



Universitat Politècnica de València

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica  
y del Medio Natural

**Efecto de distintos tratamientos sobre la  
composición polifenólica de pepitas de uvas de  
vinificación de la variedad Monastrell**

**TRABAJO FIN DE GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS**

Curso académico: 2017-2018

ALUMNA: Marta Puerto González

TUTORA: Victoria Lizama Abad

Valencia, 30 de julio de 2018

## RESUMEN

Diferentes técnicas de riego se llevaron a cabo durante el periodo de maduración en las uvas de la variedad Monastrell durante la campaña 2016. Dichas técnicas, se realizaron para conocer el efecto que provocaban tanto las diferentes calidades del agua de riego como la distinta composición de ésta en los compuestos fenólicos de las pepitas de las bayas. Las uvas se recolectaron en el momento de la vendimia. Se determinó el peso de 100 bayas, peso de pepitas de las 100 bayas, la relación entre el peso de la baya y las pepitas. Las pepitas fueron sometidas a extracción de compuestos polifenólicos en una disolución de acetona:agua (2:1). En dicho extracto fueron determinados la concentración de taninos totales, catequinas y el índice de polifenoles totales. También se determinó, mediante HPLC, el peso molecular de los taninos, el porcentaje de subunidades galoiladas y el grado medio de polimerización (mDP) de los taninos. En consecuencia, estos resultados sirvieron para conocer la importancia de las diferentes técnicas aplicadas sobre las variables analizadas.

Palabras clave: Monastrell, pepitas, riego, taninos, catequinas, IPT, mDP.

## SUMMARY

Different irrigation techniques were carried out during the maturation period in the Monastrell grapes during the 2016 campaign. These techniques were performed to determinate the effect that caused by the different qualities of the irrigation water and the different composition of this in the phenolic compounds of the grapeseed. The grapes were harvested at the time of harvest. The weight of 100 berries, weight of seeds of the 100 berries, the relation between the weight of the berry and the seeds were determined. The seeds were subjected to extraction of polyphenolic compounds in a solution of acetone: water (2: 1). In this extract the concentration of total tannins, catechins and the total polyphenols index were determined. The molecular weight of the tannins, the percentage of gallolated subunits and the average degree of polymerization (mDP) of the tannins were also determined by HPLC. Consequently, these results served to know the importance of the different techniques applied to the variables analyzed.

Keywords: Monastrell, seeds, irrigation, tannins, catechins, IPT, mDP.

## **AGRADECIMIENTOS**

*Este trabajo se enmarca dentro del proyecto de investigación financiado por Mineco-FEDER Estrategias para mitigar los efectos del estrés hídrico severo en la viticultura de clima cálido y árido del sureste de España AGL 2014-54201-C4-4-R.*

*A la Universidad Politécnica de Valencia por su enseñanza.*

*A mi tutora, por darme la oportunidad de aprender y dedicarme su tiempo.*

*A mis padres, por confiar siempre en mí.*

*A mis yayas, por enseñarme a luchar.*

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.</b> .....	1
<b>1.1. Vino en la Comunidad Valenciana.</b> .....	1
<b>1.2. Riego en la vid.</b> .....	1
<b>1.3. Déficit hídrico.</b> .....	2
<b>1.4. Pepitas de la uva.</b> .....	2
<b>1.5. Variedad Monastrell.</b> .....	3
<b>1.6. Compuestos fenólicos presentes en uvas tintas.</b> .....	4
<b>1.7. Influencia de la cantidad de agua suministrada a los viñedos y su composición en sales minerales sobre los granos de uva, la producción y la composición y síntesis de compuestos polifenólicos.</b> .....	5
<b>2. OBJETIVOS.</b> .....	7
<b>3. PLAN DE TRABAJO.</b> .....	8
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS.</b> .....	10
<b>4.1. Particularidades del viñedo.</b> .....	10
<b>4.2. Extracción para la obtención de pepitas.</b> .....	11
<b>4.3. Determinación de IPT.</b> .....	11
<b>4.4. Determinación de taninos condensados totales.</b> .....	11
<b>4.5. Determinación de catequinas.</b> .....	11
<b>4.6. Cuantificación de fracciones de tanino mediante cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC).</b> .....	12
<b>4.7. Tratamiento estadístico.</b> .....	12
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.</b> .....	14
<b>5.1. Estudio de los efectos de distintos tratamientos aplicados sobre el peso de 100 bayas, el peso de las pepitas de 100 bayas y la composición del extracto de las pepitas.</b> .....	14
<b>5.2. Efecto de la cantidad de agua de riego suministrada sobre el peso de 100 bayas, el peso de las pepitas de 100 bayas y la composición del extracto de las pepitas.</b> .....	16
<b>5.3. Efecto de la salinidad del agua de riego sobre el peso de 100 bayas, el peso de las pepitas de 100 bayas y la composición del extracto de las pepitas.</b> .....	18
<b>5.4. Interacción entre la calidad del agua aplicada y el régimen de riego (moderado o deficitario).</b> .....	20
<b>5.5. Estudio de los efectos de los distintos tratamientos sobre la concentración de taninos presentes en el extracto de pepitas mediante cromatografía en fase líquida de alta eficacia (HPLC).</b> .....	21
<b>5.6. Análisis del grado medio de polimerización (mDP) de pepitas mediante cromatografía en fase líquida de alta eficacia (HPLC).</b> .....	22
<b>6. CONCLUSIONES.</b> .....	26
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.</b> .....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Hoja adulta y racimo de uva correspondiente a la variedad Monastrell.....	3
<b>Figura 2.</b> Estructura química de los monómeros de flavanol. ....	4
<b>Figura 3.</b> Disposición de la superficie estudiada diferenciada por los distintos tratamientos. ....	8
<b>Figura 4.</b> Imagen aérea de la parcela estudiada situada en Albacete (Fuente Álamo). ....	10
<b>Figura 5.</b> Parcela y cepa utilizada para la investigación.....	10
<b>Figura 6.</b> Gráfico de interacción con barras LSD de los IPT de las pepitas con la dosis de riego y la salinidad del agua.....	21
<b>Figura 7.</b> Gráfico de interacción del grado medio de polimerización (mDP) y del peso molecular de los taninos con barras LSD de las pepitas con la dosis de riego y la salinidad del agua .....	25

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resumen detallado de los diferentes tratamientos aplicados a la parcela de estudio. .	8
<b>Tabla 2.</b> Promedio y desviación típica de peso de 100 bayas (g), peso pepitas 100 bayas (g) y % pepita/baya de la uva de variedad Monastrell sometida a diversos tratamientos. ....	14
<b>Tabla 3.</b> Promedio y desviación típica de la composición del extracto de las pepitas de la uva de variedad Monastrell sometida a diversos tratamientos. ....	15
<b>Tabla 4.</b> Promedio y desviación típica del peso de 100 bayas (g), peso de las pepitas de 100 bayas (g) y del % pepita/baya de la uva de variedad Monastrell sometida a diversos tratamientos...	16
<b>Tabla 5.</b> Promedio y desviación típica de los taninos (mg/g pepita), taninos (mg/g uva), IPT, catequinas (mg/g) de pepita y catequinas (mg/g) de uva de la variedad Monastrell sometida a diversos tratamientos. ....	17
<b>Tabla 6.</b> Promedio y su correspondiente desviación típica del peso de 100 bayas, peso de las pepitas de 100 bayas y % pepita/baya en uva de variedad Monastrell sometida a diferentes efectos osmóticos. ....	19
<b>Tabla 7.</b> Promedio y su correspondiente desviación típica de taninos (mg/g pepita), taninos (mg/g uva), IPT, catequinas (mg/g) de pepita y catequinas (mg/g) de uva de la variedad Monastrell sometida a diferentes efectos osmóticos.....	19
<b>Tabla 8.</b> Promedio de la interacción de la cantidad de agua de riego suministrada x la salinidad del agua de riego del peso de 100 bayas, el peso de las pepitas de 100 bayas y el % pepita/baya en uva de variedad Monastrell sometida a diversos tratamientos. ....	20
<b>Tabla 9.</b> Promedio de la interacción de la cantidad de agua de riego suministrada x la salinidad del agua de riego en taninos (mg/g pepita), taninos (mg/g uva), IPT, catequinas (mg/g) de pepita y catequinas (mg/g) de uva de la variedad Monastrell sometida a diversos tratamientos.....	20
<b>Tabla 10.</b> Promedio y desviación típica del peso molecular de los taninos (aMW), % de galoilación y grado medio de polimerización (mDP) del extracto de pepitas de uva de la variedad Monastrell sometida a diversos tratamientos.....	22
<b>Tabla 11.</b> Promedio y desviación típica del peso molecular de los taninos (aMW), % de galoilación y grado medio de polimerización (mDP) del extracto de pepita de uva de la variedad Monastrell sometida a diversos tratamientos.....	23
<b>Tabla 12.</b> Promedio y su correspondiente desviación típica de aMW, % Galoilación y mDP de la uva de variedad Monastrell sometida a diferentes efectos osmóticos. ....	24
<b>Tabla 13.</b> Promedio de la interacción de la cantidad de agua de riego suministrada x la salinidad del agua de riego de aMW, % Galoilación y mDP en uva de variedad Monastrell sometida a diversos tratamientos. ....	25

## **1. INTRODUCCIÓN.**

La vid es uno de los principales cultivos en España. Es una planta cuyo origen se remonta a la Era Terciaria. Las primeras formas de vid aparecieron hace aproximadamente 6.000 años. La variedad *Vitis vinifera* L., es la especie a partir de la cual se derivan fundamentalmente las principales variedades comerciales cultivadas (Martínez y Barrau, 2005).

España ocupa el primer puesto a nivel mundial en superficie dedicada al cultivo de la vid (12,8 %), seguido por China (11,5 %), Francia (10,4 %) e Italia (9,1 %). En cuanto a la producción mundial del vino, en la campaña de 2017, ha alcanzado los 250 millones de hL, de los cuales el 17 % corresponden a Italia, país con mayor producción, a continuación, aparecen Francia (14,7 %) y España (12,8 %).

De la superficie española total ocupada por el viñedo, la provincia en la que más se produce vino es en Castilla la Mancha con un 53,6 % de la producción española. Le siguen, a una considerable distancia, Cataluña con un 8,9 % y Extremadura con un 8,6 %. La Comunidad Valenciana tiene una producción de vino del 6,1 % sobre el total. La superficie de viñedo en España registra una ligera subida del 0,1 %, hasta situarse en las 955.717 hectáreas. Se trata del sexto año consecutivo en que la superficie de uva de vinificación en España desciende por debajo del millón de hectáreas (MAPAMA, 2018 y OBSERVATORIO ESPAÑOL DEL MERCADO DEL VINO,2017).

### **1.1. Vino en la Comunidad Valenciana.**

La producción de vino en la Comunidad Valenciana se remonta a la época de los íberos, pese a que los fenicios lo introdujeron en la Comunidad y los romanos consiguieron generalizar su cultivo. En el siglo XIX se creó la primera estación enológica de España en Cocentaina. En 1924 se funda la Federación de Viticultores de Levante y en 1933, se crea una calificación oficial "Valencia" según la Ley del Estado del Vino. Por último, en 1957, se constituye el Consejo Regulador. La Comunidad Valenciana se ha convertido en la cuarta productora de vino en España, según los datos ofrecidos por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) a inicios del 2018 (Jover, 2016 y MAPAMA, 2018).

### **1.2. Riego en la vid.**

La vid es uno de los cultivos que menos necesidades hídricas presentan a la hora de formar un kilogramo de materia seca: alrededor de 300 litros (inferior a otros cultivos herbáceos y leñosos mediterráneos, solamente comparables con las del olivo) por lo que, de forma general, la vid sobreviviría con alrededor de 300 mm<sup>3</sup> de agua a lo largo de todo su ciclo vegetativo, bien sea como agua de lluvia o como aporte externo en forma de riego (VITIVINICULTURA, VIVEROS DE VID BARBER, 2017), (Hidalgo y Hidalgo, 2011). Estas necesidades llegan a su punto máximo en la fase media del ciclo (verano), por lo que la época de mayor necesidad hídrica coincide con la época de mayor sequía (Gutiérrez,2002). El principal efecto del riego es el aumento de la producción, lo que afecta a la calidad de los vinos (VITIVINICULTURA, VIVEROS DE VID BARBER,

2017). El riego puede tener efectos tanto negativos (disminución en la riqueza polifenólica), como positivos (incremento del peso de las bayas) (Escalona, 2005).

### **1.3. Déficit hídrico.**

El déficit hídrico se produce cuando la pérdida de agua por transpiración es mayor que la absorción por las raíces lo que provoca reducciones en el crecimiento de la vid, tanto en los órganos vegetativos (raíz, tronco...) como en los reproductivos (bayas y racimos), lo que se traduce en una disminución de la producción (Gutiérrez,2002). El déficit hídrico durante el desarrollo temprano limita el crecimiento, a pesar de que se produce un aumento en el volumen de la baya después del envero, sin que el número de bayas por racimo se vea afectado (Cassasa et al., 2015).

Hay dos parámetros básicos para cuantificar el déficit hídrico en la vid: contenido de agua en la planta definido como déficit de saturación y por el nivel de energía del agua dentro de la célula expresado como potencial total. La falta de agua influye de distinto modo dependiendo del periodo en que se encuentre la planta y siempre negativamente. Podemos decir que la brotación es más irregular y se disminuye la longitud de los pámpanos; durante la floración crea problemas al dificultar la viabilidad polen-pistilo; en el cuajado se reduce el tamaño de la uva; en el envero y la vendimia provocan la pronta caída de las hojas inferiores dejando al descubierto los racimos (Nieto, 2002).

### **1.4. Pepitas de la uva.**

Constituyen los elementos de la vid encargados de perpetuar la especie por vía sexual, procediendo de los óvulos fecundados contenidos en el pistilo de la flor y desarrollándose desde la fecundación, hasta la fase del envero, momento en el cual la semilla alcanza su maduración fisiológica. El número máximo de pepitas que puede tener un grano de uva es cuatro, aunque puede haber uvas que no contengan ninguna. Hay una relación entre el número de pepitas que contiene una baya y su tamaño. La baya es más grande cuanto mayor es el número de semillas, pero produce un efecto negativo como es la menor madurez. Esto se explica debido a que los primeros nutrientes que la uva utiliza son para formar las semillas, por lo que disminuye estas sustancias en la pulpa. La madurez de la uva se debe a un exceso de sustancias de reserva acumuladas en la pulpa y no utilizadas por las pepitas. Las semillas de la uva tienen dos compuestos de interés, uno de ellos es el aceite (oleico y linoleico) y el otro el contenido en taninos. Durante la maduración el contenido de taninos disminuye debido a que estos migran hacia la pulpa de la uva. En las pepitas, este compuesto se encuentra poco polimerizado, lo que provoca acidez y astringencia, ambos aspectos muy importantes para la elaboración de vino. Las pepitas deben de tratarse con cuidado debido a que si se fracturan pueden provocar al vino un aumento de la sensación de dureza y verdor, así como de las grasas que contiene en su interior (Hidalgo, 2011).

### 1.5. Variedad Monastrell.

Se trata de una variedad de uva que tiene su origen en la España del siglo XV. Es una variedad mediterránea, de la zona levantina. Es la variedad de uva tinta representativa de la D.O Jumilla, así como de otras regiones como Valencia, Alicante o Almansa. A nivel internacional se puede encontrar en Francia (Mourvedre), Argelia, Túnez, Australia e incluso California donde se la conoce como Mataró. Referente a la sinonimia, en Valencia se puede denominar Morastrell o Murviedro, en Murcia se le conoce bajo el nombre de Gayata, en Albacete como Alcayata y en Tarragona y Aragón se le denomina Garrut. Se trata de una variedad tardía, cuya vendimia se suele producir a finales de septiembre y octubre. Es un tipo de uva con un porte erguido y con un tamaño y longitud de las hojas adultas de dimensiones medianas, se observa una forma pentagonal-orbicular, con tres lóbulos, haz verde oscuro y con un envés algodonoso (**Figura 1**).



**Figura 1. Hoja adulta y racimo de uva correspondiente a la variedad Monastrell.**

Los racimos presentan un tamaño y longitud medianos, con un número de bayas intermedio, una corta longitud del pedúnculo y con un pedicelo corto y difícil de separar. Las bayas tienen un tamaño y peso mediano, con una forma esférica y uniforme y una presencia de pepitas en número de dos. La reducción del tamaño de la baya se considera deseable desde una perspectiva de vinificación, porque la relación superficie-volumen de las bayas pequeñas es mayor que la de bayas más grandes. Son de color negro, con piel gruesa y una fuerte pruina. Tienen una pulpa carnosa, no coloreada. El rendimiento del mosto es alto y posee un sabor neutro. Se trata de una variedad con fenología tardía en cuanto a la madurez fisiológica, su rendimiento se encuentra entre 3,5 kg y 4 kg por cepa y es resistente a la sequía.

El mosto que produce presenta varias características que hacen a esta variedad destacar. El contenido en azúcar va de medio a alto, tiene una acidez total de media a baja, un alto nivel oxidativo y notable presencia de aromas varietales. Produce vinos con una elevada graduación alcohólica, ligeramente secos y carnosos y no tiene un potencial alto para el envejecimiento, por ello su utilización va más encaminada a mezclarse con otras variedades. Los años en los que las temperaturas son bastante elevadas se produce un incremento del nivel de taninos. La variedad Monastrell tiene gran afinidad con la Garnacha, que le da estructura y también da vinos de mesa finos mezclada con Syrah, Merlot o Cabernet Sauvignon (VINOS ALICANTE DOP, 2015), (ENTERWINE., 2016), (Cassasa et al., 2015), (Lara, 2013) y (CIRCULO DE BODEGAS, 2017).

## 1.6. Compuestos fenólicos presentes en uvas tintas.

Los polifenoles integran a compuestos orgánicos derivados del fenol y forman una familia heterogénea. Se encuentran en la uva y tienen un rol de gran importancia en las características sensoriales del vino ya que se encargan del aroma, astringencia, sabor, amargor y color, es decir, de sus propiedades organolépticas (Scalbert, 1993 y Garrido y Borges, 2013). Se caracterizan por tener como mínimo un grupo aromático y una sustitución hidroxilo, pudiendo estar libre o formando parte de otra función como éter, éster o heterósido (Bruneton, 1993). Podemos encontrar estos compuestos en dos formas: libre o conjugada (Cheynier *et al.*, 2010). Con relación a los distintos tipos de riego y como afecta, se aprecia como las variaciones en el tamaño de la baya pueden afectar a su composición polifenólica (Cassasa *et al.*, 2015). El rendimiento extractivo de cada baya con respecto a los polifenoles disminuye con la madurez y sigue una cinética de segundo orden (Kennedy *et al.*, 2000). Según (Kyraeoulu *et al.*, 2017) el riego afectó al contenido absoluto (cantidad por baya) de fenólicos de las semillas.

Los compuestos fenólicos se pueden clasificar en dos grandes subgrupos: los no flavonoides y los flavonoides. Dentro de flavonoides los compuestos más importantes que hay son los antocianos y los flavanoles, ambos con una estructura básica común, sintetizados por componentes bióticos, abióticos y prácticas de riego y se les otorga una gran importancia dentro del mundo de la enología (Kennedy y Cohen, 2010).

El presente trabajo se centra en la parte de los flavanoles ya que este compuesto se encuentra en la semilla de la uva, al igual que en la piel y en el raspón. Este grupo se divide en catequinas y taninos condensados (procianidinas y prodelfinidinas) y sus principales propiedades son: astringencia, cuerpo, estructura, sabor amargo y capacidad para la crianza (Zamora, 2003).

Los taninos son los responsables de la sensación de astringencia, que tiene como consecuencia la precipitación de las proteínas salivares, también modulan el color del vino por su reacción covalente con antocianinas. La concentración de taninos de semillas también se puede determinar por el peso de la semilla y el número de semillas por baya (Cassasa *et al.*, 2015). Los taninos que se encuentran en las semillas y el raspón tienen más astringencia que los de los hollejos, ya que éstos son más suaves debido a que se encuentran más polimerizados, y además tienen menor número de subunidades galoiladas. La estructura de los taninos se forma por polímeros de subunidades de flavan-3-ol. Los principales monómeros de los taninos de las uvas son: (+)-catequina, (-)-epicatequina, (-)-epicatequina-3-O-galato y la epigalocatequina (Figura 2) (Kennedy y Jones, 2001).

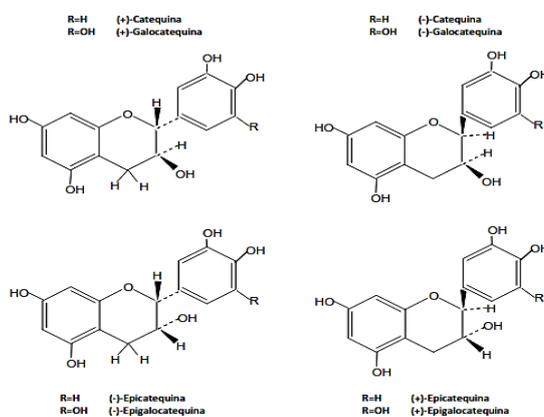


Figura 2. Estructura química de los monómeros de flavanol.

### **1.7. Influencia de la cantidad de agua suministrada a los viñedos y su composición en sales minerales sobre los granos de uva, la producción y la composición y síntesis de compuestos polifenólicos.**

La región mediterránea es una de las más pobladas por viñedos y en la que el agua es el recurso más vulnerable que existe (Costa et al., 2016). El agua es un factor fundamental para la sostenibilidad de la viticultura, producción de la uva, calidad y viabilidad económica, y todos estos elementos se ven influidos por la disponibilidad del agua que haya (Medrano et al., 2015).

La industria vinícola se enfrenta al aumento de la sequía y a la salinidad de los suelos debido a su mayor evaporación junto con la disminución de las reservas de agua. Estos dos factores son capaces de modificar la composición de las cepas y por ello representan las restricciones abióticas más comunes que ejercen un impacto negativo en el rendimiento de los viñedos en el Mediterráneo. La creciente salinización de los suelos es una grave amenaza para el cultivo de la vid, sobre todo para los viñedos deficitarios, que pueden afectar tanto al rendimiento como a la composición de las cepas (Keller, 2010 y Mirás-Ávalos e Intrigliolo, 2017). En el caso de una mayor disponibilidad de agua también hay que considerar los efectos negativos que puede tener como una disminución de la síntesis y acumulación de los compuestos (Escalona, 2005).

La vid es una especie sensible a la salinidad, por lo que debe cultivarse manteniendo los niveles salinos bajos (Osorio y Céspedes, 2000). La creciente salinidad de los suelos puede provocar efectos adversos en la agregación del suelo, y en el crecimiento de la vid, más concretamente puede provocar un desbalance nutricional, toxicidad de iones, disminución del crecimiento de brotes y raíces, así como disminuir el número de racimos, pesos de las bayas de las cepas, absorción de agua y captación de luz. El daño que produce a la vid depende de la concentración de las sales, el tiempo de exposición del cultivo y del genotipo (Ojeda y Pire, 2011 y Laurenson et al., 2012).

La reutilización del agua se puede considerar otra opción de cara al futuro para tener en cuenta. Se trataría de un procedimiento con un coste muy limitado, adaptable al cambio climático y que podría ser eficaz, ya que así se reduciría la necesidad de desarrollar nuevos recursos hídricos. Esto conlleva una mejora en la disposición de los recursos hídricos, así como una minimización de la salida de aguas residuales que poseen unos beneficios ambientales adicionales. Estas aguas residuales pueden mitigar el estrés por sequía, pero se desconocen con certeza los efectos a corto y medio plazo. Por otro lado, las aguas no convencionales, son una fuente de nutrientes (nitrógeno y fósforo), en donde su utilización puede conllevar a una modificación de la composición de las bayas y de la WUE (eficiencia del uso del agua). El uso de este tipo de aguas tiene que ser valorado con estudios ya que podría acarrear riesgos ambientales y afectar a la salud humana (Costa et al., 2016).

La WUE trata acerca de la relación entre el carbono asimilado por la fotosíntesis y el agua perdida en la transpiración. Mejorar la eficiencia del uso del agua (WUE) en las vides es esencial para la sostenibilidad del viñedo bajo la creciente aridez inducida por el cambio climático global (Flexas et al., 2010).

El uso de agua no convencional (agua residual tratada, agua desalinizada) está aumentando su práctica en la gestión agrícola mayoritariamente en muchas regiones áridas y semiáridas del mundo con escasez de agua. El uso de agua desalinizada ha aumentado en algunos países

desarrollados ya que su costo es asequible para algunos usos (por ejemplo, agua potable), pero sigue siendo costoso para usos agrícolas (Valdes-Abellan et al., 2017).

La utilización de este tipo de aguas puede tener inconvenientes potenciales, ya que a menudo introduce contaminantes inorgánicos, orgánicos o biológicos, metales pesados y demanda de oxígeno, que conducen a la degradación del suelo, por lo que preocupa las consecuencias ambientales que puedan tener (Valdes-Abellan et al., 2017 y Laurenson et al., 2012).

El riego deficitario es una solución que se está empezando a poner en marcha en la vid. Esta reducción del uso de agua para el cultivo puede mejorar ciertas características según como sea usado (Fuentes et al., 2010). A largo plazo tiene la capacidad de regular la expresión de los genes que codifican las enzimas biosintéticas de taninos (Castellarin et al., 2007). Algunos estudios demostraron un aumento de la concentración de taninos en las semillas con esta modalidad de riego (Cassasa et al., 2015). Por otra parte, si el agua se aplica en exceso puede reducir el contenido de azúcar y color y como consecuencia producir desequilibrios de acidez en el vino (Chaves et al., 2007).

El riego deficitario regulado (RDI) puede producir una pérdida de rendimiento debido al tamaño reducido de la baya, pero puede tener una compensación con las prácticas de manejo, ya que con una poda más ligera se puede compensar un menor tamaño de las bayas y así minimizar las posibles pérdidas del rendimiento. Durante períodos de aplicación de riego reducido, el uso de agua de riego que contiene unos niveles de moderados a altos de cloruro sódico puede requerir el monitoreo de la salinidad del suelo para observar los posibles efectos que pueda tener, y potencialmente se puede aplicar un riego por lixiviación al final del período de esta aplicación de agua reducida.

Debido a que el RDI se apoya en la utilización del estrés hídrico para lograr el objetivo deseado, se demanda una comprensión y conocimientos básicos sobre el crecimiento vegetativo y de la baya, en relación con los efectos que produce tanto la abundancia como el déficit del agua durante cada etapa del crecimiento vegetativo y de la fruta.

El estrés hídrico tiene una gran influencia en el crecimiento de los brotes. El crecimiento vegetativo es más sensible a este estrés que el crecimiento de la baya, pero sin embargo puede producir cambios en algunas características específicas como en el tamaño de las bayas de la uva. Esto es importante de cara a la calidad final del vino, ya que el componente del sabor se encuentra mayoritariamente en la piel de la baya y un aumento en la proporción de piel-carne, puede conseguir mejorar la calidad y el valor de la fruta.

En determinadas situaciones, se ha observado como bien la duración del estrés hídrico o los niveles que se han utilizado del mismo han sido muy altos, esto ha producido un estrés hídrico excesivo que ha provocado un descenso importante del cultivo o incluso ha ocasionado una defoliación en situaciones extremas. La aplicación del estrés hídrico debe de ser en el momento más adecuado de cara a su crecimiento, por eso es vital en las etapas tanto previas como posteriores al envero. Al mismo tiempo se debe evitar un uso inadecuado del estrés hídrico por ejemplo durante la etapa de la maduración, ya que se cree que utilizando este método la madurez puede llegar a mejorar (Dry et al., 2001 y Castellarin et al., 2007).

Por todo lo explicado con anterioridad y ante las amenazas y limitaciones que en los próximos años pueden acontecer, es de suma importancia conocer los efectos tanto del tipo de riego utilizado como de la salinidad del suelo y los cambios que éstos podrían provocar en la vid, en la baya y en la composición final del vino, para así poder tener un mayor conocimiento de las

situaciones que pueden llegar a producirse en un futuro más cercano de lo que podamos imaginar.

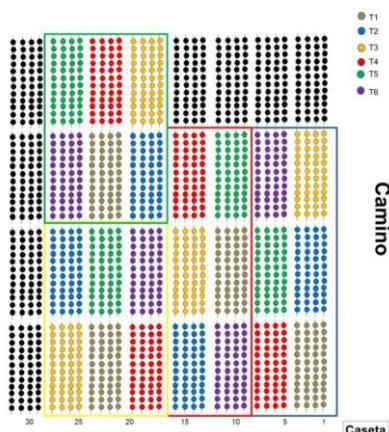
## **2. OBJETIVOS.**

Esta investigación busca conocer los efectos que producen en pepitas de uva de la variedad Monastrell la utilización de diferentes estrategias de riego durante la maduración, así como las consecuencias que puede tener la cantidad de agua que se suministra a cada ensayo y la composición de sales minerales de ésta en la composición polifenólica de las pepitas y en otras variables que se analizan.

### 3. PLAN DE TRABAJO.

El viñedo de Fuente Álamo se creó para conocer el efecto que tendría el uso de diferentes dosis de riego con distintas calidades. Se emplearon 6 estrategias de riego en total (T1, T2, T3, T4, T5 y T6). El estudio se dividió en 4 zonas, que a su vez estas se subdividieron en otras 6 regiones (una por cada tratamiento) de 192 cepas cada una (**Figura 3**).

Se llevaron a cabo alteraciones en las instalaciones para que la colocación de los tratamientos fuera independiente. La instalación del riego de la que disponía la finca era de un gotero por metro de tubería. Cada tratamiento se instaló en 4 filas, comprendiendo cada ensayo un total de 28 filas. Cada repetición comprendía 40 cepas. En total, esto comprendía 1.152 vides que ocupan una superficie total de 5.184 m<sup>2</sup> de las cuales finalmente se llevó a cabo el muestreo.



**Figura 3. Disposición de la superficie estudiada diferenciada por los distintos tratamientos.**

En el momento óptimo de la vendimia, se realiza un muestreo de las cepas de cada ensayo aleatoriamente en distintas posiciones del racimo. Son recolectadas al menos 500 bayas, y en el laboratorio se dividen en tres lotes; un lote se destina para los estudios sobre madurez polifenólica, otro para analizar el contenido aromático de los hollejos, y con el tercero se lleva a cabo el análisis de los hollejos y pepitas (polifenoles de la uva). Mi trabajo se centra en la última parte y más concretamente en el análisis de las pepitas de la uva.

**Tabla 1. Resumen detallado de los diferentes tratamientos aplicados a la parcela de estudio.**

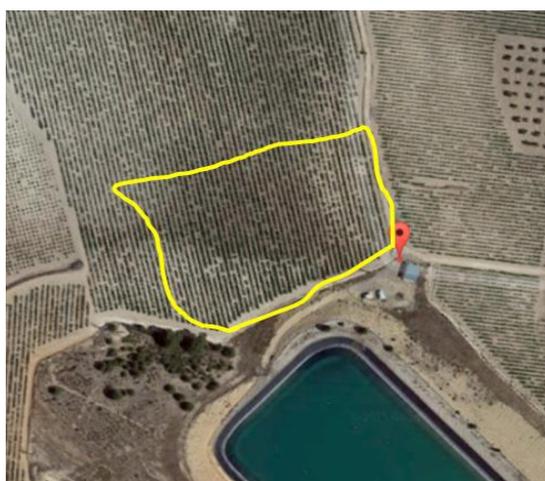
TRATAMIENTO	mm <sup>3</sup>	CANTIDAD DE AGUA SUMINISTRADA	EFEECTO OSMÓTICO o SALINIDAD DEL AGUA (CALIDAD)
T1	0,0	Secano, sin riego	
T2	111,4	Riego moderado distribuido a partir de la floración.	Agua de "buena calidad" Sin efecto osmótico.
T3	114,3	Riego moderado distribuido a partir de la floración.	Agua con una conductividad eléctrica (CE) de 4,0 dS/m de sulfato básico.
T4	115,0	Riego moderado distribuido a partir de la floración.	Agua con una conductividad eléctrica (CE) de 4,0 dS/m de cloruro básicos.
T5	82,1	Riego deficitario distribuido a partir del periodo de envero.	Agua con una conductividad eléctrica (CE) de 4,0 dS/m de sulfato básico.
T6	81,2	Riego deficitario distribuido a partir del periodo de envero.	Agua con una conductividad eléctrica (CE) de 4,0 dS/m de cloruro básicos.

El estudio fue realizado con el propósito de simular la futura falta de agua y conocer los posibles aprovechamientos de otras aguas. Esto es debido al inminente cambio climático que se va a producir en las próximas décadas y que en menor medida ya está ocurriendo. Para ello se simuló unas restricciones del agua de riego de la vid y la progresiva salinización de los suelos a través de una serie de tratamientos descritos en la **Tabla 1** para observar el efecto que podría tener en la baya y en este caso en concreto en las pepitas.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 4.1. Particularidades del viñedo.

El viñedo que se ha utilizado para llevar a cabo toda esta investigación está situado en Fuente Álamo municipio de Albacete, cuyas coordenadas geográficas son: 38º 43 '43 de 0.3' 'Norte y 1 28' 12 .6 " Oeste. Posee una pendiente del 5 % y una altitud de 820 metros. La parcela donde se encuentra este viñedo tiene un área total de 1.147 hectáreas. La **Figura 4** nos muestra la situación geográfica en la que se encuentra esta parcela.



**Figura 4.** Imagen aérea de la parcela estudiada situada en Albacete (Fuente Álamo).

El viñedo estudiado está compuesto por cepas de la variedad Monastrell (portainjertos SO<sub>4</sub>), que fueron plantadas en el año 2007. El procedimiento de plantación es de 1,5 metros de distancia entre las cepas y 3 metros de distancia entre las calles, con una densidad de plantación de 2.222 cepas por hectárea con un estilo de conducción de cordón doble. Las filas se orientan en el eje Norte-Sur. En la **Figura 5** se puede observar una imagen de una de las parcelas del estudio junto a una de sus cepas.



**Figura 5.** Parcela y cepa utilizada para la investigación.

#### **4.2. Extracción para la obtención de pepitas.**

Se procede a la separación manual de las pepitas de la pulpa de la uva. Una vez retiradas, se lavan con agua para eliminar todos los azúcares que pueda haber, se secan y posteriormente se pesan. A continuación, se introducen en un tubo Falcon y se maceran con 50 mL de una disolución acetona/agua (2:1). Se lleva a una posición horizontal, a temperatura ambiente y en oscuridad, y se mantiene 24 horas en agitación con el modelo Selecta Unitronic OR (Abrera, Barcelona). Finalizado este proceso, se filtra el líquido obtenido con lana de vidrio, y se eliminará la acetona mediante un rotavapor a 35 °C. El líquido obtenido se enrasa en matraces de 20 mL y posteriormente se centrifugan las muestras a 4000 rpm durante 15 minutos para seguidamente filtrarlo con una bomba de vacío y un filtro de 0,45 µm. El filtrado se almacena en flaneras de acero inoxidable cubiertas por papel de aluminio, que se congelan a -40 °C y luego se liofilizan durante 24 horas.

#### **4.3. Determinación de IPT.**

El Índice de Polifenoles Totales detecta los compuestos fenólicos del vino, concretamente los ciclos benzoicos, por la medición de la absorbancia a una determinada longitud de onda a la que el grupo fenol se divide. La metodología empleada radica en realizar una dilución 1:50 de la muestra en agua destilada y medir esta dilución a una absorbancia de 280 nm (UV) mediante un paso óptico de 10 mm en una cubeta de cuarzo. Se empleó un espectrofotómetro JASCO V- 630 UV- Visible de doble haz (Tokyo, Japón). Los valores de absorbancia obtenidos se multiplican por el inverso de la dilución (Ribéreau-Gayon, 1979).

#### **4.4. Determinación de taninos condensados totales.**

Las proantocianidinas tienen la característica de ser transformables parcialmente en antocianidinas rojas mediante un calentamiento en medio ácido. Debido a este calentamiento se produce la ruptura de ciertas uniones y la formación de carbocationes que se llegan a transformar parcialmente en cianidina y catequinas si el medio es suficientemente oxidante (reacción de Bate- Smith). La metodología que se lleva a cabo reside en utilizar dicha propiedad para la detección de taninos en el medio, mediante un espectrofotómetro JASCO V- 630 UV-Visible (Tokyo, Japón). La reacción que se lleva a cabo tiene lugar tanto con las catequinas (formas monómeras) como con las proantocianidinas (formas polimerizadas); en este último caso se provoca la ruptura por hidrólisis de determinadas uniones que posteriormente se transforman en antocianidinas, siendo estas las que se determinan en medición por colorimetría (Ribéreau-Gayon y Stonestreet, 1966).

#### **4.5. Determinación de catequinas.**

Las catequinas son compuestos fenólicos: flavan-3-ol monómeros, y su condensación se produce en las posiciones seis y ocho de los flavonoles. El método de cuantificación utilizado se

fundamenta en la capacidad de la vainillina para reaccionar con las posiciones seis y ocho de las moléculas de flavanoles, formándose un compuesto de adición que formara un cromóforo rojo. Se ha utilizado vainillina en medio ácido, ya que es un aldehído relativamente estable a altas concentraciones de ácidos, se utilizó un espectrofotómetro JASCO V- 630 UV- Visible de doble haz (Tokyo, Japón). Por tanto, la reacción de la vainillina con las procianidinas da coloraciones menos intensas cuanto más elevado sea el grado de polimerización de los taninos, ya que son menores los puntos de ataques libres (Pompei y Peri, 1971).

#### **4.6. Cuantificación de fracciones de tanino mediante cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC).**

El polvo seco obtenido de la liofilización de los extractos de las pepitas se somete a la reacción con floroglucinol basada en el método de Kennedy y Jones (2001) con algunas modificaciones. Se prepara una disolución de HCl 0,1 N en metanol, conteniendo 50 g/L de floroglucinol y 10 g/L de ácido ascórbico. Se hace reaccionar las proantocianidinas en forma de polvo seco (5 g/L) a una temperatura de 50 °C durante 20 minutos. Transcurrido este tiempo se paró la reacción adicionando 2 volúmenes de una disolución de acetato de sodio 200 mM.

Los aductos de floroglucinol se analizan por un cromatógrafo líquido de alta eficacia (HPLC-DAD) marca JASCO serie MD-2010 Plus, (JASCO, Tokyo, Japón) equipado con un detector Diodo Array LC-Net II/ADC (Tokyo, Japón) en fase reversa utilizando una columna cromatográfica Gemini NX (Phenomenex, Torrance, CA), 250 mm x 4,6 mm de 5 µm de tamaño de partícula.

Siendo la fase móvil A una disolución acuosa de ácido acético al 1 % v/v y la fase móvil B, metanol 100 %. Las condiciones de elución son: 5 % de B durante 10 minutos, un gradiente lineal de 5 a 20 % de B en 20 minutos, de 20 a 40 % de B en 25 minutos, de 40 a 90 % en 5 minutos, manteniéndose constante durante 10 minutos y volviendo a las condiciones iniciales en un gradiente lineal en 5 minutos y manteniéndolas durante 5 minutos antes de la siguiente inyección.

La columna se lava finalmente con 90 % de B durante 10 minutos y se reequilibra con 5 % de B en 5 minutos antes de la siguiente inyección. El grado medio de polimerización (mDP) se obtiene por la división de la totalidad de las subunidades identificadas (proantocianidinas terminales y de extensión) entre las proantocianidinas terminales. En el caso del porcentaje de galoilación (% Galoilación) se alcanza por división entre la totalidad de proantocianidinas galoiladas y la totalidad de las proantocianidinas identificadas, multiplicando por 100. Finalmente, el peso molecular promedio (aMW) se consigue a través de la proporción de cada molécula y del peso molecular.

#### **4.7. Tratamiento estadístico.**

Se realizó un tratamiento estadístico mediante un análisis de la varianza (ANOVA) con los resultados obtenidos de las determinaciones mediante el programa *STATGRAPHICS Centurion X64*. Se efectuó un ANOVA simple para conocer el efecto de cada tratamiento, y también se agruparon los valores por cantidad y calidad del agua. Además, se efectuó un ANOVA multifactorial para conocer las posibles interacciones entre la cantidad de agua de riego

suministrada y la salinidad de ésta. El nivel de confianza que se utilizó en todos los análisis fue del 95 % para cada variable analizada.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se van a establecer las diferencias para las variables 'Peso de 100 bayas', 'Peso de pepitas de 100 bayas', '% pepita/baya', 'Taninos (mg/g pepita)', 'Taninos (mg/g uva)', 'IPT', 'Catequinas (mg/g pepita)', 'Catequinas (mg/g uva)' a través de un ANOVA. Primero se van a comparar estas variables con cada uno de los tratamientos (**Tabla 2 y Tabla 3**). Posteriormente se agrupan los tratamientos en función de la cantidad de agua aportada (**Tabla 4 y Tabla 5**). Y por último se ve la influencia que tiene la composición del agua (**Tabla 6 y Tabla 7**).

### 5.1. Estudio de los efectos de distintos tratamientos aplicados sobre el peso de 100 bayas, el peso de las pepitas de 100 bayas y la composición del extracto de las pepitas.

En la **Tabla 2** se resume el ANOVA de los tratamientos realizados junto con el promedio y la desviación típica de los resultados que se han llevado a cabo para 'Peso de 100 bayas (g)', 'Peso pepitas 100 bayas (g)' y '% pepita/baya'.

**Tabla 2. Promedio y desviación típica de peso de 100 bayas (g), peso pepitas 100 bayas (g) y % pepita/baya de la uva de variedad Monastrell sometida a diversos tratamientos.**

Tratamiento	Peso de 100 bayas (g)	Peso pepitas 100 bayas (g)	% pepita/baya
T1	141,08 ± 8,4 a	7,95 ± 0,5 a	5,69 ± 0,6 c
T2	183,33 ± 29,3 c	8,19 ± 0,7 a	4,57 ± 1 a
T3	170,16 ± 19,2 bc	8,06 ± 0,4 a	4,80 ± 0,5 ab
T4	169,14 ± 12,9 bc	8,25 ± 0,9 a	4,88 ± 0,2 ab
T5	145,63 ± 29,3 ab	7,69 ± 1 a	5,38 ± 0,5 bc
T6	161,57 ± 8 abc	8,02 ± 0,8 a	5,01 ± 0,5 ab
Razón- F	3,400	0,353	3,100
Valor- P	0,012	0,879	0,018

T1= Secano; T2= Riego moderado, agua de buena calidad; T3= Riego moderado, agua con sulfato básico, T4= Riego moderado, agua con cloruros básicos; T5= Riego deficitario, agua con sulfato básico; T6= Riego deficitario, agua con cloruros básicos. Letras distintas en la misma columna indican la existencia de diferencias significativas al 95 % de nivel de confianza para cada parámetro analizado.

En la **Tabla 2** se deduce que, sí hay diferencias significativas entre los diferentes tratamientos cuando hablamos del peso de 100 bayas y del porcentaje pepita/baya, ya que el 'Valor P' es menor que 0,05. Se observa que el riego tiene influencia en el peso de 100 bayas porque los tratamientos correspondientes al riego moderado provocan unos valores más elevados con respecto a los obtenidos en T1, T5 y T6 (correspondientes a secano y riego deficitario). Dentro del riego moderado, se aprecia como T2 (agua de buena calidad sin ningún efecto osmótico), provoca un valor ligeramente superior del peso de 100 bayas comparado con los tratamientos T3 y T4, aunque sin diferencias significativas. Es decir, con una misma cantidad de agua aplicada, aparecen ligeras diferencias en el peso de 100 bayas entre el agua de buena calidad con respecto a las que tienen sales minerales. Por otra parte, se puede apreciar como dentro del tratamiento con riego deficitario, hay una mínima diferencia entre los tratamientos T5 y T6, siendo este

último ligeramente superior al T5, pudiendo ser una posible causa la composición del agua, ya que el T6 contiene cloruros básicos y el T5 sulfato básico. Una conclusión que se puede sacar en consecuencia de estos resultados es que el tipo de sal que produce el efecto osmótico afecta al peso de las bayas.

Con respecto al peso de las pepitas de 100 bayas, se puede observar que el 'Valor P' es mayor que 0,05 por lo que las diferencias entre los valores no son significativas, este parámetro no se ve afectado por el tipo de tratamiento de riego que se lleva a cabo.

Por último, las diferencias entre los valores referentes a la variable % pepita/baya son significativas ( $P=0,018$ ). El valor más elevado lo encontramos en el tratamiento de secano (T1). Con respecto al riego deficitario resulta más favorable el experimento T5 (contiene sulfato básico en su composición) con un porcentaje ligeramente superior, en comparación con T6 (contiene cloruro básico), aunque las diferencias no son significativas entre ellos. Por último, comentar que la presencia de sales en el agua de riego no provoca diferencias en el % pepita/baya, no obteniéndose diferencias significativas entre T2, T3 y T4. El experimento tratado con agua de buena calidad sin efecto osmótico produce el valor más pequeño de % pepita/baya con un 4,57 %.

En la **Tabla 3** se refleja el ANOVA de los tratamientos realizados para los compuestos polifenólicos, a la vez que la media y la desviación típica de los resultados obtenidos.

**Tabla 3. Promedio y desviación típica de la composición del extracto de las pepitas de la uva de variedad Monastrell sometida a diversos tratamientos.**

Tratamiento	Taninos (mg/g pepita)	Taninos (mg/g uva)	IPT pepitas	Catequinas (mg/g) de pepita	Catequinas (mg/g) de uva
T1	77,67 ± 7,8 a	4,42 ± 0,6 a	273,15 ± 54,5 ab	10,33 ± 2,4 a	0,59 ± 0,1 a
T2	81,62 ± 18,2 a	3,82 ± 1,5 a	279,24 ± 84,6 abc	12,06 ± 2,6 a	0,56 ± 0,2 a
T3	89,76 ± 15,8 a	4,28 ± 0,7 a	319,75 ± 51,5 bcd	12,19 ± 2,7 a	0,58 ± 0,1 a
T4	89,23 ± 26 a	4,32 ± 1,1 a	327,35 ± 91,9 cd	14,03 ± 5 a	0,68 ± 0,2 a
T5	76,31 ± 27,9 a	4,07 ± 1,7 a	255,22 ± 72,6 a	9,98 ± 4,9 a	0,52 ± 0,3 a
T6	92,82 ± 28,9 a	4,52 ± 1,1 a	346,32 ± 93,9 d	12,25 ± 5,7 a	0,59 ± 0,2 a
Razón- F	1,500	0,730	3,550	1,670	0,880
Valor- P	0,197	0,604	0,006	0,150	0,501

T1= Secano; T2= Riego moderado, agua de buena calidad; T3= Riego moderado, agua con sulfato básico, T4= Riego moderado, agua con cloruros básicos; T5= Riego deficitario, agua con sulfato básico; T6= Riego deficitario, agua con cloruros básicos. Letras distintas en la misma columna indican la existencia de diferencias significativas al 95 % de nivel de confianza para cada parámetro analizado.

Se observa cómo hay diferencias significativas en el índice de polifenoles totales del extracto de las pepitas (IPT). A tenor de los resultados, se deduce como a misma cantidad de riego, el efecto osmótico sí que afecta a la concentración de IPT ya que en los experimentos tratados con riego deficitario se encuentran diferencias significativas entre el experimento T5 (tratada con sulfato básico) con un valor medio muy inferior al del experimento T6 (tratada con cloruro básico). No obstante, no hay diferencias significativas entre los tratamientos con riego moderado pese a que T4 provoque un valor ligeramente elevado comparado con T2 y T3.

En cuanto a la variable taninos y a la concentración de catequinas, no se han encontrado diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos realizados ni cuando se expresa en mg/g de pepita ni en mg/g de uva.

## 5.2. Efecto de la cantidad de agua de riego suministrada sobre el peso de 100 bayas, el peso de las pepitas de 100 bayas y la composición del extracto de las pepitas.

Para estimar el efecto de la cantidad de agua aportada a las viñas, se realiza un ANOVA unifactorial. En las tablas (**Tabla 4**, **Tabla 5**) se muestran los tratamientos agrupados según las diferentes modalidades de riego, el promedio y su desviación típica.

A raíz de los resultados estadísticos se aprecian diferencias significativas en la **Tabla 4** para las variables peso de 100 bayas (g) y % pepita/baya, ya que su 'Valor P' es menor que 0,05. El riego moderado es el que aumenta más el valor del peso de 100 bayas teniendo diferencias significativas con las dosis de riego deficitario y sin riego, siendo este último el que menor valor tiene. Es decir, a mayor aporte de agua se obtiene un engrosamiento de las bayas. Sin embargo, las tres diferentes dosis de riego no afectan al peso de las pepitas de las 100 bayas, de ahí que los valores no tengan diferencias significativas. Referente al % pepita/baya, se encuentran diferencias significativas con la dosis de riego moderado respecto a la dosis de riego deficitario y sin riego, el porcentaje más alto pertenece a la variable sin riego con un 5,69 % y el valor más bajo, a aquellos experimentos que han recibido un aporte hídrico mayor con un 4,75 % (riego moderado). En este sentido la dosis de aporte de agua afectará al aumento del peso de baya, pero no al de las pepitas.

**Tabla 4. Promedio y desviación típica del peso de 100 bayas (g), peso de las pepitas de 100 bayas (g) y del % pepita/baya de la uva de variedad Monastrell sometida a diversos tratamientos.**

Factor	Peso de 100 bayas (g)	Peso pepitas 100 bayas (g)	% pepita/baya
Sin riego	141,08 ± 16,6 a	7,95 ± 0,7 a	5,69 ± 0,7 b
Riego moderado	174,21 ± 24,9 b	8,17 ± 0,9 a	4,75 ± 0,6 a
Riego deficitario	153,60 ± 27,3 a	7,85 ± 1,1 a	5,19 ± 0,7 b
Razón- F	6,760	0,580	6,730
Valor- P	0,003	0,563	0,003

*Sin riego=T1; Riego moderado=T2, T3, T4; Riego deficitario=T5, T6. Letras distintas en la misma columna indican la existencia de diferencias significativas al 95 % de nivel de confianza para cada parámetro analizado.*

Con respecto a los cambios tanto en el peso de las bayas como en su tamaño, estos son fácilmente inducidos por la práctica de riego que se realice pese a que Cáceres-Mella et al., en un trabajo realizado en 2018 concluya que la aplicación de diferentes regímenes de agua no producen ninguna diferencia en el peso de la baya, y se observó que en 2012 tanto la concentración de peso fresco de la semilla (final del periodo de maduración) fue mayor en riego moderado que en secano, coincidiendo con nuestros resultados (Kyraeolu et al., 2017 y Cassasa et al., 2015).

El déficit hídrico durante el desarrollo temprano limita el crecimiento, debido a que el aumento de la baya se produce después del envero, pese a que el número de bayas por racimo no se ve afectado (Cassasa et al., 2015). Un ejemplo de un estudio que se realizó en la variedad Merlot nos muestra como este tipo de riego, durante cuatro años en los que se utilizó, redujo el peso de la baya, reduciendo a su vez el crecimiento de la fruta. (Bucchetti et al., 2011).

Tanto en niveles altos de estrés hídrico como con un estrés hídrico moderado se reduce el peso de la baya, no obstante, en este último la disminución no es tan importante (Mirás-Ávalos e Intrigliolo, 2017). Se produce un rendimiento y producción limitados, tanto cuando se aplica un déficit total como un déficit temprano, debido a la reducción en el peso de las bayas y del racimo (Cassasa et al., 2015).

Según (Kennedy et al., 2000), en un estudio donde se comparaba el efecto del régimen de secano y riego moderado sobre el peso de las bayas, este valor fue menor en aquellas en las que se había utilizado el régimen de secano. Estos resultados coinciden con los reflejados en el presente trabajo. Si bien con respecto al peso de la semilla, fue mayor cuando se llevó a cabo un riego moderado y menor en régimen de secano. Sin embargo, en el presente trabajo no aparecen diferencias significativas en el peso de las pepitas (**Tabla 4**).

En la **Tabla 5** no se encuentran diferencias significativas en ninguna de las cinco variables que se han sometido al ANOVA. Esto nos indica que los tres niveles de riego que se llevan a cabo no tienen ningún efecto considerable en la concentración de taninos, IPT y de catequinas. A pesar de haber encontrado diferencias significativas en la variable IPT cuando se consideran los tratamientos individuales (**Tabla 3**), en este caso no aparecen debido a que se compensan las diferencias.

**Tabla 5. Promedio y desviación típica de los taninos (mg/g pepita), taninos (mg/g uva), IPT, catequinas (mg/g) de pepita y catequinas (mg/g) de uva de la variedad Monastrell sometida a diversos tratamientos.**

Factor	Taninos (mg/g pepita)	Taninos (mg/g uva)	IPT pepitas	Catequinas (mg/g) de pepita	Catequinas (mg/g) de uva
Sin riego	77,67 ± 7,8 a	4,42 ± 0,6 a	273,15 ± 54,3 a	10,33 ± 2,8 a	0,59 ± 0,2 a
Riego moderado	86,87 ± 21,2 a	4,14 ± 1,2 a	308,78 ± 75,9 a	12,76 ± 4,3 a	0,60 ± 0,2 a
Riego deficitario	84,56 ± 29,5 a	4,29 ± 1,4 a	300,77 ± 97,7 a	11,11 ± 5,7 a	0,56 ± 0,3 a
Razón- F	0,960	0,370	1,160	2,230	0,420
Valor- P	0,385	0,693	0,317	0,113	0,657

*Sin riego=T1; Riego moderado=T2, T3, T4; Riego deficitario=T5, T6. Letras distintas en la misma columna indican la existencia de diferencias significativas al 95 % de nivel de confianza para cada parámetro analizado.*

Algunos autores comentan que, en condiciones de riego deficitario, este puede reducir de forma importante el contenido de polifenólicos desde el periodo del envero y maduración de la baya hasta el momento de la cosecha. Es decir, puede tener un efecto negativo en la riqueza polifenólica, lo que hace notar que las bayas son particularmente sensibles a las variaciones en el estatus hídrico de la planta y puede verse afectada tanto la concentración como la cantidad

absoluta (cantidad por baya) de fenoles de la piel y la semilla. Por ello, una excesiva cantidad de agua en los suelos puede producir limitaciones en la síntesis y acumulación en los compuestos polifenólicos (Escalona, 2005 y Cassasa et al., 2015). Por el contrario, en el estudio realizado por Cáceres-Mella et al., (2018) el riego deficitario producía una mayor concentración de polifenoles totales con respecto a un riego moderado o de secano.

Tal y como se muestra en la **Tabla 5**, nuestros resultados coinciden con el estudio obtenido por Mirás-Ávalos e Intrigliolo, (2017) en el que observan como el riego moderado aumenta la concentración polifenólica de la baya debido a la reducción del tamaño de la misma, sin embargo, en el momento de aparición del estrés y la dificultad que esta circunstancia conlleva podría acarrear efectos negativos sobre las concentraciones de compuestos polifenólicos.

Con respecto a los taninos, un estudio sugiere como con un déficit total de aporte de agua (secano) podría limitar una biosíntesis en el tanino de semilla, ya que el impacto simultáneo en la disminución del tamaño de la baya anula este efecto y aumenta la concentración total de taninos. Tanto en un déficit temprano como en secano se observa como los valores de concentración de taninos en semilla tienden a aumentar. Con respecto a la cantidad total de taninos por baya, en el régimen moderado son más elevados que en el régimen de secano. En estudios que se han realizado con anterioridad (Bucchetti et al., 2011 y Cassasa et al., 2015). la concentración de taninos de semillas en Syrah y Cabernet Sauvignon no se han visto afectada por el régimen deficitario, a pesar de su impacto en el peso de las bayas, sin embargo, en la variedad Merlot durante tres años consecutivos aumentó la concentración de taninos.

Por otra parte según (Kyrleou et al., 2016) en recientes estudios el riego disminuye el contenido de taninos en semillas de la variedad Cabernet Sauvignon y aumenta la cantidad de taninos en uva de Syrah. En estudios previos realizados, el agua no alteró la concentración de taninos de pepitas en Syrah y Cabernet Sauvignon. Sin embargo, en 2012 el contenido por baya (período de maduración completo) de taninos totales fueron mayores en las semillas de riego moderado que en las de secano (Kyrleou et al., 2017). En otro estudio, (Roby et al., 2004) encontraron que los déficits hídricos post envero no alteraron significativamente el contenido de taninos en semillas, pero ralentizaron la disminución de monómeros y taninos.

### **5.3. Efecto de la salinidad del agua de riego sobre el peso de 100 bayas, el peso de las pepitas de 100 bayas y la composición del extracto de las pepitas.**

Para estudiar el efecto de la composición de agua se realiza un ANOVA en las **Tablas 6 y 7** donde se presenta la relación entre las variables y la composición del agua de riego acompañado por las medias y desviaciones típicas. Según Aragüés et al., (2014) el rendimiento, así como la productividad tiende a disminuir con el aumento de la salinidad en el suelo.

En la **Tabla 6** se refleja que no hay diferencias significativas entre los valores que se corresponden con las distintas salinidades del agua de riego en relación con el peso de 100 bayas, peso de las pepitas de 100 bayas y % pepita/baya (Valor  $P > 0,05$ ). Se observa como en los resultados del peso de 100 bayas y del peso de las pepitas de 100 bayas, los valores tienden a aumentar levemente en ambos casos cuando se riega con agua de buena calidad, al contrario que ocurre cuando se tratan las cepas con agua con una conductividad eléctrica (CE) de 4,0 dS/m de sulfato básico. En el caso opuesto se encuentra el % de pepita/baya, esta variable es ligeramente inferior cuando las viñas son regadas con agua sin ningún efecto osmótico.

**Tabla 6. Promedio y su correspondiente desviación típica del peso de 100 bayas, peso de las pepitas de 100 bayas y % pepita/baya en uva de variedad Monastrell sometida a diferentes efectos osmóticos.**

Factor	Peso de 100 bayas (g)	Peso pepitas 100 bayas (g)	% pepita/baya
Agua de buena calidad	183,33 ± 31,2 a	8,19 ± 1,1 a	4,57 ± 1 a
Agua con sulfato básico	157,90 ± 29 a	7,87 ± 0,8 a	5,09 ± 0,7 a
Agua con cloruro básico	165,35 ± 21 a	8,13 ± 1 a	4,94 ± 0,5 a
Razón- F	2,460	0,400	1,640
Valor- P	0,099	0,676	0,209

Agua de buena calidad=T2; Agua con sulfato básico= T3, T5; Agua con cloruro básico=T4, T6. Letras distintas en la misma columna indican la existencia de diferencias significativas al 95 % de nivel de confianza para cada parámetro analizado.

A tenor de los resultados obtenidos en el ANOVA de la **Tabla 7** se observa cómo hay diferencias significativas entre los valores de la variable índice de polifenoles totales con un 'Valor P' de 0,023. La concentración de IPT aumenta notablemente cuando el riego que se aplica utiliza cloruros básicos en su composición con respecto a sulfato básico. Sin embargo, cuando se utiliza agua de buena calidad, sin ningún efecto osmótico, los valores descienden siendo estos los más reducidos. A raíz de los resultados se podría decir que la salinidad del agua afecta a la variable IPT. A la inversa ocurre con la concentración de taninos y catequinas, ya que las diferencias que hay no son significativas en ninguna de estas variables, por lo que la salinidad del agua de riego no influye en ellos.

**Tabla 7. Promedio y su correspondiente desviación típica de taninos (mg/g pepita), taninos (mg/g uva), IPT, catequinas (mg/g) de pepita y catequinas (mg/g) de uva de la variedad Monastrell sometida a diferentes efectos osmóticos.**

Factor	Taninos (mg/g pepita)	Taninos (mg/g uva)	IPT pepitas	Catequinas (mg/g) de pepita	Catequinas (mg/g) de uva
Agua de buena calidad	81,62 ± 22,1 a	3,82 ± 1,5 a	279,24 ± 82,5 a	12,06 ± 3,8 a	0,56 ± 0,2 a
Agua con sulfato básico	83,03 ± 24,1 a	4,18 ± 1,3 a	287,49 ± 74,5 a	11,08 ± 4,7 a	0,55 ± 0,2 a
Agua con cloruro básico	91,02 ± 26,4 a	4,42 ± 1,1 a	336,83 ± 88,1 b	13,14 ± 5,5 a	0,64 ± 0,2 a
Razón- F	1,150	1,230	3,950	1,430	1,230
Valor- P	0,323	0,299	0,023	0,246	0,299

Agua de buena calidad=T2; Agua con sulfato básico= T3, T5; Agua con cloruro básico=T4, T6. Letras distintas en la misma columna indican la existencia de diferencias significativas al 95 % de nivel de confianza para cada parámetro analizado.

#### 5.4. Interacción entre la calidad del agua aplicada y el régimen de riego (moderado o deficitario).

Se incluye en estas dos tablas (**Tabla 8 y Tabla 9**) un ANOVA multifactorial que busca la interacción entre la cantidad de agua de riego suministrada y su composición salina, junto con su promedio y desviación típica.

La **Tabla 8** refleja cómo no se encuentran diferencias significativas, ya que el 'Valor P' es mayor que 0,05. Esto indica que a una misma cantidad de agua aportada la composición de ésta no afecta a las variables 'Peso de 100 bayas', 'Peso de pepitas de 100 bayas' y '% pepita/baya'.

**Tabla 8. Promedio de la interacción de la cantidad de agua de riego suministrada x la salinidad del agua de riego del peso de 100 bayas, el peso de las pepitas de 100 bayas y el % pepita/baya en uva de variedad Monastrell sometida a diversos tratamientos.**

Factor	Peso de 100 bayas (g)	Peso pepitas 100 bayas (g)	% pepita/baya
Riego moderado-sulfato básico	170,16 ± 24,2	8,06 ± 0,5	4,80 ± 0,6
Riego moderado-cloruro básico	169,14 ± 18,3	8,25 ± 1	4,88 ± 0,3
Riego deficitario-sulfato básico	145,63 ± 29,6	7,69 ± 1,1	5,38 ± 0,7
Riego deficitario-cloruro básico	161,57 ± 23,9	8,02 ± 1,1	5,01 ± 0,6
Razón- F	0,970	0,050	1,310
Valor- P (Cantidad de agua x Salinidad del agua)	0,333	0,831	0,261

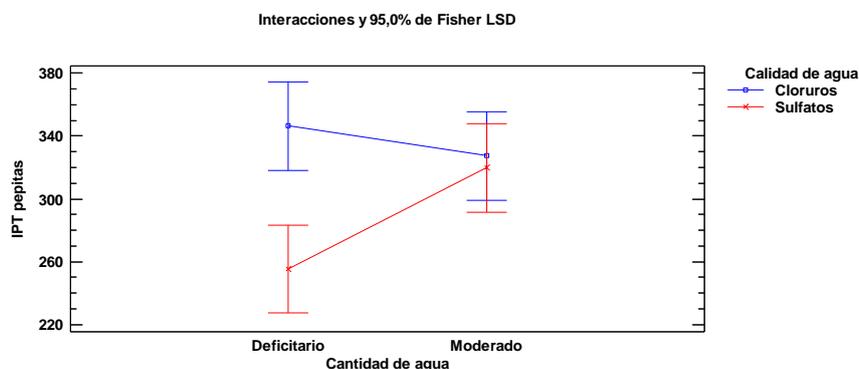
*Riego moderado-sulfato básico=T3; Riego moderado-cloruro básico=T4; Riego deficitario-sulfato básico=T5; Riego deficitario-cloruro básico=T6.*

**Tabla 9. Promedio de la interacción de la cantidad de agua de riego suministrada x la salinidad del agua de riego en taninos (mg/g pepita), taninos (mg/g uva), IPT, catequinas (mg/g) de pepita y catequinas (mg/g) de uva de la variedad Monastrell sometida a diversos tratamientos.**

Factor	Taninos (mg/g pepita)	Taninos (mg/g uva)	IPT pepitas	Catequinas (mg/g) de pepita	Catequinas (mg/g) de uva
Riego moderado-sulfato básico	89,76 ± 16,3	4,28 ± 0,8	319,75 ± 48,0	2,43 ± 0,7	0,12 ± 0
Riego moderado-cloruro básico	89,23 ± 24,7	4,32 ± 1,1	327,35 ± 86,6	2,80 ± 1	0,14 ± 0
Riego deficitario-sulfato básico	76,31 ± 29	4,07 ± 1,6	255,22 ± 83,3	1,98 ± 1,1	0,10 ± 0
Riego deficitario-cloruro básico	92,82 ± 28,6	4,52 ± 1,1	346,32 ± 91,4	2,44 ± 1,2	0,12 ± 0
Razón- F	1,830	0,450	4,440	0,030	0,080
Valor- P (Cantidad de agua x Salinidad del agua)	0,181	0,503	0,039	0,864	0,785

*Riego moderado-sulfato básico=T3; Riego moderado-cloruro básico=T4; Riego deficitario-sulfato básico=T5; Riego deficitario-cloruro básico=T6.*

En la **Tabla 9** se resume como únicamente se encuentra interacción entre la cantidad de agua suministrada y el efecto osmótico aportado por las sales para el índice de polifenoles totales. Tanto en la concentración de taninos como la de catequinas el 'Valor P' es mayor que 0,05 por lo que las diferencias no son significativas y por tanto no hay interacción, con lo que se podría decir que ni la dosis de riego ni la salinidad del agua afectan a estas variables.



**Figura 6. Gráfico de interacción con barras LSD de los IPT de las pepitas con la dosis de riego y la salinidad del agua.**

En la **Figura 6** se indica como lo que produce interacción son los tratamientos sobre los valores de IPT, debido a que cuando las parcelas se tratan con un riego deficitario, los valores de esta variable son inferiores sólo en el caso de la utilización de una composición de agua rica en sulfato básico. Es decir, la presencia de cloruros básicos en el agua produce valores elevados de IPT tanto en riego moderado como en riego deficitario, pero si el agua contiene sulfatos básicos la dosis de ésta sí que afecta a los valores de IPT en el extracto de pepitas. En este sentido, con el riego deficitario se producen menores valores de IPT en las pepitas que cuando se aplica una dosis moderada en caso de emplear agua con sulfatos básicos. Por lo tanto, hay una interacción entre la dosis de agua y su composición sólo en el caso del agua que tiene sulfatos básicos disueltos. Con riego moderado, las pepitas tienen los mismos valores de IPT tanto si se usa agua rica en cloruros como en sulfatos lo que significa que no afecta la composición del agua a los valores de IPT con dosis de riego moderado.

### 5.5. Estudio de los efectos de los distintos tratamientos sobre la concentración de taninos presentes en el extracto de pepitas mediante cromatografía en fase líquida de alta eficacia (HPLC).

La investigación sobre las proantocianidinas se realiza con una catálisis ácida en presencia de floroglucinol en exceso. Se utiliza para conocer información sobre la estructura de los taninos condensados y la proporción de las subunidades posibles de los polifenoles (Kennedy y Jones, 2001). Se puede determinar la composición de la subunidad de proantocianidinas debido a la relativa facilidad con la que se rompe el enlace interflavonoide en medio ácido a 50 °C. El efecto produce la despolimerización de las proantocianidinas liberándose subunidades terminales como monómeros de flavan-3-ol y subunidades de extensión. Las subunidades terminales están

compuestas por catequina, epicatequina, epigallocatequina y epicatequina-3-O-galato, y las subunidades de extensión aparecen unidas al floroglucinol dando lugar a catequina-floroglucinol, epicatequinafloroglucinol, y epicatequina-3-O-galato-floroglucinol. Tal y como se explica en el apartado de materiales y métodos, se obtuvieron los valores del peso molecular estimado de los taninos (aMW), el % de galoilación que indica la astringencia del tanino, así como el grado medio de polimerización (mDP).

## 5.6. Análisis del grado medio de polimerización (mDP) de pepitas mediante cromatografía en fase líquida de alta eficacia (HPLC).

Referido a la **Tabla 10** se realiza un ANOVA simple para las variables 'aMW', '% de Galoilación' y 'mDP' junto con el promedio y su correspondiente desviación típica.

**Tabla 10. Promedio y desviación típica del peso molecular de los taninos (aMW), % de galoilación y grado medio de polimerización (mDP) del extracto de pepitas de uva de la variedad Monastrell sometida a diversos tratamientos.**

Tratamiento	aMW	% Galoilación	mDP
T1	2261,40 ± 99,4 b	15,03 ± 0,3 c	7,27 ± 0,3 b
T2	2236,16 ± 159,8 b	14,94 ± 0,6 bc	7,19 ± 0,5 b
T3	2090,13 ± 84,8 a	14,39 ± 0,5 a	6,74 ± 0,3 a
T4	2188,66 ± 162,8 ab	14,79 ± 0,5 bc	7,04 ± 0,5 ab
T5	2223,61 ± 95,9 b	14,66 ± 0,4 ab	7,16 ± 0,3 b
T6	2437,27 ± 338,1 c	14,98 ± 0,6 bc	7,83 ± 1,1 c
<b>Razón- F</b>	6,450	3,560	6,440
<b>Valor- P</b>	0,000	0,006	0,000

T1= Secano; T2= Riego moderado, agua de buena calidad; T3= Riego moderado, agua con sulfato básico, T4= Riego moderado, agua con cloruros básicos; T5= Riego deficitario, agua con sulfato básico; T6= Riego deficitario, agua con cloruros básicos. Letras distintas en la misma columna indican la existencia de diferencias significativas al 95 % de nivel de confianza para cada parámetro analizado.

A tenor de los resultados se deduce como sí que se encuentran diferencias significativas en todas las variables que se determinan mediante el método de Kennedy y Jones (2001).

El grado medio de polimerización del tanino es directamente proporcional al peso molecular estimado, es por ello que la estadística es coincidente (Razón-F y Valor-P). A una misma cantidad de agua (riego moderado: T2, T3 y T4), se observa que el agua de buena calidad provoca valores más altos no habiendo diferencias significativas cuando se trata con cloruros (T4). En el caso del riego deficitario, los valores aumentan cuando se trata la parcela con un agua de riego que lleva en su composición cloruros (T6), y se aprecia como hay diferencias significativas con el ensayo T5 (riego deficitario con sulfatos) y T1 (secano). Sin embargo, para el porcentaje de subunidades galoiladas, cuando se aplica una dosis de riego moderado los valores disminuyen en el caso de utilizar agua con sulfato básico (T3), encontrándose diferencias significativas con T2 (agua de buena calidad) y T4 (agua con cloruro básico). Con respecto a una dosis de riego deficitario, en

el experimento T6 se aumentan ligeramente el % de galoilación pero sin tener diferencias significativas ni con T5 ni con T1, aunque en estos dos últimos sí que se aprecian diferencias significativas entre ellos. Para concluir, se puede decir que, a una misma cantidad de agua, la composición de ésta sí que afecta a las variables analizadas por el método de Kennedy y Jones (2001).

**Tabla 11. Promedio y desviación típica del peso molecular de los taninos (aMW), % de galoilación y grado medio de polimerización (mDP) del extracto de pepita de uva de la variedad Monastrell sometida a diversos tratamientos.**

Factor	aMW	% Galoilación	mDP
Sin riego	2261,40 ± 99,4 ab	15,03 ± 0,3 a	7,27 ± 0,3 ab
Riego moderado	2171,65 ± 150,6 a	14,71 ± 0,6 a	6,99 ± 0,5 a
Riego deficitario	2330,44 ± 267,5 b	14,82 ± 0,5 a	7,50 ± 0,8 b
Razón- F	6,680	2,230	6,800
Valor- P	0,002	0,113	0,002

*Sin riego=T1; Riego moderado=T2, T3, T4; Riego deficitario=T5, T6. Letras distintas en la misma columna indican la existencia de diferencias significativas al 95 % de nivel de confianza para cada parámetro analizado*

A continuación, se estudia el efecto de la cantidad de agua aportada sin tener en cuenta su composición.

En la **Tabla 11** se refleja cómo no son significativos los resultados para el % de subunidades galoiladas ya que tienen un 'Valor P' mayor que 0,05 (P= 0,113) y en cambio sí que son significativas las diferencias para el peso molecular de taninos y grado medio de polimerización (P < 0,05). En estas dos variables, los valores medios más altos corresponden con los experimentos en los que se aplica una dosis de riego deficitario (T5 y T6), y se encuentran diferencias significativas con los obtenidos mediante la dosis de riego moderado (T2, T3, T4) pero no con el tratamiento de secano (T1). Los ensayos en los que se aplica un riego moderado producen que los valores sean inferiores. Esto indica que la dosis de riego afecta tanto al peso molecular de los taninos de las pepitas como a su astringencia.

Pese a que algunos autores (Kyrleou et al., 2016 y Kyrleou et al., 2017) obtuvieron resultados en el año 2011 en los que el grado medio de polimerización no fue significativo con respecto al riego deficitario y moderado, en los ensayos del año 2012 se consiguió un aumento del mDP de manera significativa cuando se cultivó en el régimen de secano, sin embargo, en nuestros resultados esta dosis de riego no resulta significativa con respecto a riego moderado y deficitario.

El estudio realizado por Cáceres-Mella et al., (2018) llegó a la conclusión que las parcelas que utilizaron un riego deficitario en el año 2015 producían bayas más astringentes, no obstante, un año antes aquellas más astringentes fueron en las que se había utilizado un riego moderado. A estas conclusiones se suma los trabajos de (Kyrleou et al., 2016) que comenta que el riego produce un efecto significativo en la astringencia de las semillas. Un riego moderado elevado de semillas produce semillas más astringentes que un de riego secano. En su estudio observó como en vinos de Syrah un riego más constante disminuyó la astringencia en comparación con un riego deficitario. En Cabernet Sauvignon cuando se realizó un tratamiento de riego moderado produjo

unos niveles más altos de astringencia en vinos, comparado con aquellos en los que se había utilizado un régimen de secano. Sin embargo, en el estudio que se realizó a posteriori por Kyraleou et al., en 2017 se observó como el riego secano se asoció con un mayor porcentaje de galoilación en los taninos y no varió durante la maduración, coincidiendo este estudio final con nuestros resultados de la **Tabla 11**, aunque sin obtenerse diferencias significativas con respecto a riego deficitario y moderado.

Para estudiar el efecto de la calidad del agua (**Tabla 12**) en los parámetros 'aMW', '% de galoilación', y 'mDP' se agrupan en función del agua aportada teniendo en cuenta su composición.

**Tabla 12. Promedio y su correspondiente desviación típica de aMW, % Galoilación y mDP de la uva de variedad Monastrell sometida a diferentes efectos osmóticos.**

Factor	aMW	% Galoilación	mDP
Agua de buena calidad	2236,16 ± 159,8 ab	14,94 ± 0,6 b	7,19 ± 0,5 ab
Agua con sulfato básico	2156,87 ± 111,9 a	14,53 ± 0,5 a	6,95 ± 0,3 a
Agua con cloruro básico	2312,96 ± 290 b	14,89 ± 0,5 b	7,44 ± 0,9 b
Razón- F	4,440	4,610	4,350
Valor- P	0,015	0,013	0,016

*Agua de buena calidad=T2; Agua con sulfato básico= T3, T5; Agua con cloruro básico=T4, T6. Letras distintas en la misma columna indican la existencia de diferencias significativas al 95 % de nivel de confianza para cada parámetro analizado.*

La **Tabla 12** revela como la composición del agua de riego sí que afecta a las tres variables estudiadas, ya que, el 'Valor P' es menor que 0,05, lo que nos indica que las diferencias son significativas. El agua de riego que contiene en su composición sulfato básico ha hecho que los valores de mDP, % de galoilación y aMW que producen sean los más bajos comparados con los obtenidos mediante las otras dos composiciones de agua. Tanto en el peso molecular de los taninos como en el grado medio de polimerización, el agua que contiene cloruro básico en su composición conlleva los valores más elevados, y tiene diferencias significativas con los valores del ensayo del agua con sulfato básico. Con respecto al % de subunidades galoiladas las pepitas de las uvas tratadas con agua con sulfato básico tienen el menor valor y además diferencias significativas con los otros tratamientos (T2, T4 y T6). A tenor de los resultados se podría decir que la salinidad del agua de riego afecta a las tres variables estudiadas.

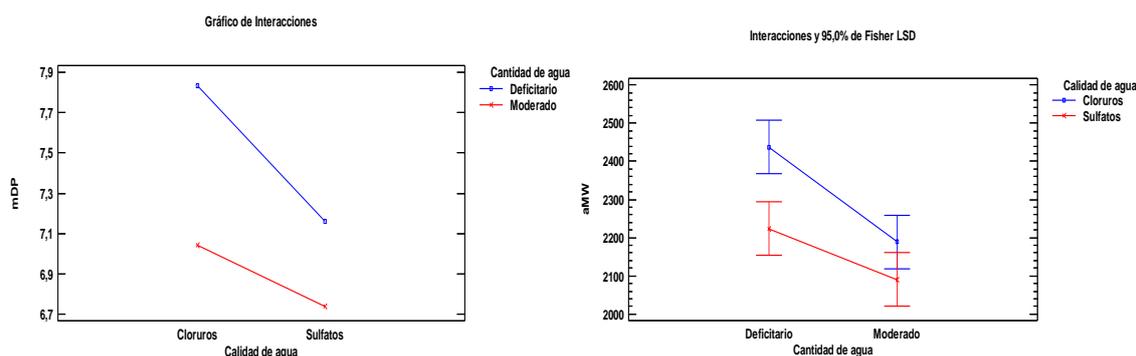
En la **Tabla 13** se resume un ANOVA multifactorial análisis estadístico que busca la interacción entre la cantidad de riego suministrada y su composición salina, acompañado por el promedio y la desviación típica.

La interacción con estas tres variables obtenidas mediante el método de Kennedy y Jones (2001) no da resultados significativos por lo que se puede decir que ni la dosis de riego del agua ni la composición de ésta afectan a la astringencia, al peso molecular de los taninos y al % de subunidades galoiladas.

**Tabla 13. Promedio de la interacción de la cantidad de agua de riego suministrada x la salinidad del agua de riego de aMW, % Galoilación y mDP en uva de variedad Monastrell sometida a diversos tratamientos.**

Factor	aMW	% Galoilación	mDP
Riego moderado-sulfato básico	2090,13 ± 84,8	14,39 ± 0,5	6,74 ± 0,3
Riego moderado-cloruro básico	2188,66 ± 162,8	14,79 ± 0,5	7,04 ± 0,5
Riego deficitario-sulfato básico	2223,61 ± 95,9	14,66 ± 0,4	7,16 ± 0,3
Riego deficitario-cloruro básico	2437,27 ± 338,1	14,98 ± 0,6	7,83 ± 1,1
<b>Razón- F</b>	<b>1,350</b>	<b>0,110</b>	<b>1,400</b>
<b>Valor- P (Cantidad de agua x Salinidad del agua)</b>	<b>0,250</b>	<b>0,736</b>	<b>0,242</b>

*Riego moderado-sulfato básico=T3; Riego moderado-cloruro básico=T4; Riego deficitario-sulfato básico=T5; Riego deficitario-cloruro básico=T6.*



**Figura 7. Gráfico de interacción del grado medio de polimerización (mDP) y del peso molecular de los taninos con barras LSD de las pepitas con la dosis de riego y la salinidad del agua**

La no interacción es muy clara, porque en la representación gráfica (**Figura 7**) aparecen líneas prácticamente paralelas, siendo siempre superiores los valores del tratamiento con cloruros básicos frente al de sulfatos básicos y los de riego deficitario frente a los obtenidos con el riego moderado para todas las variables estudiadas.

## 6. CONCLUSIONES.

1. El régimen de secano (sin riego) ayuda a conseguir bayas más pequeñas, y con una menor cantidad de compuestos fenólicos en las semillas.
2. El régimen de riego moderado conduce a un aumento de los pesos de las bayas y pepitas. Además, este tratamiento da lugar a un incremento en la concentración de taninos de pepita, así como de los compuestos fenólicos. Sin embargo, con este tipo de riego se consigue que las pepitas tengan los taninos con menor peso molecular y menor grado medio de polimerización.
3. El agua de buena calidad induce a aumentar tanto el peso de las bayas, así como el de las semillas, sin embargo, provoca menor cantidad de compuestos fenólicos en comparación con las aguas que tienen en su composición sales.
4. El agua que tiene en su composición cloruro básico ocasiona un notable aumento de todos los compuestos polifenólicos de las pepitas, a la vez que incrementa el peso molecular de los taninos y su grado medio de polimerización. Todas ellas son características deseables para la obtención de vinos menos astringentes.

## 7.BIBLIOGRAFÍA.

- ARAGÜÉS, R., MEDINA, E.T., CLAVERÍA, I., MARTÍNEZ-COBB, A., & FACIA, J. (2014). Regulated deficit irrigation, soil salinization and soil sodification in a table grape vineyard drip-irrigated with moderately saline waters. *Agricultural Water Management* 134: 84-93.
- BRUNETON, J. (1993). *Farmacognosia: Fitoquímica y Plantas Medicinales* (2ª Edición ed.) Editorial ACRIBIA S.A. Madrid, España.
- BUCCHETTI, B., MATTHEWS, A. M., FALGINELLA, L., PETERLUNGER, E. & CASTELLARIN, S.D. (2011). Effect of water deficit on Merlot grape tannins and anthocyanins across four seasons, *Scientia Horticulturae*, 128: 297–305.
- CÁCERES-MELLA, A., RIBALTA-PIZARRO, C., VILLALOBOS-GONZÁLEZ, L., CUNEO, I.F. & PASTENESC, C. (2018). Controlled water deficit modifies the phenolic composition and sensory properties in Cabernet Sauvignon wines. *Scientia Horticulturae*, 237: 105–111.
- CASSASA, L.F., KELLER, M., & HARBERTSON, J.F. (2015). Regulated Deficit Irrigation Alters Anthocyanins, Tannins and Sensory Properties of Cabernet Sauvignon Grapes and Wines. 20, 7820-7844.
- CASTELLARIN, S.D.; PFEIFFER, A.; SIVILOTTI, P.; DEGAN, M.; PETERLUNGER, E. & DI GASPERO G. (2007). Transcriptional regulation of anthocyanin biosynthesis in ripening fruit of grapevine under seasonal water deficit. *Plant Cell Environment*, 30: 1381-1399.
- CHAVES, M.M., SANTOS, T.P., ORTUÑO, M.F., MAROCO, J.P., SOUZA, C.R., RODRIGUES, M.L., LOPES, C.M. & PEREIRA, J.S. (2007). Deficit irrigation in grapevine improves water use efficiency while controlling vigour and production quality. *Ann Appl Biol* 150 237–252.
- CHEYNIER, V., SCHEIDER, R., SALMON, J., & FULCRAND, H. (2010). Chemistry of Wine. *Comprehensive Natural Products II*, 3, 1119 - 1172.
- CIRCULO DE BODEGAS, 2017. Visto el 20 de Diciembre de 2017.  
<https://circulodebodegas.es/blog/index.php/2017/06/26/analisis-uva-monastrell/>
- COSTA, J. M., VAZ, M., ESCALONA, J., EGIPTO, R., LOPES, C., & MEDRANO, H. (2016). Modern viticulture in southern Europe: vulnerabilities and strategies for adaptation to water scarcity. *Agric. Water Manage.* 164, 5–18.
- DRY, P. R.; LOVEYS B. R; MCCARTHY M. G. & STOLL M. (2001) Strategic irrigation management in Australian vineyards. *J. Int. Sci. Vigne Vin*35: 129-139.
- ENTERWINE, 2016. Visto el 4 de Enero de 2018.  
<https://www.enterwine.es/mundo-del-vino/variedades/uvas-tintas/monastrell>
- ESCALONA, J. (2005). Efecto del riego deficitario en el color y otros parámetros de calidad de la baya en dos variedades tintas de vid cultivadas en Mallorca. Institut de Recerca i Formació Agrària i Pesquera.
- FLEXAS, J., GALMÉS, J., GALLÉ, A., GULÍAS, J., POU, A., RIBAS-CARBO, M., TOMÀS, M., & MEDRANO, H. (2010). Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological targets for biotechnological improvement. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 16, 106–121.

- FUENTES, S.; ACEVEDO, C.O. & FARIAS, S.O. (2010). Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: An irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation. *Agric. Water Manag.* 97, 956–964.
- JOVER, M.A. (2016). Análisis de la evolución de las exportaciones del sector vitivinícola en la Comunidad Valenciana. Univ. Politécnica de Valencia.
- GARRIDO, J. & BORGES, F. (2013). Wine and grape polyphenols - A chemical perspective. *Food Research International*, 54, 1844-1858.
- GUTIÉRREZ, D. (2002). Necesidades de riego en la vid. Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Agrícola.
- HIDALGO, J. (2011). *Tratado de Enología I* (2ª ed.). Ed. Mundi-Prensa S.A., Madrid.
- HIDALGO, L. & HIDALGO, J. (2011). *Tratado de Viticultura II* (4ª ed.). Ed. Mundi-Prensa S.A., Madrid.
- KELLER, M. (2010). Managing grapevines to optimize fruit development in a challenging environment: a climate change primer for viticulturists. *Aus. J. Grape Wine Res.* 16, 56–59.
- KENNEDY, J.A. & COHEN, S.D. (2010). Plant metabolism and the environment: Implications for managing phenolics. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 50, 620–643.
- KENNEDY, J.A. & JONES, G.P. (2001). Analysis of proanthocyanidin cleavage products following acid-catalysis in the presence of excess phloroglucinol. *J. Agric. Food Chem.*, 49: 1740- 1746.
- KENNEDY, J.A., MATTHEWS, M.A. & WATERHOUSE, A.L. (2000). Changes in grape seed polyphenols during fruit ripening. *Phytochemistry* 55: 77-85.
- KYRALEOU, M., KALLITHRAKA, S., THEODOROU, N., TEISSEDE, P.L., KOTSERIDIS, Y., & KOUNDOURAS, S. (2017). Changes in tannin composition of Syrah grape skins and seeds during fruit ripening under contrasting water conditions. 22, 1453, 1-18.
- KYRALEOU, M., KOTSERIDIS, Y., KOUNDOURAS, S., CHIRA, K., TEISSEDE, P.L. & KALLITHRAKA, S. (2016). Effect of irrigation regime on perceived astringency and proanthocyanidin composition of skins and seeds of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah grapes under semiarid conditions. *Food Chemistry* 203: 292–300.
- LARA, J.F. (2013). Caracterización de variedades tintas de vid (*Vitis vinifera* L.) de la D.O. Jumilla. Evolución de su composición durante la maduración y efecto en la calidad del vino. Universidad de Castilla-La Mancha.
- LAURENSEN, S.; BOLAN, N. S.; SMITH, E. & MCCARTHY, M. (2012). Review: use of recycled wastewater for irrigating grapevines. *Aus. J. Grape Wine Res.* 18, 1–10.
- MARTÍNEZ, M.C. & BARRAU, F. (2005). Origen, Historia y Evolución del Cultivo de la Vid. 38, 42-47
- MEDRANO, H.; TOMÁS, M.; MARTORELL, S.; ESCALONA, J. M.; POU, A. & FUENTES, S. (2015). Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35, 499–517.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (2013). Visto el 5 de Mayo de 2018.  
[http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/informaciondeclaracionesampliadasmarzo2018\\_tcm30-450150.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/informaciondeclaracionesampliadasmarzo2018_tcm30-450150.pdf)

- MIRÁS-ÁVALOS, J.M. & INTRIGLIOLO, D.S. (2017). Grape Composition under Abiotic Constrains: Water Stress and Salinity. *Front. Plant Sci.* 8:851.
- NIETO, G. (2002). Efectos del riego en la vid. Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Agrícola.
- OBSERVATORIO ESPAÑOL DEL MERCADO DEL VINO. Visto el 13 de Junio de 2018.  
<http://www.oemv.es/sitefiles/class/download.php?id=1923&documento=1&tipo=productos&parametro=&openfile=yes>.
- OJEDA, M. & PIRE, R. (2011). Efecto de la salinidad en dos portainjertos de vid cultivados a pie franco o injertados. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 34 (1): 43 – 52.
- OSORIO A., & CÉSPED R. (2000). Efecto de métodos de riego localizado en la salinidad del perfil de suelo en vid de mesa.: conductividad eléctrica, sodio, cloro y boro en distintos puntos del perfil. *Agricultura Técnica*, 60(2), 178-194.
- PERI C. & POMPEI C. (1971). An assay of different phenolic fractions in wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 22, 55-58.
- RIBÉREAU-GAYON, J; PEYNAUD, E.; SUDRAUD, J.; & RIBÉREAU-GAYON, P. (1979). Ciencias y técnica del vino. Tome I: Analisis y control de los vinos. Editorial Interamericana.
- RIBÉREAU-GAYON, P. & STONESTREET, E. (1966) Le dosage des tannins du vin rouge et la détermination de leur structure. *Chimie Analytique*, 48, 188-196.
- ROBY, G., HARBERTSON, J.F., ADAMS, D.A. & MATTHEWS, M.A. (2004). Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: Anthocyanins and tannins. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 10: 100–107.
- SCALBERT, A. (1993). Phenolics in fruits and fruit products: Progress and prospects, polyphenolic phenomena. Paris: INRA Editions.
- VALDES-ABELLAN, J., JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, J., CANDELA, L., JACQUES, D., KOHFAHL, C. & TAMOH, K. (2017). Reactive transport modelling to infer changes in soil hydraulic properties induced by non-conventional water irrigation. *Journal*, 549, 114-124.
- VINOS ALICANTE DOP. Vista el 21 de Marzo de 2018.  
<http://www.vinosalicantedop.org/caracteristicas-de-la-uva-monastrell/>
- VITIVINICULTURA, VIVEROS DE VID BARBER. Visto el 6 de Mayo de 2018.  
<http://www.vitivinicultura.net/necesidades-hidricas-de-la-vid.html>
- ZAMORA, F. (2003). *Elaboración y crianza del vino tinto: aspectos científicos y prácticos*. Ed. Mundi-Prensa S.A., Madrid.