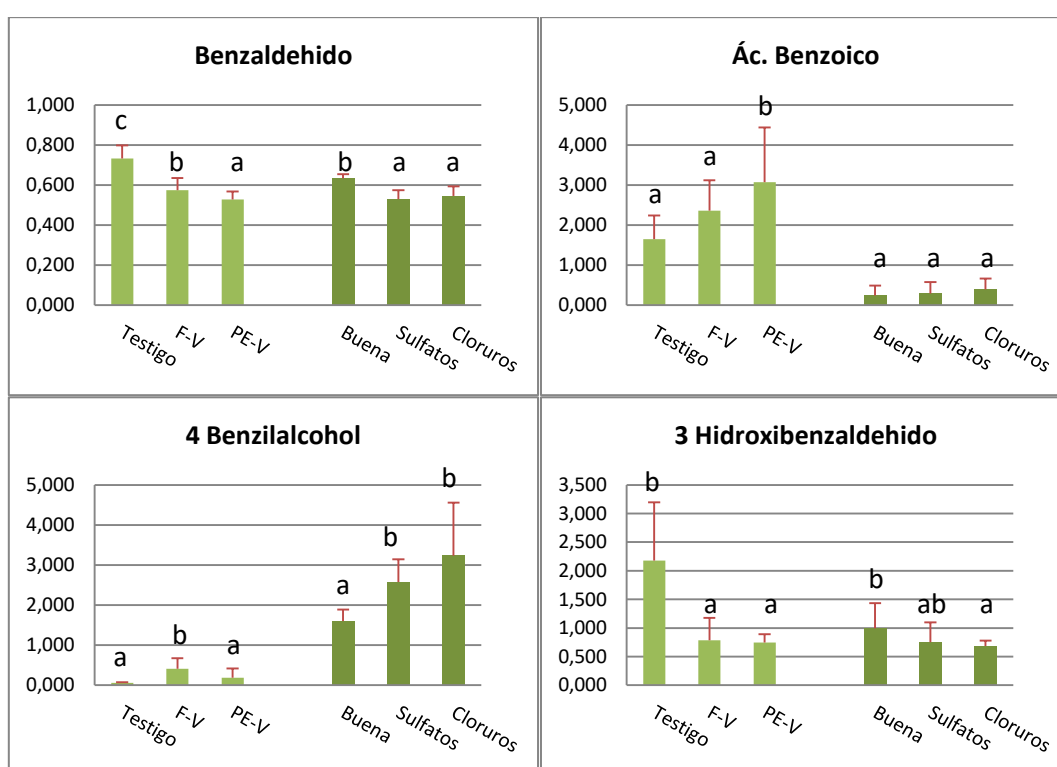


Figura 4.2.5: Concentración de Benzaldehído, *Ác. Benzoico*, 4 Benzilalcohol y 3Hidroxibenzaldehído en uvas con los distintos tratamientos de riego ($\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$). Irrigación F-V (desde floración hasta vendimia); Irrigación PE-V (desde post envero hasta vendimia).

Alcoholes

Los alcoholes son los compuestos resultantes de la fermentación alcohólica del mosto para transformarse en vino. Sus precursores se encuentran en los hollejos de las uvas (Loscos et al. 2007). Son constituyentes pre-fermentativos, obtenidos a partir de los fenómenos bioquímicos de oxidación e hidrolisis durante la extracción del mosto y durante la maceración. Son responsables de aromas herbáceos (Belancic et al. 2002).

En los compuestos analizados, *1-Propanol* y *1-Heptanol* se observa que las concentraciones aumentan significativamente en seco. No hay diferencias cuando el riego se aplica desde floración o desde post-enero.

La calidad del agua de riego afecta significativamente a la concentración de estos dos alcoholes en las uvas, el agua de buena calidad permite obtener uvas con más alcoholes. Las aguas salinas con sulfatos dan uvas con mayor cantidad de alcoholes frente a las aguas con cloruros. La concentración de alcoholes depende del cultivar de la uva aunque hay variaciones a la etapa de maduración (López-Tamames, 1997).

El *2-Feniletanol* es un alcohol fenético primario aromático. Aporta aromas frutales dulces, como a rosas. Está presente en las partes más superficiales de los hollejos (E. Esteban et al., 2011). El riego desde post enero hasta vendimia aumenta significativamente la concentración de *2-Feniletanol*, lo mismo ocurre cuando se riega con agua salina a base de sulfatos o cloruros como se aprecia en la *Figura 4.2.6*.

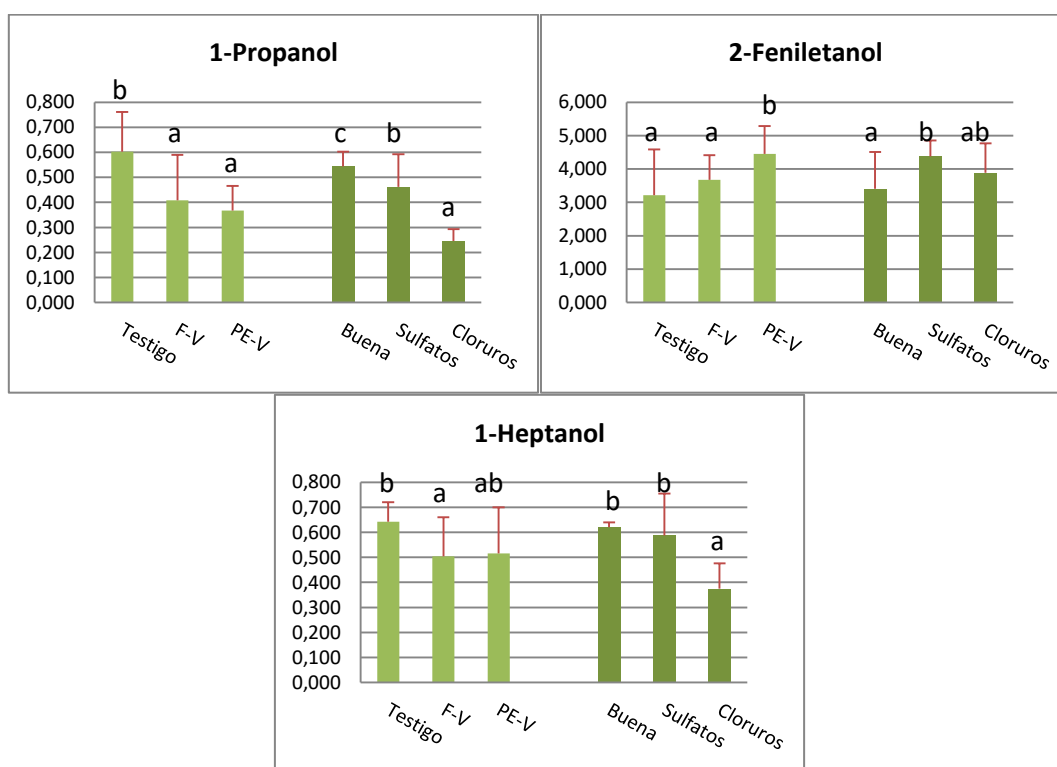


Figura 4.2.6: Concentración de *1-Propanol*, *1-Heptanol* y *2-Feniletanol* en uvas con los distintos tratamientos de riego ($\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$). Irrigación F-V (desde floración hasta vendimia); Irrigación PE-V (desde post enero hasta vendimia).

Ácidos

Las concentraciones de los Ácidos *Butírico*, *Hexanoico* y *2-Etilhexanoico* son mayores significativamente en las uvas obtenidas con el tratamiento testigo de secano respecto a los tratamientos con riego tanto desde floración como desde post envero (*Figura 4.2.7*). Respecto al tratamiento con diferente calidad del agua se observa que las uvas regadas con “*Agua Salina*” con una *Conductividad Eléctrica (CE)* de $4.0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ con base de cloruros para analizar el efecto de la fitotoxicidad sulfatos, tiene un efecto significativo sobre los tres ácidos analizados.

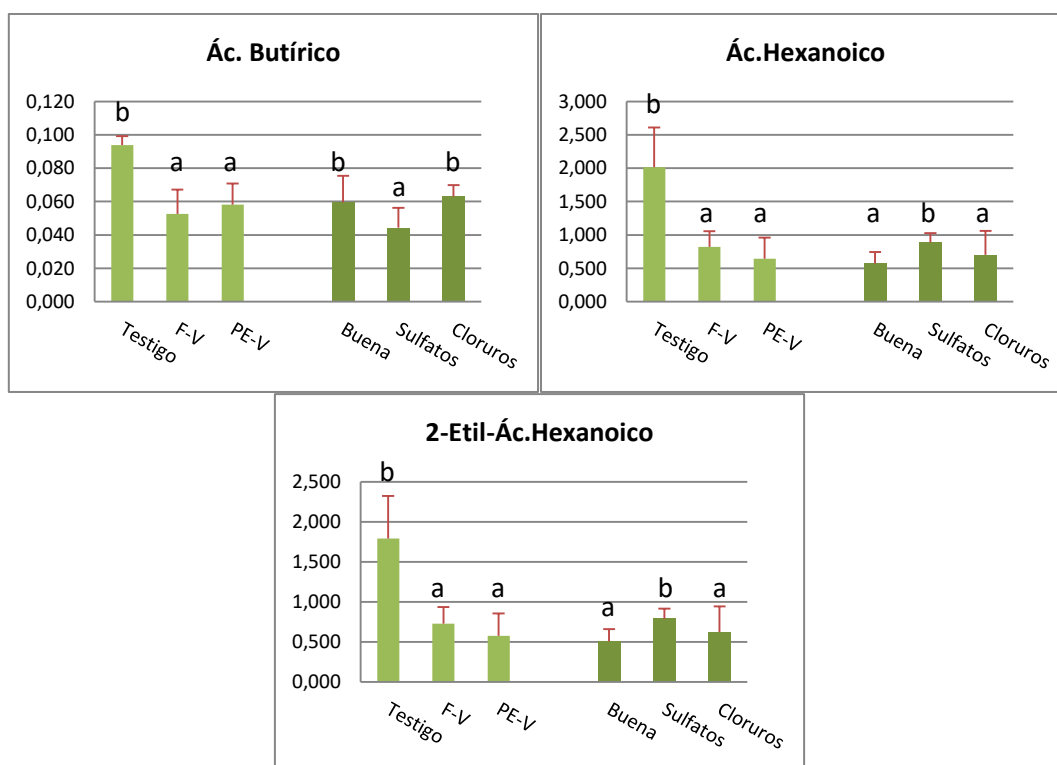


Figura 4.2.7: Concentración de Ácido. *Butírico*, *Ácido Hexanoico* y *Ácido 2-Etil-Ác.Hexanoico* en uvas con los distintos tratamientos de riego ($\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$). Irrigación F-V (desde floración hasta vendimia); Irrigación PE-V (desde post envero hasta vendimia).

Otros

El compuesto *5-Metilfurfural* tiene unos resultados un tanto dispares, ya que en algunos tratamientos no se ha detectado y en otros sí. Hay diferencia significativa entre el tratamiento de agua de buena calidad y las dos variantes, tanto en los cloruros como en los sulfatos. Es un *aldehído* y un *furano*, formado durante la descomposición térmica de los glúcidos.

En cuanto a la *Decalactona*, como solo está en la uva, se puede considerar como una de las fuentes más importantes de los precursores aromáticos de compuestos del vino ya que las levaduras no forman estos compuestos en ausencia de precursores específicos (Esteban et al. 2011). Según los resultados (Figura 4.2.8) se observa que hay un efecto significativo positivo cuando se utiliza agua de buena calidad respecto a las aguas salinas.

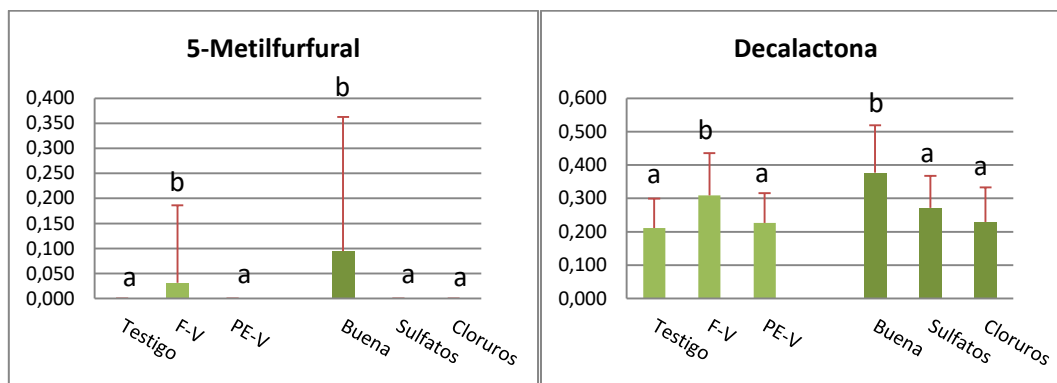


Figura 4.2.8: Concentración de 5-Metilfurfura y Decalactona en uvas con los distintos tratamientos de riego ($\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$). Irrigación F-V (desde floración hasta vendimia); Irrigación PE-V (desde post-envero hasta vendimia).

5. CONCLUSIONES

Los resultados han puesto de manifiesto que las estrategias de riego utilizadas afectan significativamente a muchos de los compuestos volátiles analizados en las uvas.

Las uvas procedentes de secano contienen mayor cantidad de precursores aromáticos: *Terpenos, Algunos Bencenos, Derivados Vainílicos, Fenoles Volátiles, Alcoholes, Ácidos Y Decalactona.*

El periodo de aporte de agua desde el envero o desde el post envero hasta la vendimia afecta significativamente a los *Norisoprenoides*, algunos Fenoles Volátiles, algunos Bencenos, *Derivados Vainílicos* y Decalactona.

En cuanto a la utilización de agua de diferente calidad, se observa un aumento de precursores aromáticos en las uvas de *Monastrell* cuando se utiliza agua de buena calidad. Sin embargo, en general no se observa un efecto negativo en la formación de precursores aromáticos en las uvas regadas con aguas salinas a base de cloruros y sulfatos excepto en 7 de los compuestos analizados: *Nerol, 4-Vinilfenol, Eugenol, Benzaldehído, 1-Propanol y Decalactona.*

El riego es una práctica útil y necesaria en casos en que las condiciones climáticas sean adversas. La ausencia de cambios significativos en la concentración de precursores aromáticos en función de la calidad del agua para la mayor parte de los compuestos, tiene una implicación enológica importante, ya que indica que al menos en este estudio no es un factor importante a la hora de realizar estas prácticas vitícolas.

6. BIBLIOGRAFÍA

A. BELANCIC Y E. AGOSIN (2002). Aromas Varietales: Influencia de ciertas prácticas vitícolas y enológicas. Centro Tecnológico de Aromas, Escuela de Ingeniería, Depto. Ingeniería Química y Bioprocesos, Pontificia Universidad Católica de Chile, Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile.

AGÜERO, C.; VENIER, M., FILIPPINI, M.F.; BERMEJILLO, A, BLUMWALD, E. (2007). Analysis of salt tolerance in *Vitis vinifera* L. cv. 'sultanina' expressing the vacuolar sodium antiporter AtNHX1 informe final del proyecto acreditado Sectyp (06/A289), UNCuyo.

ALEIXANDRE, J.L. (2011). *Conocimiento del vino. Cata y degustación.* Editorial UPV. España. Primera edición. 347 pp.

BAYONOVE, C., BAUMES, R., CRUZET, J., GUNATA, Z. (2000). Capítulo 5: Aromas. En: *Enología: fundamentos científicos y tecnológicos.* AMV Ediciones, Madrid España. ISBN: 2 7430 0243 3.

BLOUIN J.; GUIMBERTEAU, G. (2004). Maduración y madurez de la uva. Mundi-Prensa. Madrid. 157pp.

BRUCE W. ZOECKLEIN, KENNETH C. FULGELSANG, BARRY H. GUMP, FRED S. NURY. (2000). *Análisis y producción de vino.* Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza. 613 pp.

CACHO, J.F. (2003). El vino, su composición y nuestros sentidos. Discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza.

CACHO, J. (2006). La percepción de notas aromáticas del vino y el efecto de ciertas moléculas volátiles. In Acta XVII Congreso Anual de la ACE Vilanova del Valles, Barcelona.

CATALINA, L.; MARZUELOS, C.; ROMERO, R.; SARMIENTO, R. (1982). Cambios metabólicos durante el proceso de maduración de la uva (*Vitis Vinifera*, L. var. Palomino). En la zona del marco de Jerez de la Frontera (Cádiz). *An Edaf. Agrobio.* Vol.41. (87): 1503-1517.

CHAPMAN, D.M; ROBY, G; EBELER, S.E; GUINARD, J.X; MATTHEWS, M.A. (2005). Sensory attributes of Cabernet Sauvignon wines made from vines with different water status. *Australian Journal of Grape and Wine Research.* 11, 339–347.

- CURTIS M. KALUA, PAUL K. BOSS, (2009).** Evolution of Volatile Compounds during the Development of Cabernet Sauvignon Grapes (*Vitis vinifera* L.). CSIRO Plant Industry and Food Futures Flagship, P.O. Box 350, Glen Osmond, SA 5064, Australia.
- DELOIE A.; ZEBIC O.; BERNARD N.; BRENON E.; HUNTER JJ.(2005).** Influence de l'état hydrique de la vigne sur le style de vin. Rev. Fra. D'Oenologie. Vol. 215: 11-15.
- ESCALONA, FLEXAS, SCHULTZ, MEDRANO,** "Contribution of different levels of plant canopy to total carbon assimilation and intrinsic water use efficiency of Manto Negro and Tempranillo grapevines", *Acta Hort.*, 1999, 493, 261.
- ELVIRA LÓPEZ-TAMAMES, NIEVES CARRO-MARIN, YUSUF ZIYA GUNATA, CLAUDE SAPIŞ, RAYMOND BAUMES, CLAUDE BAYONOVE, (1997).** Potential Aroma in Several Varieties of Spanish Grapes. Institut National de la Recherche Agronomique.
- E. ESTEBAN ET AL. (2011).** Contenido de Lactonas en los vinos. Instituto de la Vid y el Vino de Castilla-La Mancha. IVCM/2011/GLACTON.
- FISARAKIS, I., CHARTZOULAKIS, K., AND STAVRAKAS, D. (2001)** Response of Sultana vines (*V. vinifera* L.) on six rootstocks to NaCl salinity exposure and recovery. *Agricultural Water Management*, 51, 13–27
- HIDALGO TOGORES, J. HIDALGO, L. (2011).** *Tratado de viticultura. TOMO I y II.* Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 2065 pp.
- HIDALGO TOGORES, J. (2006).** *La calidad del vino desde el viñedo.* Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 389 pp.
- KEREN A. BINDON, PETER R. DRY, AND BRIAN R. LOVEYS, (2007).** Influence of Plant Water Status on the Production of Norisoprenoid Precursors in *Vitis vinifera* L.Cv. Cabernet Sauvignon Grape Berries. School of Agriculture and Wine, The University of Adelaide, Waite Campus, Adelaide, South Australia 5005, Australia, and CSIRO Plant Industry, Horticulture Unit, P.O. Box 350, Glen Osmond, South Australia 5064, Australia.
- LISSARRAGUE, J.R. (1986).** Estudio de los efectos del riego en la producción, desarrollo vegetativo, calidad del mosto y nutrición mineral de la vid. Tesis doctoral. ETSIA. Madrid.
- N. LOSCOS, P. HERNANDEZ-ORTE, J. CACHO, Y V. FERREIRA (2007).** Release and Formation of Varietal Aroma Compounds during Alcoholic Fermentation from Nonfloral Grape Odorless Flavor Precursors Fractions. Laboratory for Aroma Analysis

and Enology, Department of Analytical Chemistry, Faculty of Sciences, University of Zaragoza, 50009 Zaragoza, Spain.

OJEDA H; DELOIRE A; CARBONEAU A., (2001) Influence of water deficits on grape berry growth. *Vitis*, Vol.40. (3): 141-145.

PEYNAUD, E. (1996). *Enología práctica. Conocimiento y elaboración de vino.* Tercera edición, Reimpresión. Ediciones Mundi-Prensa.

P. HERNANDEZ-ORTE ET AL. (2008). Estudio comparativo de la evolución del potencial aromático de uvas de la variedad Verdejo en secano y en regadío durante su maduración. Laboratorio del Análisis del Aroma y Enología, Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza. 50009. España.

RIU-AUMATELL M.,(2005). New strategies for enhancing the organoleptic quality of sparkling wine AGL2011-23872.

RONALD S. JACKSON. (2002). *Análisis sensorial de vinos. Manual para profesionales.* Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza. 328 pp.

R.RISTIC ET AL (2010). Flavonoids and C13-norisoprenoids in *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz: relationships between grape and wine composition, wine colour and wine sensory properties_99 369.

SERRANO DE LA HOZ, K. ET AL. (2015). Por qué es importante el potencial aromático de la uva? Cátedra de Química Agrícola. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad de Castilla-La Mancha. Avda. España s/n, 02071 - Albacete.

SHANI, U., WAISEL, Y., ESHEL, A., XUE, S., AND ZIV, G. (1993). Responses to salinity of grapevine plants with split root system. *New Phytologist*, 124, 695–701

STEVENS, R.M. AND HARVEY, G. (1995). Effects of waterlogging, rootstock and salinity on Na, Cl and K concentrations of the leaf and root, and shoot growth of Sultana grapevines. *Australian Journal of Agricultural Research*, 46, 541–551.

WILLIAMS ET AL., (1982); GUNATA ET AL., (1985); STRAUSS ET AL., (1988); VOIRIN ET AL., (1992). Hydrolysis of terpenyl glycosides in grape juice and other fruit juices.

Y.Z.GUNATA, C.L.BAYONOVE, R.L.BAUMES, R.E.CORDONNIER (1974). The aroma of grapes I. Extraction and determination of free and glycosidically bound fractions of some grape aroma components. *Journal of Chromatography A*, Vol 331, 83-90.