



Universidad
de La Laguna

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
SECCIÓN DE INGENIERÍA AGRARIA

Trabajo Fin de Grado

GRADUADO EN INGENIERIA AGRÍCOLA Y DEL MEDIO RURAL

**ESTUDIO DE LA RESPUESTA FISIOLÓGICA Y PRODUCTIVA DE LA VID
(CV. LISTÁN NEGRO) A DISTINTOS TRATAMIENTOS DE APORTE DE
AGUA MEDIANTE EL RIEGO (CAMPAÑA 2017)**

**Nazaret Pérez Martín
La Laguna, Junio 2018**

**AUTORIZACIÓN DEL TRABAJO FIN DE
GRADO POR SUS DIRECTORES
CURSO...2017/2018...**

DIRECTOR – COORDINADOR: Domingo Félix Sáenz Pisaca.....
como Director/es/ del alumnoNazaret Pérez Martín en
el TFG titulado:

Estudio de la respuesta fisiológica y productiva de la vid (cv. Listán Negro) a
distintos tratamientos de aporte de agua mediante el riego (campaña 2017)

Nº de Ref.....

, doy/damos mi/nuestra autorización para la presentación y defensa de dicho
TFG, a la vez que confirmo/confirmamos que el alumno ha cumplido con los
objetivos generales y particulares que lleva consigo la elaboración del mismo y
las normas del

Reglamento de Trabajo Fin de Grado de la Escuela Politécnica Superior de
Ingeniería.

La Laguna, a.11.. de ..junio.. de..2018..

Fdo:.....

(Domingo Sáenz Pisaca)

SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE TRABAJO FIN DE GRADO

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi familia por el apoyo y el esfuerzo que me han dado para que cumpliera mis objetivos. A Cristo por estar siempre a mi lado. También a Ángel y Lolo, por toda la ayuda prestada.

Agradecer también a Domingo Sáenz Pisaca su interés y apoyo para que el trabajo saliera adelante. También quiero dar las gracias a los trabajadores de la Universidad, en especial a Ricardo, por sus consejos.

INDICE

1. RESUMEN	5
1. ABSTRACT	6
2. ANTECEDENTES	7
3. OBJETIVO Y FINALIDAD DEL ESTUDIO	10
4. REVISION BIBLIOGRAFICA	12
4.1. Respuestas morfológicas de la planta al estrés hídrico	13
4.2. Fenología	14
4.3. Eficiencia en el uso del agua	
4.3.1. Riego	17
4.3.2. Cálculo del riego	18
4.4. Potencial hídrico	19
4.5. Transpiración	21
4.6. Influencia de la Radiación PAR	22
4.6.1. Influencia de la temperatura	23
4.6.2. Influencia de la Humedad Ambiental	24
4.7. Superficie foliar	25
5. MATERIALES Y METODOS	28
5.1. CARACTERIZACION DEL CULTIVO	
5.1.1. Material vegetal	29
5.1.2. Localización del ensayo	30
5.1.3. Características del cultivo	31
5.1.4. Condiciones climáticas	33
5.1.5. Características del agua y del suelo	35
5.2. PROTOCOLO EXPERIMENTAL	
5.2.1. Diseño experimental	45
5.2.2. Aportes hídricos	46
5.2.3. Tratamientos fitosanitarios	48
5.2.4. Labores de cultivo	50
5.3. PARAMETROS OBJETO DE CONTROL	
5.3.1. EVALUACIÓN DEL DESARROLLO VEGETATIVO Y PRODUCTIVO	52
5.3.2. EVALUACION DE LA RESPUESTA FISIOLOGICA AL ESTRES HIDRICO	60
5.3.3. EVALUACION DEL GRADO DE MADUREZ DE LA UVA	64
5.3.4. EVALUACION DE LA CALIDAD DE LA UVA	66
5.4. ANALISIS ESTADISTICO	66
6. RESULTADOS Y DISCUSION	67
6.1. CARACTERIZACIÓN DEL CULTIVO	
6.1.1. Material vegetal	68
6.1.2. Fenología del cultivo	69

6.1.3. Desarrollo vegetativo	70
6.2. EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA FISIOLÓGICA AL ESTRÉS HÍDRICO	
6.2.1. Demanda evapotranspirativa y dotaciones de riego	72
6.2.2. Medición del potencial del agua en hoja	73
6.3. FERTILIDAD DE LAS YEMAS	74
6.4. MEDIDA DEL GRADO DE MADURACIÓN DE LA UVA	76
6.5. MEDIDA DE LA CALIDAD DE LA UVA	77
6.6. EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	78
7. CONCLUSIONES	79
7. CONCLUSIONS	81
8. BIBLIOGRAFÍA	82
APÉNDICES:	87
Apéndice I: Análisis de Agua	89
Apéndice II: Análisis de Suelo	90
Apéndice III: Arquitectura foliar	91
Apéndice IV: Dosis y dotación de riego según tratamiento	102

Estudio de la respuesta fisiológica y productiva de la vid (cv. Listán Negro) a distintos tratamientos de aporte de agua mediante el riego (campaña 2017)

AUTORES:

Pérez Martín, N.; Sáenz Pisaca, D.

PALABRAS CLAVE:

Ecofisiología - Estrés hídrico - Estudio Económico - Respuesta fisiológica - Rendimiento - Viña

RESUMEN:

Se realizó un ensayo para evaluar la respuesta de la vid, cv. Listán Negro, a diferentes tratamientos de riego. La experiencia se ejecutó en los campos de la Sección de Ingeniería Agraria de la E.P.S.I., Universidad de La Laguna.

Para ello, fueron suministrados cuatro tratamientos, el control (sin estrés), que corresponde al tratamiento 1 y tres con restricciones en el suministro de agua a través del riego en distintas etapas del cultivo: el tratamiento 2 (con riego entre brotación y floración); el tratamiento 3 (con riego entre floración y envero); y el tratamiento 4 (que no se regó). Los tratamientos 1, 2, 3 recibieron durante la campaña 182, 137'8 y 48 mm de agua mediante riego, respectivamente.

Los parámetros evaluados fueron la respuesta fisiológica (potencial de agua en hoja y área foliar) y productiva (peso de cosecha y calidad de la misma).

Después de realizar un análisis estadístico de los parámetros medidos en campo, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (nivel de confianza del 95%). Así mismo, tampoco se observaron diferencias significativas en la productividad del cultivo y en los parámetros relacionados con el potencial enológico de la fruta.

Por tanto, podemos afirmar que en las condiciones edafoclimáticas de la parcela de ensayo de 'Tahonilla Alta', con una demanda evapotranspirativa moderada, un suelo profundo y una pluviometría media próxima a los 600 mm, la aportación suplementaria de agua a través del riego no parece que afecte sensiblemente al rendimiento y a la calidad de la fruta cosechada para la vinificación.

Study of the ecophysiology of the vineyard (cv. Listán Negro) and physiological and productive response to the water stress in different stages of cultivation.

AUTHORS:

Pérez Martín, N.; Sáenz Pisaca, D.

KEY WORDS:

Economic study - Ecophysiology - Physiological Response - Vineyard - Water Stress - Yield

ABSTRACT:

An assay was conducted to evaluate the response of the vine, cv. Listán Negro, to different irrigation treatments. The experience was carried out in the fields of the Sección de Ingeniería Agraria de la E.P.S.I., Universidad de La Laguna.

For this, four treatments were tested, control (without stress), which corresponds to treatment 1 and three with restrictions on water supply through irrigation at different stages of the crop: treatment 2 (with sprouting and flowering irrigation) ; treatment 3 (with irrigation between flowering and veraison); and treatment 4 (which was not watered). The treatments 1, 2, 3 received during the campaign 182, 137'8 and 48 mm of water by irrigation, respectively.

The parameters evaluated were the physiological response (water potential in the leaf and foliar area) and productive response (harvest weight and quality of the same).

After performing a statistical analysis of the parameters measured in the field, no significant differences were observed between treatments (95% confidence level). Likewise, no significant differences were observed in the productivity of the crop and in the parameters related to the oenological potential of the fruit.

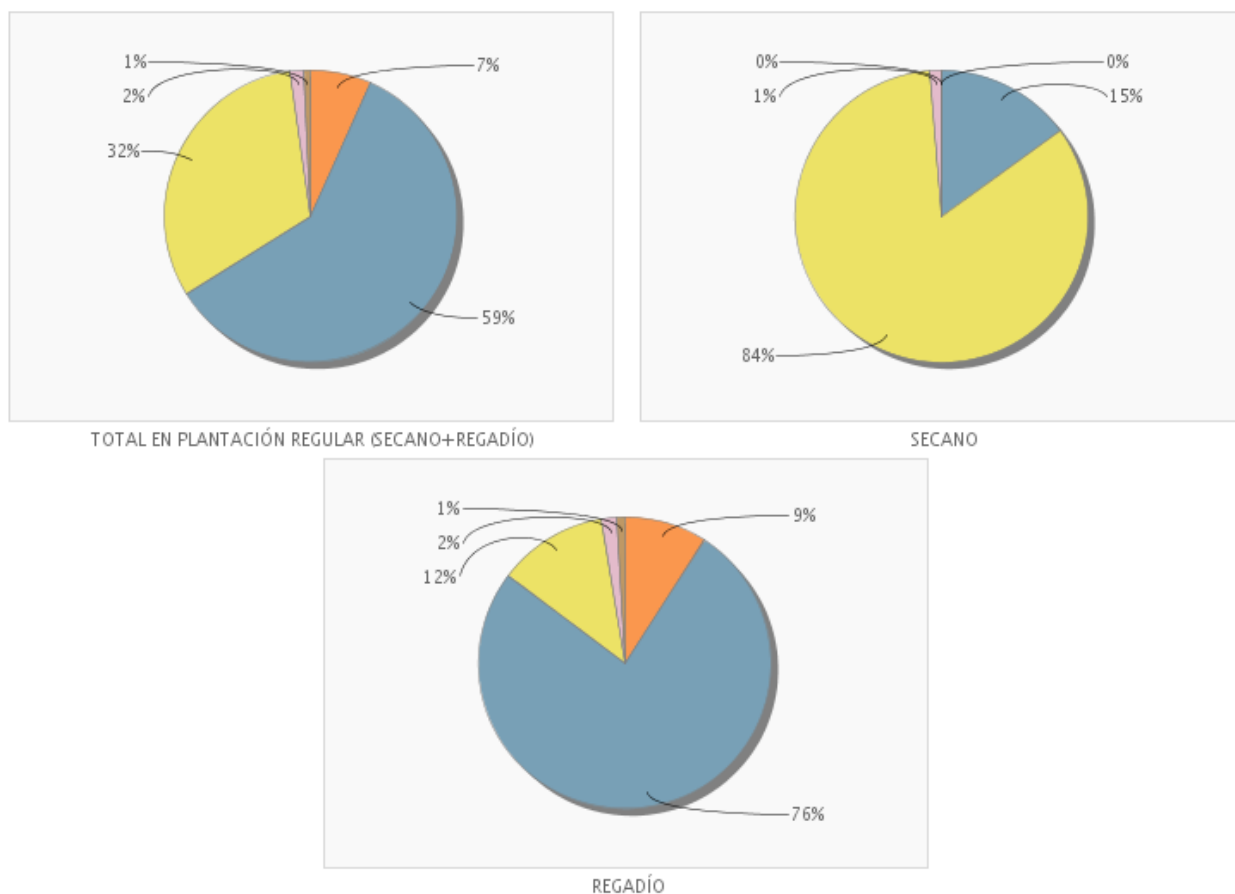
Therefore, we can affirm that in the edaphoclimatic conditions of the 'Tahonilla Alta' trial plot, with a moderate evapotranspiration demand, a deep soil and an average rainfall close to 600 mm, the supplementary supply of water through irrigation doesn't affect the yield and quality of the fruit harvested for winemaking.

ANTEDECENTES

2. ANTECEDENTES

La vid se introdujo en las Islas Canarias a partir de la segunda mitad del siglo XV a través de los conquistadores (Macías Hernández, 1983). La mayor parte de la superficie de Canarias es territorio rural. De éste, hay aproximadamente 30.000 ha cultivadas, casi 4.500 ha son de viñedo, el segundo cultivo más importante en cuanto a superficie, con un 22 % del total de la superficie agrícola, según Instituto Canario de Estadística (ISTAC) a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística (INE). La gran mayoría del cultivo de la Vid se encuentra en secano, representando el 84% de la superficie de viña cultivada y dejando un 12% en regadío.

● CANARIAS CÍTRICOS 2016
 ● CANARIAS OTROS FRUTALES 2016
 ● CANARIAS VIÑEDO 2016
 ● CANARIAS OLIVAR Y OTROS CULTIVOS LEÑOSOS 2016
 ● CANARIAS VIVEROS 2016



Fuente: Instituto Canario de Estadística (ISTAC) a partir de datos de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas.

Figura 1: Distribución de los cultivos en Canarias.

La comarca Tacoronte-Acentejo está situada en la vertiente norte de la isla de Tenerife (Islas Canarias, España), tiene una extensión longitudinal de 23 kilómetros y un área cultivada de 2.422 hectáreas de viñedos, representando el 40% de la superficie cultivada en la isla de Tenerife y el 20% de la superficie vitivinícola de Canarias, siendo la zona más densamente cultivada de viñedos en el archipiélago canario. (D. O. Tacoronte-Acentejo, 2017)

El cambio climático y su vínculo con la desestabilización de los ecosistemas, las crisis alimentarias y la pérdida de biodiversidad son evidentes y científicamente documentados (D. O. Tacoronte-Acentejo, 2017), es por ello que nos vemos obligados a buscar la mayor eficiencia en los cultivos, en especial, la gestión del agua.

Además, los nuevos sistemas de cultivo implantados en las Islas, tienen características ventajosas, como una mayor densidad de cepas por hectárea, la mecanización de las labores de cultivo, etc. No obstante, también requieren un mayor aporte hídrico y, por tanto, se debe determinar en qué momento y en qué cuantía hay que aplicar los riegos y estudiar cómo influyen estos en el crecimiento, desarrollo, producción del cultivo y los costes del mismo.

De ahí la necesidad de realizar estudios en cuánto a los requerimientos hídricos de la vid y su influencia en la producción. Para conocer estas cuestiones, en el año 2004, se estableció una parcela experimental de vid en la Finca 'La Tahonilla', con plantas de la variedad Listán Negro procedentes de un mismo clon. El sistema de conducción es de espaldera guiándose a doble cordón Royat. El marco es de 1,5 m entre plantas y 2,5 m entre líneas. La experiencia, cuyo protocolo se sigue en este trabajo corresponde a la campaña 2017.

OBJETIVO Y FINALIDAD DEL ESTUDIO

3. OBJETIVO Y FINALIDAD DEL ESTUDIO

Los objetivos de este estudio son el conocimiento de la respuesta fisiológica del cultivar 'Listán Negro' en las condiciones físicas y meteorológicas de San Cristóbal de La Laguna, el estudio de la respuesta productiva y fisiológica del cultivar 'Listán Negro', bajo distintos regímenes de aporte de agua a través del riego.

La finalidad de este trabajo fin de grado es la obtención del título universitario Graduado en Ingeniería Agrícola y del Medio Rural.

REVISION BLIBIOGRAFICA

4. REVISION BIBLIOGRAFICA

4.1. RESPUESTAS MORFOLOGICAS DE LA PLANTA AL ESTRES HIDRICO

A pesar de que se conocen bien algunos aspectos de la ecofisiología de la vid, todavía no se tiene una visión clara de los mecanismos fisiológicos asociados a la variabilidad existente sobre la eficiencia en el uso del agua de todas las variedades cultivadas. Además, tampoco se han identificado muchos genes relacionados con respuestas fisiológicas asociadas al déficit hídrico (Cretazzo, 2015). A pesar de ello, hay numerosos antecedentes que indican que un déficit hídrico en vides produce cambios significativos en el crecimiento vegetativo y en la composición química de las bayas (Ferreira et al., 2002).

La amplia experiencia acumulada confirma que, para cualquier situación edafoclimática y cualquier variedad, la máxima calidad del fruto se alcanza en cultivos mantenidos en condiciones subóptimas de abastecimiento hídrico (Medrano et al., 2007). En este sentido, condiciones hídricas subóptimas, que conducen a maximizar la calidad, conducen también a elevar la eficiencia en el uso del agua y, ambos objetivos, uso eficiente y máxima calidad pueden ir de la mano en el caso del cultivo de la vid para vinificación.

Desde un punto de vista ecofisiológico, se entiende por “estrés hídrico” a cualquier limitación al funcionamiento óptimo de las plantas impuesta por una insuficiente disponibilidad de agua. La falta de disponibilidad hídrica, que causa el estrés, puede deberse a un déficit hídrico edáfico o a una demanda evaporativa atmosférica excesiva, o a la interacción de ambos factores, aspecto, este último, que se enmarca en lo que se conoce simplemente como ‘déficit hídrico’. En estas condiciones la velocidad de pérdida de agua a la atmósfera por transpiración es mayor que la capacidad de los vasos del xilema para ascender agua desde las raíces hasta las hojas (Tomás et al. 2012)

El estrés afecta también a la nutrición mineral de las plantas, ya que afecta a la absorción por las raíces y al transporte al tallo y las hojas. Bajo condiciones de estrés hídrico se produce el cierre estomático y la reducción de la conductividad hídrica del xilema, para disminuir las pérdidas de agua por transpiración. El ritmo de emisión de hojas también se ve afectado bajo condiciones de déficit hídrico al igual que el tamaño de las mismas, lo que lleva a una reducción del área foliar total de la planta (Medrano y Flexas, 2007).

Un mecanismo que permite mantener el abastecimiento de agua en condiciones de sequía es el ajuste osmótico que consiste en el aumento de la concentración de solutos en el interior del citoplasma, de manera que disminuye su potencial osmótico e hídrico. Así mantienen una diferencia importante entre el potencial hídrico de sus tejidos y el del suelo, aun cuando

este disminuye, por lo que el agua sigue incorporándose a la planta (Medrano y Flexas, 2007).

4.2. FENOLOGIA

El conocimiento de los diversos estados fenológicos del viñedo y su identificación son importantes para fijar el calendario de las prácticas culturales y la aplicación efectiva de fitosanitarios (Mullins et al., 1992), así como para la estimación de la producción y calidad de la cosecha (Mariani et al., 2007).

En el caso de la vid, existen datos de cosecha recogidos en Burgundy (Francia) desde el año 1370 y, que han sido utilizados por Chuine (2004) para reconstruir las temperaturas primaverales y estivales en dicha ciudad, desde el año 1370 hasta el 2003. Datos similares, entre los años 1480 y 2005 en Suiza, han sido analizados por Meier (2007) para determinar las temperaturas de abril a agosto. En España existe un estudio fenológico de variedades 17 cultivadas en la comunidad de Madrid, que ha sido realizado por Cabello et al. (1997).

La vid es una planta leñosa perenne, cuyo desarrollo se produce a través de los años siguiendo un ciclo vegetativo interanual, pero que en las regiones de clima templado mediterráneo presenta un ciclo vegetativo anual, lo que no sucede en situaciones más tropicales, en las cuales la planta permanece constantemente activa (Ferrero, 1983).

El ciclo anual de la vid comprende el ciclo vegetativo y el ciclo reproductor. El cultivo de la vid en regiones de clima templado mediterráneo, presenta cada año de su vida diferentes fases de crecimiento que se suceden siguiendo un orden constante, y van desde gran actividad en primavera, decrece en verano y cesa en otoño, cerrando el ciclo con un período de receso entre otoño e invierno (Gil, 1999).

El **ciclo vegetativo**, se extiende desde que se produce el hinchamiento de las yemas hasta la caída de las hojas (que marca el fin de la vida activa anual). La vid entra entonces en reposo invernal.

Las principales etapas que constituyen el ciclo vegetativo de la vid son:

- **Reposo invernal:** tiene lugar después de la caída de las hojas debido a las bajas temperaturas.

- **Brotación:** Constituye el inicio de la actividad vegetativa tras el período de reposo invernal. Se produce durante varios días y se corresponde con la entrada en actividad del sistema radicular, según señala Hidalgo (2002), debido

a la activación de la respiración celular, a una recuperación de la absorción de agua y de elementos minerales, así como a la movilización de las reservas de la propia planta.

- **Desborre:** Se produce cuando al inicio de la primavera las yemas comienzan a hincharse, las escamas protectoras que las recubren se abren y la borra, especie de lanilla que recubre la yema, aflora al exterior. Para que se produzca el desborre se debe alcanzar una temperatura umbral de crecimiento aparente o cero de vegetación, con medias diarias de 10°C, quedando así la borra muy visible (Albelda, 2008). La fecha de desborre es un estado fenológico importante a determinar; ya que determina los estadios de referencia de Eichhorn y Lorenz (1977).

- **Crecimiento:** Los brotes de la vid, denominados pámpanos, se corresponden con la fase de crecimiento vegetativo de la planta, y se transformarán en sarmientos después del agostamiento, es decir durante la fase de lignificación. Durante los meses de mayo, junio y julio, se produce el crecimiento en espesor y longitud de los pámpanos jóvenes, que inicialmente se realiza a expensas de las reservas de la planta (Reynier, 2002).

- **Agostamiento:** Mientras los racimos maduran, se produce un cambio de aspecto de los pámpanos: el color verde desaparece, dando lugar a la aparición de la corteza que encontraremos en invierno en el sarmiento; el pámpano se hace más duro impregnándose de lignina y acumulando sustancias de reserva.

El desarrollo del **ciclo reproductor** comienza con el inicio del desarrollo de las inflorescencias en las yemas latentes del año precedente y la diferenciación de las flores en primavera; a continuación se desarrollan sucesivamente la floración, cuajado, crecimiento y maduración de las bayas del racimo.

- **Iniciación floral:** La fertilidad de las yemas representa la exteriorización de su inicio floral. La iniciación del desarrollo de las inflorescencias, comienza el año anterior a la aparición de las mismas, en las yemas de la base progresando hacia la extremidad. Por el contrario, la iniciación de las flores comienza en la primavera siguiente, días antes del desborre.

- **Floración:** La caída y dehiscencia del capuchón están favorecidas por temperaturas medias superiores a 15-16°C, con esta temperatura la corola se abre, dejando visibles los estambres y el pistilo (Levadoux, 1975). En aquellas zonas donde no se llega a temperaturas medias diarias en torno a 20°C, la floración parece estar regulada por otros factores, probablemente por el mayor número de horas de luz solar (Winkler, 1980). Al parecer, la intensidad lumínica y la suma de luz tienen efectos tan importantes como la temperatura, de

manera que los brotes que reciben mayor cantidad de luz tienen mejor comportamiento que un brote más sombreado. Parece ser que la sombra evita o reduce la formación de flores (May & Antcliff, 1963; Dry, 2000).

- **Fecundación:** La fecundación se ve favorecida por temperaturas próximas a 20°C, con tiempo seco y viento ligero (Gil, 1999).

- **Cuajado:** El cuajado o fructificación es la formación y el desarrollo de la semilla como consecuencia del crecimiento del ovario, para la formación del fruto (Gil, 1999).

- **Desarrollo de las bayas:** Empieza después de la polinización y fecundación y continúa hasta el estado de madurez. Durante esta fase aumentan su volumen y varían sus características físicas y químicas. A lo largo del desarrollo del fruto se distinguen tres períodos: Período herbáceo; Período traslúcido o envero; Período de sobremaduración.

- **Maduración:** Esta fase se sitúa entre el envero y la vendimia. El desarrollo de las bayas presenta dos fases, siendo la primera una etapa de desarrollo herbáceo que se extiende desde la formación de las bayas hasta el principio de la madurez y, la segunda una etapa de maduración, separadas ambas por el envero (Hidalgo, 2002; Reynier, 2002).

- **Caída de las hojas:** En esta fase se produce la formación de reservas, necesarias para que la vid sea capaz de superar el período invernal, y pueda desarrollar la brotación el próximo año.

En muchas zonas vitícolas se utilizan índices de madurez, como el factor más adecuado a la hora de determinar la madurez óptima de las uvas para la vendimia, basados en el contenido de azúcares (y sólidos solubles en general), valor que irá aumentando a lo largo de la maduración. Cuanto más larga sea la fase de maduración, más cantidad de azúcares se almacenará en las uvas y mejor será la calidad de la cosecha (Martínez de Toda, 2008).

El conjunto de acontecimientos descritos anteriormente definen una serie de estadios o fases fenológicas, que constituyen la escala fenológica de la vid. En la década de los 90, el desarrollo de los estudios fenológicos y su aplicación en la investigación del cambio climático, ha propiciado un interés por establecer una metodología común que permita la comparación y el análisis de los datos registrados en las diversas áreas geográficas. Con ello se llegó a la aceptación de la escala BBCH (Lorenz et al., 1994) como escala fenológica estándar adaptada por Meier (2001).

4.3. EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

4.3.1. RIEGO

El futuro de la viticultura está seriamente amenazado por el cambio climático y por su evolución en los próximos años. El aumento de temperatura, debido a la mayor concentración de CO₂ en la atmósfera, y el consiguiente incremento en la demanda evapotranspirativa por el ambiente (y por tanto en término de estrés hídrico para las plantas), podrían hacer inviable, o cuanto menos inapropiado, el cultivo de la vid. Por tanto, con el objetivo de evitar, o al menos retardar al máximo, este panorama, se hace necesaria la optimización del uso de los recursos hídricos (Cretazzo, 2015).

El propósito del riego es el de abastecer a los cultivos con el agua necesaria con el fin de optimizar sus rendimientos. El contenido de agua en el suelo puede perderse, al transferirse a la atmósfera a través de los procesos de absorción y transpiración por las plantas, la evaporación directa a partir de la superficie del suelo y por percolación por debajo de la zona radical.

El riego en base a determinaciones de la humedad del suelo, resulta de difícil aplicación por la profundidad y extensión de las raíces, la heterogeneidad del medio edáfico y las limitaciones en la determinación de la humedad del suelo (Sánchez 2008). Estas dificultades de predicción del estatus hídrico de la planta en base a datos meteorológicos (ETc) o edáficos (humedad del suelo) aconsejan decidir la aplicación del riego en base al estatus fisiológico de la planta, y en este sentido se han desarrollado diferentes “indicadores” que permiten la determinación del momento y la dosis de riego con mayor precisión.

La disponibilidad de agua produce un exceso de vigor, alarga el ciclo fenológico de la viña, aumentando la velocidad de crecimiento, por el contrario el estrés hídrico reduce la fotosíntesis, favorece la parada de crecimiento, limita el tamaño de las bayas y estimula la síntesis de compuestos fenólicos (Sánchez, 2008).

El máximo tamaño de la baya se alcanza con suministros altos de agua (Gil y Pszczółkowski, 2007), provocando la disminución de calidad de la uva, que se traduce en un aumento de la superficie foliar, sombreado de racimos, y por ello, incremento de la acidez total y descenso del pH del vino, y una reducción significativa del color y de los fenoles totales (Ortega et al., 2007). Como punto intermedio, un déficit moderado aumenta el rendimiento en viñas de secano manteniendo igual la calidad (Esteban et al., 1999). En consecuencia, los mayores rendimientos se obtienen con un régimen constante de la disponibilidad de agua.

El crecimiento de las bayas es más sensible a un déficit hídrico en etapas tempranas de desarrollo de la fruta (Girona et al., 2009), entre cuajado y envero. Asimismo (Gil y Pszczółkowski, 2007), consideran que el rendimiento resulta más afectado por un déficit hídrico antes del envero que después de éste. Por el contrario el déficit hídrico en post-envero se ha asociado con un incremento lineal en la calidad de la baya. Según Bravdo et al. (1985) aumenta la concentración de antocianos y el índice de polifenoles totales. Sin embargo, puede producir la merma de la calidad de la baya, inducida por el estrés hídrico severo en post-envero, que genera un retraso inducido en la maduración en parte por las limitaciones de carbono (Girona et al., 2009). La evapotranspiración real (ET real) es el componente fundamental para la planificación del riego al determinar la cantidad de agua consumida por el cultivo entre riegos consecutivos.

4.3.2. CALCULO DEL RIEGO

El cálculo del riego consiste en determinar la frecuencia y tiempo de riego, en relación a las interacciones entre clima, suelo y planta, constituyendo una metodología que permite determinar el nivel de riego óptimo al aplicar a los cultivos de acuerdo a los objetivos de producción (Varas, 1991; Ortega y Acavedo, 1999).

Según (Medrano et al., 2007), la utilización de herramientas basadas en caracteres fisiológicos para el control del estado hídrico de la planta, permiten un uso racional del agua de riego, reduciendo los consumos hídricos en relación con otros sistemas empíricos de riego, mejorando al mismo tiempo la calidad de la cosecha.

Actualmente se han desarrollado dos sistemas de riego basados en el mayor conocimiento de la respuesta de la vid al déficit hídrico: el riego parcial de raíces o “Partial Root Drying” (PRD) y el riego deficitario controlado o “Regulated Deficit Irrigation” (RDI).

El primero pretende establecer el aporte de agua con el fin de controlar el vigor y reducir los aportes hídricos para conseguir maximizar la calidad de la uva, provocando situaciones reversibles de estrés hídrico mediante riegos alternos en zonas radiculares contiguas de la planta. El segundo sistema de riego consiste en la aplicación de dosis de agua en base a parámetros estrictamente fisiológicos que son monitorizados en continuo y que son indicativos del estado hídrico de la planta. La aplicación del riego se realiza cuando estos parámetros muestran valores por debajo de un cierto valor umbral que se fija en función del estado hídrico al que se quiera mantener la planta. Se ha propuesto el potencial hídrico como parámetro indicador del estado hídrico en vid en los sistemas de riego deficitario controlado (RDI). (Medrano et al., 2007).

Desde el punto de vista de (Ortega y Acavedo, 1999), la estimación correcta de la evapotranspiración real de la vid (ET real) es primordial tanto en lo que se refiere a la frecuencia de la aplicación, como la cantidad de agua a aplicar en cada una de las etapas de desarrollo de la vid (Gurovich, 1985; Ortega-Farias et al. 2000).

La ET real se puede estimar mediante el balance hídrico del sistema suelo-planta-atmósfera, en el cual se registran cuidadosa y sistemáticamente el contenido de humedad en el suelo, salidas y entradas de agua en el sistema suelo-planta (Argote, 2001). Bajo estas condiciones, la ET real puede ser estimada por medio de la siguiente expresión:

$$ET \text{ real} = (P+R)-Pp-Es-\Theta$$

Dónde:

- ET real = evapotranspiración real (mm);
- P = precipitaciones (mm);
- R= riego (mm);
- Pp = percolación profunda (mm);
- Es = escorrentía superficial (mm);
- Θ = variación del contenido de humedad en el suelo (mm).

4.4. POTENCIAL HIDRICO

El movimiento del agua desde el suelo al aire, a través de la planta, se puede explicar por la existencia de potenciales a lo largo de este recorrido (Azcón-Bieto y Talón 2000). El Potencial hídrico está compuesto, a su vez, por los potenciales de presión, osmótico, matricial y gravitacional (Turner, 1981).

La actividad fisiológica que tiene lugar en la planta viene determinada por los mecanismos de intercambio gaseoso que ocurren en la hoja. De esta forma, la fotosíntesis, la conductancia estomática y la transpiración están interrelacionadas entre sí (Novello y Cravero, 1987).

El potencial hídrico, medido mediante la cámara de Schölander, es un parámetro muy fiable que refleja con precisión el estatus hídrico de la planta. La medida del potencial hídrico foliar consiste en estimar, mediante la utilización de un gas inerte aplicado a presión sobre una hoja, la capacidad de las células para retener el agua. Mientras menos agua libre haya en la planta, más fuerte será la presión necesaria para hacerla salir (Medrano et al., 2007).

En numerosos artículos existen dos tendencias a la hora de determinar qué tipo de potencial hídrico es el más fiable para conocer el estado hídrico de la vid. Hay autores que estiman que el potencial hídrico antes del amanecer es el mejor indicador del estado hídrico de las cepas (Katerji y Hallaire 1984; Van Zyl 1987; Carbonneau y Ollat 1991; Yuste 1995; Lebon y Schultz 1996; Di Lorenzo et al. 2005). Otros autores afirman que el mejor indicador del estado hídrico de la cepa, sobre todo en condiciones de secano, es el potencial hídrico de tallo (Choné et al. 2001). En cambio, Williams y Araujo (2002) indican que el indicador que mejor describe el estado hídrico de la planta es el potencial hídrico foliar medido a las 12:00 hora solar. Según Medrano et al. (2007), la determinación al amanecer, en situación de equilibrio planta-suelo es un buen reflejo del estatus hídrico general de la planta.

Carbonneau, (1998) define una relación entre rangos discretos del potencial hídrico al amanecer (o predawn) y el estado hídrico de la planta, que puede ser aplicada para mantener la vid en un determinado grado de estrés hídrico. En general se considera que a niveles de potencial de base superiores a -0,2 MPa la planta no padece problemas de abastecimiento hídrico. La utilización de umbrales de -0,3 o bien -0,5 MPa en la decisión de inicio del riego dependerá del grado de estrés hídrico al que deseamos someter a la planta.

Existen amplias referencias sobre la idoneidad de este parámetro, las condiciones de determinación y la información que indica respecto a estatus hídricos moderados, severos o muy severos (Carbonneau 1998; Choné et al., 2001; Deloire et al 2003).

Tabla 1: Correspondencia entre valores de potencial base y estado hídrico de la planta según Carbonneau (1998)	
Potencial de base (Ψ_{aa}) en MPa	Estatus hídrico de la vid
$0,0 < \Psi_{predawn} < -0,2$	Ausencia de déficit hídrico
$-0,2 < \Psi_{predawn} < -0,4$	Déficit hídrico moderado
$-0,4 < \Psi_{predawn} < -0,6$	Déficit hídrico fuerte
$-0,6 < \Psi_{predawn}$	Déficit hídrico severo

Aunque los umbrales reseñados por Carbonneau (1998) pueden variar en función de la variedad y del sistema variedad-patrón, su aplicación se ha extendido en experimentación agronómica y en explotaciones comerciales.

Además, numerosas publicaciones indican que el potencial hídrico foliar puede verse modificado y sufrir cambios significativos dependiendo de la variación de algunos factores. En este sentido, Choné et al. (2001) afirman que el potencial hídrico foliar puede verse modificado en función del tipo de suelo, ya que suelos arcillosos darán valores menos negativos que suelos arenosos y con

gravas. Otros trabajos muestran la importancia de las condiciones ambientales sobre el comportamiento del potencial hídrico, ya que éste puede variar en función del nivel de saturación luminosa (Liu et al., 1978), de la colocación espacial de la hoja dentro del cultivo (Schultz y Matthews, 1992) y de los distintos órganos de la planta (Smart, 1974 a).

Las relaciones entre el potencial medido antes del amanecer y el potencial mínimo no son lineales (Carbonneau, 2002; Carbonneau et al., 2003), es por ello necesario asociar ambos potenciales para analizar de forma más precisa la evolución hídrica de la planta y comprender las consecuencias de las restricciones hídricas sobre su fisiología (fotosíntesis, etc.) y sobre la dinámica de maduración de las bayas (Deloire et al., 2006).

4.5. TRANSPIRACION

La transpiración es la última fase del movimiento del agua a través del sistema formado por el suelo, la planta y la atmósfera. Este movimiento es ocasionado por un gradiente decreciente de potencial hídrico desde el suelo, a través de la planta y hacia la atmósfera (Begg y Turner 1976, Yuste, 1995).

La transpiración se entiende como el paso del vapor de agua desde las células del mesófilo hacia la atmósfera con la consiguiente pérdida de agua para la planta (Azcón-Bieto y Talón, 2000). A medida que disminuye el contenido de agua se reduce el potencial hídrico foliar, llegando a un punto en que induce un cierre parcial de los estomas, el cual determina la reducción de la transpiración que se observa al mediodía (Guardiola y García, 1990).

La intensidad de la transpiración depende de las diferencias de presión de vapor de agua entre la atmósfera y la cámara subestomática. Cuando desciende la temperatura, el aire pierde capacidad para almacenar agua, aumentando su humedad relativa, como consecuencia disminuye el déficit de presión de vapor de agua y baja la transpiración, aunque la planta mantenga sus estomas abiertos. Las condiciones opuestas, ascenso de la temperatura, disminución de la humedad relativa o aumento del déficit de presión de vapor, tienden a elevar la tasa de transpiración hasta situaciones límite en las que la planta cierra estomas (Agabbio, 1978; Flore et al., 1985; Lakso, 1985; Novello y Cravero, 1987; González, 2003). Por todo ello, la medida de la temperatura puede proporcionar un método fácil para determinar el estado hídrico de las vides (Williams y Grimes, 1987), ya que existe una relación entre el estado hídrico de la planta, el entorno evaporativo y la disponibilidad de agua en el suelo (Smart, 1974).

La transpiración de la vid está estrechamente correlacionada con la radiación solar (Riou et al., 1994), aumentando hasta un umbral de saturación marcado

por una densidad de flujo de fotones fotosintéticos de $1.200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Intrieri et al., 1998). La tasa de transpiración de una hoja puede variar considerablemente a lo largo del día, de manera que extrapolar la pérdida de agua de una sola hoja al resto de la planta sólo sería posible si se conociese la posición exacta de dicha hoja dentro del cultivo (Williams y Matthews, 1990). Smart (1974) observó niveles de transpiración distintos en hojas del interior respecto a hojas del exterior del cultivo, ya que los estomas de las hojas interiores no estaban totalmente abiertos, principalmente debido a la baja iluminación interceptada en el interior del follaje. En este sentido, Champagnol (1984) afirma que la transpiración es proporcional a la radiación recibida, por lo tanto cuando la radiación aumenta, a las horas centrales del día, ésta calienta la superficie foliar de la cepa y aumenta la transpiración. Al aumentar la temperatura se favorece la transpiración al hacer disminuir la humedad relativa y hacer que aumente la tasa de transpiración (Rosenberg et al., 1983; Barceló et al., 1987). Pérez (2002) y Rubio (2002) observaron que la tasa de transpiración es considerablemente mayor en cepas regadas que en cepas no regadas. En este sentido, Boselli y Scienza (1980) observaron, en condiciones de estrés hídrico, una tendencia a conservar la mayor cantidad posible de agua contenida en los tejidos reduciendo la transpiración a través del cierre estomático, con valores de transpiración muy bajos. Magrisso (1987) observó un descenso de la tasa de transpiración de 5,5 veces cuando el nivel de desecación de suelo alcanzaba el 69%. Según Yuste (1995), las diferencias entre las tasas de transpiración de vides regadas y no regadas, en general se acentúan al avanzar el día y la estación como consecuencia de la reducción de la disponibilidad hídrica diaria (dependiente de los flujos diarios y de la rehidratación nocturna) y estacional (dependiente del agotamiento del agua en el suelo).

En este sentido, investigadores como Bartolomé (1993) y Baeza (1994) obtuvieron valores de transpiración muy variables en hojas soleadas, que fueron desde $1 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ en seco en maduración hasta $28 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ en regadío en el estado de tamaño guisante. Kliever et al. (1985) observaron que en cepas no regadas, la transpiración disminuye de forma importante a partir de las 8:00 h de la mañana, mientras que en cepas regadas crece desde primeras horas de la mañana hasta las 14:00 h en que alcanza su valor máximo, empezando a decrecer a partir de las 16:00 h.

4.6. INFLUENCIA DE LA RADIACION PAR

Es factor más importante. La radiación útil a la fotosíntesis es aquella que puede ser usada en la fotosíntesis, de forma que la energía de los fotones incidentes puede ser convertida en energía química (ATP). Se le conoce como PAR (Radiación Fotosintéticamente Activa) o PFFD (densidad del flujo de fotones fotosintéticos) y está entre longitudes de onda de 400-700 nm. En

España, el PAR (400-700 nm) puede considerarse en términos generales como un 45% de la radiación global incidente (350-3000 nm). Se puede expresar en términos energéticos (Irradiancia, J m^{-2}) y en términos cuánticos (moles de fotones incidentes por unidad de superficie horizontal y unidad de tiempo, $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ o $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Es absorbida por diferentes pigmentos foliares: clorofilas (a y b), xantofilas, carotenoides y antocianos.

De la radiación visible incidente sobre la cubierta vegetal las hojas reflejan un poco más del 10%, transmiten un 9% y absorben el 81% restante. La radiación absorbida por las hojas sigue tres caminos diferentes, una parte, 20% del incidente, es emitida en forma de radiación infrarroja, el 60% calentará las hojas y será disipada evaporando agua mediante la transpiración o emitida por convección dependiendo del contenido hídrico. Los espectros de absorción, reflexión y transmisión radiactiva de las hojas varían con su espesor, la edad, el contenido hídrico, la morfología de la superficie y la orientación. Por tanto, solo el 1% de la energía recibida se utiliza en la fotosíntesis (Champagnol, 1984). La fotosíntesis sólo emplea una mínima parte (1-2%) de la radiación absorbida y la almacena en los enlaces químicos de los carbohidratos (Gautier, 1987; Matthews, 2004). La fotosíntesis es un proceso de baja eficiencia en la utilización de la energía solar. La respiración además reduce la fotosíntesis neta y la saturación luminosa se alcanza a niveles muy bajos respecto a los que existen en condiciones de buena insolación. Respecto a las respuestas fotosintéticas de la vid a la iluminación, frecuentemente la saturación empieza a 1/3 de la iluminación máxima, por lo que algunos la consideran una planta de iluminaciones medias para optimizar su capacidad.

4.6.1. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA

La temperatura de la hoja depende del balance de energía: energías absorbidas de la radiación solar y de las radiaciones emitidas por otros cuerpos y energías perdidas por enfriamiento (calor sensible y calor latente). El resultado de dicho balance es la energía almacenada por la hoja en forma de productos fotosintéticos y temperatura de la hoja.

La temperatura atmosférica afecta primero por ser la temperatura de referencia hacia la cual la hoja tiende y segundo por afectar directamente al déficit de presión de vapor (VPD). Carbonneau et al. (1992) afirman que la temperatura afecta a la fotosíntesis a nivel estomático y cloroplástico. Por un lado el aumento de la temperatura afecta a la velocidad de las reacciones metabólicas, por el otro si la temperatura del aire es elevada se puede producir un desequilibrio entre el estado hídrico de la hoja y el flujo de transpiración, de manera que si la demanda evapotranspirativa supera a la absorción por las raíces, los estomas se cierran y se frena el intercambio gaseoso.

Cada proceso vital está determinado a unos límites de temperatura y a una temperatura óptima de funcionamiento, de modo que si se sobrepasa disminuye su rendimiento. Los óptimos de la temperatura foliar para la fotosíntesis presentan ciertas variaciones según sean las condiciones climáticas y edáficas de la zona a la que se encuentra la planta, según las características genéticas, las condiciones culturales y las condiciones previas en las que ha tenido lugar el desarrollo foliar.

Los óptimos de temperatura de hoja para fotosíntesis se suelen situar entre 25 y 35°C (Kriedemann, 1968). Zufferey y Murisier (2000) con Chasselas demostraron que la temperatura afecta de manera diferente a la fotosíntesis según la edad de la hoja y el momento del ciclo, siendo más baja a medida que avanzamos en el ciclo por aclimatación a las temperaturas otoñales.

A partir de 30 °C la inhibición progresiva de la actividad enzimática, el aumento de la fotorrespiración y de la respiración oscura o el cierre estomático cuando hay déficit hídrico, hace que la fotosíntesis disminuya rápidamente (Carbonneau et al. 1992; Kliewer y Smart, 1971).

En cuanto al umbral mínimo, el punto de compensación inferior de la temperatura, varía entre 0 y 6°C (Zufferey 2000), es decir, por debajo de estas temperaturas la fotosíntesis neta es nula.

4.6.2. INFLUENCIA DE LA HUMEDAD AMBIENTAL

La humedad relativa (HR) afecta a la fotosíntesis a través de su efecto sobre la apertura estomática. El óptimo higrométrico es 60-70% (Stoev, 1966). Todo incremento en la HR en todas las temperaturas tiene un efecto positivo. El efecto negativo de HR bajas se manifiesta en cambio cuando la alimentación hídrica de la planta es insuficiente.

Algunos estudios vieron que incluso en condiciones de estrés severos, la hoja era capaz de captar el vapor de agua de la atmósfera evitando cierres estomáticos prematuros. Schultz (1989) y Zufferey (2000) han observado que la fotosíntesis de hojas principales y secundarias se ve reducida cuando existe un elevado déficit de saturación y la temperatura foliar supera los 25°C, en ausencia de déficit hídrico.

El déficit de presión de vapor (VPD) entre hoja y atmósfera juega un papel fundamental en la apertura estomática. Si los estomas estuvieran todo el día abiertos, la evapotranspiración aumentaría linealmente al tiempo que la demanda evaporativa. Cualquier incremento en VPD incrementa la transpiración, y cuando aumenta por encima de un determinado umbral, produce una disminución de la conductancia estomática (gs).

La respuesta de la fotosíntesis al VPD puede ser diferente a la que producida en la conductancia estomática según en qué punto se encuentre de la curva g_s y la tasa neta de asimilación de CO_2 .

El descenso de la conductancia estomática debido a aumentos del VPD se ve incrementado en casos de condiciones de sequía, ya que el sistema radicular no se encuentra bien abastecido de agua. Cuando la planta recibe menos de lo que evapotranspira, su g_s disminuye a medida que aumenta el VPD (si VPD aumenta de 1 a 3 kPa, la g_s en vides en lisímetros disminuyen un 50% en tratamientos del 60% de la ET_c y un 75% en tratamientos de k_c de 0.2, (Williams, Trout 2005). Esto es muy importante teniendo en cuenta que gran parte de los viñedos españoles se da la concurrencia de contenidos bajos de humedad del suelo y elevados VPD en los veranos de cultivos en secano en zonas de clima mediterráneo, especialmente por la tarde. En ambientes semiáridos, el VPD y la temperatura están altamente correlacionadas, la humedad del aire disminuye cuando la temperatura y las pérdidas de calor latente aumentan. Una temperatura ambiente elevada ocasiona un alto déficit de saturación del aire y por tanto una importante diferencia de presión de vapor entre hoja y aire. Por tanto, en ocasiones es difícil reconocer si la disminución de la asimilación clorofílica es debida al efecto de la temperatura o del déficit de saturación del aire.

4.7. SUPERFICIE FOLIAR

El desarrollo de las hojas durante el crecimiento es fundamental para la interceptación de luz, el proceso fotosintético y el control de la producción de materia seca (Oliveira y Santos, 1995). Sin embargo, las hojas también son las principales responsables de la generación de sombra dentro de las plantas, lo cual puede causar una disminución en el rendimiento y en la calidad de bayas (Smart y Smith, 1988).

A raíz de esto, se plantea la necesidad definir nuevos parámetros que caractericen la vid, forma del dosel y que podrían ser utilizado para explicar la capacidad del viñedo y su relación con el rendimiento potencial y la composición del mosto.

Entre estos parámetros, hay dos índices que explican la productividad del viñedo, el índice de área foliar (IAF) y el área de superficie (ISF). Estos indicadores se refieren a las hojas de las que depende la fotosíntesis neta y, por lo tanto, la productividad general de la viña (Schneider 1992).

El índice de área foliar o LAI se define como la relación entre la superficie de hojas y la superficie de suelo (Carbonneau, 1989).

$$IAF = \text{Superficie foliar total (m}^2\text{)} / \text{Superficie de suelo (m}^2\text{)}$$



Fotografía 1: Hojas representativas del cultivo.

Las principales causas de las diferencias de desarrollo final de área foliar son la disponibilidad de agua (Schultz y Matthews 1993) y la longitud del período de crecimiento (Schultz, 1992).

Los valores reportados en la literatura son muy variables y dependen de muchos factores: clima, suelo, variedad, la densidad de siembra, la altura del dosel, la fertilización, el régimen hídrico, etc.

El área foliar influye directamente en varios procesos fisiológicos de la planta. Uno de esos procesos es la fotosíntesis, la cual utiliza como fuente energética la radiación solar interceptada por la cubierta vegetal para transformar moléculas inorgánicas (CO_2 y agua) en moléculas orgánicas aprovechables por la planta, como carbohidratos. La fotosíntesis, en conjunto con otros procesos fisiológicos (hormonales, nutricionales e hídricos) y factores abióticos (radiación solar, temperatura y humedad), interactúa con la cubierta vegetal e influyen en el desarrollo, el tamaño, el color y la calidad de la fruta, y en la distribución de los asimilados (Jackson y Palmer, 1981; Rom, 1991; Gil, 2006).

Hay dos períodos principales en las que el papel del área de la hoja es un factor clave: la aparición del fruto y maduración de la piel de la pulpa y de la semilla. Durante el ciclo, la salud y la eficiencia del dosel vegetal se debe garantizar, en particular durante el desarrollo de la baya, evitando el envejecimiento temprano que pone en peligro la maduración.

Así, conocer el área foliar de los cultivos permite un mejor manejo y uso de la cubierta vegetal, en aspectos como la poda de formación y producción, el raleo de frutos y el control de plagas y enfermedades; todas labores que inciden directamente en la productividad del huerto frutal (Gutiérrez y Lavín, 2000; Cortés, 2003; Mika et al., 2007).

Para obtener el IAF existen métodos destructivos y métodos no destructivos. Los métodos destructivos requieren intervenir directamente en la estructura foliar de la planta, ya sea extrayendo muestras o la totalidad de las hojas de una planta para estimar o medir el IAF. Los métodos no destructivos, por su parte, no intervienen en la estructura foliar, sino que estiman el IAF a partir de parámetros físicos o descriptivos basados, por ejemplo, en la medición de la interceptación de radiación solar.

Debido a que los métodos destructivos no permiten el seguimiento de una misma unidad en el tiempo (Suckel, 2001), y requieren de un alto tiempo de trabajo y dañan la producción de las plantas medidas, es conveniente disponer de métodos no destructivos para realizar estimaciones del IAF.

Un método conveniente es la medición de la interceptación de radiación solar que permite estimar el IAF, ya que estas variables están altamente asociada (De la Casa et al., 2007; López-Lozano et al., 2009).

MATERIALES Y METODOS

5. MATERIALES Y METODOS

5.1. CARACTERIZACION DEL CULTIVO

5.1.1. Material vegetal

La variedad de vid seleccionada para el diseño experimental ha sido clon del cultivar 'Listán Negro'. Ésta es la variedad tinta más cultivada en Canarias (75 - 80% de su superficie vitícola) (D.O. Tacoronte - Acentejo 2017).

Es la variedad tinta más extendida por toda Canarias. Con racimo largo y cónico, presenta unas bayas esféricas y achatadas por los polos de color azul-negra. En vinos presenta aromas a frutos rojos, frambuesas y moras y recuerdos de regaliz, menta y pimienta negra. Tiene una característica mineral muy determinante y clara.

Al ser el estudio el motivo de la implantación de la explotación, se ha partido de plantas clones que nos aseguren que no influirá la variación genética de las plantas en nuestro experimento.

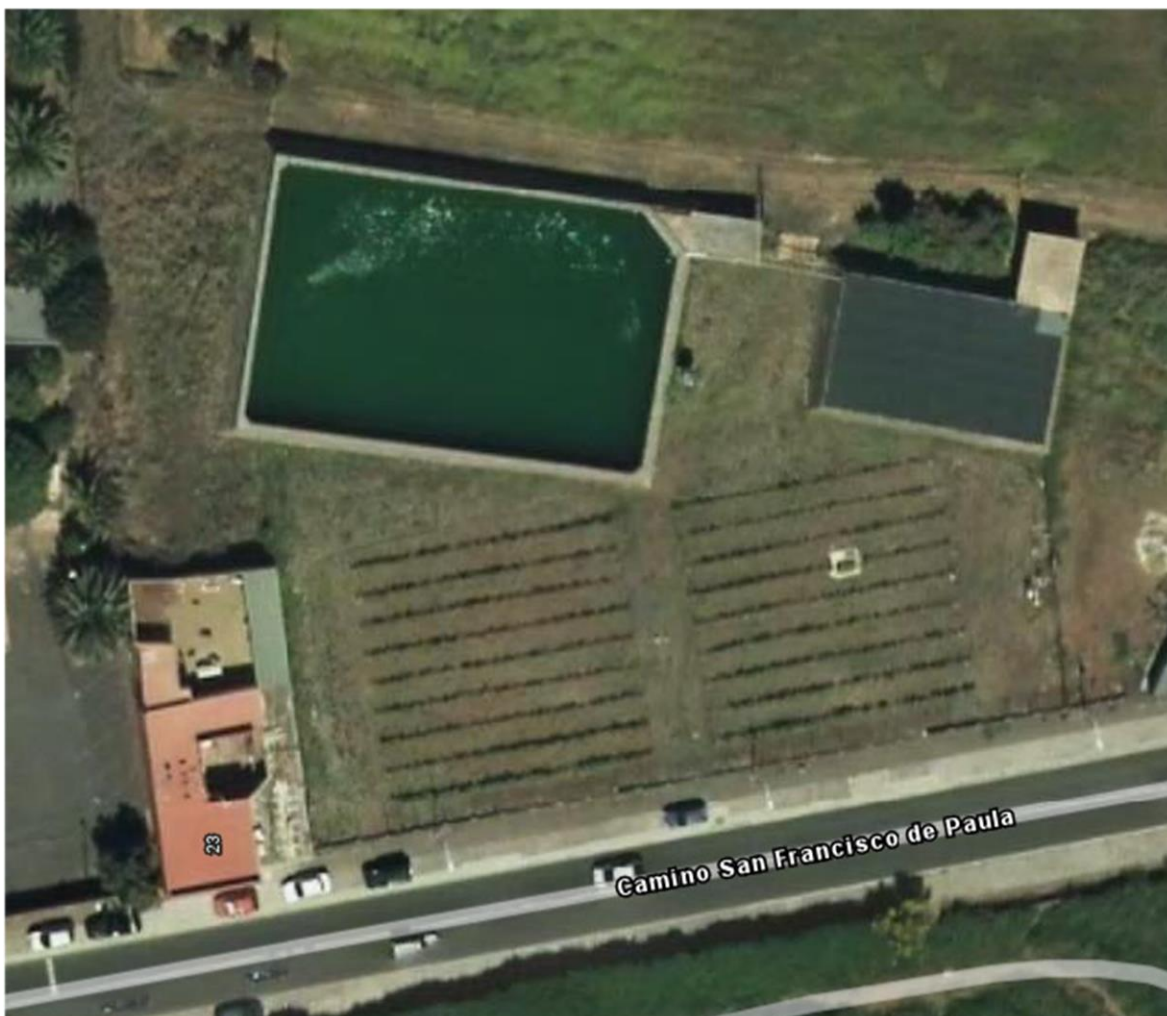


Fotografía 2: Parcela experimental de viña.

5.1.2. Localización del ensayo

El ensayo se llevó a cabo durante la campaña 2017 en la zona conocida como 'Tahonilla Alta', en una parcela perteneciente a la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Sección de Ingeniería Agraria (EPSI-SIA), situada en el término municipal de La Laguna. Su ubicación geográfica es 28° 28' 40" Norte y 16° 19' 22" Oeste.

La parcela experimental se encuentra a una altitud de 564 msnm y cuenta con una superficie de 1.856 m² de viñedos experimentales del cv. 'Listán Negro'.



Fotografía 3: Localización finca experimental.

5.1.3. Características del cultivo

La plantación se realizó en el año 2004. Las plantas utilizadas fueron clones de una misma vid del cv. 'Listán Negro' sin injertar y la orientación de las filas es Norte-Sur.

El sistema de conducción utilizado es en espaldera, en 'Cordón Royat' y constituida por un tronco vertical recto de unos 60 cm de altura y brazos simétricos, apoyados sobre un alambre de formación. La vegetación se sustenta en cuatro alambres con separaciones de 30 cm. El marco de plantación es de 2.5 x 1.5 m, existiendo 270 cepas en la parcela.

El método de poda empleado es a 'pulgar y vara', con pulgares de dos yemas y varas de tres a cinco yemas según el vigor del sarmiento.



Fotografía 4: Operario realizando labor de poda.

Mediante la poda en verde se ha controlado el número de brotes en la planta y se ha llevado a cabo el posicionamiento de los pámpanos de manera que se mantengan homogéneamente distribuidos en espaldera vertical, además de realizar un desnietado de la plantas control.

Los despuntes se realizaron siempre de manera leve, cortando los ápices en crecimiento siempre por encima de la altura del último alambre con el fin de evitar sumideros de los elaborados producidos por la planta.

Se eliminaron también mediante ligeros aclareos muchas hojas por debajo del nivel de los primeros racimos para facilitar la insolación y la aireación de éstos.

Las labores de cultivo realizadas a lo largo de la campaña, como el abonado, los tratamientos fitosanitarios, el mantenimiento del suelo, etc., se han aplicado por igual en todos los tratamientos experimentales y están recogidos en la tabla de labores.

Los aportes hídricos de los tratamientos se han efectuado mediante riego por goteo. La instalación de riego consta de una electrobomba, filtro de malla, fertilizador venturi, válvulas solenoides y contadores Woltman.

Los goteros utilizados son antidrenantes con un caudal medio de 4 l/h y una separación entre ellos de 50 cm. Las tuberías portagoteros van sujetas al primer alambre a una altura de 50 cm sobre el suelo.

Para comprobar el buen estado de toda la instalación, se procedió antes del inicio de campaña a realizar un lavado de los tubos y revisar los goteros y reponer los obstruidos para hacer una distribución homogénea del agua.



Fotografías 5: Proceso de comprobación y limpieza anual del sistema de riego.

5.1.4. Condiciones climáticas

Los datos meteorológicos utilizados para la caracterización climática de la parcela experimental se han obtenido de una estación agroclimática situada en los campos experimentales de la EPSI-SIA.

El clima estuvo caracterizado por una disminución de las precipitaciones en el periodo de desarrollo vegetativo de la planta, hecho que nos favoreció, al no interferir excesivamente con los aportes hídricos que se desean aplicar a cada tratamiento. La precipitación total de la campaña fue de 495,6 mm, en el periodo comprendido entre septiembre de 2016 y agosto de 2017.

Tabla 2: CONDICIONES CLIMÁTICAS

FECHA	T	TM	Tm	P	HR	HRM	HRm	Vo	VMax	Rad	ETo
sep-16	19,6	24	17	0,5	81,2	92,6	62,9	3,1	5,2	6.665,50	4,24
oct-16	18,7	23	15,7	64,5	82,3	93,9	65,9	2	4,2	4.544,70	2,87
nov-16	15,6	19,3	12,9	164,5	88,1	95,9	74,4	1,3	3,4	3.107,10	1,67
dic-16	14,6	18	12,2	48	83,2	94,4	67,7	2,3	4,5	3.000,40	1,73
ene-17	13,3	16,4	10,6	31,8	80,9	93,3	64,9	2,1	4,4	3.248,80	1,77
feb-17	13,2	16,4	10,7	101,3	86,7	96	73,8	2,5	5	3.990,60	2,00
mar-17	14,9	19,1	11,6	36	73,2	86,3	57,8	2,5	4,9	5.420,50	3,26
abr-17	16,8	21,3	13,2	13	76	91,5	55,3	2,5	4,7	6.812,80	4,17
may-17	16,8	20,7	14	15,5	82,9	93,5	66,4	3,1	5,5	6.428,00	3,85
jun-17	19	23,5	16,2	2	78,2	92,4	61,4	4,1	6,3	7.299,50	4,80
jul-17	19,9	24,3	17,1	8	76,5	90,1	57,7	4,5	6,6	7.795,90	5,33
ago-17	22,9	28,2	18,7	10,5	65,9	87,7	45,9	3	5,3	7.383,20	5,82

Leyenda: T: Temperatura media (°C); TM: Temperatura máxima (°C); Tm: Temperatura mínima (°C); P: Precipitación (mm); HR: Humedad relativa media (%); HRM: Humedad relativa máxima absoluta (%); HRm: Humedad relativa mínima (%); Vo: Velocidad media del viento (m/s); VMax: Velocidad y Dirección máxima media por cada 10 minutos (m/s ° sexagesimales); Rad: Radiación Total (Wh/m² - día); ETo (mm/s): Evapotranspiración calculada por el método de Penman-Monteith (FAO-56).

Fuente: Todos los valores se refieren a registros medios calculados cada 10 minutos, en base a datos tomados cada minuto según la estación HOBO de AgroCabildo - Agricultura y desarrollo rural en Tenerife.

Para una mejor apreciación de la evolución de algunos parámetros climatológicos a lo largo de la campaña 2017, se presentan los siguientes gráficos:

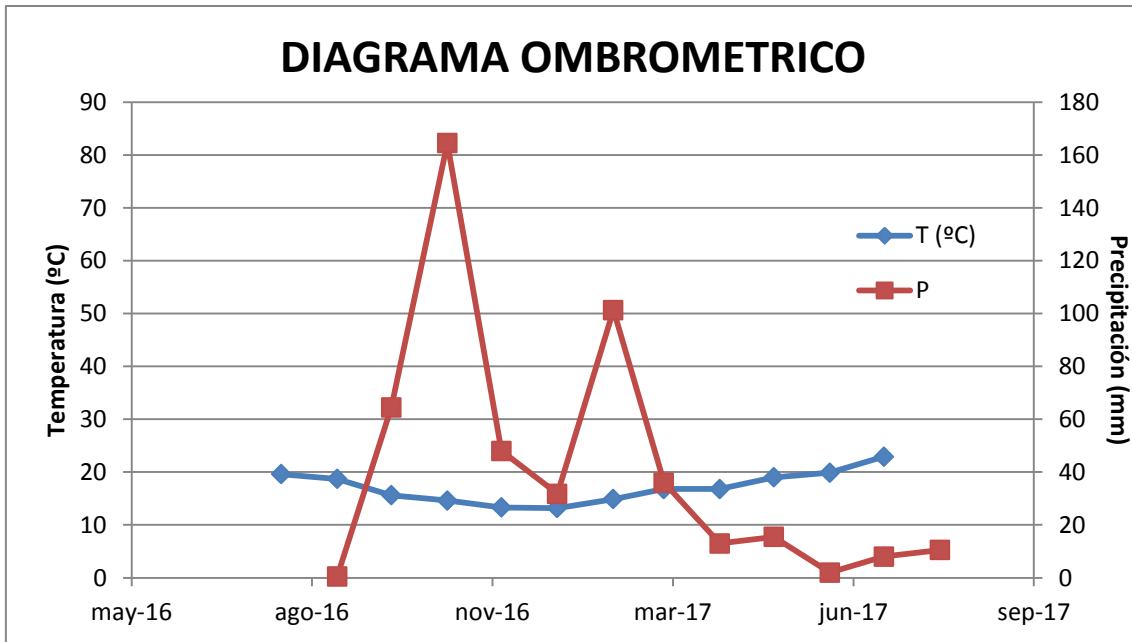


Figura 2

Si identificamos como meses húmedos aquellos donde $P > 2 \times T$, se observa un periodo húmedo que va desde el mes de octubre de 2016 hasta marzo de 2017.

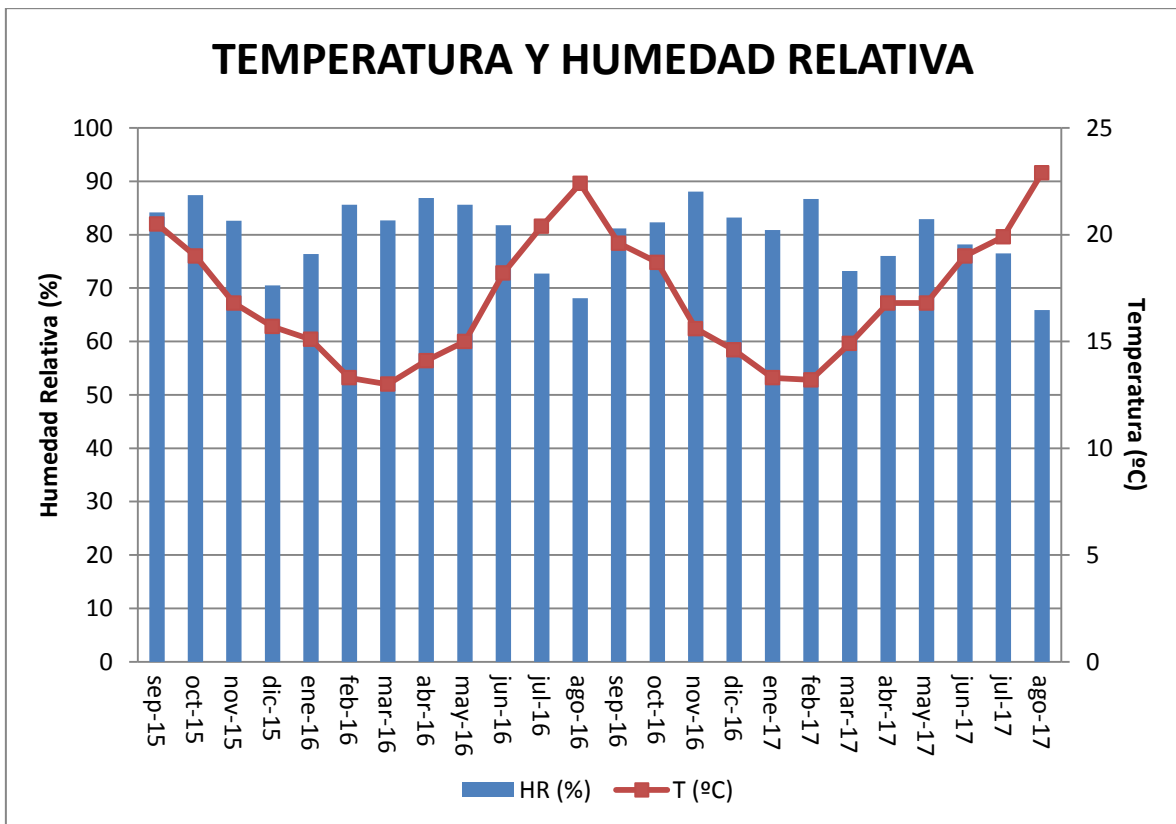


Figura 3

Se puede apreciar que la humedad relativa del aire es alta durante todo el periodo, alcanzando sus valores máximos en los meses invernales y el mínimo en el mes de agosto.

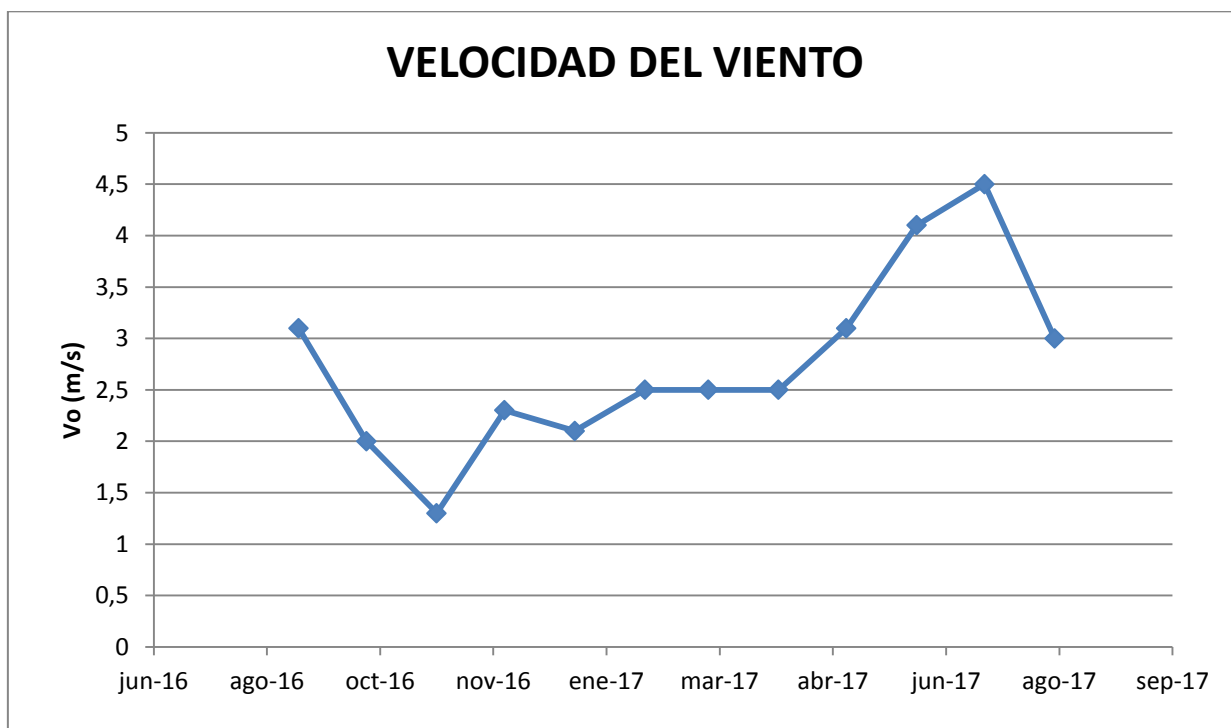


Figura 4

En los meses de verano la velocidad del viento aumenta de forma considerable debido a la entrada de los alisios.

5.1.5. Características del agua y del suelo

Los análisis de agua y suelo son una herramienta indispensable para un buen manejo del cultivo. Nos permiten conocer sus características químicas y físicas y poder así tomar las medidas adecuadas sobre él.

Es recomendable realizarlo antes de la plantación del cultivo, de esta forma podemos corregir deficiencias o excesos que existan en los mismos y que el cultivo se desarrolle en condiciones favorables.

Durante el cultivo, nos sirven para tratar de diagnosticar problemas de salinidad o nutricionales

La fertilización del suelo tiene como objetivo mantener en el suelo un contenido adecuado de elementos minerales, en condiciones de asimilabilidad, para que la planta pueda absorberlos en el momento preciso y en la cantidad necesaria.

Para la caracterización, tanto del agua como del suelo, se ha procedido a realizar un análisis de los mismos, según los procedimientos recomendados por el ICIA (Instituto Canario de Investigaciones Agrarias).



Fotografía 6: Envase de muestra de agua y momento de toma de muestra de suelo.

La adecuación del agua para el riego depende no sólo del contenido total, sino también del tipo de sales, de suelos y de la tolerancia del cultivo a ellas. A medida que el contenido total de sales aumenta, los problemas del suelo y cultivo se agravan, lo que requiere el uso de prácticas especiales de manejo para mantener rendimientos aceptables.

La calidad del agua y/o su adaptabilidad al riego se determina también por la gravedad de los problemas que pueden resultar después de un uso prolongado. Los problemas del suelo más comunes, según los cuales se evalúan los efectos de la calidad del agua, son los relacionados con la salinidad, la velocidad de infiltración del agua en el suelo o permeabilidad y la toxicidad iónica del suelo.

Tabla 3: Características del agua de riego

ANÁLISIS DE AGUAS		
Determinación	(unidades)	Resultado
pH		8.1
C.E.	(mS/cm 25°C)	0.52
CARBONATO	(meq/litro)	0.00
BICARBONATO	(meq/litro)	6.10
CLORURO	(meq/litro)	1.00
SODIO	(meq/litro)	3.20
POTASIO	(meq/litro)	0.40
CALCIO	(meq/litro)	0.60
MAGNESIO	(meq/litro)	2.80
pH de Equilibrio		7.1
S.A.R. AJUSTADO		5.64

En primer lugar, se debe comprobar la bondad del análisis. Para dar por aceptables los resultados de un análisis éste deberá cumplir las siguientes condiciones:

- La suma de los cationes dada en meq/l debe estar comprendida entre 8 a 12,5 veces la conductividad eléctrica.
- Cuando el pH < 8,3 no debe tener ión carbonato, o cuando pH > 8,5 debe tenerlos.
- La diferencia entre la suma de los cationes y la de los aniones en valor absoluto, dividida por su suma debe ser menor que 0,15, cuando no se han determinado los sulfatos, y menor que 0,1 cuando lo están.

C.E. X 12,5	7,00	Σ Cationes	7,00
pH	8,10	Carbonatos	0,00
$\frac{\sum \text{Aniones} - \sum \text{Cationes}}{\sum \text{Aniones} + \sum \text{Cationes}}$	0,01	<	0,1

Una vez comprobada la bondad del análisis se procede a comprobar los parámetros de calidad.

Posible problema de riego	Unidades	Grado de restricción de uso		
		Ninguna	Ligero a moderado	Severo
Salinidad ³ (afecta la disponibilidad de agua para los cultivos)				
EC _w	ds/m	<1	1.0 - 2.7	> 2.7
Toxicidad (iones específicos que afectan el crecimiento del cultivo)				
Sodio (Na ⁺) ⁴	meq/l	<20	-	-
Cloruro (Cl ⁻) ⁴	meq/l	<4	4 - 15	> 15
Boro (B)	mg/l	<1	1 - 3	> 3
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻) ⁵	meq/l	<1.5	1.5 - 7.5	> 7.5
Nitrato-nitrógeno (NO ₃ ⁻ N)	mg/l	<5	5 - 30	> 30

1 Adaptado de Neja et al. (1978)

2 Se requieren prácticas de manejo especiales y condiciones favorables del suelo para una producción exitosa.

3 Supone que la lluvia y el exceso de agua aplicada debido a las ineficiencias del riego normal proporcionarán las necesidades del cultivo más un 15 por ciento adicional para el control de la salinidad.

4 Con el riego por aspersión, el sodio o el cloruro en exceso de 3 me / l en condiciones extremas de secado puede provocar una absorción excesiva de hojas, quemaduras en las hojas y daños en los cultivos. Si los rociadores superiores se utilizan para enfriar mediante frecuentes ciclos de encendido y apagado, el daño puede ocurrir incluso en concentraciones más bajas.

5 El bicarbonato (HCO_3) en agua aplicado por rociadores superiores puede causar depósitos blancos en la fruta y las hojas, lo que reduce la aceptabilidad del mercado, pero no es tóxico para la planta.

5.1.5.1. Riesgo de salinización

El término salinidad representa la cantidad y el tipo de sales disueltas en el agua de riego. Se evalúa normalmente mediante la determinación de la conductividad eléctrica del agua (C.E.) y afecta a la disponibilidad de agua por el cultivo.

En general se puede decir que pueden presentarse problemas por salinidad del agua de riego cuando la conductividad eléctrica es superior a 2 dS/m. Esta conductividad eléctrica corresponde a un contenido aproximado de sales de 1.3 g/l. Valores de conductividad eléctrica superiores a 3 dS/m (equivalente a unos 2 g/l) producen disminuciones importantes de producción en la mayoría de casos. En riego localizado la concentración de sales se presenta en el frente húmedo del bulbo acumulándose en él, tal como puede contemplarse en la siguiente figura para los distintos métodos de riego:

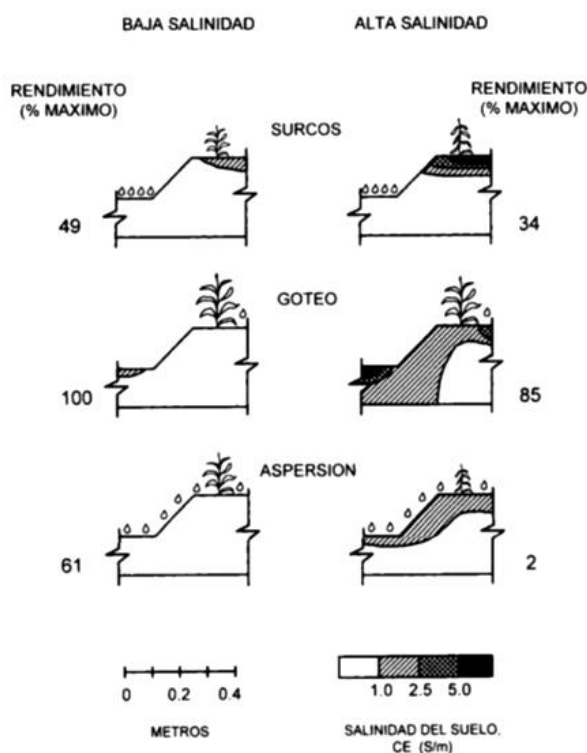


Figura 5: Acumulación de las sales del agua de riego según el método de riego. Adaptado de Rhoades y Loveday (Stewart y Nielsen, 1990).

Tolerancia de los cultivos a la salinidad

No todos los cultivos responden de igual manera a la salinidad: algunos producen rendimientos aceptables a niveles altos de salinidad y otros son sensibles a niveles relativamente bajos. Esta diferencia se debe a la mejor capacidad de adaptación osmótica que tienen algunos cultivos, lo que les permite absorber, bajo condiciones de salinidad, una mayor cantidad de agua.

La tolerancia relativa de la mayor parte de los cultivos es suficientemente conocida, lo que permite la preparación de directrices técnicas de salinidad.

De acuerdo con su tolerancia a la salinidad, los cultivos se clasifican en cuatro grandes grupos: Sensibles, moderadamente sensibles, moderadamente tolerantes y tolerantes a la salinidad.

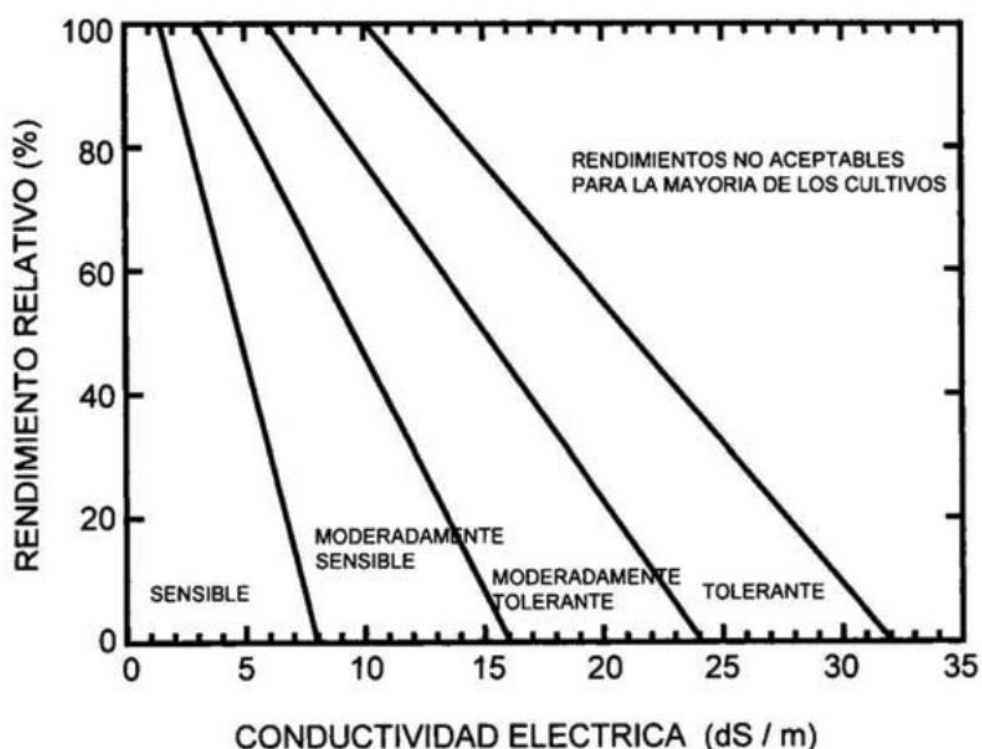


Figura 6: Clasificación de los cultivos en función de su respuesta a la salinidad. Se representa el rendimiento (% del máximo) frente a la CE del extracto saturado del suelo.

La relación lineal entre la salinidad y los rendimientos, desarrollada por Maas y Hoffman (1977) está representada por la siguiente ecuación:

$$Y = 100 - b (CE_e - Su)$$

Donde:

Y = rendimiento potencial en %

CE_e = conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo en dS/m

Su = salinidad umbral por encima de la cual hay descenso de cosecha, en dS/m

b = disminución de rendimiento por aumento unitario de salinidad por encima del umbral.

Tabla 6: Tolerancia de cultivos y potencial de rendimiento de cultivos seleccionados según se influye por la salinidad del agua de irrigación (EC_w) o salinidad del suelo (EC_e) y el potencial de rendimiento

CULTIVO	100%		90%		75%		50%		0%	
									"Máximo"	
	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w
Vid (Vitis sp.)	1.5	1.0	2.5	1.7	4.1	2.7	6.7	4.5	12	7.9

Los valores para (Su) y (b) están dados por Maas (1984) en su documento original, pero también se pueden determinar a partir de la Tabla anterior. El valor (Su) (el umbral de la salinidad del suelo) es el valor EC_e para el potencial de rendimiento del 100 por ciento. El valor (b) se puede determinar a partir de la de la siguiente ecuación:

$$b = \frac{100}{EC_{e\ 0\% \text{ Rendimiento}} - EC_{e\ 100\% \text{ Rendimiento}}} = \frac{100}{12 - 1,5} = 9,52$$

Tabla 7: Tolerancia de los cultivos a la salinidad

Calificación relativa de tolerancia a la salinidad de los cultivos	La salinidad del suelo (EC_e) en la que comienza la pérdida de rendimiento
Sensible	<1.3 ds / m
Moderadamente sensible	1.3 - 3.0 ds / m
Moderadamente tolerante	3.0 - 6.0 ds / m
Tolerante	6.0 - 10.0 ds / m
Inadecuado para la mayoría de los cultivos (a menos que el rendimiento reducido sea aceptable)	> 10.0 ds / m

Según los datos anteriores, el cultivo de la vid es moderadamente sensible a la salinidad, y para la salinidad del agua de riego empleada en la experiencia, de 0,52 mS/cm, no existen problemas de salinidad ni es necesario por tanto restricciones de uso por salinidad ni requerimientos de lavado.

5.1.5.2. Problemas de permeabilidad

En suelos sódicos, altos contenidos de sodio en relación al contenido de calcio y magnesio, se puede producir un efecto dispersante del sodio sobre la matriz del suelo que provocará la destrucción de su estructura y graves problemas de reducción de la conductividad hidráulica al obturarse parte de sus poros. Como consecuencia, el agua permanece sobre el suelo demasiado tiempo, o se infiltra muy lentamente y el cultivo no recibe el agua que necesita para producir cosechas aceptables.

Los factores de calidad del agua que suelen influir en la infiltración son el contenido total de sales (salinidad) y el contenido de sodio en relación a los contenidos de calcio y magnesio. Una alta salinidad aumenta la velocidad de infiltración, mientras que una baja salinidad, o una proporción alta de sodio sobre el calcio, la disminuyen. Ambos factores (salinidad y proporción de sodio) pueden actuar al mismo tiempo.

Se considera que un suelo es sódico cuando el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) supera el 15% del total de cationes absorbidos. El indicador de sodicidad que se utiliza normalmente es la Razón de Adsorción de Sodio (SAR) que es aproximadamente igual al PSI:

$$S.A.R. = \frac{Na^+}{\left[\frac{(Ca^{2+} + Mg^{2+})}{2}\right]^{0.5}}$$

- Na^+ es la concentración de sodio en el agua de riego expresada en meq/l.
- Ca_x^{2+} es la concentración ajustada de calcio en el agua de riego que se espera sea retenida en el suelo después del riego según la presencia de carbonatos, bicarbonatos y la CE, expresada en meq/l.
- Mg^{2+} es la concentración de magnesio en el agua de riego expresada en meq/l.

El uso del S.A.R. ajustado resulta más real que el anterior, ya que considera que el calcio precipita con los bicarbonatos.

$$S.A.R. = \frac{Na^+}{\left[\frac{(Ca_x^{2+} + Mg^{2+})}{2}\right]^{0.5}}$$

El contenido de calcio que se considera a efectos del cálculo del SAR⁰ se obtiene aplicando la expresión:

$$Ca_x^{2+} = \exp\left(0,552 + 0,1637 (CE_w)^{0,5} - 0,667 \ln\left(\frac{HCO_3^- + CO_3^{2-}}{Ca^{2+}}\right)\right)$$

$$S.A.R.^0 = 2,52$$

En el ábaco siguiente se ve la interpretación de este índice que nunca puede hacerse independientemente de la salinidad.

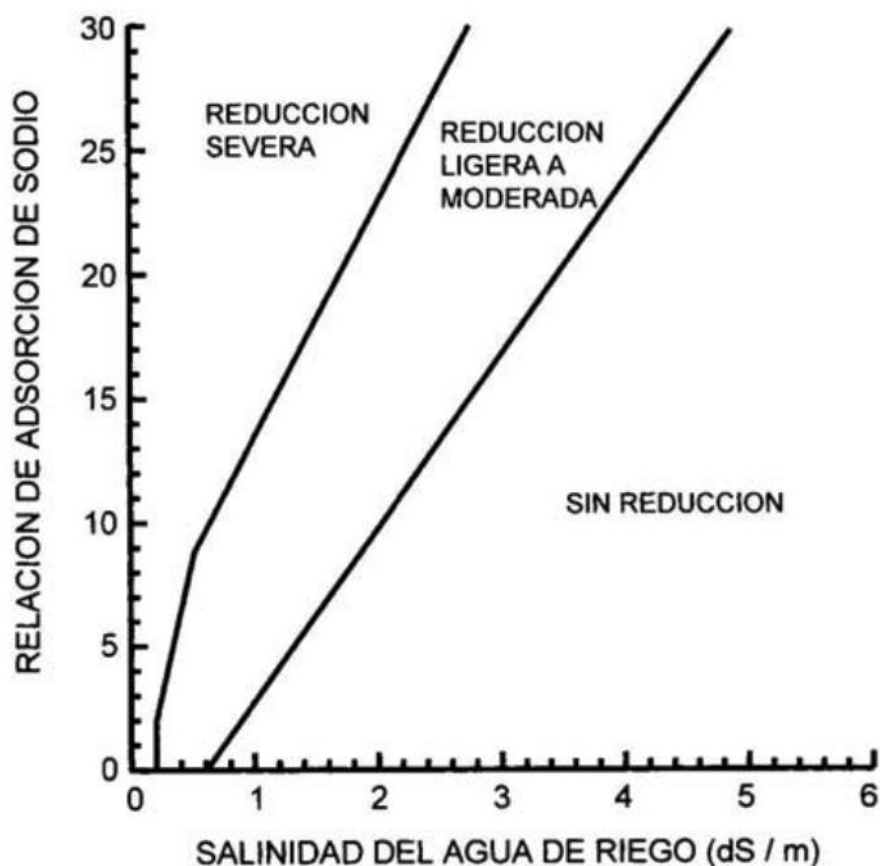


Figura 7: Riesgo de efectos negativos por sodio sobre la infiltración en función de la salinidad del agua de riego.

Con una CE_w de 0,52 dS/m y un SAR^0 de 2,52 se tendrían de ligeros a moderados problemas de infiltración.

Para prevenir, corregir o retrasar los problemas de infiltración causados por las aguas de riego se recurre a diversos procedimientos:

- Incorporación de materia orgánica al suelo, con lo cual se favorece su estructura y, en consecuencia, la infiltración.
- Incorporación de productos (enmiendas) que modifican la composición química del agua o del suelo.
- Mezcla de aguas de distinta calidad, si ello fuera posible.

Los problemas de infiltración originados por la mala calidad del agua de riego son debidos a un elevado SAR y/o un bajo contenido de sales en el agua. Las enmiendas aplicadas al agua de riego o al suelo tratan de aumentar el contenido de calcio, con lo cual se rebaja el SAR y aumenta la salinidad. Estas enmiendas actúan proporcionando el calcio directamente o provocando la disolución de la caliza contenida en el suelo. Por razones económicas se suele utilizar el yeso agrícola y con menor frecuencia el cloruro cálcico. En Canarias debe aplicarse en cobertera antes de la época de lluvias para que éstas lo introduzcan en el suelo. El yeso es la enmienda más utilizada, tanto para el agua como para el suelo. La disolución del calcio contenida en el yeso se facilita cuanto más baja sea la salinidad del agua y cuanto mayor sea el grado de finura de las partículas de yeso.

5.1.5.3. Toxicidad iónica

Los problemas de toxicidad surgen cuando ciertos elementos (iones) del suelo o del agua, son absorbidos por las plantas y acumulados en sus tejidos, en concentraciones lo suficientemente altas como para provocar daños y reducir sus rendimientos. La magnitud de estos daños depende del tipo y cantidad de iones absorbidos y de la sensibilidad de las plantas.

Los daños se manifiestan como quemaduras al borde de las hojas y áreas cloróticas, y si la acumulación de iones llega a ser suficientemente elevada, se produce una reducción significativa de los rendimientos.

Los iones de mayor importancia son el cloro, el sodio y el boro.

En el caso de este análisis de agua, los valores se encuentran dentro de lo adecuado, por lo que no hay riesgo de toxicidad iónica.

Tabla 8: Características del suelo de la parcela experimental

ANÁLISIS DE SUELO					
DETERMINACION	UNIDADES	RESULTADO	CALIFICACION	Método	% C.I.C.
M.O.	%	2,5	Normal	Wallis	
Fósforo	ppm	36	Bajo	OLSEN	
CATIONES					
Sodio	meq/100g	1,2	Normal	Fotómetro de llama	4,89
Potasio	meq/100g	2,9	Normal	Fotómetro de llama	11,81
Calcio	meq/100g	11,1	Normal	Absorción atómica	45,20
Magnesio	meq/100g	6,9	Normal	Absorción atómica	28,1
pH pasta saturada	meq/l	7,6		Potenciometría	
C.E.	mS/cm	0,47		Conductímetro	
PS	%	46,8			
CC	%	23,4			
PM	%	11,7			
C.I.C.	(meq/100g)	24,56			
RELACIONES ENTRE CATIONES					
K/Mg		0,42	0,3-0,8	Cumple	
Ca/Mg		1,61	1-2	Cumple	
K/Na		2,42	>1	Cumple	

*La humedad de la pasta saturada, porcentaje de saturación (PS), se relaciona directamente con los valores de humedad en capacidad de campo, CC. Aquella, PS, es aproximadamente 1.8-2 veces la capacidad de campo (CC) y ésta a su vez es el doble de la humedad en punto de marchitez (PM), límite inferior de humedad aprovechable. La C.I.C. se ha estimado como la suma de los cationes intercambiables.

Los suelos de los tratamientos se caracterizan por tener pH ligeramente básicos, con un nivel de materia orgánica normal. Según los valores de referencia dados por el MAGRAMA, los niveles de calcio y magnesio son adecuados en todos los tratamientos al igual que los de potasio. El sodio fue el único parámetro que se encontraba ligeramente alto, aunque dentro de lo adecuado. Por el contrario existe carencia de fósforo, que debería estar en valores de 80 a 120 ppm. También se cumplen los valores adecuados entre las relaciones de cationes. Destacar además la buena conductividad eléctrica de estos suelos ya que es bastante baja. Las muestras se tomaron a una profundidad de 25 cm.

5.2. PROTOCOLO EXPERIMENTAL

5.2.1. Diseño experimental

El diseño experimental divide la parcela en 12 bloques o unidades experimentales distribuidas al azar. Cada unidad experimental contiene 21 o 24 plantas según indica el croquis adjunto. En la unidad de 21 plantas, 5 son control y el resto plantas borde. En la de 24, 6 son control.

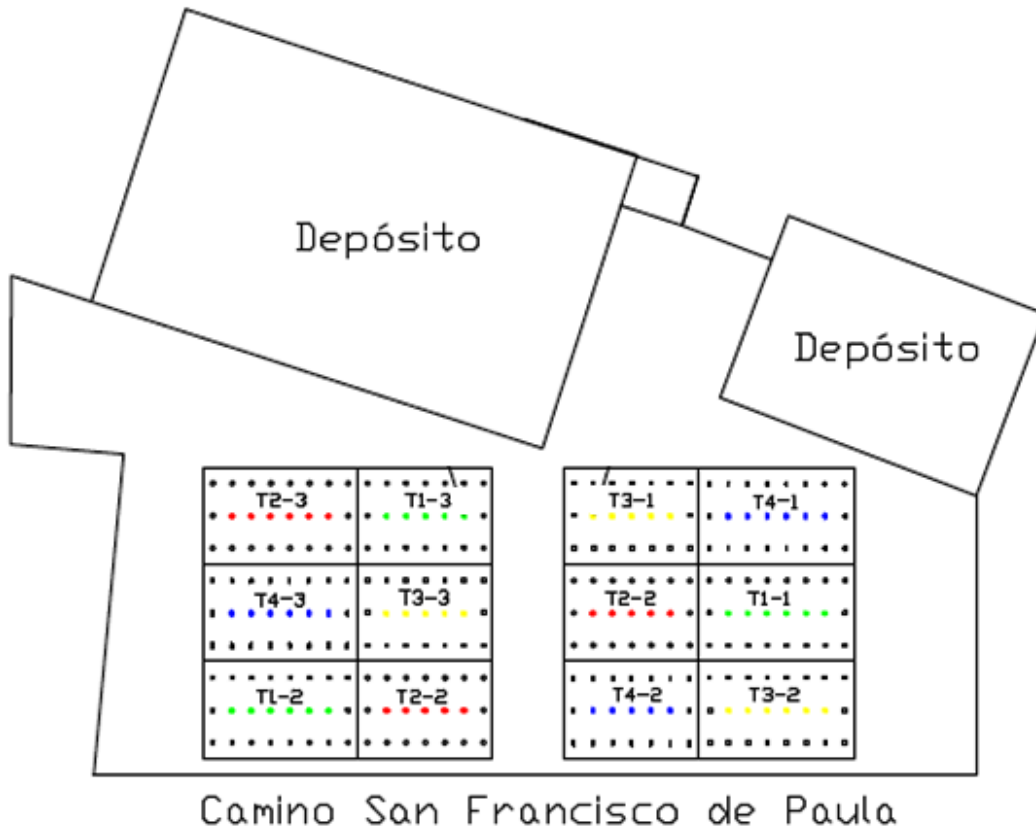


Figura 8: Diseño experimental

Como se puede observar, cada unidad experimental está constituida por tres filas de plantas, ubicándose las plantas control en la línea intermedia. A su vez, la primera y última planta de dichas líneas es considerada también como borde. De este modo evitamos que las raíces de las plantas control lleguen a tal desarrollo que pueden obtener aportes hídricos de los otros tratamientos y, por tanto, verse influidos entre ellos.



Fotografía 7: Detalle de la plantación.

5.2.2. Aportes hídricos

Se establecieron dos regímenes hídricos a los tratamientos:

- riego sin estrés
- riego deficitario

Como método de referencia de la situación hídrica del suelo, se recurrió a la implantación de un lisímetro de pesada dentro de la parcela. Dicho lisímetro contenía una planta con un volumen de suelo de aproximadamente 2164 L (185x130x90 cm).

El contenedor estaba sustentado sobre cuatro puntos constituidos por células de carga que con una frecuencia horaria medían el peso y lo transmitían a un registrador donde se quedaban acumulado. Con ayuda de un software de comunicación y vía GSM se leían o descargaban esos datos en un ordenador situado en el edificio de la Sección de Ingeniería Agraria.

El aporte realizado a las plantas del tratamiento control se equiparó al que se aplicaba a la planta contenida en el lisímetro. La humedad del suelo mantenida en dicho lisímetro estaba próxima a la capacidad de campo (26,20%; 567 L). De esta manera, se suponía que las plantas del tratamiento control no estaban sujetas a condiciones de estrés hídrico durante la primera y segunda etapa del cultivo.

Con carácter semanal se determinaba la dotación aplicada a la planta del lisímetro y se aplicaba esta misma cantidad a la de los bloques "sin estrés". A las de los bloques sometidos a "estrés" no se le aplicó cantidad alguna de agua durante el periodo de duración de dicho estrés.



Fotografía 8: Detalle del lisímetro.

Los riegos se aplicaron en las dos primeras etapas de las tres en que se dividió el periodo vegetativo que iba desde la brotación a la vendimia. Estas etapas son: 1) brotación-floración, 2) floración-envero y 3) envero-vendimia.

Los cuatros tratamientos de riego que se establecieron quedan reflejados en el siguiente cuadro.

Tabla 9: Tratamientos de riego			
Tratamiento	Nº del tratamiento	1ª etapa (Brotación-Floración)	2ª etapa (Floración-Envero)
Sin estrés	1 (Lisímetro)	Sin estrés (dotación del lisímetro)	Sin estrés (dotación del lisímetro)
Estrés en 1ª etapa	2	Estrés (sin aporte de agua)	Sin estrés (dotación del lisímetro)
Estrés en 2ª etapa	3	Sin estrés (dotación del lisímetro)	Estrés (sin aporte de agua)
Estrés en 1ª y 2ª etapa	4	Estrés (sin aporte de agua)	Estrés (sin aporte de agua)

5.2.3. Tratamientos Fitosanitarios

Para la campaña se elaboró previamente un plan de tratamientos fitosanitarios teniendo en cuenta la climatología de la zona y la vulnerabilidad del cultivo a determinadas enfermedades según dichas condiciones, este se fue modificando para adaptarse al seguimiento realizado en el cultivo y a la climatología variable.



Fotografía 9: Aplicación de fitosanitarios con mochila pulverizadora.

Tabla 10: PLAN DE TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS

Periodo o Estado Fenológico	Producto comercial	Casa comercial	Materia activa	Dosis
3 hojas	Antimildiu Triple	Cheminova	Fosetyl-Folpet-Cimoxamilo	300 g/100L
	Topas 200	Syngenta	Penconazol	15 mL/100L
a 15 días	Antimildiu Triple	Cheminova	Fosetyl-Folpet-Cimoxamilo	300 g/100L
	Topas 200	Syngenta	Penconazol	15 mL/100L
a 15 días	Mildicut	Belchim	Cyazofamide 25 g/l - Disodium Phosphonate 250g/l	400 mL/100L
	Vivando	Basf	Metrafenona	20 mL/100L
a 15 días	Antimildiu Triple	Cheminova	Fosetyl-Folpet-Cimoxamilo	300 g/100L
	Vivando	Basf	Metrafenona	20 mL/100L
FLORACIÓN	Mildicut	Belchim	Cyazofamide 25 g/l - Disodium Phosphonate 250g/l	450 mL/100L
	Cantus	Basf	Boscalida	120 g/100L
15 días	Mildicut	Belchim	Cyazofamide 25 g/l - Disodium Phosphonate 250g/l	450 mL/100L
	Dynali	Syngenta	Difenoconazol- Ciflufenamida	65 mL/100L
15 días	Antimildiu Triple	Cheminova	Fosetyl-Folpet-Cimoxamilo	300 g/100L
	Topas 200	Syngenta	Penconazol	20 mL/100L
15 días hasta pasado enero	Labicuper	Labin	Cobre líquido	300 mL/100L
	Vivando	Basf	Metrafenona	20 mL/100L

5.2.4. Labores de cultivo

Las labores de cultivo corresponden a las realizadas en la finca objeto de estudio durante la campaña 2017. Hay que tener en cuenta que los marcos de plantación establecidos son mayores de lo habitual, por lo que el número de cepas por ha y la producción será ligeramente menor de lo esperado en una explotación comercial. Los datos de mano de obra y cantidades de productos empleadas se han obtenido empíricamente y se han contrastado con los datos mostradas en (Alcázar, 2011).



Fotografía 10: Labor de cultivo: Desbrozado

Tabla 11: CALENDARIO DE OPERACIONES DE CULTIVO

MES	OPERACIONES	MAQUINARIA Y EQUIPOS	MANO DE OBRA	UNIDADES	Ud. /Ha	
Enero	Tratamiento de invierno	Polisulfuro de calcio 18,5% [sl] p/v Mochila pulverizadora		l/ha	20	
			20	horas/ha	20	
Febrero	Desbrozado		16	horas/ha	16	
	Poda	Tijera Eléctrica	25	horas/ha	25	
Marzo	Retirada de sarmientos		20	horas/ha	20	
	Tratamiento de invierno	Polisulfuro de calcio 18,5% [sl] p/v Mochila pulverizadora	20	l/ha	20	
Abril	Abono	NO3K (13% N; 44 K) PO4H2NH4 (26% P; 61% P2O5)		kg/ha	77	
				kg/ha	44	
	Desbrozado		16	horas/ha	16	
	Desbrotado y amarre		50	horas/ha	50	
Mayo	Tratamiento postbrotación: antimildiu y antibotritis	Mochila pulverizadora	20	horas/ha	20	
		Fosetyl-folpet-cimoxamilo		kg/ha	0,5	
		Penconazol		l/ha	0,1	
		Ninilfenil-poliexilenglicol 20% P/V		l/ha	0,1	
	Tratamiento postbrotación	Peroxido de fosforo P2O5 17% (P/P); Nitrógeno 3% P/P			l/ha	0,2
		Mochila pulverizadora	20	horas/ha	20	
		Fosetyl-folpet-cimoxamilo		kg/ha	0,8	
		Penconazol		l/ha	0,1	
Junio	Tratamiento postbrotación	Manganeso (3% P/P); Ácido carboxílico (20%)		l/ha	0,2	
		Mochila pulverizadora	20	horas/ha	20	
		Cyazofamide 25 g/l -Disodium Phosphonate 250g/l		kg/ha	1,7	
Julio	Tratamiento	Bomba motorizada	15	horas/ha	15	
		Fosetyl-folpet-cimoxamilo		kg/ha	0,5	
	Tratamiento	Penconazol		l/ha	0,1	
		Bomba motorizada	15	horas/ha	15	
Agosto	Tratamiento	Kresoxim-metil 50% [wg] p/p		l/ha	0,2	
		Bomba motorizada	15	horas/ha	15	
		Kresoxim-metil 50% [wg] p/p		l/ha	0,2	
		Bomba motorizada	15	horas/ha	15	
		Kresoxim-metil 50% [wg] p/p		l/ha	0,2	
Septiembre	Tratamiento	Iprodiona 50% p/v		l/ha	0,3	
		Bomba motorizada	15	horas/ha	15	
		Ciprodinil 37,5% + fludioxonil 25% (esp) [wg] p/p		l/ha	0,7	
Octubre	Tratamiento	Bomba motorizada	15	horas/ha	15	
		Silicio 30%. SI		l/ha	4,3	
Noviembre	Vendimia		8x20	horas/ha	20	
	Furgón para transporte		30	horas/ha	30	
Diciembre						

5.3. PARAMETROS OBJETO DE CONTROL

5.3.1. EVALUACION DEL DESARROLLO VEGETATIVO Y PRODUCTIVO

Fenología y fertilidad de las yemas

Para la realización del seguimiento fenológico se empleaba un cuaderno provisto de triángulos donde se anotaban los estados fenológicos.













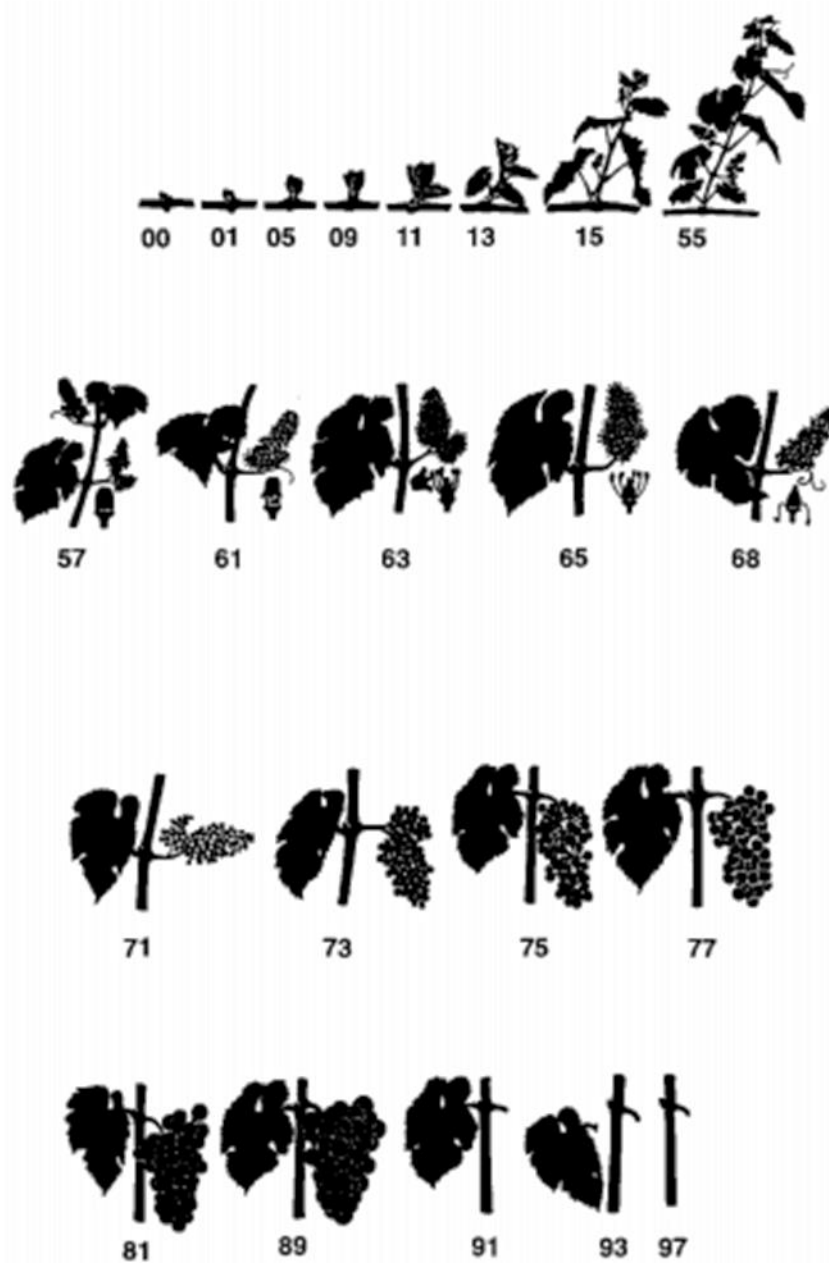
NOMBRE:		FECHA:
TRATAMIENTO: BLOQUE:	TRATAMIENTO: BLOQUE:	TRATAMIENTO: BLOQUE:
		
TRATAMIENTO: BLOQUE:	TRATAMIENTO: BLOQUE:	TRATAMIENTO: BLOQUE:
		
TRATAMIENTO: BLOQUE:	TRATAMIENTO: BLOQUE:	TRATAMIENTO: BLOQUE:
		
TRATAMIENTO: BLOQUE:	TRATAMIENTO: BLOQUE:	TRATAMIENTO: BLOQUE:
		

Figura 9: Plantilla de seguimiento fenológico.

Grapevine



© 1994: BASF

Figura 10: Estadios fenológicos según la escala BBCH.

Grapevine Lorenz et al., 1994

Phenological growth stages and BBCH-identification keys of grapevine

(*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*)

Code	Description
Principal growth stage 0: Sprouting/Bud development	
00	Dormancy: winter buds pointed to rounded, light or dark brown according to cultivar; bud scales more or less closed according to cultivar
01	Beginning of bud swelling: buds begin to expand inside the bud scales
03	End of bud swelling: buds swollen, but not green
05	"Wool stage": brown wool clearly visible
07	Beginning of bud burst: green shoot tips just visible
08	Bud burst: green shoot tips clearly visible
Principal growth stage 1: Leaf development	
11	First leaf unfolded and spread away from shoot
12	2nd leaves unfolded
13	3rd leaves unfolded
1 .	Stages continuous till . . .
19	9 or more leaves unfolded
Principal growth stage 5: Inflorescence emerge	
53	Inflorescences clearly visible
55	Inflorescences swelling, flowers closely pressed together
57	Inflorescences fully developed; flowers separating
Principal growth stage 6: Flowering	
60	First flowerhoods detached from the receptacle
61	Beginning of flowering: 10% of flowerhoods fallen
62	20% of flowerhoods fallen
63	Early flowering: 30% of flowerhoods fallen
64	40% of flowerhoods fallen
65	Full flowering: 50% of flowerhoods fallen
66	60% of flowerhoods fallen
67	70% of flowerhoods fallen
68	80% of flowerhoods fallen
69	End of flowering

Figura 11: Estadios fenológicos según la escala BBCH.

Grapevine Lorenz et al., 1994

Phenological growth stages and BBCH-Identification keys of grapevine

Code	Description
Principal growth stage 7: Development of fruits	
71	Fruit set: young fruits begin to swell, remains of flowers lost
73	Berries goat-sized, bunches begin to hang
75	Berries pea-sized, bunches hang
77	Berries beginning to touch
79	Majority of berries touching
Principal growth stage 8: Ripening of berries	
81	Beginning of ripening: berries begin to develop variety-specific colour
83	Berries developing colour
85	Softening of berries
89	Berries ripe for harvest
Principal growth stage 9: Senescence	
91	After harvest; end of wood maturation
92	Beginning of leaf discolouration
93	Beginning of leaf-fall
95	50% of leaves fallen
97	End of leaf-fall
99	Harvested product

Figura 12: Estadios fenológicos según la escala BBCH.

El control fenológico se realizó mediante una visita semanal en la que se observaron las plantas control y se anotaba el estado fenológico más atrasado, más frecuente y más adelantado en el que se encontraban todas las yemas de cada planta.

Existen diversos métodos propuestos para definir los estados fenológicos de la vid.

El más utilizado es el modelo de seguimiento fenológico de la escala BBCH (Lorenz et al., 1994) como escala fenológica estándar adaptada por Meier (2001).

Tabla 12: Escala BBCH aplicada a la vid (Lorenz et al., 1994)	
Código	Estadio fenológico
0	Estadio principal de brotación
00	Letargo: yemas de invierno
01	Inicio del hinchado de las yemas
03	Fin del hinchado de las yemas
05	Estadio lanoso; lana marrón, claramente visible
07	Inicio de la apertura de las yemas: ápices foliares verdes apenas visibles
09	Apertura de las yemas: ápices foliares claramente visibles
1	Estadio principal de desarrollo de las hojas
11	Primera hoja, desplegada y fuera del brote
12	2 Hojas desplegadas
13	3 Hojas desplegadas
14	4 Hojas desplegadas
15	5 Hojas desplegadas
16 a 18	Los estadios continúan hasta...
19	9 o más hojas desplegadas
5	Estadio principal de aparición del órgano floral
53	Inflorescencias claramente visibles
55	Inflorescencias hinchándose: las flores apretadas entre sí
57	Inflorescencias desarrolladas completamente: flores separándose
6	Estadio principal de floración
60	Los primeros capuchones florales separados del receptáculo
61	Comienzo de la floración: alrededor de 10% de los capuchones caídos
62	Alrededor de 20% de los capuchones caídos
63	Floración temprana: alrededor de 30% de los capuchones caídos
64	Alrededor de 40% de los capuchones caídos
65	Plena floración: alrededor de 50% de los capuchones caídos
66	Alrededor de 60% de los capuchones caídos
67	Alrededor de 70% de los capuchones caídos
68	Alrededor de 80% de los capuchones caídos
69	Fin de la floración
7	Estadio principal de formación del fruto

71	Cuajado de frutos; los frutos jóvenes comienzan a hincharse; los restos florales perdidos
73	Bayas del tamaño de un perdigón, los racimos empiezan a colgar
75	Bayas tamaño guisante; racimos colgantes
77	Las bayas comienzan a tocarse
79	Todas las bayas de un racimo se tocan
8	Estadio principal de maduración de frutos
81	Inicio de la maduración; las bayas comienzan a brillar
83	Bayas brillantes
85	Ablandamiento de las bayas
89	Bayas listas para recolectarse
9	Estadio Principal de comienzo del reposo vegetativo
91	Después de la vendimia; fin de la maduración de la madera
92	Comienzo de la decoloración foliar
93	Comienzo de la caída de las hojas
95	Alrededor del 50% de las hojas caídas
97	Fin de la caída de las hojas
99	Partes cosechadas

Diámetro medio de los troncos

Para realizar la medición del diámetro se empleó un calibrador o pie de rey y se hicieron dos medidas (diámetro mayor y menor), de las que se obtuvo una media, para cada tronco de cada una de las plantas control de los diferentes tratamientos.

Para caracterizar las plantas sometidas a control y comprobar la homogeneidad de desarrollo, justo antes de la poda, se midió el diámetro del tronco a mitad de su altura usando un calibrador o pie de rey.

Índice de área foliar

Para llevar a cabo la medición del IAF de un modo no destructivo, se llevó a cabo el diseño de un panel de PVC que permite medir el número y densidad de hojas.

El panel se construido de forma artesanal. Las dimensiones eran de 120 x 150 cm con orificios dispuestos en una trama de 10 x 10 cm. Éste tenía dos placas perforadas separadas por unos 10 cm. Los orificios en las dos placas se conectaron con pequeños tubos de metacrilato de 10 mm de diámetro, que servían de guía para la aguja de medición. Ésta era de aluminio terminada en punta redondeada.

El panel se sustentaba por dos pies telescópicos que daban estabilidad al conjunto y permitía ajustarlo en altura. En el estudio, al contar con un sistema de conducción en espaldera el panel se dispuso en vertical, paralelo a la línea de cultivo.

Para la toma de datos se procede a introducir una varilla por cada una de las coordenadas del panel y anotar en una plantilla en número de veces que toca la varilla las hojas.

Nor	Fecha:		Unidad experimental:					Altura del suelo al primer orificio: 33 cm. (±10 cm de la rasante)											Sur	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1																				1
2																				2
3																				3
4																				4
5																				5
6																				6
7																				7
8																				8
9																				9
10																				10
11																				11
12																				12
13																				13
14																				14
15																				15
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	

Figura 13: Plantilla para toma de datos IAF

El método “Point Quadrat” fue descrito, por primera vez, para calcular la distribución foliar por Levy y Madden (1933). Estos investigadores lo aplicaron a un cultivo de hierba y sobre él desplazaron una aguja en dirección vertical en un entramado de cuadrículas para poder hacer un mapa de la distribución foliar.

Este primer método descrito contaba con un inconveniente muy importante al no considerar el grado de inclinación de las hojas, obviando de esta manera los valores del área foliar del cultivo.

Wilson (1958) propone el método “Point Quadrat bidimensional”. El autor desarrolló un método que permitía determinar la inclinación foliar combinado, el número de intersecciones en dirección vertical y horizontal.

La aplicación del método propuesto por Wilson (1958) en viñas conducidas por espaldera se hace materialmente imposible. Por lo que se tomó la decisión de utilizar un método propuesto por el profesor Domingo Sáenz Pisaca en su tesis doctoral “Ecofisiología de la vid, cv. Listán Negro, cultivada en la Comarca de Tacoronte-Acentejo” (Sáenz Pisaca, 2007).

Este método consiste en llevar a cabo el protocolo de Wilson (1958) y ponderar los valores obtenidos teniendo en cuenta que las hojas no están dispuestas en un plano paralelo al del panel. Para ello, se toman 10 hojas al azar y se miden los ángulos verticales y horizontales respecto al plano del panel. Con la aplicación de una ecuación matemática, se determina en cada una la relación entre la superficie real y la proyectada sobre el plano del panel. Las medidas obtenidas con el panel se ponderan por un coeficiente que corresponde a la media de las relaciones de superficies de las diez hojas.



Fotografía 11: Panel para la medida de la distribución foliar por el método Points-Quadrates.

Con las medidas realizadas se puede calcular el IAF (Índice de Área Foliar) y el ISF (Índice de Superficie Expuesta), de la siguiente manera:

$$\text{IAF} = \frac{(\text{n}^\circ \text{ de contactos/planta}) \times 0,01(\text{m}^2/\text{contacto}) \times (\text{coeficiente de ponderación})}{3,75(\text{m}^2/\text{planta})}$$

$$\text{ISF} = \frac{(\text{n}^\circ \text{ de contactos de hojas exteriores/planta}) \times 0,01(\text{m}^2/\text{contacto}) \times (\text{coeficiente de ponderación})}{3,75(\text{m}^2/\text{planta})}$$

Fertilidad de las yemas

En el mes de julio, cuando todos los racimos habían sido emitidos, se observaron todos los brotes o sarmientos de las plantas control. Se anotó el número de brotes fértiles y se anotó el posicionamiento de cada racimo a lo largo del mismo, es decir, el nudo en el que se encontraba. Se determinó el número total de varas fértiles e infértiles por planta, y el porcentaje de racimos asociados a cada nudo.

Madera procedente de la poda

Howell (2001) recoge de diversos estudios que el concepto de una vid equilibrada está relacionado con la distribución de carbohidratos en la planta, y que este aspecto podría interpretarse a través de factores como el Índice de Ravaz. Se acepta que en viñedos equilibrados, el índice de Ravaz, calculado como el coeficiente entre la producción por planta y el peso del material de poda correspondiente al ciclo de crecimiento anual, toma valores aceptables entre 3 y 10 (Cavagnaro et al., 1997; Main et al., Alabama, 2002), y los valores óptimos entre 5 y 7 (Ravaz, 1903, citados por Vasconcelos y Castagnoli, 2001), mientras que los valores superiores a 10 indican una falta de vigor, y los menores de 3 indican un exceso de la misma, para el detrimento del rendimiento.

5.3.2. EVALUACION DE LA RESPUESTA FISIOLÓGICA AL ESTRÉS HIDRICO

Potencial hídrico foliar

Para la medida del potencial hídrico foliar se utilizó la **Cámara de Schölander**:

Este aparato dispone de una cámara, una válvula para controlar la velocidad de paso del gas a la misma, un manómetro para medir las presiones en su interior y una botella de gas que suministra la presión al sistema.

El gas utilizado era nitrógeno. La presión a la que rellenaba la botella era de 1800 psi, es decir, aproximadamente 13 MPa.



Fotografía 12: Cámara de Schölander

En este caso se efectuaron dos medidas representativas a lo largo del día en el mes de mayo y otras dos en julio, en 'predawn' (antes del amanecer) y al mediodía. Se realizaron escogiendo cuatro hojas al azar de cada tratamiento, dos con orientación Este y otras dos con orientación Oeste de la espaldera.

Para llevar a cabo la medida, se cortó el peciolo, se trasladó de inmediato al lugar donde se encontraba la cámara de Schölander, se realizó otro corte limpio con una cuchilla, se introdujo la hoja en la cámara dejando el corte practicado en el peciolo por fuera y se apretó el elastómero que proporcionaba estanqueidad a la cámara.

Se abrió el paso del gas al interior de la misma y se observó el corte detenidamente utilizando una lupa. Cuando se detectó afluencia de savia, se cerró la válvula y se anotó en la plantilla la presión registrada en el manómetro. Ésta se equiparó al potencial de agua que tenía la hoja en el momento del corte.



Fotografía 13: Medición del potencial hídrico mediante cámara de Schölander

Los datos obtenidos se anotaban en un cuaderno con la siguiente plantilla:

		19/05/2017		17/05/2017		17/07/2017		17/07/2017	
		Predawn		Mediodía		Predawn		Mediodía	
Bloque	nº orden	Hora (A)	Pot.	Hora (B)	Pot.	Hora (C)	Pot.	Hora (D)	Pot.
T3-2	1,1								
	1,2								
T4-2	2,1								
	2,2								
T2-2	3,1								
	3,2								
T1-2	4,1								
	4,2								
T1-2	4,3								
	4,4								
T2-2	3,3								
	3,4								
T4-2	2,3								
	2,4								
T3-2	1,3								
	1,4								
T1-1	5,1								
	5,2								
T2-1	6,1								
	6,2								
T3-3	7,1								
	7,2								

Figura 14: Plantilla Potencial de agua en hoja

5.3.3. EVALUACION DEL GRADO DE MADUREZ DE LA UVA

Para la valoración de la maduración se empleó un:

Refractómetro portátil: Este instrumento mide directamente la concentración de azúcar de los jugos de las frutas analizadas. Se calibró a cero utilizando agua destilada. El jugo a analizar se deposita sobre el prisma, se cierra la tapa y se dirige el instrumento hacia la luz. Basta entonces con realizar una lectura.



Fotografía 14: refractómetro portátil

Muestreo de bayas

Cuando el seguimiento fenológico determinó que las uvas habían alcanzado el estado de maduración de 'bayas brillantes' se comenzó a hacer un seguimiento de la maduración semanalmente para determinar el momento óptimo de recolección. Las lecturas comenzaron el 29 de julio, para ello se recogieron cien bayas por cada tratamiento, elegidas al azar. Dichas bayas se introdujeron en bolsas de plástico y se llevaron al laboratorio.

Para obtener un valor representativo, se cogieron bayas de cada cara de la vid, situados en las partes altas y también en las bajas, que estaban expuestos al sol y los que se encuentran sombreados.

Y dentro de cada racimo, se cogieron granos de uva de la parte alta y baja, los más maduros y los más retrasados, los situados en la cara exterior y los de la interior, los de mayor tamaño y los más pequeños, etc.



Fotografía 15: Recogida de muestras.

Obtención de la fase líquida de la muestra

Las bayas se prensaron de forma manual hasta que los hollejos estaban totalmente separados de la pulpa.

Posteriormente, la parte líquida se puso en vasos de precipitado y se filtró para eliminar las partículas más gruesas del mosto.

Determinación del contenido de sólidos solubles totales

Una vez preparada la muestra líquida se procedió a determinar el grado alcohólico probable mediante un refractómetro, depositando una gota sobre el prisma cristalino y leyendo directamente su valor a través del visor.

El grado de refracción varía con la temperatura por lo que los métodos oficiales han estandarizado la medida a 20°C. No obstante, el refractómetro empleado corrige directamente este factor.

5.3.4. EVALUACION DE LA CALIDAD DE LA UVA

La vendimia se realizó el día 6 de septiembre de 2017 cuando la uva alcanzó los 12º alcoholícos probables, según los análisis de maduración realizados previamente. Las uvas procedentes de cada tratamiento se separaron por calidades a la hora de cosecharlas, ya que algunas no llegaban al color de baya exigido por la bodega, obteniendo así un precio mayor por las de mayor calidad. La fruta vendimiada estaba sana, libre de oídio en su mayoría gracias a los tratamientos fitosanitarios realizados.

Antes de la vendimia, se recogieron cien bayas por cada bloque experimental, elegidas al azar. Dichas bayas se introdujeron en bolsas de plástico y se llevaron al laboratorio Insular de Tenerife donde se determinaron los siguientes parámetros, para valorar la calidad de las mismas:

Acidez total (g/L)
Ácido acético (g/L)
Ácido glucónico (g/L)
Ácido málico (g/L)
Ácido Tartárico (g/L)
Densidad (g/cm³)
Grado alcohólico probable (Refractometría) % Vol.
Nitrógeno fácilmente asimilable (NFA) (mg/L)
pH
Potasio (mg/L)

5.4. ANALISIS ESTADISTICO

Los datos obtenidos se analizaron mediante un paquete estadístico "SPSS". Se realizó una comprobación de la normalidad de los datos, un análisis de la varianza (ANOVA) y un test de comparación de medias con un nivel de significación del 95% de probabilidad ($P < 0.05$) separando las medias mediante el test de Tukey (si existía homogeneidad de varianza entre los datos) o el T3 Dunnet (en caso contrario).

RESULTADOS Y DISCUSION

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. CARACTERIZACION DEL CULTIVO

6.1.1. Material vegetal

La medida del diámetro del tronco puede constituir junto con otros parámetros una medida del vigor de la planta. Este parámetro se ha medido en esta explotación con anterioridad, en la campaña 2014, obteniéndose un valor medio de 30 mm. Los valores medios obtenidos en la campaña 2017 se sitúan próximos a 34 mm.

Campaña 2014		Campaña 2017			
	Media	Desv. Estándar		Media*	Desv. Estándar
T1	29,0	3,9	T1	31,6 a	3,0
T2	33,0	2,2	T2	34,7 b	3,3
T3	29,0	3,8	T3	33,9 ab	4,2
T4	29,0	2,7	T4	34,5 b	1,6

*Los valores con las mismas letras no presentan diferencias significativas de acuerdo al análisis de varianza SPSS, con un nivel de significancia de 0.05. Los valores se han sometido al test de comparación de medias T3 Dunnet.

Tiene mayor valor el tratamiento T2 con 34,7 mm de diámetro y menor el T1, con 31,6 mm. Sólo existen diferencias significativas, según el test T3 Dunnet, del tratamiento 1 con el tratamiento 2 y 4.

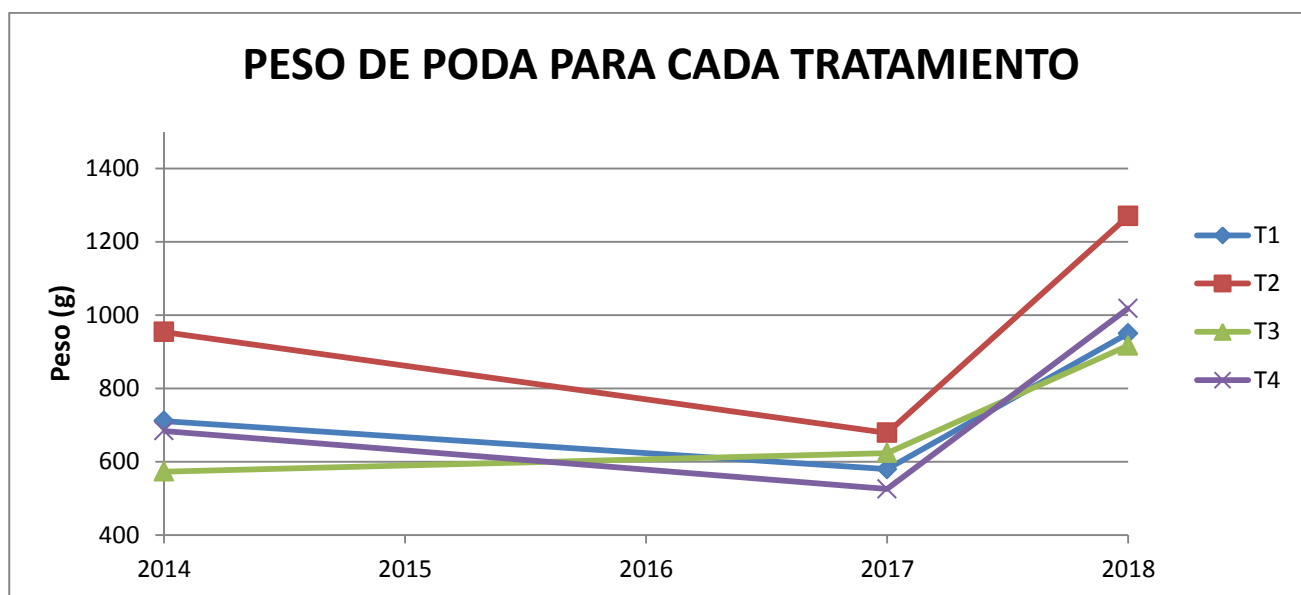


Figura 15

Otro parámetro que de alguna forma está relacionado con el vigor de las plantas es el peso de la madera de poda. Este dato se midió en tres ocasiones, en un estudio realizado con anterioridad en la campaña 2014 y en el presente estudio en enero de 2017 y enero de 2018.

Tabla 14: Seguimiento del peso de poda (g) según tratamiento en varios años.

	2014		2017		2018	
	Media	Desv. Estándar	Media	Desv. Estándar	Media	Desv. Estándar
T1	711	174	579 a	134	950 a	411
T2	954	206	679 a	228	1270 a	332
T3	573	221	624 a	404	917 a	325
T4	684	192	525 a	177	1018 a	591

*Los valores con las mismas letras no presentan diferencias significativas de acuerdo al análisis de varianza SPSS, con un nivel de significancia de 0.05. Los valores se han sometido al test de comparación de medias T3 Dunnet.

A este respecto, para las mediciones de los tres años, año 2014, 2017 y 2018: el tratamiento T2 produjo sensiblemente más peso 954 (g) (2014), 679 (g) (2017) y 1270 (g) (2018), aunque no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. También destaca el tratamiento 4 que, presentando el valor más bajo en 2017 (525 g), tuvo un valor muy superior el siguiente año 1018 (g) (2018).

6.1.2. Fenología del cultivo

Tabla 15: SEGUIMIENTO FENOLOGICO DE LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS

Fecha	16-mar.	23-mar.	29-mar.	6-abr.	14-abr.	19-abr.	28-abr.	4-may.	11-may.	19-may.	26-may.	1-jun.	7-jun.	14-jun.	23-jun.	28-jun.	5-jul.	12-jul.	19-jul.	26-jul.	2-ago.	9-ago.	16-ago.	23-ago.	30-ago.
T1	1,0	1,1	1,3	1,6	1,7	5,3	5,5	5,7	6,4	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8	8,1	8,1	8,2	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9
T2	1,0	1,1	1,3	1,6	1,7	5,3	5,6	5,6	6,2	7,0	7,3	7,5	7,7	7,8	8,1	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	8,9
T3	1,0	1,2	1,3	1,6	1,7	5,3	5,5	5,6	6,4	7,0	7,1	7,5	7,7	7,8	8,0	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9
T4	1,0	1,1	1,3	1,7	1,7	5,4	5,5	5,6	6,2	7,1	7,3	7,5	7,7	7,8	8,0	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9

TABLA 16: DURACION DE LAS DISTINTAS ETAPAS DEL CULTIVO

Ciclo Fenológico (Días)			
Brotación-Floración	Floración-Envero	Envero-Vendimia	Brotación-Vendimia
35	65	68	167

No existen diferencias fenológicas entre los diferentes tratamientos. En esta campaña el comienzo de desarrollo de las hojas tras brotación del cultivo (estado fenológico 1) se produjo en la primera quincena del mes de marzo. La floración (estado fenológico 5) se manifestó a finales del mes de abril y el comienzo del envero (estado fenológico 8) a principio del mes de julio. La maduración enológica (vendimia) se alcanzó a principios del mes de septiembre.

6.1.3. Desarrollo vegetativo

Para contar con una referencia del desarrollo vegetativo del cultivo, se determinó el Índice de área foliar (IAF) y el Índice de superficie foliar (ISF) de la planta situada en el lisímetro y en una planta representativa de cada uno de los tratamiento que, aunque no se pueden someter a análisis estadístico por ser un número insuficiente de datos, nos permiten hacer una idea visual del estado y evolución de cada tratamiento.

Tabla 17: INDICADORES DEL DESARROLLO VEGETATIVO						
Fecha	Días del año	Unidad Experimental	L.A.I. Ajustado	I.S.F.	Superficie Total (m ²)	Superficie Expuesta (m ²)
22-may.	142	T1: Lisímetro	0,593	0,497	2,22	1,86
24-jul.	205	T1: Lisímetro	0,743	0,624	2,79	2,34
26-may.	146	T1: Bloque 5-Planta 4	0,446	0,347	1,67	1,30
24-jul.	205	T1: Bloque 5-Planta 4	0,406	0,338	1,52	1,27
26-may.	146	T2: Bloque 6-Planta 1	0,404	0,336	1,52	1,26
24-jul.	205	T2: Bloque 6-Planta 1	0,543	0,438	2,04	1,64
26-may.	146	T3: Bloque 7-Planta 5	0,315	0,253	1,18	0,95
24-jul.	205	T3: Bloque 7-Planta 5	0,435	0,357	1,63	1,34
26-may.	146	T4: Bloque 8-Planta 6	0,361	0,328	1,35	1,23
24-jul.	205	T4: Bloque 8-Planta 6	0,455	0,407	1,71	1,53

Se observa como el área foliar aumenta, previendo que continúe así hasta el momento de envero, para a continuación descender drásticamente hasta llegar al momento de la vendimia.

Se aprecia que el lisímetro experimenta un descenso mayor que el resto de plantas del mismo tratamiento (T1), debido posiblemente al estrés hídrico superior provocado por la constricción de las raíces dentro del contenedor de medida.

Para comprobar si las plantas se encuentran en un estado de equilibrio entre desarrollo vegetativo y productivo, se determinó el Índice de Ravaz a partir de los pesos de poda (correspondientes al desarrollo vegetativo del año 2017) y de la producción de uva obtenida en ese mismo año.

Tratamiento	Media	Desv. Estándar
1	2,59 a	1,56
2	2,44 a	1,39
3	2,18 a	1,11
4	2,27 a	1,52

***Los valores con las mismas letras no presentan diferencias significativas de acuerdo al análisis de varianza SPSS, con un nivel de significancia de 0.05. Los valores se han sometido al test de comparación de medias Tukey.**

Según los datos obtenidos y los valores recomendados por Vasconcelos y Castagnoli (2000), nuestra viña presenta un estado de equilibrio, aproximándose al exceso de vigor en todos los tratamientos.

Realmente, más que exceso de vigor, se concluye que la circunstancia que hace que el índice de Ravaz sea muy bajo es debido a la baja productividad del cultivo. Posiblemente en nuestra ubicación no tengamos muchas más alternativas para lograr obtener un relación vegetativa-fructífera más equilibrada.

6.2. EVALUACION DE LA RESPUESTA FISIOLÓGICA AL ESTRÉS HÍDRICO

6.2.1. Demanda evapotranspirativa y dotaciones de riego

Según el protocolo aplicado las dotaciones de riego de cada tratamiento ascenderían a 1820, 1380, 480 y 0 m³/ha, para los tratamientos 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

Las precipitaciones en el periodo de riegos (brotación-envero) fueron de 85 mm (850 m³/ha).

Sumando las dos cantidades anteriores la cantidad de agua aportada al cultivo vía riego + precipitaciones ascendió a 2670, 2230, 1330 y 850 m³/ha, para los tratamientos 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

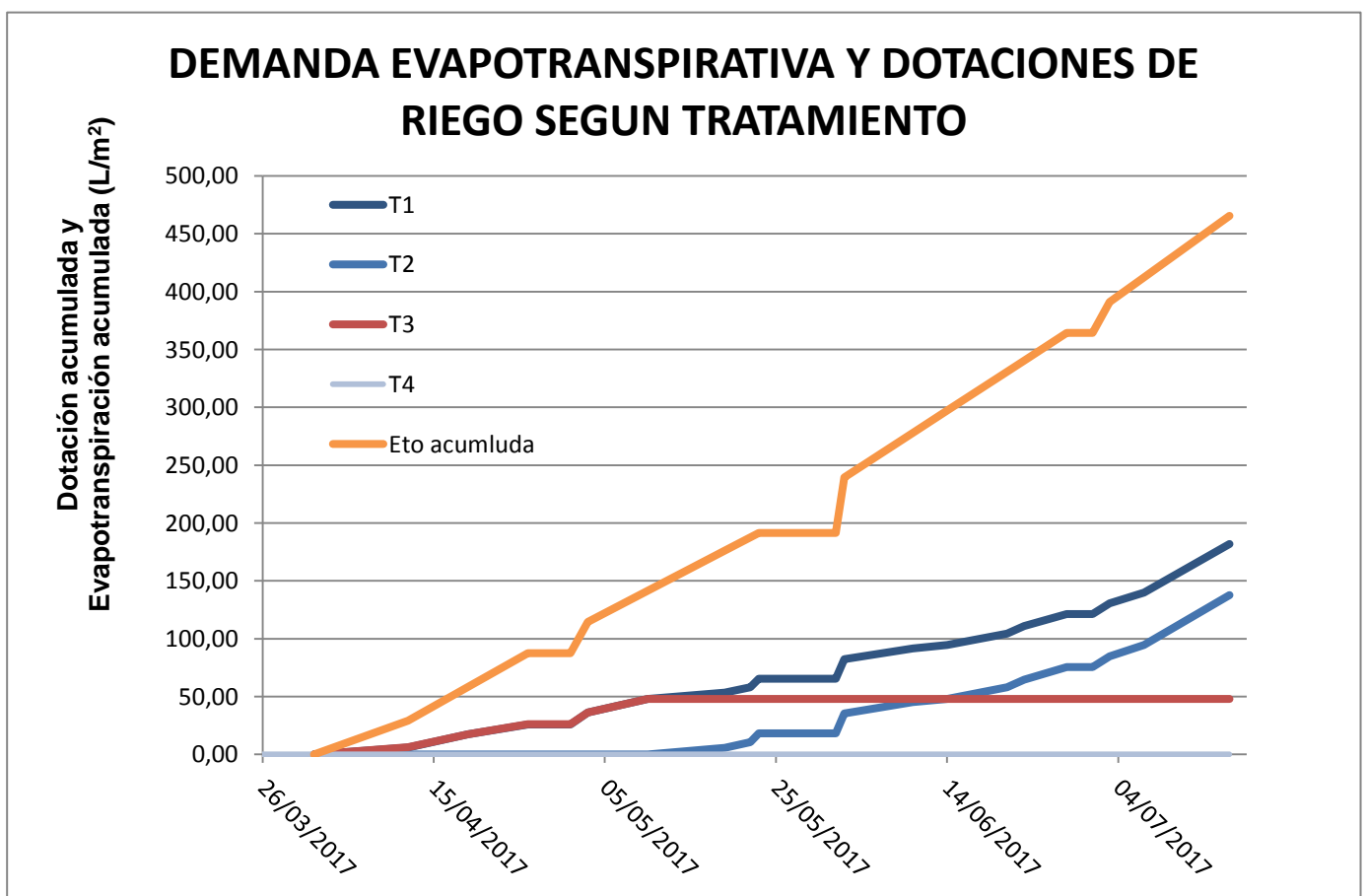


Tabla 19: DOTACIONES DE RIEGO ACUMULADAS (Litros/planta)

T1		T2		T3		T4	
L/pl.	L/m ²	L/pl.	L/m ²	L/pl.	L/m ²	L/pl.	L/m ²
683	182	517	138	180	48	0	0

6.2.2. Medición del potencial del agua en hoja

Se ha medido el potencial hídrico como parámetro indicador del estado hídrico en vid. Para estudiar el comportamiento del potencial hídrico se eligieron hojas situadas a ambos lados de la espaldera para que el global de los resultados representara el estado de toda la planta.

Tratamiento	Predawn (MPa)			Mediodía (MPa)	
	Media	Desv. Estándar	Estado* hídrico	Media	Desv. Estándar
1	0,096 a	0,03	Ausencia de déficit	0,700 a	0,07
2	0,079 a	0,03		0,683 a	0,12
3	0,092 a	0,03		0,704 a	0,08
4	0,083 a	0,03		0,763 a	0,11

*Estado hídrico de la planta según Carbonneau (1998).

Los valores con las mismas letras no presentan diferencias significativas de acuerdo al análisis de varianza SPSS, con un nivel de significancia de 0.05. Los valores se han sometido al test de comparación de medias Tukey.

La evolución de los potenciales de agua en hoja a lo largo del día de los distintos tratamientos fue muy similar. Se observan valores muy bajos (0,06-0,08 MPa) a primera hora del día lo cual evidencia una alta disponibilidad de agua en el suelo. Los potenciales alcanzados al mediodía son más elevados, debido a una mayor demanda evapotranspirativa a esa hora.

No existen diferencias significativas entre los tratamientos a ambas horas del día.

Tratamiento	Predawn (MPa)			Mediodía (MPa)	
	Media	Desv. Estándar	Estado* hídrico	Media	Desv. Estándar
1	0,233 a	0,04	Déficit moderado	0,621 a	0,07
2	0,254 a	0,05		0,642 ab	0,12
3	0,246 a	0,04		0,750 b	0,08
4	0,250 a	0,05		0,696 ab	0,11

*Estado hídrico de la planta según Carbonneau (1998).

Los valores con las mismas letras no presentan diferencias significativas de acuerdo al análisis de varianza SPSS, con un nivel de significancia de 0.05. Los valores se han sometido al test de comparación de medias Tukey.

El potencial de agua en hoja medido antes del amanecer fue muy similar para los tratamientos, clasificando según Carbonneau (1998), como déficit hídrico moderado. En cambio, para los valores de potencial de agua en hoja medidos al mediodía, se observan diferencias significativas entre T1 Y T3, presentando los valores más elevados (en términos absolutos) el tratamiento 3. Esto puede deberse a que dicho tratamiento tuvo un gran desarrollo vegetativo entre la brotación y el envero (sin estrés hídrico) y,

posteriormente, se dejó de regar tras la floración, provocando un aumento de transpiración global de la planta debido a una mayor superficie foliar.

Carbonneau (1998) declara que con potenciales de agua en hoja antes del amanecer mayores a -2 bar las plantas no experimentan una restricción hídrica, o si acaso experimentan una leve restricción. En consonancia con dicha afirmación tenemos que suponer que en nuestro caso las plantas no estarían sometidas a una importante restricción hídrica.

6.3. FERTILIDAD DE LAS YEMAS

Este valor se midió en campañas anteriores (2014) en las plantas control, con un valor medio y la desviación típica de las plantas pertenecientes a los distintos tratamientos de 28, 31, 29, 27 (brotes) y 4'5, 4'2, 6'3, 6'2 para los tratamientos 1, 2, 3 y 4, respectivamente. Los datos obtenidos en la campaña 2017 son los siguientes:

TABLA 22: RENDIMIENTO VEGETATIVO Y FRUCTIFERO						
Trat.	Brotes/Planta		Nº Racimos/Planta		Porcentaje de racimos/brote	
	Media	Desv. Estándar	Media	Desv. Estándar	Media	Desv. Estándar
1	17,8 b	3,187	7,7 a	2,173	44,9 a	16,781
2	20,4 ab	3,879	9,7 a	4,207	47,2 a	16,891
3	19,6 ab	5,389	9,0 a	5,254	43,7 a	19,449
4	21,1 a	3,444	9,6 a	5,123	45,9 a	25,763

Los valores con las mismas letras no presentan diferencias significativas de acuerdo al análisis de varianza SPSS, con un nivel de significancia de 0.05. Los valores se han sometido al test de comparación de medias T3 Dunnet para los brotes/planta y el nº de racimos/planta y el test de Tukey para el porcentaje de racimos/brote.

El número de brotes muestra diferencias significativas, para la campaña 2017, entre el tratamiento 1 y el tratamiento 4, donde el tratamiento 4 presenta (además de un mayor peso de poda tras la vendimia) un mayor número de brotes por planta (21,1 brotes); el tratamiento 1, posee una media de 17,8 brotes. El tratamiento 4 está seguido del tratamiento dos, que presenta el segundo mayor resultado tanto en peso de poda como en número de yemas, aunque no resulte significativo. Quedando el tratamiento 3 con un valor ligeramente inferior.

Además, el tratamiento T2 con un número de brotes/planta de 20,4, presenta el mayor valor de número de racimos/planta. Esta mayor respuesta productiva se relaciona directamente con su desarrollo vegetativo expresado como peso de madera de poda 954 (g) (2014); 679 (g) (2017) y 1270 (g) (2018). Este tratamiento registra también el mayor porcentaje de racimos por brote (0,47). Sorprendentemente, todos los índices mostrados en la tabla 22 para el tratamiento 2 superan a los del tratamiento 1, aun habiendo recibido

menos aportaciones de agua a través del riego como consecuencia de la restricción de éste en el primer periodo que va desde la brotación hasta la floración.

TABLA 23: FERTILIDAD DE LAS YEMAS SEGÚN SU POSICIÓN EN EL BROTE

Trat.	% de racimos en 1º nudo	% de racimos en 2º nudo	% de racimos en 3º nudo	% de racimos en 4º nudo	% de racimos en 5º nudo	% de racimos en 6º nudo
1	1	5	13	38	42	2
2	1	5	10	45	38	1
3	0	4	6	38	46	4
4	0	3	6	58	35	1

Prácticamente la mitad de los racimos producidos se sitúan en el 4ª nudo (contada desde la base del brote excluyendo la yema basal). Aproximadamente el 85% de los racimos se encuentran en los nudos 4º y 5º.

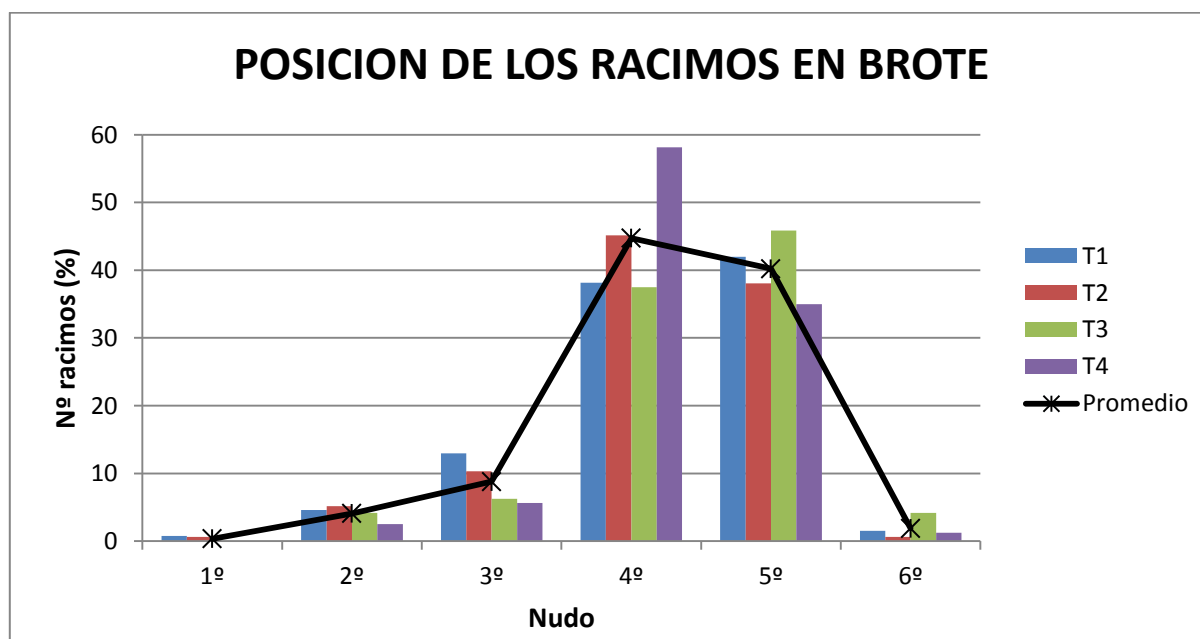


Figura 17

6.4. MEDIDA DEL GRADO DE MADURACION DE LA UVA.

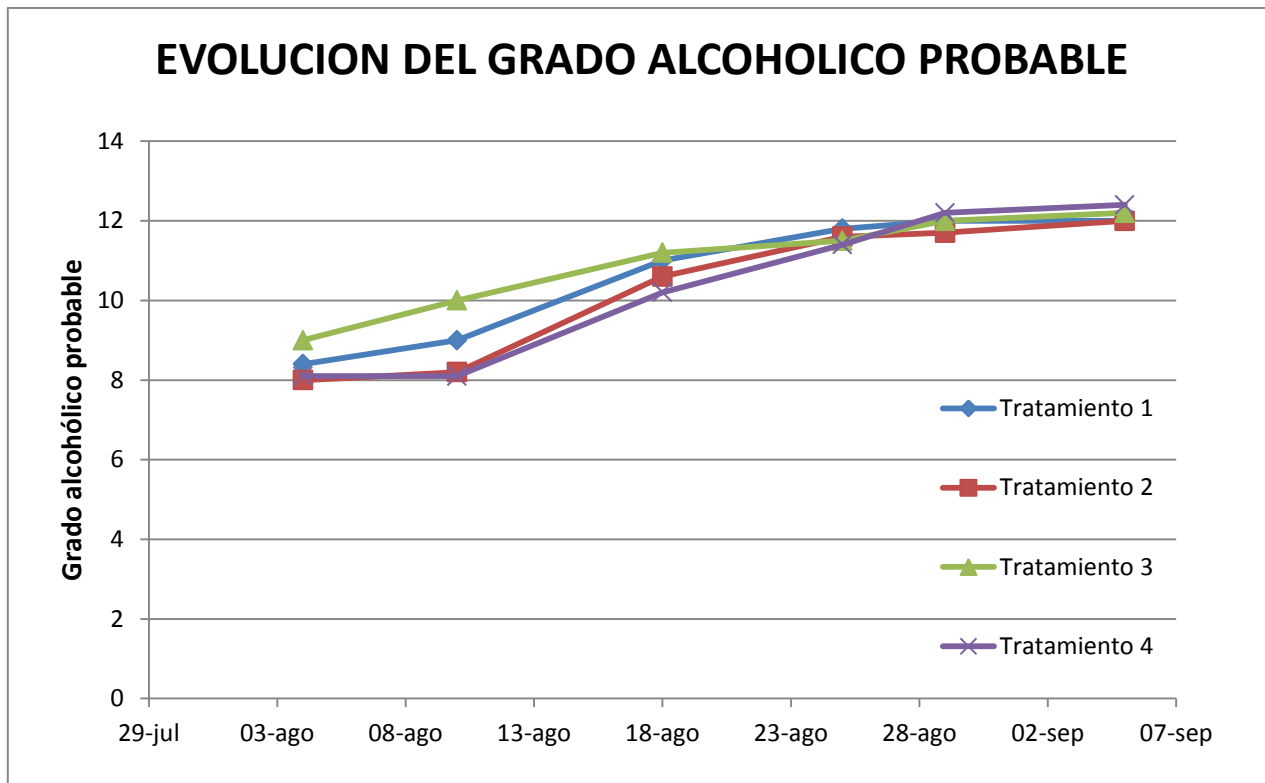


Figura 18

Cuando el seguimiento fenológico determinó que las uvas habían alcanzado el estado de maduración de 'bayas brillantes' se comenzó a hacer un seguimiento de la maduración para determinar el momento óptimo de recolección. Las lecturas comenzaron el 29 de julio y se realizaron semanalmente hasta la vendimia, el 6 de septiembre.

Se observa que en el tratamiento T1 y T2 (los de mayor dotación de riego), en el día previo a la vendimia tienen un grado alcohólico probable ligeramente menor, aunque no hay diferencias significativas entre tratamientos.

En las primeras lecturas se observaron valores sensiblemente entre los tratamientos que tendieron a desaparecer cuando se alcanzó la fecha de vendimia.

6.5. MEDIDA DE LA CALIDAD DE LA UVA

Tabla 24: ANALISIS DEL MOSTO

Tratamiento	1		2		3		4	
	Media	Desv. Estándar	Media	Desv. Estándar	Media	Desv. Estándar	Media	Desv. Estándar
Acidez total (g/L)	5,33 a	0,30	5,30 a	0,36	5,13 a	0,15	5,27 a	0,21
Ácido acético (g/L)	0,04 a	0,01	0,02 a	0,02	0,04 a	0,02	0,05 a	0,04
Ácido glucónico (g/L)	< 0,1	-	< 0,1	-	< 0,1	-	< 0,1	-
Ácido málico (g/L)	2,17 a	0,12	1,57 a	0,31	1,83 a	0,15	2,00 a	0,42
Ácido tartárico (g/L)	3,10 a	0,00	3,17 a	0,12	3,30 a	0,10	3,20 a	0,00
Densidad (g/mL)	1,09 a	0,01	1,09 a	0,01	1,10 a	0,01	1,06 a	0,07
Grado alcohólico probable (Refractometría) % Vol.	12,27 a	0,47	11,97 a	0,32	12,80 a	0,35	12,67 a	0,31
Nitrógeno fácilmente asimilable (NFA) (mg/L)	<20	-	<20	-	<20	-	<20	-
pH	3,48 a	0,04	3,41 a	0,05	3,57 a	0,85	3,55 a	0,09
Potasio (mg/L)	891 a	14,57	789 a	142,45	908 a	195,76	955 a	102,53

Los valores con las mismas letras no presentan diferencias significativas de acuerdo al análisis de varianza SPSS, con un nivel de significancia de 0.05. Todos los valores se han sometido al test de comparación de medias Tukey, excepto la densidad, en la que se ha empleado el método T3 Dunnet.

Observando los resultados del análisis del mosto procedente de las muestras recogidas en el momento de la vendimia podemos advertir que no los parámetros medidos son muy similares en todos los tratamientos. En unos casos, los tratamientos que han recibido una mayor dotación hídrica muestran un valor ligeramente más alto en cuanto a acidez total se refiere, mientras que en lo que se refiere a la medida del color y al grado alcohólico probable, los valores de los tratamientos que han recibido menor dotación de riego son ligeramente más altos. No obstante, los test estadísticos aplicados a la totalidad de los parámetros no arrojan diferencias significativas entre tratamientos, en todos ellos.

El valor medio del grado alcohólico obtenido de las muestras de cada tratamiento osciló entre 12,8° (T3) y 11,97° (T2). Tanto los pH como la acidez total se mantienen dentro de unos valores adecuados.

6.6. EVALUACION DE LA PRODUCCION

Los datos recopilados muestran el número total de racimos cosechados, el peso del conjunto de los racimos de cada pie, el peso medio de los racimos, el peso medio de las bayas y el tamaño medio de las bayas.

Tabla 25: DATOS DE PRODUCTIVIDAD OBTENIDOS

Trat.	Nº Racimos/planta		Peso/planta (kg)		Peso del racimo (g)		Peso de la baya (g)		Tamaño de la bayas (mm)	
	Media	Desv. Estánd.	Media	Desv. Estánd.	Media	Desv. Estánd.	Media	Desv. Estánd.	Media	Desv. Estánd.
1	7,70 a	2,17	2,09 a	0,78	277,47 a	80,91	2,92 a	0,78	15,68 a	2,54
2	9,68 a	4,21	2,93 a	1,45	304,81 a	57,09	2,95 a	0,80	14,98 a	4,51
3	9,00 a	5,25	2,11 a	1,56	255,68 a	160,10	2,72 a	0,86	15,38 a	3,55
4	9,64 a	5,12	2,21 a	1,38	216,76 a	49,90	2,68 a	0,74	16,60 a	3,07

Los valores con las mismas letras no presentan diferencias significativas de acuerdo al análisis de varianza SPSS, con un nivel de significancia de 0.05. Los valores se han sometido al test de comparación de medias Tukey.

Según el análisis estadístico no se aprecian diferencias significativas de la productividad en los tratamientos, aunque para el tratamiento T1 se observa un valor ligeramente inferior de racimos que en el resto de tratamientos, a pesar de que estos poseían un mayor peso. El tratamiento T2, con un mayor número de racimos por planta, muestra también un mayor peso por racimo, siendo el tratamiento con mayor productividad y con un mayor peso por baya, aunque estas son sensiblemente de menor tamaño. Sorprende que el tamaño medio de la baya sea mayor en el tratamiento sin aportación de agua a través del riego (T4).

El valor absoluto de productividad del tratamiento 2 es sensiblemente mayor en un 30% respecto a los tratamientos 1 y 3 y un 25% respecto al tratamiento 4. A pesar de ello, el test de separación de medias de Tukey nos dice que no existen diferencias significativas entre los tratamientos.

CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES

Durante el invierno precedente a la primavera de 2017, fecha de la experiencia que se estudia en este trabajo, se registró una pluviometría considerable lo que hizo que la reserva de agua en el suelo fuera alta en el periodo de crecimiento vegetativo de la viña. Esta situación se constató con las medidas de los potenciales de agua en hoja antes del amanecer en el mes de mayo. Éstos se situaron por debajo de 0,1 MPa. Medidas efectuadas en el mes de julio, dos semanas antes del envero, mostraron también valores relativamente bajos (0,25 MPa).

En función del protocolo propuesto, las cantidades de agua aportadas a través del riego fueron las siguientes: T1 (riego entre brotación y envero): 182 mm; T2 (riego entre brotación y floración): 137,8 mm; T3 (riego entre floración y envero): 48,0 mm y T4 (no se regó). La Evapotranspiración de referencia (Penman-Monteith, FAO 56) acumulada durante el periodo que iba desde brotación a envero fue de 465,59 mm.

Después de realizar un análisis estadístico de los parámetros medidos en campo, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (nivel de confianza del 95%), para el número de yemas brotadas/planta, peso medio del racimo, peso medio de la baya, Índice de Ravaz y Potencial de agua en hoja antes del amanecer y a mediodía (mayo y junio). Así mismo, tampoco se observaron diferencias significativas en la productividad del cultivo y en los parámetros relacionados con el potencial enológico de la fruta (Acidez total, ácido acético, ácido glucónico, ácido málico, ácido tartárico, grado alcohólico probable, nitrógeno fácilmente asimilable, pH y potasio).

Por tanto, se concluye que en las condiciones edafoclimáticas de la parcela de ensayo de 'Tahonilla Alta', con una demanda evapotranspirativa moderada, un suelo profundo y una pluviometría media próxima a los 600 mm, la aportación suplementaria de agua a través del riego no parece que afecte sensiblemente al rendimiento y a la calidad de la fruta cosechada para la vinificación.

7. CONCLUSIONS

During the winter, before the spring of 2017, date of the experience that was studied in this work, a considerable rainfall was registered that made the reserve of water in the soil outside of the period in the period of vegetative growth of the vineyard. This situation is maintained with the measurements of water factors on the leaf before dawn in May. These were below 0.1 MPa. The measurements made in the month of July, the weeks before veraison, can also be relatively liquid (0.25 MPa).

According to the proposed protocol, the quantities of water contributed through the water were the following: T1 (water between sprouting and veraison): 182 mm; T2 (irrigation between sprouting and flowering): 137.8 mm; T3 (irrigation between flowering and veraison): 48.0 mm and T4 (it was not watered). The reference evapotranspiration (Penman-Monteith, FAO 56) accumulated during the period that passed from sprouting to a veraison of 465.59 mm.

After performing a statistical analysis of the parameters measured in the field, no difference was observed in the proportions between treatments, 95% confidence level, for the number of buds budded / plant, average weight of the bunch, average weight of life , Ravaz Index and leaf water potential before sunrise and at noon (May and June). Likewise, no significant differences were observed in the productivity of the crop and in the parameters related to the enological potential of the fruit (Total acidity, acetic acid, gluconic acid, malic acid, tartaric acid, probable alcoholic degree, easily assimilable nitrogen, pH and potassium).

Therefore, it is concluded that the edaphoclimatic conditions of the 'Tahonilla Alta' trial series, with a moderate evapotranspiration demand, a deep soil and a rainfall of approximately 600 mm, the supplementary supply of water through irrigation doesn't affect the yield and quality of the fruit harvested for winemaking.

BIBLIOGRAFIA

8. BIBLIOGRAFIA

- Acevedo-Opazo, C., Ortega-Farias, S. And Fuentes, S., 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. *Agricultural Water Management*, vol. 97, no. 7, pp. 956-964 ISSN 0378-3774. DOI 10.1016/j.agwat.2010.01.025.
- Alcázar, J.I.F., 2011. Costes De Cultivo En Viñedo: Con Los Rendimientos De Esta Cosecha, El Umbral De Rentabilidad Se Sitúa En 0,58 Euros/kg De Uva Por Cultivo En Vaso Y 0,61 En Espaldera. *Cuaderno De Campo*, no. 46 [Consultado May 16, 2018], pp. 4-13. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3364512> ISSN 1137-2095.
- Alícia Pou, et al, 2012. Anisohydric Behaviour in Grapevines Results in Better Performance Under Moderate Water Stress and Recovery than Isohydric Behaviour. *Plant and Soil*, Oct 1, vol. 359, no. 1/2, pp. 335-349. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/24370286> ProQuest Central Student. ISSN 0032-079X. DOI 10.1007/s11104-012-1206-7.
- Ayers, R. S. y Westcot, D. W. La Calidad del agua en la agricultura. Estudio FAO. Riego y Drenaje. N° 29, Rev.21. Roma: FAO, 1987. 174 p. ISBN: 92-5-302263-9.
- Bondada, B. And Shutthanandan, J., 2012. Understanding Differential Responses of Grapevine (*Vitis Vinifera* L.) Leaf and Fruit to Water Stress and Recovery Following Re-Watering. *American Journal of Plant Sciences*, vol. 3, no. 9, pp. 1232-1240 CrossRef. ISSN 2158-2742. DOI 10.4236/ajps.2012.39149.
- Bota, J., et al, 2016a. Differences among Grapevine Cultivars in their Stomatal Behavior and Water use Efficiency Under Progressive Water Stress. *Agricultural Water Management*, /01/31, vol. 164 [Consultado May 9, 2018], pp. 91-99. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/accedys2.bbtk.ull.es/science/article/pii/S0378377415300627> ISSN 0378-3774. DOI 10.1016/j.agwat.2015.07.016.
- Bota, J., et al, 2016b. Differences among Grapevine Cultivars in their Stomatal Behavior and Water use Efficiency Under Progressive Water Stress. *Agricultural Water Management* ISSN 0378-3774.
- Brillante, L., Mathieu, O., Lévêque, J. And Bois, B., 2016. Ecophysiological Modeling of Grapevine Water Stress in Burgundy Terroirs by a Machine-Learning Approach. *Frontiers in Plant Science*, vol. 7, pp. 796. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27375651> PubMed. ISSN 1664-462X. DOI 10.3389/fpls.2016.00796.
- Cánovas, J. Calidad agronómica de las agua para riego. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, 1986.
- Carricaburu, J. Calidad de agua para riego: básico. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Montevideo, Uruguay, 1998, 30 pp.
- Cretazzo, E., 2015. Respuesta Al Déficit Hídrico De La Vid: Maneras De Adaptarse a La Sequía Al Incrementar La Eficiencia En El Uso Del Agua. *Encuentros En La Biología*, vol. 9, no. 156 [Consultado May 9, 2018], pp. 38-43. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5401082&info=resumen&idioma=SPA>, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5401082&info=resumen&idioma=ENG> ISSN 1134-8496.
- D. O. Tacoronte-Acentejo, 2017a. Los Próximos 25 Años: Algunos Retos. *Denominación De Origen Tacoronte-Acentejo. Vinos, Viñas Y Noticias*, martes, 18 de julio de [Consultado Apr 30, 2018]. Disponible en: <http://tacovin.blogspot.com.es/2017/07/los-proximos-25-anos-algunos-retos.html>.
- El vino y el cambio climático, 2017b. martes, 21 de noviembre de [Consultado Apr 30, 2018]. Disponible en: <http://tacovin.blogspot.com.es/2017/11/el-vino-y-el-cambio-climatico.html>.
- Cambio climático: los chicos de Davos lo tienen claro, 2018. lunes, 19 de febrero de [Consultado Apr 30, 2018]. Disponible en: <http://tacovin.blogspot.com.es/2018/02/cambio-climatico-los-chicos-de-davos-lo.html>.

Dirk Godenau, Jose Juan Cáceres Hernández and José Ignacio González Gómez., 2014. *Tamaño, Costes Y Viabilidad Empresarial En El Sector Vitivinícola De Canarias*.

Extracted from a (Agric.) thesis presented to the University of Stellenbosch, 1984. Promoter: Prof J.H. Visser The assistance of the Soil Science Staff of the YORI is gratefully acknowledged. Submitted for publication: August 1987 Accepted for publication: October 1987 Keywords: grapevine water stress. leaf water potential, stomata! resistance and photosynthesis. *J.L. Van Zyl*.

Ferreira E., R., et al, 2002. Efectos De La Restricción Del Riego En Distintos Períodos De Desarrollo De La Vid Cv. Cabernet Sauvignon Sobre Producción Y Calidad Del Vino. *Agricultura Técnica*, 07/, vol. 62, no. 3 [Consultado May 9, 2018], pp. 406-417. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0365-28072002000300006&lng=es&nrm=iso&tlng=es ISSN 0365-2807. DOI 10.4067/S0365-28072002000300006.

Ferreira, R.E., Sellés, G.V., Ruiz, R.S. And Sellés, I.M., 2003. Effect of Water Stress Applied at Different Development Periods of Grapevines Cv. Chardonnay on Production and Wine Quality. *Agricultura Técnica*, Oct 16, vol. 63, no. 3. Disponible en: <http://www.bioline.org.br/abstract?id=at03031> ISSN 0365-2807.

Ferreira, R., et al, 2006. Efecto Del Agua Aplicada En Las Relaciones Hídricas Y Productividad De La Vid 'Crimson Seedless'. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Jul, vol. 41, no. 7, pp. 1109-1118. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-204X2006000700006&lng=en&nrm=iso&tlng=es CrossRef. ISSN 0100-204X. DOI 10.1590/S0100-204X2006000700006.

Gaudin, R., et al, 2014. A Water Stress Index Based on Water Balance Modelling for Discrimination of Grapevine Quality and Yield. *OENO One*, Jan 31, vol. 48, no. 1, pp. 1 CrossRef. ISSN 2494-1271. DOI 10.20870/oeno-one.2014.48.1.1655.

Girona, J., et al, 2009. Phenological Sensitivity of Berry Growth and Composition of Tempranillo Grapevines (*Vitis Vinifera* L.) to Water Stress. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, Oct, vol. 15, no. 3, pp. 268-277. Disponible en: <http://www.ingentaconnect.com/content/bpl/ajgw/2009/00000015/00000003/art00009> CrossRef. ISSN 1322-7130. DOI 10.1111/j.1755-0238.2009.00059.x.

Gómez-Del-Campo, M., Baeza, P., Ruiz, C. And Lissarrague, J.R., 2005. Effects of Water Stress on Dry Matter Content and Partitioning in Four Grapevine Cultivars (*Vitis Vinifera* L.). *OENO One*, Mar 31, vol. 39, no. 1, pp. 1 CrossRef. ISSN 2494-1271. DOI 10.20870/oeno-one.2005.39.1.905.

Hochberg, U., et al, 2013. Metabolite Profiling and Network Analysis Reveal Coordinated Changes in Grapevine Water Stress Response. *BMC Plant Biology*, vol. 13, no. 1, pp. 184. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24256338> MEDLINE. ISSN 1471-2229. DOI 10.1186/1471-2229-13-184.

Instituto Canario de Calidad Agroalimentaria., 2008. *Análisis De La Competitividad Del Subsector vitivinícola Canario*.

Instituto Canario de Calidad Agroalimentaria, 2007. ICCA, Instituto Canario De Calidad Agroalimentaria. *Rincones Del Atlántico*, Nº. 4, 2007, Pag. 42, no. 4, pp. 42. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=2489414>.

Islam, M.T. And Berrios, J.G., 2012. Physiological Behaviors and Recovery Responses of Four Galician Grapevine (*Vitis Vinifera* L.) Cultivars Under Water Stress. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, Nov 1, vol. 8, no. 4, pp. 302-321. Disponible en: <https://doaj.org/article/cce39bec342b42be95e06eb147d91183> ISSN 1997-0838.

Lanari, V., Silvestroni, O., Palliotti, A. And Sabbatini, P. *Folia Horticulturae*.

Lezama Delgado, E., Sainos, P. And Martínez, A.J., 2007a. *El Tamaño Sí Importa*. Red Instituto de Ecología A.C, Jan 1,.

Lezama Delgado, E., Sainos, P. And Martínez, A.J., 2007b. *El Tamaño Sí Importa*. Red Instituto de Ecología A.C, Jan 1,.

M. Gómez-Del-Campo, P. Baeza, C. Ruiz and J. R. Lissarrague. *Water-Stress Induced Physiological Changes in Leaves of Four Container-Grown Grapevine Cultivars (Vitis Vinifera L.)*.

Macías Hernández, A., M., 1983. *Algunas Consideraciones Sobre La Economía Canaria Entre 1900-1936*.

Marco Bindi, et al, 2005. Influence of Water Deficit Stress on Leaf Area Development and Transpiration of Sangiovese Grapevines Grown in Pots. *American Journal of Enology and Viticulture*, Mar 1, vol. 56, no. 1, pp. 68. Disponible en: <http://www.ajevonline.org/content/56/1/68.abstract> ISSN 0002-9254.

María Gómez-del-Campo, Constantino Ruiz and José Ramón Lissarrague, 2002. Effect of Water Stress on Leaf Area Development, Photosynthesis, and Productivity in Chardonnay and Airén Grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, Jan 1, vol. 53, no. 2, pp. 138. Disponible en: <http://www.ajevonline.org/content/53/2/138.abstract> ISSN 0002-9254.

Medrano, H., Flexas, J. And Galmés, J., 2009. Variability in Water use Efficiency at the Leaf Level among Mediterranean Plants with Different Growth Forms. *Plant and Soil*, vol. 317, no. 1-2, pp. 17-29 ISSN 0032-079X. DOI 10.1007/s11104-008-9785-z.

Medrano, et al., 2007. *Investigaciones Geográficas (Esp) E-ISSN: 1989-9890 Inst.Geografía@ua.Es Universidad De Alicante España*. Instituto Interuniversitario de Geografía[Consultado May 9, 2018].Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17604304> ISBN 0213-4691,19899890.

Merli, M.C., et al., 2015. *Water use Efficiency in Sangiovese Grapes (Vitis Vinifera L.) Subjected to Water Stress before Veraison: Different Levels of Assessment Lead to Different Conclusions*. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10807/71411> DOI 10.1071/FP14112.

Orobal Úbeda, D. and Fenollosa Ribera, M.L., 2016. *Estudio De Viabilidad Económica De Una Explotación Agrícola En Almussafes (Valencia) *; Universitat Politècnica De València: .

Sáenz Pisaca, D. and Rodríguez Alonso, J., 2018. *Estudio De La Ecofisiología De La Viña (Cv. Listán Negro) Y La Respuesta Fisiológica Y Productiva Al Estrés Hídrico En Las Distintas Etapas De Su Cultivo*. Universidad de La Laguna, Junio,.

Sáenz Pisaca, D., 2007. *Ecofisiología De La Vid, Cv. Listán Negro, Cultivada En La Comarca De Tacoronte-Acentejo*. D. Morales Méndez, M.S. Jiménez Parrondo and Universidad de La Laguna. Departamento de Biología Vegetal eds., La Laguna: Tesis-Universidad de La Laguna.

Saenz Pissaca, D. and Pérez Marrero, P., 2016. *Respuesta Fisiológica Y Productiva De Vitis Vinifera (Listán Negro) A Distintos Tratamientos Hídricos En Distintas Etapas De Su Ciclo De Cultivo*. La Laguna, Santa Cruz de Tenerife: , Julio,.

Sánchez, D.M., 2008. *Producción Y Distribución De Fotoasimilados En La Vid (Vitis Vinifera L.) Durante El Período De Maduración : Cambios En La Respuesta Fotosintética a La Luz De Las Hojas Por Factores Biológicos, Ambientales Y Culturales*. Lissarrague Garcia - Gutierrez, José Ramón ed., .

Tarara, J.M. and PEREZ PEÑA, J.E., 2015. *Moderate Water Stress from Regulated Deficit Irrigation Decreases Transpiration Similarly to Net Carbon Exchange in Grapevine Canopies*. NewsRX LLC, Oct 27, ISBN 1552-2466.

Tomás, M., et al, 2012. Water-use Efficiency in Grapevine Cultivars Grown Under Controlled Conditions: Effects of Water Stress at the Leaf and Whole-plant Level. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, Jun, vol. 18, no. 2, pp. 164-172. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1755-0238.2012.00184.x> ISSN 1322-7130. DOI 10.1111/j.1755-0238.2012.00184.x.

Wenter, A., Et Al, 2010. Effect Of Different Timings And Intensities Of Water Stress On Yield And Berry Composition of Grapevine (Cv. Sauvignon Blanc) in a Mountain Environment. *Scientia Horticulturae*, vol. 123, no. 4, pp. e22. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423809005548> CrossRef. ISSN 0304-4238. DOI 10.1016/S0304-4238(09)00554-8.

Williams, L.E. And Trout, T.J., 2005. Relationships Among Vine- And Soil- Based Measures Of Water Status In A Thompson Seedless Vineyard in Response to High- Frequency Drip Irrigation. *American Journal of Enology and Viticulture; Relationships among Vine- and Soil-Based Measures of Water Status in a Thompson Seedless Vineyard in Response to High-Frequency Drip Irrigation*, vol. 56, no. 4, pp. 357-366 ISSN 0002-9254.

APENDICES

APENDICE I Y II:

El apéndice I muestra el resultado del análisis del agua de riego empleada en la parcela experimental 'Tahonilla Alta'.

El apéndice II muestra el análisis de la muestra de suelo tomada en la misma parcela.

Apéndice I: Análisis de Agua



Laboratorio Agrario
Tfno. 922 923 350
correo - email : laboratorioagrario@icia.es

Nº de registro: 252 identificación: Nazaret ULL
Solicitante: Nazaret Perez Martin Agricultor: Facultad de Ingenieria Agraria ULL
poblado: C.San Fco. Paula Ayuntamiento: La Laguna tfno. : 672707630

ANALISIS DE AGUAS

<i>Determinación</i>	<i>(unidades)</i>	<i>resultado</i>
pH		8.1
CONDUCTIVIDAD	(mS/cm 25°C)	0.52
CARBONATO	.. (meq/litro) ..	0.00
BICARBONATO	.. (meq/litro) ..	6.10
CLORURO	.. (meq/litro) ..	1.00
SODIO	.. (meq/litro) ..	3.20
POTASIO	.. (meq/litro) ..	0.40
CALCIO	.. (meq/litro) ..	0.60
MAGNESIO	.. (meq/litro) ..	2.80
pH DE EQUILIBRIO		7.1
S.A.R. AJUSTADO		5.64

Fecha : 06 de marzo del 2017



Técnico encargado de la Unidad de Medios de la Producción

Francisco J. González Díaz

Apéndice II: Análisis de Suelo



Laboratorio Agrario
Tfno. 922 923 350
correo - email : laboratorioagrario@icia.es

Nº de registro: 254

identificación: Nazaret ULL

Solicitante: Nazaret Perez Martin

Agricultor:

Facultad de Ingenieria Agraria ULL

poblado: C.San Fco. Paula Ayuntamiento: La Laguna

tfno. : 672707630

ANALISIS DE TIERRAS

<i>Determinación</i>	<i>(unidades)</i>	<i>resultado</i>
MATERIA ORGÁNICA	.. (%) ..	2.50
FÓSFORO	.. ppm ..	36
<i>CATIONES EXTRAIDOS CON ACETATO AMÓNICO</i>		
SODIO	.. (meq/100gr) ..	1.20
POTASIO	.. (meq/100gr) ..	2.90
CALCIO	.. (meq/100gr) ..	11.1
MAGNESIO	.. (meq/100gr) ..	6.9
pH DE PASTA SATURADA		7.60
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA(mS/cm 25°C) (en el extracto saturado)		0.47
PORCENTAJE DE SATURACIÓN .. (%) ..		46.8

Fecha : 13 de marzo del 2017



Técnico encargado de la Unidad de Medios de la Producción

Francisco J. González Díaz

APENDICE III

El apéndice III recoge los datos obtenidos de la proyección de las hojas sobre el plano del panel, para la estimación del índice del área foliar de cada una de las plantas representativas de cada tratamiento y la comparación de la arquitectura foliar reflejada con la imagen tomada de la planta en el momento de la medición.

Apéndice III: Arquitectura foliar

Nor	Fecha: 22-5-2017																		Sur	
	Unidad experimental: Lisímetro																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
7	0	1	2	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2	1	3	0	1	0
8	1	2	2	2	1	1	1	0	3	1	0	0	2	1	3	3	2	2	0	0
9	2	2	0	2	2	1	1	1	3	2	1	1	3	1	2	1	1	3	0	0
10	2	2	1	0	2	3	2	2	1	2	0	2	2	1	2	2	2	4	1	0
11	1	1	2	1	3	2	1	2	0	2	2	1	1	0	3	3	2	2	4	0
12	0	1	3	2	2	4	1	3	0	2	6	1	1	2	2	3	1r	2	4	0
13	0	0	1	3	3	1	1	2	3	1	3	2	2	2r	1r	3	3	3	3	0
14	0	1	1	2t	4b	2b	2b	1	2	1	1	2	2	2	2b	3rb	2b	2t	2	0
15	0	0	0	0	2	0	0	0	1b	0b	1	0	0	0	0t	2t	1	0	0t	0
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	

Nor	Fecha: 24-7-2017			Unidad experimental: Lisímetro																	Sur
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	
5	0	2	3	1	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	3	1	1	0	0	
6	0	2	2	2	1	0	2	1	0	0	0	0	2	1	1	3	3	1	0	0	
7	0	3	3	3	2	1	2	1	0	0	1	2	2	1	5	2	3	2	1	0	
8	2	3	2	2	2	1	1	0	2	1	1	1	2	1	3	2	3	2	0	0	
9	1	2	2	2	3	0	1	3	2	2	1	2	0	1	2	2	3	3	1	0	
10	2	1	2	1	2	2	1	3	2	3	0	3	0	0	3	2	3	3	0	0	
11	2	2	1	2	2	3	3	3	2	2	3	2	1	1	2	3	2	2	1	0	
12	1	2	3	4	3	3r	4	2	3	2	3r	4	1	1	1	3	3	3	2	0	
13	0	1	3	3	3	2	3	4r	3	1	2r	3	2	1	1	2	1r	2	2	0	
14	0	1	1	2	3	3	2r	0r	2	2	1	2r	0	0r	1r	1r	1r	1	1	0	
15	0	0	0	1	1r	1	0r	1	1r	3	0	0	0	3	0r	2r	0	0	0	0	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		

Sur	Fecha: 26-5-2017	Bloque: 5	Tratamiento: 1				Planta: 4	Nor
-----	------------------	-----------	----------------	--	--	--	-----------	-----

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	3
4	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	4
5	0	0	0	0	1	2	0	0	3	1	2	0	0	0	0	2	5
6	0	0	1	0	0	1	1	0	2	0	1	1	0	0	1	2	6
7	0	0	1	0	0	2	2	1	3	1	1	2	1	0	2	1	7
8	0	0	5	0	0	2	2	3	2	2	3	1	2	0	1	1	8
9	0	0	5	2	1	2	4	3	5	1	3	2	1	0	1	1	9
10	0	0	3	3	3	1	4	3	3	4	4	3	2	1	2	1	10
11	1	1	1	3	4	3	2	2	4	2	4	2	0	1	1	0	11
12	1	1	3r	1	2	1r	3	3	2r	1	1	1	1	1	1r	0	12
13	0	1b	0	1b	0	0b	1r	0b	0b	1b	0	1b	0	1	0	0	13
14	0	0	0	0	0	0	0b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
15	0	0	0	0	0	0	0b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

Sur	Fecha: 24-7-2017			Bloque: 5	Tratamiento: 1			Planta: 4			Nor						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	3
4	1	0	0	1	1	0	1	1	2	1	3	0	0	0	2	0	4
5	0	0	0	1	1	2	0	1	3	1	2	1	0	0	2	0	5
6	1	1	0	0	1	2	1	1	2	2	2	2	0	1	2	0	6
7	0	1	1	0	2	2	3	2	2	2	3	2	0	1	0	0	7
8	3	2	2	1	2	1	2	4	3	2	1	2	0	3	0	0	8
9	3	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	1	0	2	1	0	9
10	1	2	3	4	3	3	3	4	4	2	2	2	1	1	1	0	10
11	2	0	2	3	3	1	3	2	2	01r	2	2	2	2	0	0	11
12	2	1	22	1	3	3	1	01r	0	02r	1	1	1	2	0	0	12
13	2	1	r	b	0	01b	01r	01b	01b	01b1r	01b1r	01b	1	0	0	0	13
14	0	0	0	0	0	0	r	01b	0	0	0	1	0	0	0	0	14
15	0	0	0	0	0	0	0	01b	0	0	0	0	0	0	0	0	15
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

Sur	Fecha: 26-5-2017			Bloque: 6	Tratamiento: 2			Planta: 1			Nor						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5
6	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
7	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
8	1	2	1	2	2	3	2	1	0	0	0	1	0	0	1	0	8
9	1	2	2	1	2	3	1	1	0	0	0	1	2	2	0	1	9
10	1	1	0	3	1	1	2	2	1	1	1	2	3	1	1	1	10
11	1	3	1	2	2	5	3	3	1	0	2	1	3	3	2	1	11
12	0	2	2	1	0	4r	2	3	3	2	3	2	2	3	2	1	12
13	0	2	2	3	1	1	4	0	2	3	3	2	2	3	2	2r	13
14	0	2	1	1	1	1r	0	1	1	1r	0	2	1b	0	1	2	14
15	0	0	0	0	0	0	0	0b	0	0	0	0	0	0b	0b	0	15
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

Sur	Fecha: 24-7-2017			Bloque 6			Tratamiento: 2					Planta: 1				Nor		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
4	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
5	2	2	2	0	0	0	1	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	5
6	1	2	2	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	6
7	1	2	1	2	1	0	1	2	1	0	1	2	2	2	0	0	0	7
8	0	2	2	1	2	3	3	3	1	1	2	5	2	0	1	0	0	8
9	0	1	1	2	5	5	5	5	2	0	2	2	5	5	1	0	0	9
10	0	1	3	1	3	2	5	5	3	2	3	3	2	2	2	1	0	10
11	0	0	1	2	5	1	1	0	5	2	4	5	3	3	0	0	0	11
12	0	0	1	1	3	3	1	1 1r	2 1r	1 1r	3	3	6	3	5	2	0	12
13	0	0	2	1	3	3	2	1 2r	2	1 1r	2	1	1	2	0	3	1r	13
14	0	0	0	1	2	1	1	1 2r	1 3b	1 1r	2	3	1	1b	0	3	1 1r	14
15	0	0	0	0	b	0	b	0	0	1b	0	1	0	1b	1b	0 1b	0	15
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	

Sur	Fecha: 26-5-2017	Bloque: 7	Tratamiento: 3	Planta: 5	Nor
-----	------------------	-----------	----------------	-----------	-----

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			2
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			3
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			4
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			5
6	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0			6
7	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0			7
8	0	2	0	3	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0			8
9	1	0	2	2	2	1	2	3	1	0	0	0	0	0			9
10	2	3	4	3	4	3	3	4	4	1	0	0	0	0			10
11	1	1	4	2	2	2	3	6	4	3	2	0	0	0			11
12	0	2	3	2	2	2	4	3	4	5	3	0	0	0			12
13	0	3	2	1	0	2	3	1	3	3	2	2	2	1			13
14	0	1b	0	0	0	1b	0b	1b	0b	0	1	2	0	1			14
15	0	0	0	0	0	0	0b	0	0	0	0	0	0	0			15
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

Sur	Fecha: 24-7-2017			Bloque: 7		Tratamiento: 3				Planta: 5						Nor	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
4	0	2	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
5	2	3	1	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
6	2	2	2	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6
7	0	2	3	2	2	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7
8	3	3	3	0	2	2	2	1	0	1	0	1	0	0	0	0	8
9	0	2	1	3	1	4	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	9
10	0	3	3	3	2	3	1	3	1	1	2	0	0	0	0	0	10
11	2	2	3	1	2	2	3	3	4	1	1	0	0	0	0	0	11
12	3	3	2	2	1	1	1	1	3	2	1	2	0	0	0	0	12
13	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1	0	13
14	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	14
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

Sur	Fecha: 26-5-2017				Bloque: 8				Tratamiento: 4				Planta: 6				Nor	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
5	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	2	0	3	0	0	5	
6	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	3	1	0	0	0	6	
7	0	2	2	2	1	0	1	0	2	2	0	0	2	0	1	2	7	
8	2	2	3	1	1	2	2	0	2	1	2	1	1	2	1	1	8	
9	2	3	2	2	1	2	0	1	0	1	2	3	0	4	2	1	9	
10	2	2	2	3	3	2	3	1	0	3	1	1	1	1	1	1	10	
11	2	3	2	3	4	1	2	1r	3	1r	3	2	1	1	2	1r	11	
12	1	2	1r	2	2	0	2	0r	2	2	1r	1r	2	4	2	0	12	
13	3	1b	1	1	2r	1b	0	0b	1	0	0	0	1	2r	1	0	13	
14	1	0	0	0	0	1b	0	0b	0b	0	0	0	1	0	0	0	14	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0b	0	0	0	0	0	0	0	15	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	

Sur	Fecha: 24-7-2017			Bloque: 8				Tratamiento: 4				Planta: 6				Nor		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
4	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	5	0	0	0	0	0	4
5	1	2	1	1	2	2	0	0	0	0	2	1	1	1	1	0	0	5
6	0	2	3	2	1	2	0	0	1	1	1	1	1	0	2	0	0	6
7	0	1	4	2	2	2	1	0	0	2	2	0	0	3	1	1	0	7
8	1	1	2	1	3	2	2	0	2	2	3	1	1	1	2	3	0	8
9	1	1	3	1	2	2	3	1	1	5	2	2	2	2	1	2	0	9
10	0	2	2	3	3	3	2	2	1	2	3	1	1	2	2	2	0	10
11	2	1	2	3	2	2	1	2	0	2	2	2	1	1	2	3	0	11
12	1	1	1	1	1	1	1	2	0	0	1	1	3	0	2	1	0	12
13	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	13
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	14
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	

APENDICE IV

Este apéndice muestra las dotaciones de riego aplicadas en el experimento correspondiente a cada semana y según tratamiento.

Apéndice IV: Dosis y dotación de riego según tratamiento.

Tabla 26: DOSIS Y DOTACION DE RIEGO SEGÚN TRATAMIENTO (m²)								
	T1		T2		T3		T4	
Fecha	L/pl.	L/m²	L/pl.	L/m²	L/pl.	L/m²	L/pl.	L/m²
12/04/2017	22,5	6,0	0,0	0,0	23,5	6,3	0,0	0,0
19/04/2017	43,0	11,5	0,0	0,0	42,3	11,3	0,0	0,0
26/04/2017	31,6	8,4	0,0	0,0	32,7	8,7	0,0	0,0
03/05/2017	39,1	10,4	0,0	0,0	37,9	10,1	0,0	0,0
10/05/2017	43,5	11,6	0,0	0,0	43,9	11,7	0,0	0,0
19/05/2017	20,3	5,4	21,2	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0
22/05/2017	17,4	4,6	18,2	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0
23/05/2017	27,5	7,3	28,8	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0
02/06/2017	63,8	17,0	65,2	17,4	0,0	0,0	0,0	0,0
10/06/2017	34,8	9,3	36,4	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0
14/06/2017	11,6	3,1	10,6	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0
21/06/2017	36,2	9,7	37,9	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0
23/06/2017	24,6	6,6	24,2	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0
28/06/2017	39,1	10,4	40,9	10,9	0,0	0,0	0,0	0,0
03/07/2017	34,8	9,3	34,8	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0
07/07/2017	34,8	9,3	36,4	9,7	0,0	0,0	0,0	0,0
17/07/2017	158,0	42,1	162,1	43,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Total Acumulado	682,6	182,0	516,7	137,8	180,3	48,1	0,0	0,0

