

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y AGROAMBIENTAL



**CONSUMO DE AGUA DE *Vitis vinífera* var. Bobal BAJO
DOS SISTEMAS DE CONDUCCIÓN EN ESPALDERA**

TRABAJO FIN DE GRADO

Diciembre -2016

Autora: Silvia Mañogil Gómez

Tutora: Herminia María Puerto Molina



Consumo de agua de *Vitis vinifera* var. Bobal bajo dos sistemas de conducción en espaldera

Water consumption of *Vitis vinifera* var. Bobal under two trellis systems

RESUMEN

En este trabajo se estudia la posibilidad de modificar el nivel de radiación interceptada a lo largo del día por vides cv. Bobal, cultivadas en maceta, disminuyéndolo en función del grado de inclinación de la vegetación con respecto a la dirección de la radiación incidente. En un cultivo en filas orientadas Norte-Sur, se aplicaron dos sistemas de conducción en espaldera: uno vertical y otro con una inclinación de 30° hacia el Oeste respecto de la vertical. Se cuantificó el consumo de agua de la vid mediante el uso de lisímetros de pesada y se calculó el consumo diario en L·planta⁻¹ y en L·m⁻²·de área foliar. Los resultados mostraron que no existen diferencias significativas entre los dos grados de inclinación de la espaldera en cuanto al consumo de agua requerido por la planta, en cambio se observa que este consumo se reparte de manera desigual a lo largo de las horas del día.

Palabras clave: vid, espaldera, lisímetro, consumo de agua, transpiración.

ABSTRACT

In this work we studied the feasibility to modify the level of intercepted radiation along the daytime by grapevines cv. Bobal, grown in pots, reducing it according to the degree of canopy leaning regarding incident radiation. In a North-South row crop, two trellis systems were applied: a vertical one and a trellis leaned 30° Westwards with respect to the vertical. Grapevine water consumption was measured with weighing lysimeters and the total daily consumption was calculated in L·plant⁻¹ and L·m⁻² of plant leaf area. Results showed no differences between the two trellis systems in water use but this consumption had different trends along daytime hours.

Keywords: grapevine, trellis, lysimeter, water consumption, transpiration.



AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a mi tutora Herminia María Puerto Molina la dedicación, paciencia y ayuda que me ha brindado durante la realización, desarrollo y redacción de este trabajo.

A Diego Intrigliolo Molina, investigador responsable del proyecto *Contribución de las técnicas de cultivo a los balances de agua y de carbono. Producción, eficiencia en el uso del agua y calidad de la uva* (AGL2011-30408-C04-04) en el que se llevó a cabo este trabajo. A Felipe Sanz, Toni Yeves y Nacho Buesa por la ayuda en las medidas de producción y durante el ensayo.

A los amigos que me llevo en estos años, con los que he compartido grandes momentos y a los que mantendré durante muchos años, os agradezco el apoyo y la ayuda que me habéis ofrecido.

A mi familia, en especial a mis padres, mi hermana y mi tío, por el apoyo y cariño recibido durante todos estos años, por ayudarme a seguir siempre hacia delante.

A Keshia, por transmitirme fuerza y ánimo siempre que lo necesito.

A mis abuelos Florentino y Fidela, a los que les debo la mayor parte de lo que este trabajo representa, ya que gracias a la lucha y el esfuerzo dedicado durante toda su vida consiguieron que esto hoy sea posible. Por ello siento la necesidad de haceros partícipes en este y en todos los momentos importantes de mi vida.



UNIVERSITAS

Miguel
Hernández

A mis abuelos, Florentino y Fidela

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	14
1.1	IMPORTANCIA ECONOMICA.....	14
1.1.1	A NIVEL NACIONAL	14
1.2	IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LA VID EN LA COMUNIDAD VALENCIANA	17
1.2.1	DENOMINACIONES DE ORIGEN DE UVA PARA VINO Y UVA DE MESA.....	18
1.3	EL CULTIVO DE LA VID	19
1.3.1	MORFOLOGÍA	20
1.3.2	PODA.....	21
1.3.3	CICLO ANUAL DE LA VID.....	24
1.4	EFFECTOS DEL RIEGO EN LA VID.....	29
1.4.1	EFFECTOS DEL DÉFICIT DE AGUA DESDE BROTAÇÃO HASTA TAMAÑO GUISANTE.....	29
1.4.2	EFFECTOS DEL DÉFICIT DE AGUA ENTRE LOS ESTADOS FENOLÓGICOS TAMAÑO GUISANTE Y ENVERO	30
1.4.3	EFFECTOS DEL DÉFICIT DEL AGUA DURANTE LA MADURACIÓN DE LAS BAYAS	30
1.4.4	RESPUESTAS DE LA VID AL DÉFICIT HÍDRICO: CONTROL DE LA APERTURA ESTOMÁTICA (G_s) Y EFFECTOS EN LA FOTOSÍNTESIS NETA (AN) Y LA EFICIENCIA INTRÍNSECA EN EL USO DEL AGUA (AN/ G_s)	31
1.5	NECESIDADES DE AGUA DE LA VID	34
1.5.1	MÉTODO DEL BALANCE DE AGUA.	34
1.5.2	MÉTODO BASADO EN LA MEDIDA DEL ESTADO HÍDRICO DE LA PLANTA.....	37
1.5.3	NECESIDADES DE RIEGO	37
1.6	CULTIVO DE LA VID EN ESPALDERA	37
1.6.1	VENTAJAS DE LA ESPALDERA	38

2	OBJETIVOS	39
3	MATERIAL Y MÉTODOS	40
3.1	DISPOSITIVO EXPERIMENTAL	40
3.1.1	UBICACIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL	40
3.1.2	CONDICIONES CLIMÁTICAS.....	41
3.2	MATERIAL VEGETAL.....	41
3.2.1	CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL PATRÓN	41
3.2.2	CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD BOBAL	42
3.2.3	CONDICIONES DE CULTIVO	43
3.3	DISEÑO DE LA PLANTACIÓN	44
3.4	LISÍMETROS DE PESADA UTILIZADOS	45
3.5	DESCRIPCIÓN DEL CÁLCULO DE ETC MEDIANTE EL BALANCE HÍDRICO A PARTIR DE LOS DATOS DEL DATALOGGER.....	47
3.6	TRATAMIENTO DE RIEGO	48
3.7	CÁLCULO DEL BALANCE DE AGUA	48
3.8	CÁLCULO DEL INCREMENTO DE PESO CON EL RIEGO POR MACETA.....	51
3.9	INSTALACIÓN DE RIEGO Y DRENAJE	51
3.10	LABORES CULTURALES.....	53
3.11	RESPUESTA AGRONÓMICA Y CALIDAD DE LA UVA.....	54
3.12	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	54
4	RESULTADOS	55
4.1	EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES DURANTE EL EXPERIMENTO	55
4.2	EVOLUCIÓN DE LA VARIACIÓN TEMPORAL DE PESO EN LA MACETA.....	57
4.3	EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA.....	58
4.3.1	EVOLUCIÓN DIARIA DEL CONSUMO DE AGUA	58

4.4	EVOLUCIÓN DE LA VARIACIÓN TEMPORAL DE LA TRANSPIRACIÓN.....	59
4.5	EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA TRANSPIRACIÓN RESPECTO AL ÁREA FOLIAR.....	60
4.5.1	EVOLUCIÓN HORARIA DEL CONSUMO DE AGUA.....	61
4.6	PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN.....	62
5	CONCLUSIONES	64
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

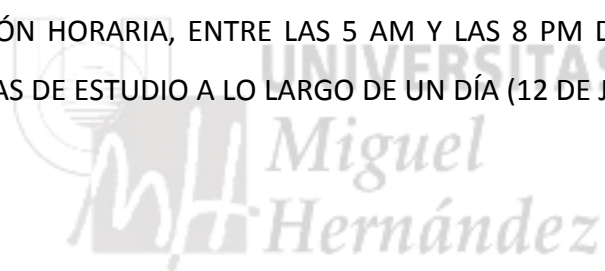


ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: DENOMINACIONES DE ORIGEN DE VINO EN LA COMUNIDAD VALENCIANA: ALICANTE, UTIEL-REQUENA Y VALENCIA. (FUENTE: VINOSALICANTEDOP, 2016; UTIELREQUENA, 2016, DOVALENCIA, 2016).....	19
FIGURA 2: DETALLE TUTORADO NATURAL MEDIANTE ZARCILLOS. (FUENTE: BLOG.TUSOMMELIER, 2016)	20
FIGURA 3: MORFOLOGÍA DE LA VID. (FUENTE: BLOG.TUSOMMELIER, 2016)	21
FIGURA 4: FORMACIÓN DE UN VASO CON CUATRO BRAZOS. (FUENTE: MAGRAMA, 2016).....	22
FIGURA 5: PODAS “A LA CIEGA” O EN CABEZA. (FUENTE: MAGRAMA, 2016).....	23
FIGURA 6: FORMACIÓN Y PODA A PULGAR Y VARA (GUYOT). (FUENTE: MAGRAMA, 2016).....	24
FIGURA 7: LORO DE LA VID. (FUENTE: BODEGAJAVIERSANZ, 2016).....	25
FIGURA 8A: ESTADOS FENOLÓGICOS DE LA VID. 1: PARADA INVERNAL; 2: HINCHADO DE YEMA; 3: YEMA CON PUNTA VERDE; 4: APERTURA DE YEMAS;.....	26
FIGURA 8B: ESTADOS FENOLÓGICOS DE LA VID. 5: HOJAS EXPANDIDAS; 6: HOJAS EXPANDIDAS, INFLORESCENCIAS VISIBLES; 7: INFLORESCENCIAS SEPARADAS; 8: BOTONES FLORALES SEPARADOS; 9: PLENA FLORACIÓN; 10: BAYA TAMAÑO PERDIGÓN;	27
FIGURA 8C: ESTADOS FENOLÓGICOS DE LA VID. 11: BAYA TAMAÑO GUISANTE; 12: COMPACTACIÓN DEL RACIMO; 13: ENVERO; 14: MADURACIÓN; 15: AGOSTAMIENTO Y CAÍDA DE LAS HOJAS. (FUENTE: VITIVINICULTURA.NET, 2016).....	28
FIGURA 9: RESPUESTA DEL CRECIMIENTO DEL PÁMPANO A MEDIDA QUE DISMINUYE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA DEL SUELO EXPRESADA A TRAVÉS DEL POTENCIAL HÍDRICO ANTES DE AMANECER (O) Y DURANTE LA MAÑANA (•) Y A MEDIO DÍA SOLAR (Δ). (DATOS OBTENIDOS EN CONDICIONES DE CAMPO DURANTE LAS CAMPAÑAS 2002 Y 2003 EN CABERNET-SAUVIGNON/SO4 EN COLMENAR DE OREJA –MADRID-. (FUENTE: GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN VITIVINICULTURA, UPM).....	30

FIGURA 10: RELACIÓN ENTRE (A) LA TASA DE FOTOSÍNTESIS NETA (AN) Y LA CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA Y (B) LA EFICIENCIA INTRÍNSECA EN EL USO DEL AGUA (AN/GS) Y LA CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA EN VIDES (<i>VITIS VINIFERA</i> L.) SOMETIDAS A DISTINTOS REGÍMENES HÍDRICOS EN MALLORCA. (FUENTE: MEDRANO, 2007)	33
FIGURA 11: VENDIMIA MECANIZADA.....	38
FIGURA 12: VISTA AÉREA DE LA PARCELA EXPERIMENTAL.	41
FIGURA 13: HOJA (HAZ Y ENVÉS) Y PÁMPANO JOVEN DEL PATRÓN 110-R (FUENTE: MAGRAMA, 2015)	42
FIGURA 14: HOJA (HAZ Y ENVÉS) Y PÁMPANO JOVEN DE LA VARIEDAD DE <i>VITIS VINIFERA</i> VAR. BOBAL (FUENTE: MAGRAMA, 2015)	43
FIGURA 15: RACIMO DE LA VARIEDAD BOBAL (FUENTE: MAGRAMA, 2015)	43
FIGURA 16: VISTA GENERAL DE LA PARCELA DESDE EL ESTE, EN PRIMER TÉRMINO SE APRECIA LA FILA GUARDA.	45
FIGURA 17: LISÍMETRO DE PESADA	46
FIGURA 18: CROQUIS DE LA DISPOSICIÓN DE LAS FILAS DE CULTIVO Y LISÍMETROS EN LA PARCELA EXPERIMENTAL.....	47
FIGURA 19: SISTEMA DE CONEXIÓN DEL DATALOGGER.....	48
FIGURA 20: ESQUEMA DE LOS FLUJOS DE AGUA CONSIDERADOS PARA ESTABLECER EL BALANCE DE MASAS DE CADA MACETA INDIVIDUAL.....	49
FIGURA 21: EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL PESO DEL DRENAJE DEL LISÍMETRO 1 EN LA SEMANA DEL 07-07-2014 AL 14-07-2014.....	50
FIGURA 22: ELECTROVÁLVULAS SECTOR 1,2 Y 3	52
FIGURA 23: CAUDALÍMETRO DE LÍNEA.....	52
FIGURA 24: COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA MEDIA, MÁXIMA Y MÍNIMA DE LA SERIE TEMPORAL DE 2001 A 2013 Y DE LAS TEMPERATURAS CORRESPONDIENTES REGISTRADAS DURANTE LA CAMPAÑA EXPERIMENTAL.....	55

FIGURA 25: COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MENSUAL Y DE LA ET_0 DE LA SERIE TEMPORAL DE 2001 A 2013 Y DE LA CAMPAÑA EXPERIMENTAL EN 2014.....	56
FIGURA 26: VARIACIÓN TEMPORAL DEL PESO DE LA MACETA DEL LISÍMETRO L1 DURANTE LA SEMANA DEL 7-7-2014 AL 14-7-2014.	57
FIGURA 27: EVOLUCIÓN DIARIA DEL CONSUMO DE AGUA (TRANSPIRACIÓN, T, EN GRAMOS DE H_2O POR SUPERFICIE) Y DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET_0) EN LAS CEPAS DE ESTUDIO A LO LARGO DEL MES DE JULIO DE 2014.	58
FIGURA 28: VARIACIÓN TEMPORAL DE LA TRANSPIRACIÓN DE LAS CEPAS PARA LOS DOS TRATAMIENTOS DE CONDUCCIÓN.	59
FIGURA 29: EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA TRANSPIRACIÓN DE LAS CEPAS, EXPRESADA COMO G/M^2 DE ÁREA FOLIAR Y DÍA, PARA LOS DOS TRATAMIENTOS DE ESPALDERA.....	60
FIGURA 30: EVOLUCIÓN HORARIA, ENTRE LAS 5 AM Y LAS 8 PM DEL CONSUMO DE AGUA (T) EN LAS CEPAS DE ESTUDIO A LO LARGO DE UN DÍA (12 DE JULIO DE 2014).	61



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE VIÑEDO DE UVA DE TRANSFORMACIÓN POR COMUNIDAD AUTÓNOMA (HA) (ESYRCE 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015).....	16
TABLA 2: AVANCES DE SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN DE UVA DE VINIFICACIÓN DE LOS ÚLTIMOS AÑOS Y AVANCE A JUNIO DE 2016, EN MILES DE TONELADAS MÉTRICAS.....	17
TABLA 3: DATOS DE PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LAS DENOMINACIONES DE ORIGEN DE LOS VINOS DE LA COMUNITAT VALENCIANA AÑOS 2014 Y 2015 (HECTOLITROS).	18
TABLA 4: DISTRIBUCIÓN ESTACIONAL DEL PORCENTAJE DE CONSUMO DE AGUA DEL VIÑEDO CON DISTINTOS REGÍMENES HÍDRICOS EN CV TEMPRANILLO/110R EN MADRID (DATOS MEDIOS CALCULADOS 2002-2004).	34
TABLA 5: EVOLUCIÓN ESTACIONAL DEL KC PROPUESTO POR WILLIAMS (2001) – ADAPTADO DEL ORIGINAL – PARA UN VIÑEDO EN ESPALDERA CON DIFERENTES DISTANCIAS ENTRE LÍNEAS DE CULTIVO. LA RELACIÓN UTILIZADA PARA CALCULAR LOS KC PARA UNA DISTANCIA DADA ENTRE CALLES DE 1.6 M FUE: $KC = 0.87 / (1 + e^{((x - 525) / 301)})$, DONDE X SON GRADO · DÍA (°C).	36
TABLA 6: RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN POR TRATAMIENTO.....	62

1 INTRODUCCIÓN

1.1 IMPORTANCIA ECONOMICA

1.1.1 A NIVEL NACIONAL

Según datos de la Organización Internacional de la Viña y el Vino, OIV, en 2014 España es el país con mayor extensión de viñedo con diferencia, tanto a nivel de la Unión Europea como a nivel mundial con 1.021 millones de hectáreas destinadas al cultivo de la vid. De este total, el 97,4% están destinadas a uva para vinificación, el 2,0% a uva de mesa, el 0,3% a la elaboración de pasas y el 0,3% restante a viveros. Estos datos representan casi un 30% de la superficie total de la Unión Europea seguido por Francia con un 23%, y de Italia con un 22% según datos del MAGRAMA (2015), y suponen un 13'4% del total a nivel mundial. (OIV, 2015)

1.1.1.1 PRODUCCIÓN

La producción de vino y mosto en España se mantuvo relativamente estable durante las siete campañas anteriores a la del 2013/2014, con un volumen de producción que alcanzaba alrededor de 40 millones de hectolitros. Esta cifra aumentó en la campaña 2013/2014 con una producción de 52 millones de hectolitros, según los datos del Fondo Español de Garantía Agraria (FEGA), frente a los 24,2 millones de la anterior campaña 2012/2013. Esto supuso un aumento del 53,7%, con un incremento en 18,4 millones de hectolitros, dándose la cifra más elevada la historia. Este hecho coincide con la escasez en cuanto a producción que supuso la anterior campaña. Con respecto a la campaña 2014/2015, la producción con una cifra de 43,4 millones de hectolitros siendo 38,8 millones a producción de vino y 5,2 millones en mosto, supuso un descenso con respecto a la campaña 2013/2014 del 17,4%, según datos recogidos por el FEGA de las producciones declaradas de cada comunidad autónoma.

Los datos recogidos por comunidad autónoma indican a Castilla-La Mancha como la mayor productora con 24,6 millones de hectolitros siendo un 56,6% del total de la producción de vino y mosto de la campaña 2014/2015.

1.1.1.2 SUPERFICIE

Los distintos factores que se dan en la Península Ibérica y las Islas Canarias como la situación geográfica, las diferencias climáticas o la variedad de suelos, hacen que se den una serie de condiciones favorables para la obtención de vinos de distintas características. El cultivo de viñedo se realiza en todas las comunidades autónomas, siendo Castilla-La Mancha la comunidad que abarca cerca de la mitad de la extensión total con 473.268 ha y el 49,6% del viñedo plantado. Es la zona geográfica con mayor extensión del mundo dedicada a este cultivo, seguida por Extremadura con 80.391 ha, Castilla y León con 63.358 ha y Comunidad Valenciana con 62.676 ha. El resto de comunidades con mayor extensión que le siguen son Cataluña, La Rioja, Aragón, Galicia, Murcia y Andalucía.

A pesar del ligero aumento que en 2015 tuvo la superficie de viñedo registrada, la tendencia que sigue la evolución de este cultivo es de descenso. La superficie total en 2015 es de 954.659 ha frente a las 950.541 ha de 2014, mostrando un incremento de 4.118 ha siendo un 0,4% según la “Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos ESYRCE” del MAGRAMA (2015). Entre las comunidades autónomas, Castilla-La Mancha con un 2% ofrece el mayor aumento de porcentaje, y los mayores descensos lo muestran Comunidad Valenciana con un 3,7%, Extremadura con un 3,2%, y Aragón con un 1,3%.

La importancia y variedad del cultivo de la vid en España se muestra también en que las zonas que cuentan con Denominación de Origen Protegida (DOP) suman un total de 90. De ellas, 69 son con Denominación de Origen, dos con Denominación de Origen Calificada, siete son Vinos de Calidad con Indicación Geográfica y 14 son Vinos de Pago. Existen también 41 zonas con indicación geográfica protegida (IGP). Entre las Denominaciones de Origen que primero se aprobaron en 1932 constan Jerez-Xères-Sherry, Manzanilla de Sanlúcar de Barrameda, Málaga, Montilla-Moriles, Rioja, Tarragona, Priorato, Alella, Utiel-Requena, Valencia, Alicante, Ribeiro, Cariñena, Penedés, Condado de Huelva, Valdepeñas, La Mancha, Navarra y Rueda.

Datos publicados recientemente apuntan que el 51,1% de la producción se destina a vinos tintos y rosados y el 48,9% restante a vinos blancos. En cuanto a variedades de uva las más comunes son la Airén con un 23,5%, Tempranillo con un 20,9%, Bobal con un 7,5%,

Garnacha Tinta, Monastrell, Padrina, Macabeo y Palomino ordenadas según su importancia en cuanto a cultivo.

Tabla 1: Evolución de la superficie de viñedo de uva de transformación por Comunidad Autónoma (ha) (ESYRCE 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015)

C.Autónoma	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Galicia	25.396	26.232	26.102	26.647	26.287	26.532	26.233	26.092	26.022	25.997
P. De Asturias	6	6	4	4	12	12	6	1	1	1
Cantabria	39	15	15	19	19	14	14	14	14	14
País Vasco	11.962	12.139	12.199	12.912	13.340	13.478	13.373	13.407	13.497	13.513
Navarra	27.200	27.410	27.445	23.567	22.400	20.376	19.661	19.639	19.204	19.425
La Rioja	45.488	48.696	49.672	49.165	47.056	47.866	48.372	49.072	51.223	52.068
Aragón	44.918	47.291	46.880	43.671	40.906	38.386	37.425	37.481	37.237	36.750
Cataluña	61.132	60.766	61.117	59.129	56.221	55.114	54.429	53.590	54.621	54.560
Baleares	3.384	3.435	3.093	2.866	2.901	2.885	2.850	2.831	2.848	2.858
Castilla y León	75.775	72.132	68.313	67.595	66.849	65.837	64.364	63.468	63.732	63.359
Madrid	13.691	13.103	12.952	12.587	12.520	12.041	11.423	10.817	10.765	10.704
C. La Mancha	558.307	581.875	580.080	542.944	506.228	473.050	465.358	463.639	463.912	473.268
C. Valenciana	78.138	77.810	75.903	76.150	73.403	67.491	68.392	67.994	65.068	62.676
R. De Murcia	39.716	38.132	37.812	34.642	30.660	27.940	26.250	26.054	25.465	25.731
Extremadura	87.139	89.719	88.178	87.078	86.034	84.148	82.331	84.096	83.055	80.391
Andalucía	36.685	32.278	31.476	30.071	28.860	27.178	25.159	25.259	25.346	24.952
Canarias	7.554	7.922	8.709	8.488	8.415	8.116	8.380	8.239	8.533	8.405
Total	1,116.529	1,137.963	1,129.951	1,077.535	1,022.111	970.465	954.020	951.693	950.541	954.659

Como se observa en la tabla 1, en general, la superficie de viñedo de transformación desde el 2006 ha sufrido una caída. Castilla la Mancha es la comunidad que más ha sufrido este descenso que se cifra en 85.039 ha, seguida de la Comunidad Valenciana, Región de Murcia, Castilla y León y Andalucía. Las comunidades que muestran un aumento en cuanto a superficie de viñedo son País Vasco, La Rioja, Galicia y Canarias. (ESYRCE, 2006 a 2015)

1.2 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LA VID EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

La producción de uva de vinificación en la Comunidad Valenciana se ha visto incrementada en los últimos años siendo en 2014 de 180,99 millones de TM, en 2015 de 243,245 millones de TM y en 2016 con datos recogidos por el MAGRAMA (2016) hasta junio, de 248,854 millones de TM. El aumento de producción desde el 2014 hasta el 2015 es de unas 62,26 millones de TM. Por otra parte, desde el año 2015 hasta junio del 2016, el incremento de producción es de aproximadamente 5,61 millones de TM. Observamos que el incremento es bastante más elevado en el periodo de 2014 a 2015 que del año 2015 al 2016. La tabla también nos muestra los datos indicándolos por provincias. La provincia de Alicante sufre un ligero aumento de producción desde el año 2014 hasta el 2015 siendo este de unas 2,364 millones de TM. En el periodo de 2015 a 2016 el incremento es más elevado siendo de 7,136 millones de TM. Castellón presenta un ligero aumento desde el periodo 2014 a 2015 de unas 211 millones de TM. En la provincia de Valencia la mayor subida de producción se produce entre 2014 y 2015 con una cifra de aumento de 59,683 millones de TM. Cabe destacar que de 2015 a 2016 el aumento de la producción se ha visto frenado con respecto al periodo entre 2014 y 2015.

Tabla 2: Avances de superficie y producción de uva de vinificación de los últimos años y avance a junio de 2016, en miles de toneladas métricas.

	PRODUCCIONES (1000 TM)		
	2014 definitivo	2015 provisional	2016 (junio)
Alicante	30.000	32.364	39.500
Castellón	1.316	1.527	
Valencia	149.671	209.354	209.354
C.VALENCIANA	180.987	243.245	248.854

(Fuente: MAGRAMA, 2016. Avances de superficies y producciones agrícolas. Junio de 2016)

1.2.1 DENOMINACIONES DE ORIGEN DE UVA PARA VINO Y UVA DE MESA

La Comunidad Valenciana cuenta con tres Denominaciones de Origen las cuales son Alicante, Utiel-Requena y Valencia, teniendo 234 bodegas inscritas. La DO Alicante produce moscatel en la zona próxima al mar el cual dará lugar a las mistelas y en la zona más al interior se producen los vinos de monastrell. Las variedades autóctonas con las que cuenta los vinos de Alicante son monastrell (tinto) y moscatel (dulce y blanco). La uva que más se utiliza en la DO Utiel-Requena siendo mayoritariamente una región de vinos tintos, es la variedad Bobal, suponiendo un 80% de la producción. La DO Valencia comprende cuatro subzonas que son Moscatel, Alto Turia, Clariano y Valentino, de las cuales se obtienen vinos tintos, blancos, rosados y vinos de licor moscatel.

La producción en hectolitros de las distintas DO es la que se muestra en la tabla 3:

Tabla 3: Datos de producción y comercialización de las denominaciones de origen de los vinos de la Comunitat Valenciana años 2014 y 2015 (Hectolitros).

DENOMINACIÓN DE ORIGEN	PRODUCCIÓN TOTAL (1)	PRODUCCIÓN AMPARADA (1)	EXISTENCIAS A FIN DE CAMPAÑA (2)
Alicante			
2014	214.311	146.656	117.685
2015	133.672	109.629	90.022
Utiel-Requena			
2014	1,775.495	346.254	231.859
2015	1,290.880	270.543	269.811
Valencia			
2014	841.095	689.585	550.243
2015	491.686	338.258	371.716

(1) Los datos de producción pertenecen a las campañas 2013/2014 y 2014/2015

(2) Las existencias a fin de campaña son correspondientes a 31 de julio

(Fuente: Generalitat Valenciana, GVA, 2015. Informe del Sector Agrario Valenciano 2015. Capítulo IX, Producciones, industrias y consumo agroalimentario. 1. Productos Agroalimentarios de Calidad Diferenciada.)



Figura 1. Denominaciones de Origen de vino en la Comunidad Valenciana: Alicante, Utiel-Requena y Valencia. (Fuente: vinosalicantedop, 2016; utielrequena, 2016, dovalencia, 2016)

Como se observa en la tabla 3, podemos ver que en 2015 las producciones amparadas de las tres DO han sufrido un descenso con respecto al año 2014. La DO Valencia es la que sufre el mayor descenso de producción reduciéndose en 50,9%. La DO Alicante disminuyó la producción en 25,2% y la DO Utiel-Requena lo hizo en un 21,9%.

La excepcional producción que cifra 2014 fue debida a una elevada pluviometría primaveral acompañada posteriormente de un verano seco. Esta favorable situación climatológica ocasionó una serie de condiciones propensas para el correcto desarrollo y máximo rendimiento productivo de las plantas.

1.3 EL CULTIVO DE LA VID

La vid, *Vitis vinifera*, pertenece al género *Vitis*, de la familia de las Vitáceas. El género *Vitis* comprende unas 65 especies de arbustos caducifolios, reptantes o trepadores. Desde la antigüedad, es un cultivo típico de la zona mediterránea aunque se adapta también a climas más continentales.

La vid es una planta que posee unas raíces profundas, su tronco es de madera flexible y resistente, los sarmientos son las ramas normalmente de gran longitud y sus hojas pueden ser de morfología peciolada, acorazonada palmeada, de forma serrada irregular y generalmente quinquelobuladas. La forma para tutorarla es a través de sus zarcillos (figura 2) o bien de forma natural o artificial. Al ser una planta de naturaleza rastrera en la mayoría de los casos, ésta tiende a desarrollarse extendiéndose por la superficie del terreno.



Figura 2: Detalle tutorado natural mediante zarcillos. (Fuente: blog.tusommelier, 2016)

Consigue alcanzar su madurez fisiológica cuando ha acumulado una suma de temperaturas diurnas que oscilan entre los 2800 y 4000 grados anuales, según la variedad. Cuando la planta se encuentra en reposo es capaz de soportar hasta 18 grados bajo cero y en periodo de máximas temperaturas aguanta hasta los 45 o 50 grados. Es una planta que no necesita una excesiva exigencia de agua, desarrollándose a partir e los 180 litros de agua por metro cuadrado. En función del clima y la variedad, puede vegetar desde el nivel del mar hasta unos 2000 metros de altura.

Su crecimiento o desarrollo se ve favorecido en suelos profundos, pobres en materia orgánica y ondulados. Los de tipo arcilloso y los calizo silíceos son los más idóneos para que de mejores frutos. Para evitar el riesgo de helada, las zonas septentrionales no son adecuadas para su desarrollo.

1.3.1 MORFOLOGÍA

La morfología de la vid consta de una parte que se encuentra debajo de la superficie que serían las raíces pudiendo ser de mayor o menor grosor dependiendo de la edad de la planta. Las extremidades de las raíces forman la cabellera, siendo más finas y jóvenes. La parte aérea está formada por el tronco, brazos y sarmientos. En los sarmientos encontramos las hojas, frutos y zarcillos. La parte que une la zona aérea y subterránea de la planta se denomina cuello.

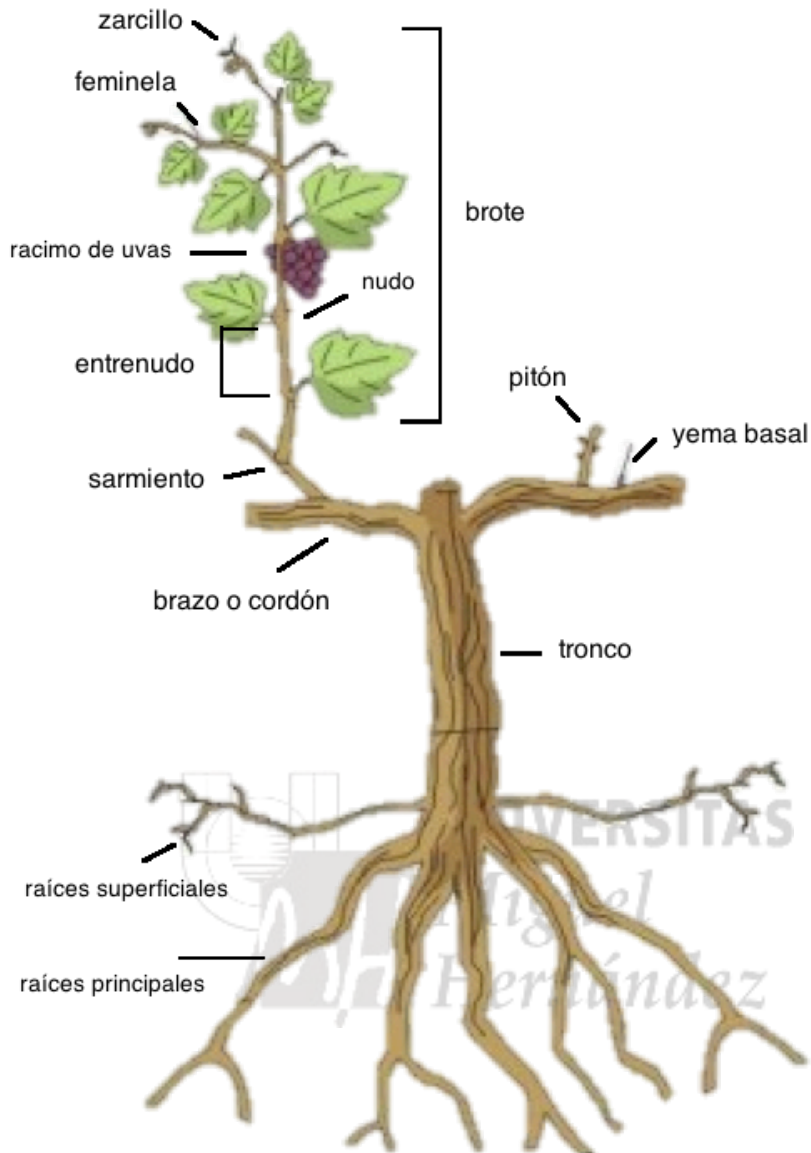


Figura 3: Morfología de la vid. (Fuente: blog.tusommelier, 2016)

1.3.2 PODA

La finalidad que tiene la poda es conseguir formar la planta desde el comienzo de su desarrollo, suprimiendo determinados sarmientos, brazos y a veces, parte del tronco para mejorar su desarrollo y rendimiento. Se denomina poda en seco la que se realiza en invierno, y poda en verde la que se efectúa cuando la planta se encuentra en un periodo activo de vida, sobre los órganos herbáceos. Si no se llevase a cabo la poda, la vid tendería a incrementar su extensión obteniendo así una cosecha y baja o nula. Otro de los objetivos

que busca esta práctica es el de regular la fructificación anual y mejorar la calidad y peso de los racimos consiguiendo mejorar la longevidad de la planta ya que podemos controlar las pérdidas de potencial vegetativo y la distribución de savia. Con esta actividad también facilitamos la adaptación de la cepa a su entorno dependiendo de la variedad de la vid y del clima de la zona en la que se encuentre.

Los tres tipos de poda más comunes y llevados a práctica son la poda en vaso, la poda a la ciega y la poda de vara y pulgar.

La poda en vaso (figura 4) se realiza dejando unos cuatro o cinco brazos que parten del tronco central sobre los cuales se distribuyen los pulgares que serán la base de los sarmientos en su posterior desarrollo. Este tipo de poda es clásica en muchas zonas vitícolas como por ejemplo la Rioja y el Condado de Huelva.

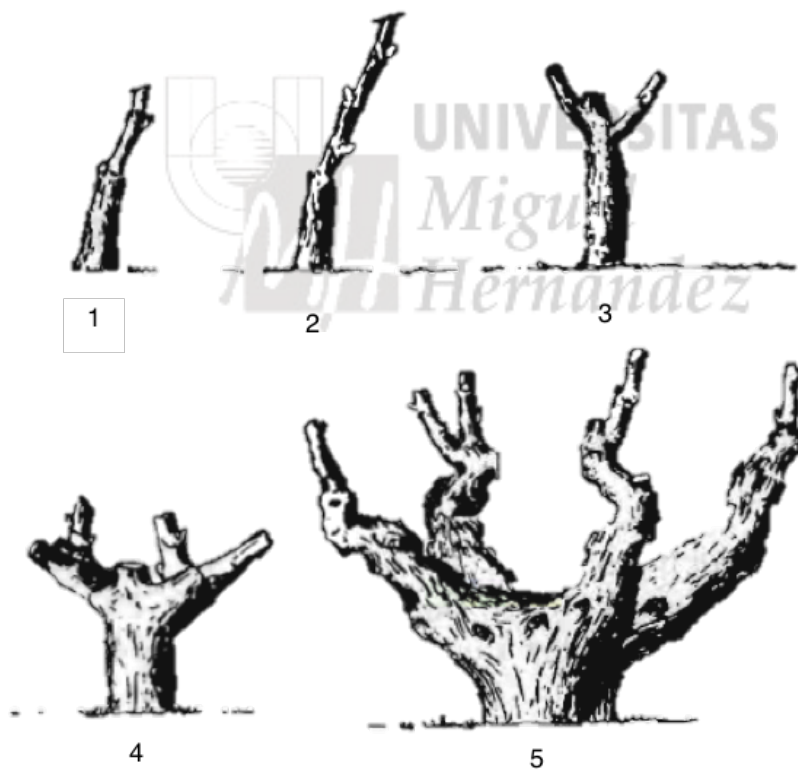


Figura 4: Formación de un vaso con cuatro brazos. (Fuente: MAGRAMA, 2016)

La poda a la ciega o poda en cabeza (figura 5) como también se le denomina, es similar a la poda en vaso pero reduciéndola a un solo tronco desprovisto de brazos dejando los pulgares alrededor de la cabeza. Esta técnica le produce una serie de heridas que reducirían la vida de la cepa. La planta es más susceptible a la entrada de patógenos ya que al quedar la zona central de la cabeza exenta de yemas o pulgares, acabaría necrosándose. Otro inconveniente es que es un sistema de difícil adaptación a la mecanización. Es típica de zonas con climas muy cálidos en verano y en variedades con una alta fertilidad como es el caso de la Pedro Ximénez en Córdoba.



Figura 5: Podas “a la ciega” o en cabeza. (Fuente: MAGRAMA, 2016)

La poda de vara y pulgar también denominada de daga y espada o Guyot sencillo (figura 6), es un sistema que requiere una estructura o soporte de alambres. Se obtiene podando una de las ramas a pulgar, y la otra rama que suele dejarse hacia el otro lado, a ocho o más yemas. Al siguiente año, del lado del pulgar se dejará la vara, y del lado de la vara, el pulgar alternando así vara y pulgar cada año. En la variedad Palomino, característica por su buena adecuación a este tipo de poda, las yemas fértiles se encuentran situadas a mitad de sarmiento, por ello el pulgar no dará lugar a flores, encontrándose estas únicamente en los brotes de la vara. Debido a esto, se va alternando la producción de un lado a otro de la cepa. Este tipo de poda tiene muchas variantes entre las cuales se encuentra el Guyot doble, triple o cuádruple.

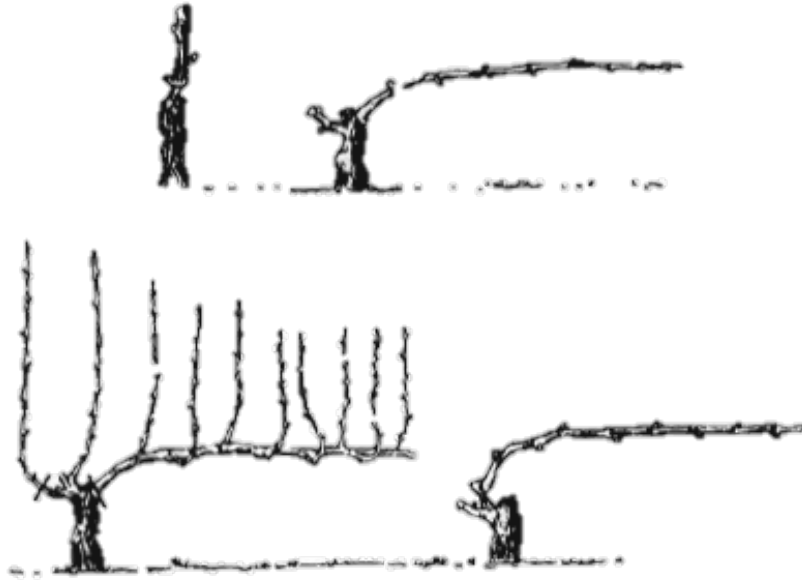


Figura 6: Formación y poda a pulgar y vara (Guyot). (Fuente: MAGRAMA, 2016)

1.3.3 CICLO ANUAL DE LA VID

El ciclo anual de la vid comienza en otoño cuando la cepa pierde progresivamente las hojas para entrar en un estado de reposo o inactividad vegetativa visible la cual se mantendrá durante el invierno. La fecha de inicio de esta fase depende de factores internos como la variedad, o de factores externos como el clima principalmente teniendo gran influencia la temperatura. En este periodo de letargo, la planta aprovecha para acumular reservas en su tronco y raíces. Cuando la vid se encuentra en esta fase se le realiza la poda, la cual tiene como función conseguir un equilibrio en la futura producción de uva limitando el desarrollo de la planta y ayudando a controlar la cantidad y calidad de la uva y por otra parte, la preparación de las cepas para su cultivo. Cuando las temperaturas medias diurnas alcanzan los 10 grados aproximadamente y el suelo empieza a acumular este calor, se produce el fenómeno característico denominado lloro (figura 7) el cual consiste en la exudación de agua y savia principalmente, creando un flujo ascendente desde las raíces hasta las partes aéreas para finalmente emerger por las heridas producidas por la poda.



Figura 7: Lloro de la vid. (Fuente: bodegajaviersanz, 2016)

Posteriormente y gracias a las reservas acumuladas durante la fase de reposo en invierno, cuando las temperaturas oscilan entre los once y doce grados comienza la brotación de las yemas, también llamada desborre. Estas yemas pueden ser de dos tipos: de madera o mixtas. Las yemas de madera darán lugar a brotes sin inflorescencias, y las yemas mixtas se desarrollarán para formar brotes con inflorescencias de los cuales se obtendrán los frutos. Cada brote, también llevará hojas y zarcillos dispuestos de forma opuesta a estas.

Cuando las temperaturas de verano empiezan a ser más elevadas, tiene lugar el agostamiento, fenómeno que consiste en la lignificación de los brotes de la planta el cual se da desde la base de los brotes, hasta el ápice. Cuando el brote ya está lignificado, pierde su color verde y adquiere una consistencia leñosa pasando a denominarse sarmiento. A partir de este momento es cuando la cepa pierde sus hojas y se vuelve a iniciar el reposo.

Dentro del ciclo anual también se incluye el ciclo reproductivo. Podemos dividirlo a su vez en dos fases, una primera fase en la que las yemas mixtas que no sean de madera se inician a flor y posteriormente a un fruto, y una segunda fase en verano en la que estas yemas comienzan a brotar dando lugar ya a las flores y a la adaptación de estas. A partir de este momento, se produce la polinización y como consecuencia la fecundación. Empieza a reactivarse el crecimiento de los sarmientos, y los frutos empiezan a desarrollarse hasta el envero hasta adquirir la tonalidad definitiva. Al iniciarse el proceso de maduración de las

bayas pierden su consistencia y el desarrollo vegetativo de la cepa empieza a llegar a su fin, puesto que la actividad de la planta se centra en madurar y engordar los frutos.

Durante la maduración, se van acumulando azúcares y va disminuyendo progresivamente la acidez total hasta que las semillas están en disposición de germinar.

Cuando tiene lugar la madurez fisiológica comienza el agostamiento, en el cual se reabsorbe la savia de los sarmientos hacia el tronco para así poder acumular reservas de nutrientes para el siguiente ciclo.

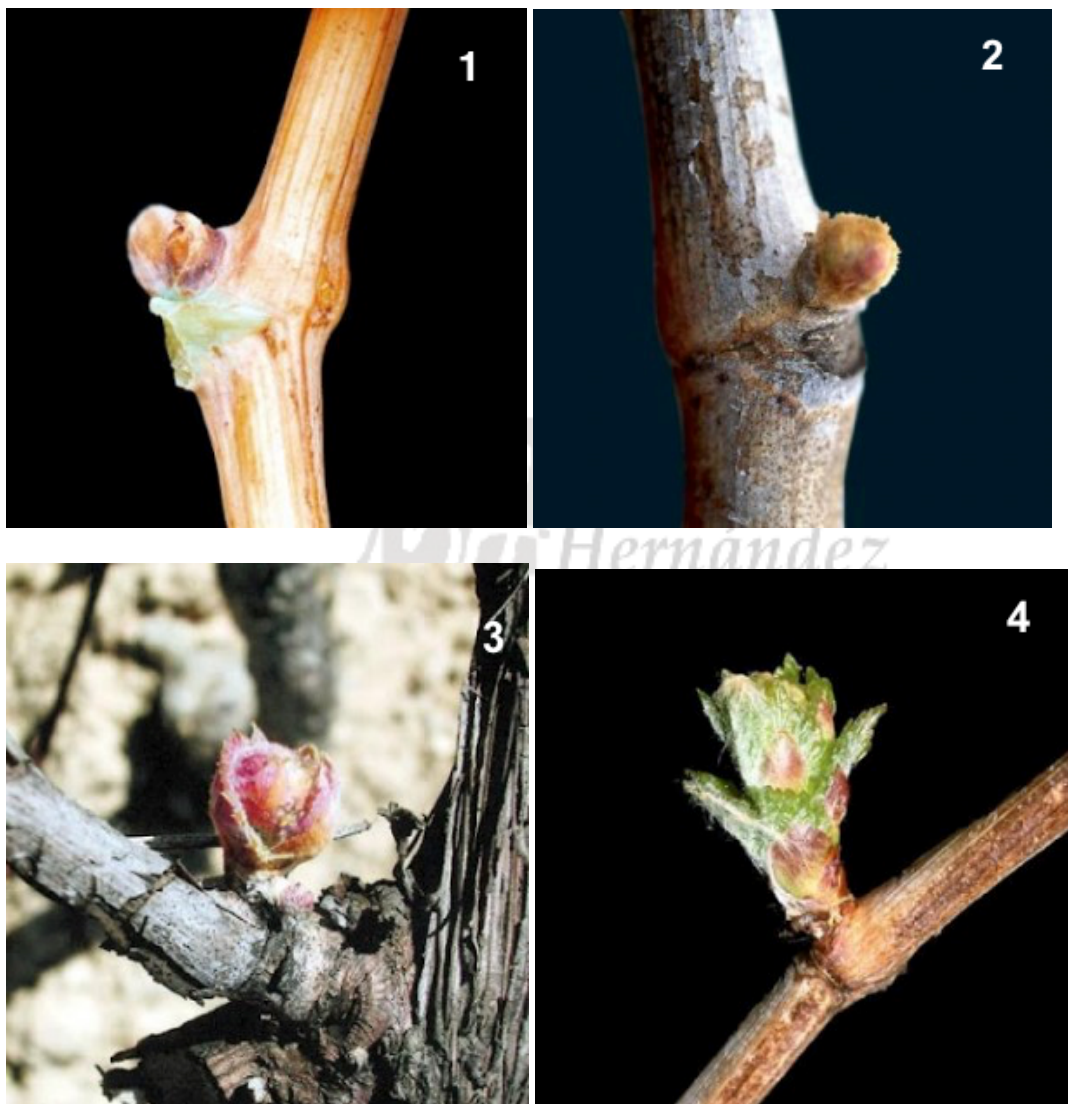


Figura 8a: Estados fenológicos de la vid. 1: Parada invernal; 2: Hinchado de yema; 3: Yema con punta verde; 4: Apertura de yemas;



Figura 8b: Estados fenológicos de la vid. 5: Hojas expandidas; 6: Hojas expandidas, inflorescencias visibles; 7: Inflorescencias separadas; 8: Botones florales separados; 9: Plena floración; 10: Baya tamaño perdigón;

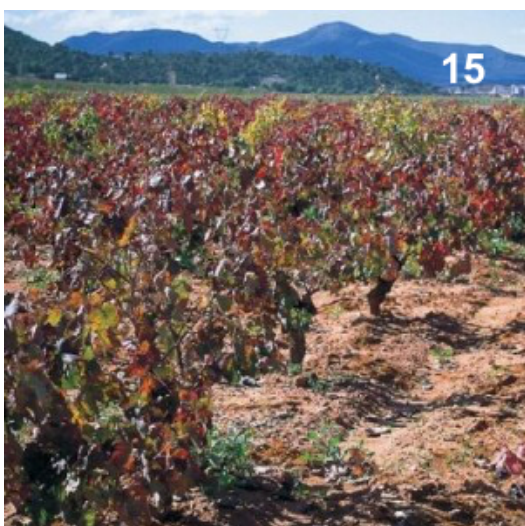
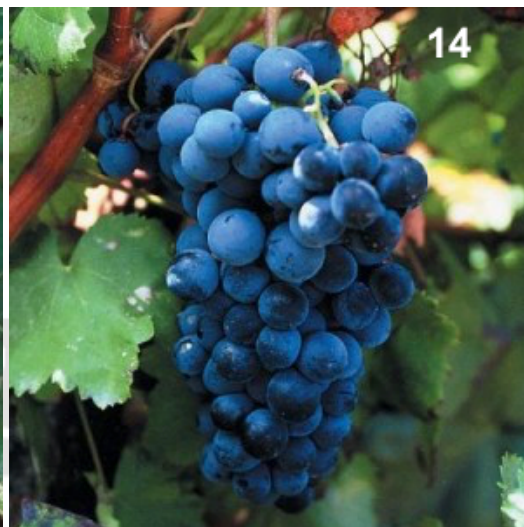
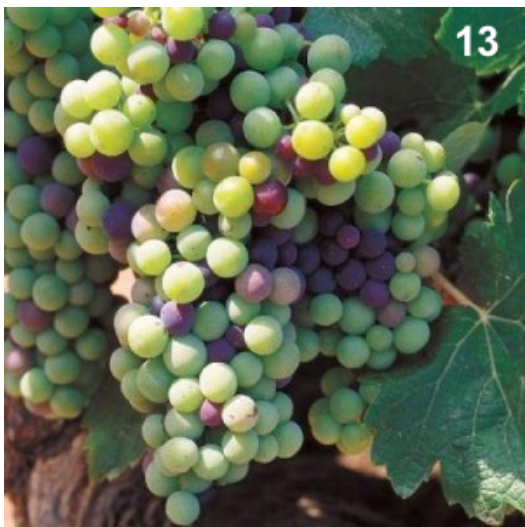
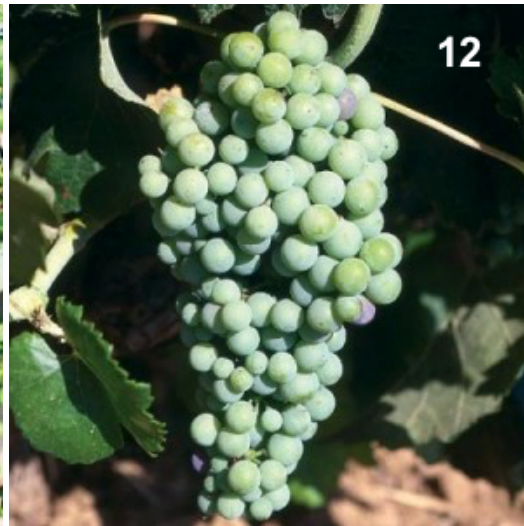
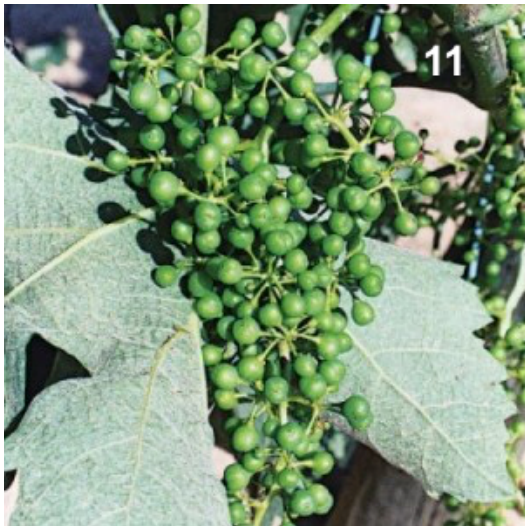


Figura 8c: Estados fenológicos de la vid. 11: Baya tamaño guisante; 12: Compactación del racimo; 13: Envero; 14: Maduración; 15: Agostamiento y caída de las hojas. (Fuente: vitivinicultura.net, 2016)

1.4 EFECTOS DEL RIEGO EN LA VID

Aunque la vid es un cultivo adaptado al clima mediterráneo que tolera bien periodos de sequía, su productividad mejora con la aportación del riego.

Hay que conocer previamente los factores que afectan al estado hídrico de la planta y su respuesta a través de los efectos cuantitativos y cualitativos para poder saber cuándo y cuánto se ha de regar.

1.4.1 EFECTOS DEL DÉFICIT DE AGUA DESDE BROTAÇÃO HASTA TAMAÑO GUIANTE

En esta primera fase, desde la brotación hasta que la baya alcanza el tamaño guisa prima el desarrollo vegetativo ante el fructífero en la planta.

Las lluvias invernales y primaverales abastecen el perfil del suelo, y por lo tanto las necesidades hídricas de la planta se cubren estando el suelo con un contenido de agua próximo a la capacidad de campo.

Si se produce una falta de agua en esta fase, los efectos sobre la planta conllevarían una irregularidad en la brotación, un crecimiento más lento del pámpano y posiblemente una falta de desarrollo vegetativo.

Durante el desarrollo vegetativo y el crecimiento, es muy importante mantener unos contenidos altos de agua en el suelo ya que estas dos etapas son muy sensibles a la falta de agua (figura 9).

Cuando el déficit hídrico se encuentra en un estado más avanzado, la actividad fotosintética se ve reducida como respuesta de la planta (Kriedemann y Smart 1971, During 1991, Sánchez de Miguel 2005). Esta falta de actividad fotosintética de las hojas provoca que los pámpanos necesiten más reservas y si esta situación persiste a lo largo del ciclo, la cepa acabaría debilitándose.

Si se produce un déficit hídrico severo, esto afectará al cuajado del año en curso a la iniciación floral de las yemas de ese año, efecto que se visualizará en la siguiente campaña. Bartolomé et al. (1995) obtuvieron un efecto significativo de estrés hídrico en la fertilidad de las yemas pero no en el número de bayas por racimo.

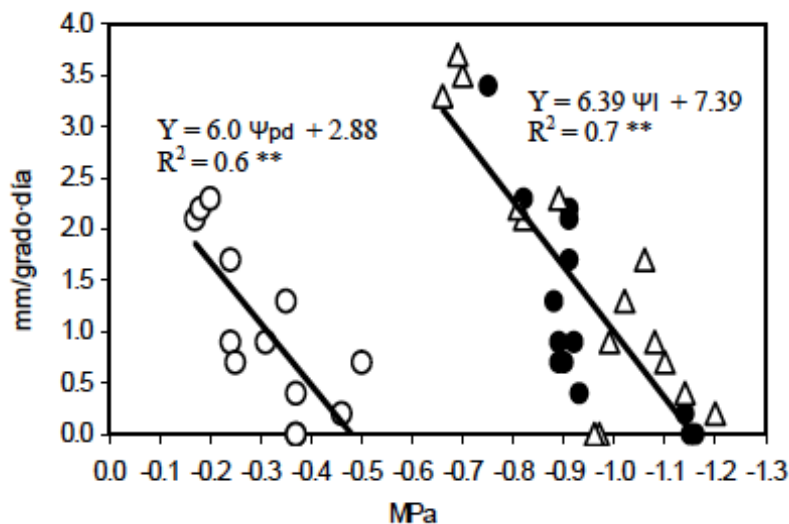


Figura 9: Respuesta del crecimiento del pámpano a medida que disminuye la disponibilidad hídrica del suelo expresada a través del potencial hídrico antes de amanecer (O) y durante la mañana (•) y a medio día solar (Δ). (Datos obtenidos en condiciones de campo durante las campañas 2002 y 2003 en Cabernet-Sauvignon/SO4 en Colmenar de Oreja –Madrid-. (Fuente: Grupo de investigación en vitivinicultura, UPM)

1.4.2 EFECTOS DEL DÉFICIT DE AGUA ENTRE LOS ESTADOS FENOLÓGICOS TAMAÑO GUISANTE Y ENVERO

Durante este periodo queda determinado el número de células que van a formar cada baya y la elasticidad o capacidad de distensión de la pared celular por lo tanto el tamaño potencial de la baya y el rendimiento de la cosecha queda condicionado.

De la misma forma que en la fase anterior la disminución de la disponibilidad de agua para la planta afecta a la tasa de fotosíntesis y provoca una aceleración en el envejecimiento de la hoja.

1.4.3 EFECTOS DEL DÉFICIT DEL AGUA DURANTE LA MADURACIÓN DE LAS BAYAS

En esta fase, la disponibilidad de agua es determinante. La consecuencia de un déficit hídrico provocaría la disminución de las tasas fotosintéticas.

La falta de agua durante fase III de desarrollo de la baya produce menor concentración de azúcares en casos de fuerte déficit hídrico y un menor peso de la baya (Esteban et al. 2001, García-Escudero 1991, Ojeda et al. 2002, Peterlunger et al. 2005, Petrie et al. 2004, Girona 2005, Girona et al. 2006), una acumulación de azúcares menor por baya y una ralentización de la maduración, aunque no suelen encontrarse diferencias en contenido de azúcares

cuando se expresa como concentración azúcar por L de mosto (Esteban et al. 1999, 2001 y 2002, Myburgh 2003 a y b)

El contenido de antocianos suele ser mayor en mostos procedentes de parcelas con déficit hídrico durante la maduración (Esteban et al. 2001, 2002, Peterlunger et al. 2005, Petrie et al. 2004, Roby y Matthews 2004) excepto en situaciones extremadamente secas. Esta menor concentración de antocianos en regadío es resultado tanto de un efecto dilución a consecuencia del tamaño de la baya debido al riego, como como a la diferente respuesta de multiplicación y crecimiento entre las células del epicarpio -hollejo- y las del mesocarpio -pulpa- frente a la disponibilidad hídrica (Roby et al. 2004). (Ojeda et al. 2002) observaron que el estado de desarrollo de la baya en el momento en que se produce el déficit hídrico tiene consecuencias en la posterior evolución del contenido de antocianos y el grado de polimerización de los flavonoides y por tanto en la percepción organoléptica del vino.

1.4.4 RESPUESTAS DE LA VID AL DÉFICIT HÍDRICO: CONTROL DE LA APERTURA ESTOMÁTICA (G_s) Y EFECTOS EN LA FOTOSÍNTESIS NETA (AN) Y LA EFICIENCIA INTRÍNSECA EN EL USO DEL AGUA (AN/ G_s)

Cuando se produce un déficit hídrico, uno de los primeros efectos en la planta es la reducción que se produce de la apertura estomática en las hojas. Se ha observado bajo diferentes condiciones, que la reducción de la conductancia estomática tiene una correspondencia clara entre las caídas de potencial y la conductancia, aunque dicha correspondencia no pudo evidenciarse en otros experimentos (Flexas et al. 2002a, Medrano et al. 2002, Schultz 2003).

La conductancia estomática (g_s) y el potencial hídrico de base suelen estar bastante relacionados. Aunque la vid fue una de las primeras especies en la que se demostró que la apertura estomática dependía de la concentración de ácido abscísico (ABA) en el xilema (Kriedemann 1974, Correia et al. 1995). Además, hay una parte de las raíces que induce el cierre de estomas cuando se encuentra la planta en estado de déficit hídrico, y el crecimiento del tallo se ve reducido sin verse influenciado por esto la modificación del potencial hídrico. Esto nos permite llegar a la conclusión de que el déficit hídrico provoca un aumento de la síntesis de ABA, lo que provoca que se produzca el cierre estomático. Este hecho indica que la conductancia estomática es

un parámetro que se ve bastante afectado por el déficit hídrico en comparación con el potencial hídrico o el contenido hídrico relativo.

Si se utiliza la conductancia como parámetro indicador para medir el grado de sequía en la planta, se pueden establecer tres niveles de inhibición de la fotosíntesis:

- (1) La primera fase comprendería los valores de g_s comprendidos entre los valores máximos (valores que dependen del genotipo y de las condiciones ambientales) y unos $150 \mu \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; en esta fase predominan los efectos estomáticos: disminuyen los valores de A_n y g_s , con un incremento progresivo de la eficiencia intrínseca en el uso del agua (A_n/g_s).
- (2) En la segunda fase, los valores de g_s están comprendidos entre 150 y $50 \mu \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, y los efectos estomáticos siguen siendo predominantes, viendo que los valores de A_n/g_s aún son elevados. Los efectos no estomáticos sin embargo (Fotoquímica, ciclo de Calvin, conductancia del mesófilo, etc.) empiezan a ser más notorios.
- (3) En la tercera fase, los valores de g_s son inferiores a $50 \mu \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y nos encontramos que los efectos no estomáticos son dominantes, lo que lleva disminuciones fuertes de A_n/g_s en esta fase.

Si observamos la fuerte correlación curvilínea que existe entre la conductancia estomática (g_s) y la tasa de fotosíntesis neta (A_n), ((Figura 10), Düring 1987, Escalona et al. 1999, Flexas et al. 2002a, Cuevas et al. 2006) y al hecho de que el cierre estomático es una de las primeras respuestas que da la planta cuando se encuentra en estrés hídrico, podemos deducir que la mayor parte de la disminución de las tasas de fotosíntesis bajo estas condiciones se debe al cierre estomático. Cuando tenemos unas condiciones de sequía suaves, se produce un incremento en la eficiencia intrínseca del uso del agua. En cambio, en condiciones de estrés más severo, (g_s muy reducidas), se producen limitaciones de tipo no estomático las cuales reducen las tasas de fotosíntesis en proporción mayor a la reducción de la conductancia, lo que disminuye la eficiencia en el uso del agua (Figura 10).

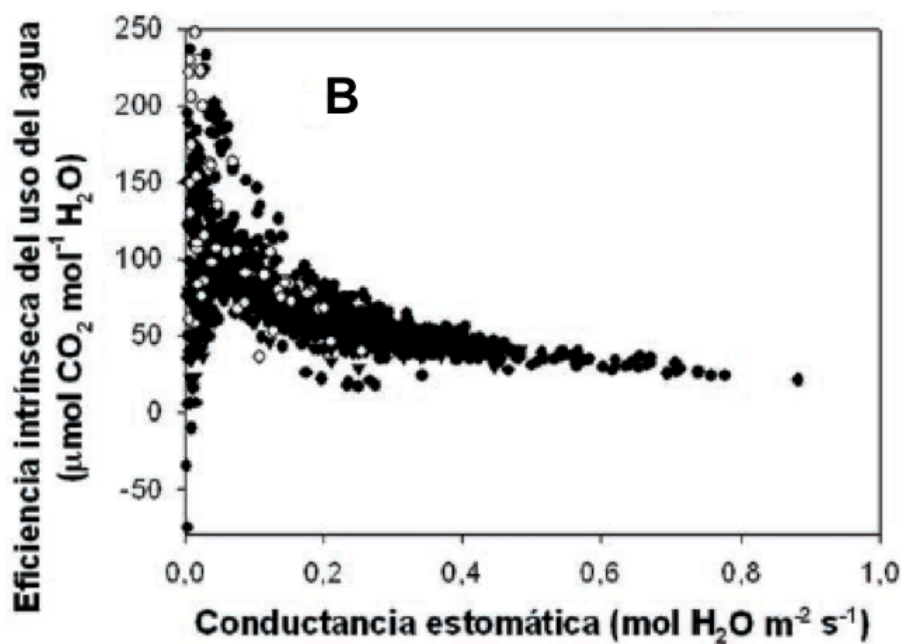
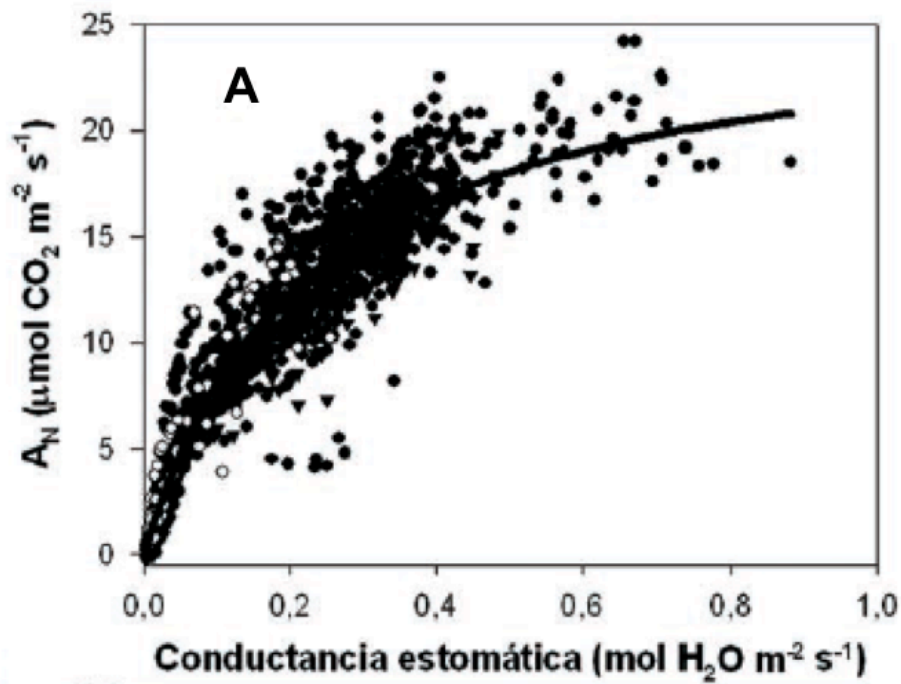


Figura 10: Relación entre (A) la tasa de fotosíntesis neta (A_N) y la conductancia estomática y (B) la eficiencia intrínseca en el uso del agua (A_N/g_s) y la conductancia estomática en vides (*Vitis vinifera* L.) sometidas a distintos regímenes hídricos en Mallorca. (Fuente: Medrano, 2007)

1.5 NECESIDADES DE AGUA DE LA VID

A lo largo de la estación, de todo el agua que absorbe la planta, aproximadamente el 9-14% se consume desde brotación a floración, un 28-31% entre floración y envero y un 55-63% se consume durante la maduración.

Tabla 4: Distribución estacional del porcentaje de consumo de agua del viñedo con distintos regímenes hídricos en cv Tempranillo/110R en Madrid (datos medios calculados 2002-2004).

kc	Brotación-Floración (% consumo agua)	Floración-Envero (% consumo agua)	Envero-Vendimia (% consumo agua)
0,45	9,2	27,0	63,8
0,30	13,7	27,9	58,4
0,20	13,7	29,9	56,4
secano	13,6	31,1	55,3

Fuente: Centeno (2005).

La planta desplaza el consumo de agua hacia el envero-vendimia cuando la disponibilidad de esta es abundante y está repartida de forma uniforme en el tiempo coincidiendo con los máximos de demanda atmosférica y el máximo desarrollo vegetativo.

Desde vendimia hasta final de primavera, el déficit hídrico no suele ser frecuente en viñedos plantados en clima mediterráneo ya que, por lo general, las plantas satisfacen sus necesidades con las lluvias de otoño, invierno y gran parte de la primavera.

1.5.1 MÉTODO DEL BALANCE DE AGUA.

Debemos conocer las necesidades hídricas del viñedo para que, una vez conocida la fecha de inicio de riego, podamos cuantificar la dosis de agua que debemos aportar. Para calcularlo, podemos utilizar el método del balance de agua. Este método consiste en aplicar

una cantidad proporcional (coeficiente de cultivo, K_c) de la evapotranspiración de referencia (ET_o) – calculada según método Penman-Monteith (Allen et al. 1998) de modo que garantice la satisfacción de los objetivos cuantitativos y cualitativos de la cosecha.

El coeficiente K_c dependerá de la superficie foliar de la planta (tabla 5) – que a su vez depende la altura de la vegetación, y de la distancia entre líneas -, variedad, portainjerto, calidad de cosecha, características cualitativas de la misma, etc.

El consumo de agua de la planta durante el ciclo anual dependerá del desarrollo de la superficie foliar, y la demanda evaporativa de la atmósfera. Teniendo en cuenta la disponibilidad de reserva hídrica del suelo y los objetivos cuantitativos y cualitativos de la cosecha, el riego deberá adaptarse a esta demanda.



Tabla 5: Evolución estacional del kc propuesto por Williams (2001) – adaptado del original – para un viñedo en espaldera con diferentes distancias entre líneas de cultivo. La relación utilizada para calcular los Kc para una distancia dada entre calles de 1.6 m fue: $Kc = 0.87 / (1 + e^{((x-525)/301)})$, donde x son grado · día (°C).

$\sum_{brotación} (grado \cdot día) \sum (°C)$	Kc 2.0 m	Kc 2.5 m	Kc 2.8 m
100	0.15	0.12	0.10
200	0.19	0.15	0.13
300	0.24	0.19	0.17
400	0.30	0.23	0.21
500	0.36	0.28	0.25
600	0.42	0.33	0.29
700	0.48	0.37	0.33
800	0.53	0.41	0.37
900	0.58	0.45	0.40
1000	0.62	0.48	0.43
1100	0.65	0.50	0.45
1200	0.67	0.52	0.47
1300	0.69	0.54	0.48
1400	0.71	0.55	0.49
1500	0.71	0.55	0.49

1.5.2 MÉTODO BASADO EN LA MEDIDA DEL ESTADO HÍDRICO DE LA PLANTA

Este método de medida del estado hídrico de la planta pretende trabajar con valores reales de estrés hídrico medidos directamente sobre ella. De esta forma, lo que se maneja directamente es el déficit hídrico de la planta y no su supuesto efecto a través de variaciones en aportación de agua en base a un nivel óptimo calculado.

Williams (2001), considera que la vid mantiene un buen estado hídrico cuando los valores de ψ_{12hs} se encuentran sobre -1.0 MPa para variedades blancas y -1.2 MPa para variedades tintas durante la fase de maduración de las bayas. Se puede establecer una graduación en los niveles de estrés que se iniciaran a partir de $\psi_{12hs} = -0.8$ MPa hasta valores próximos a -1,8 MPa.

1.5.3 NECESIDADES DE RIEGO

Para conocer las necesidades de riego de la planta, debemos tener en cuenta los aportes hídricos de las precipitaciones y la cantidad de agua que el suelo es capaz de almacenar y que está a disposición de la misma.

Las necesidades de riego vendrían expresadas de la siguiente forma:

$$\text{Necesidades de riego} = \frac{ET_o \cdot K_c}{C_e} - (P_e)$$

Pe = precipitación efectiva

Ce = eficiencia de riego (Ce<1)

1.6 CULTIVO DE LA VID EN ESPALDERA

El hecho de que la vid no este bajo un sistema de conducción en espaldera implica un crecimiento de la cepa de forma rastrera que puede suponer una serie de desventajas en cuanto a las labores de poda, la sanidad del cultivo, su accesibilidad, la mayor necesidad de mano de obra para la recolección y la disminución de los rendimientos del cultivo debido a la suma de estas circunstancias.

Existe la posibilidad de inclinar la espaldera con el fin de controlar la cantidad de radiación que es interceptada por la planta al cabo del día. Esta práctica está justificada en climas mediterráneos debido a que la radiación incidente es directa (Intrigliolo, 2012).

1.6.1 VENTAJAS DE LA ESPALDERA

A parte de verse favorecida la posibilidad de mecanización, hay una serie de ventajas las cuales facilitan las labores del cultivo (Sánchez et al., 1999). La planta está más expuesta a la aireación, por lo tanto su sanidad frente a plagas y enfermedades mejora, viéndose más afectadas las cepas rastreras al ser susceptibles a enfermedades como las podredumbres. La vendimia es más rápida al estar los racimos distribuidos de forma uniforme, pudiéndose realizar la mecanización de la recolección. Se intensifica la función clorofílica. Hay un mayor número de plantas por unidad de superficie. Al estar más expuestos los racimos a la rayos solares, hay una mejor maduración. Existe un ahorro en la mano de obra puesto que la disponibilidad de los racimos es más accesible a los operarios y los trabajos que se realizan son más rápidos y eficaces. La resistencia de las plantas se mejora contra la acción del viento y demás accidentes climatológicos. Posibilita el abonado en zanjas y la eliminación de malas hierbas.



Figura 11: Vendimia mecanizada

2 OBJETIVOS

El objetivo del experimento fue cuantificar el consumo de agua de dos sistemas de conducción en espaldera mediante lisimetría de pesada y comprobar si el consumo de agua es distinto en situación de suministro adecuado de agua y situación de estrés hídrico en plantas de vid.

Los objetivos particulares son:

- Comprobar si el consumo de agua de las vides en cada tratamiento de espaldera es distinto a escala diaria.
- Contrastar si este consumo es distinto entre los dos tratamientos a lo largo de las horas del día a escala horaria.
- Verificar si existen diferencias en la producción de las vides sometidas a cada sistema de conducción.



3 MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

3.1.1 UBICACIÓN DE LA PARCELA EXPERIMENTAL

La parcela donde se ha desarrollado el experimento se encuentra ubicada en el Noroeste del interior de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela (EPSO), de la Universidad Miguel Hernández de Elche, en el Término Municipal de Orihuela (sureste de la provincia de Alicante). Se trata de un terreno de forma rectangular y tiene unas dimensiones de 20 metros de largo y 18 metros de ancho, con un superficie total de 396 m². Las coordenadas son: Latitud 38° 4' 10,17" N y Longitud 0° 59' 6,81" W, y se encuentra elevada 19 metros sobre el nivel del mar, caracterizándose por un clima semidesértico y precipitaciones anuales de 291 milímetros. Estas coordenadas han sido extraídas del Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC), así como el valor de la precipitación anual ha sido proporcionado por la página web del MAGRAMA. El recinto experimental dispone de un fácil acceso a pie aunque no tiene entrada para vehículos, ya que existe un pequeño desnivel en ambas partes de la entrada, y limite al norte con tierra desocupada en la que se establecerá un cultivo experimental de palmeras, al oeste con la granja propiedad de la EPSO, al este con un pequeño invernadero-semillero y al sur con la planta de compostaje del mismo recinto.

La parcela está dotada de una instalación de riego por goteo y corriente eléctrica para la conexión de dispositivos de control.

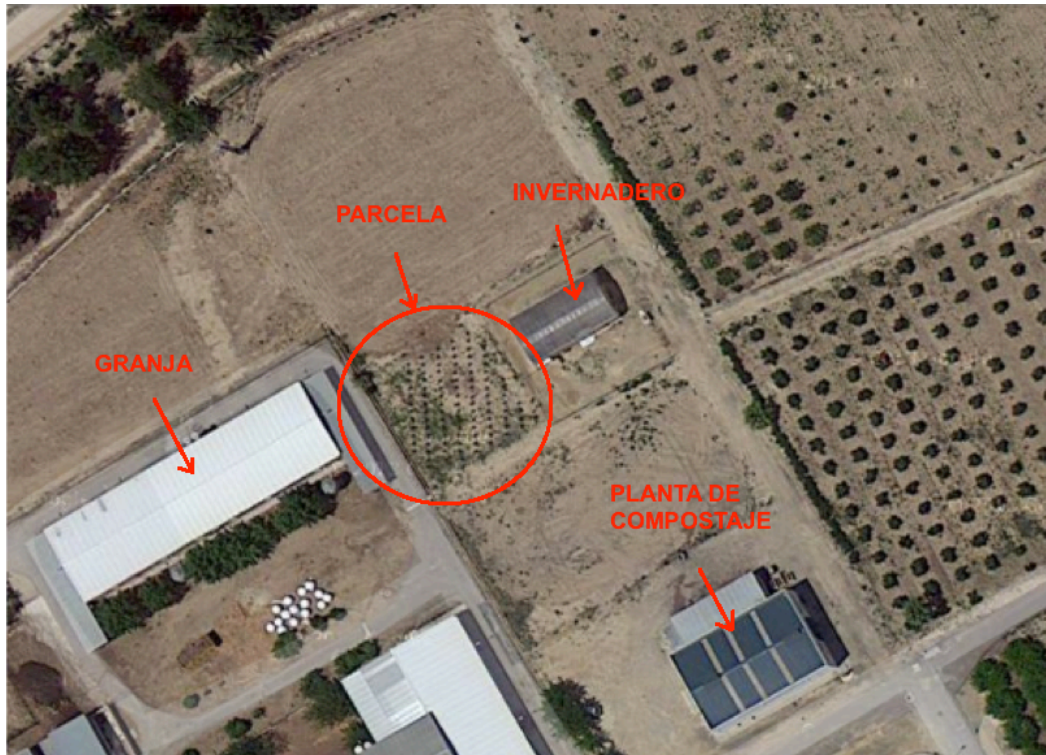


Figura 12: Vista aérea de la parcela experimental.

3.1.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Las condiciones climáticas de la zona describen un clima mediterráneo-subtropical seco de tránsito a clima desértico, cálido y con escasas precipitaciones; con inviernos benignos (temperaturas de 14-17°C de máxima y 3-8°C de mínima) y veranos muy secos y anticiclónicos, siendo muy comunes las olas de calor subsaharianas.

3.2 MATERIAL VEGETAL

3.2.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL PATRÓN

El patrón que se ha utilizado en la plantación de la parcela ha sido el 110 Richter (110 R).

Este tipo de patrón es óptimo para suelos arenosos y de gravas. Es muy tolerante a terrenos secos y muy sensible a terrenos húmedos. Posee un umbral de tolerancia a caliza activa del 17%. Tiene nula resistencia a la salinidad y es sensible a suelos impermeables. Su sistema radicular no es demasiado penetrante. Esta característica le permite adaptarse a suelos poco profundos, compactos y a tierras con un subsuelo húmedo.

Es un patrón muy potente, por lo que facilita una producción abundante y proporciona a los injertos un gran vigor pese a que el desarrollo del primer año sea algo débil. Es medianamente resistente a nematodos (*Meloidogyne* sp.)

Tiende a retrasar la maduración de la uva en terrenos muy fértiles.

Debido a su capacidad para adaptarse a situaciones muy variables, actualmente es el portainjerto más difundido en la viticultura española (Magrama, 2015).

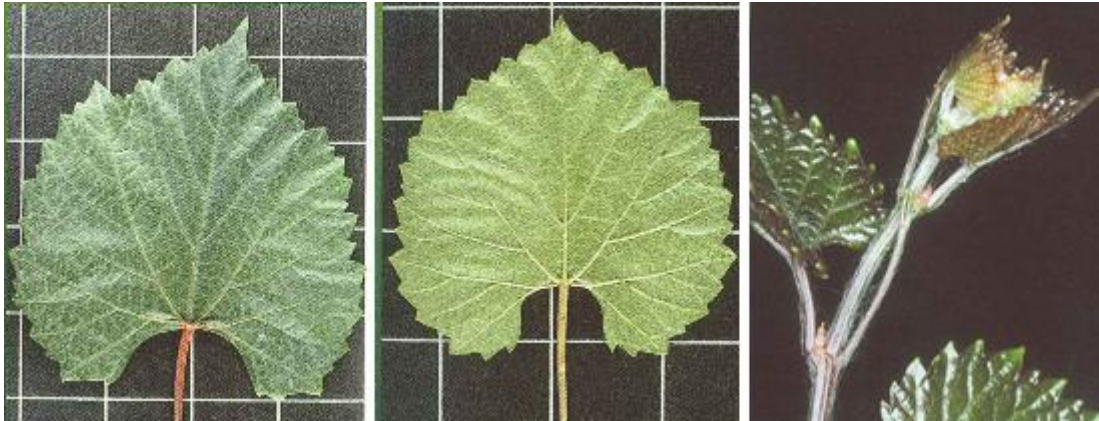


Figura 13: Hoja (haz y envés) y pámpano joven del patrón 110-R (Fuente: MAGRAMA, 2015)

3.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD BOBAL

La variedad de uva Bobal (*Vitis vinífera* var. Bobal) es una variedad de origen español. En cuanto a su fenología, la época de desborre es media-tardía, y la época de maduración también es media-tardía. Con respecto a las características agronómicas que presenta esta planta, es una planta vigorosa de porte semi-erguido. Su fertilidad es alta, con una producción media-alta y presenta racimos grandes (figura 15). Es muy resistente a la sequía, adaptándose mejor a suelos sueltos y aireados. Su adaptación a las podas cortas es buena. Es sensible al oídio y botrytis.

Del potencial enológico que presenta, se obtienen vinos alcohólicos con un color intenso cereza oscuro con tonos violáceos y un ligero aroma con tonos herbáceos, acidez media y gran contenido en taninos.

Se obtienen buenos resultados actualmente en la elaboración de vinos rosados frescos y afrutados.



Figura 14: Hoja (haz y envés) y pámpano joven de la variedad de *Vitis vinifera* var. Bobal (Fuente: MAGRAMA, 2015)



Figura 15: Racimo de la variedad Bobal (Fuente: MAGRAMA, 2015)

3.2.3 CONDICIONES DE CULTIVO

El prototipo de lisímetro de pesada utilizado para llevar a cabo el experimento está diseñado para albergar una maceta, por lo que para ello se utilizaron 94 contenedores de 50 litros cada uno, con unas medidas de 37 cm de alto, 41 cm de diámetro superior y 33 de diámetro inferior, los cuales contienen los diferentes estratos del suelo, que son unos 20 gramos de perlita en el fondo, seguido de compost, sustrato universal con unos contenidos en macronutrientes N-P₂O₅-K₂O de 14-16-18 y una palada de estiércol (entre 50 y 100

gramos) proveniente de la planta de compostaje de la EPSO. Las medidas de los tiestos conforman el marco de plantación y serán utilizadas para el cálculo del balance hídrico.

3.3 DISEÑO DE LA PLANTACIÓN

La parcela en la que se ha realizado el experimento tiene una superficie de 396 m². Sus dimensiones son de 20 m de largo y 18 m de ancho aproximadamente. En esta superficie se distribuyen las 96 macetas de la especie *Vitis vinifera* var. Bobal con patrón 110-R.

En la campaña del experimento, las macetas están distribuidas en 8 filas con orientación Norte-Sur. Cada fila alberga 12 plantas. El marco de plantación es de 1,3 m entre plantas de la misma fila y 2,6 m entre filas aproximadamente. El volumen que puede albergar las macetas es de 50 L y las dimensiones de estas son de 37 cm de alto, 41 cm y 33 cm de diámetros superior e inferior respectivamente.

Tanto las filas situadas en el extremo Este y Oeste, como las plantas en los extremos Norte y Sur de las filas, se utilizaron como plantas guarda para evitar los efectos de borde en las plantas situadas en los lisímetros. Por tanto, las filas en las que están dispuestos los lisímetros son en las filas 2, 3, 6 y 7. Hay cuatro lisímetros por fila y están situados en el centro de estas.

Se aplicaron dos sistemas de conducción en espaldera: Las cuatro filas situadas en la mitad Este se entutoraron sobre espalderas verticales y las cuatro filas situadas en la mitad Oeste se entutoraron en espalderas inclinadas 30° respecto de la vertical hacia el Oeste.



Figura 16: Vista general de la parcela desde el Este, en primer término se aprecia la fila guarda.

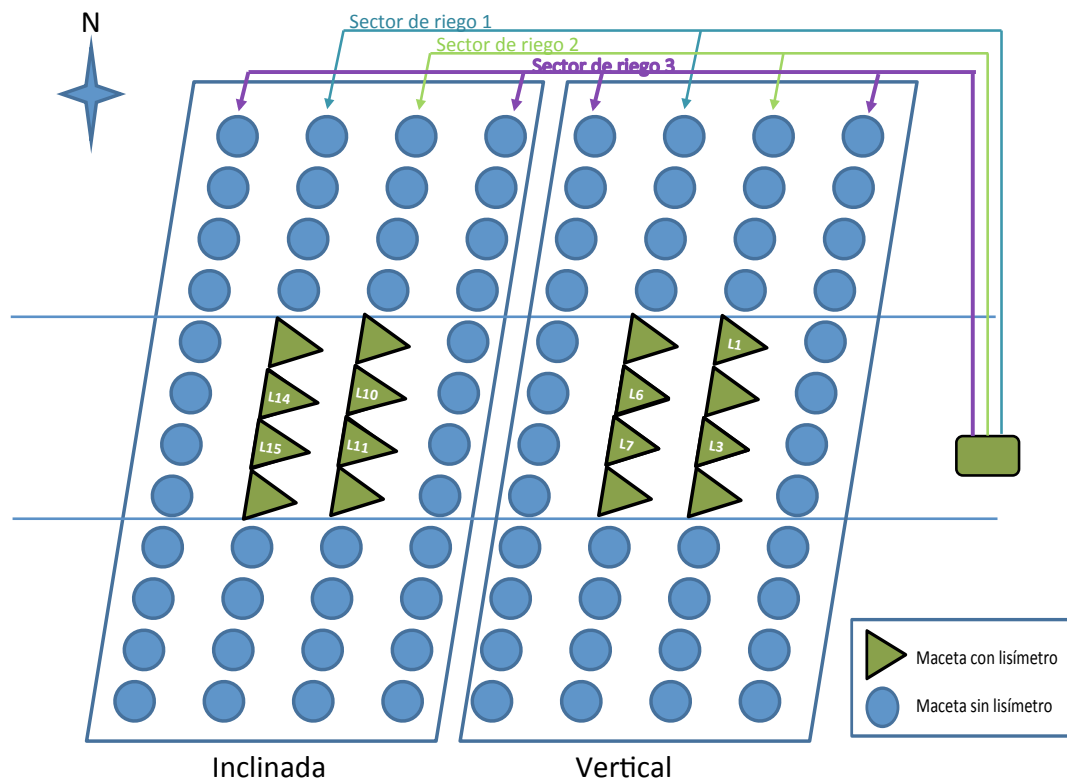
3.4 LISÍMETROS DE PESADA UTILIZADOS

El lisímetro de pesada utilizado de tres células de carga (figura 17), contiene de una base en forma de triángulo equilátero que se apoya sobre las tres células dispuestas cada una en un vértice. El lisímetro se ancla al suelo mediante una estructura de acero formada por unas patas ajustables que garantizan la horizontalidad de la plataforma. A parte de esta estructura de acero, hay instalada otra estructura vertical de aluminio que sostiene el enrejado de 1,2 x 1 m, la cual puede ser modificada para conseguir una cierta inclinación de hasta 30° con respecto al eje vertical.

La parte inferior del lisímetro consta de un receptáculo de plástico duro el cual recoge el agua percolada por la maceta. A su vez, este receptáculo está conectado a un tanque esférico de drenaje de PVC que se encuentra en su parte inferior. Este tanque esférico contiene otra célula de carga que se encarga de pesar el agua que alberga en su interior. Posee dos electroválvulas que se encuentran conectadas a la entrada y salida del tanque las cuales, una vez el tanque está lleno, se encargan de abrirlo o cerrarlo con tal de que no se pierda el agua de drenaje del proceso.



Figura 17: Lisímetro de pesada



Configuración lisímetros año 2014

Figura 18: Croquis de la disposición de las filas de cultivo y lisímetros en la parcela experimental.

3.5 DESCRIPCIÓN DEL CÁLCULO DE ETC MEDIANTE EL BALANCE HÍDRICO A PARTIR DE LOS DATOS DEL DATALOGGER

Los datalogger modelo CR1000 se utilizaron para la adquisición de señales de las células de carga y el control de drenaje de las electroválvulas en la parcela de ensayo. Estos datalogger tienen ocho entradas diferenciales analógicas, cuatro salidas analógicas y ocho puertos I/O. Los retransmisores analógicos multiplexores AM16/32B se utilizaron para incrementar el número de canales de entrada en el modo "4 x 16", que permite 16 canales de entrada para ser escaneados con cuatro líneas de una pieza.



Figura 19: Sistema de conexión del Datalogger

Cada lisímetro tiene cuatro células de carga con medidores de tensión con compensación de temperatura, modelo VETEK 108TA con protección IP66; 30 Kg de peso son de la maceta, y 10 kg de drenaje. Estas células de carga cumplen con las normas OIML R60 C3, hasta 5000 divisiones para escalas clase III (International Organization of Legal Metrology, 2000) con una sensibilidad nominal de $2 \text{ mV/V} \pm 10\%$. Estas especificaciones garantizan una exactitud de peso de 6 g para las células de 30 kg y 2 g para las de 10 kg.

3.6 TRATAMIENTO DE RIEGO

En el experimento realizado, se alternaron ciclos de riego normales en los cuales se aplicó a las macetas un riego de 12 minutos, con ciclos de estrés hídrico en los que la planta recibió un riego de 4 minutos. El número de riegos que se realizó al día fue de un total de cuatro. Durante los ciclos de estrés hídrico, a la planta se le suministró una cantidad de riego de 2 l/día, que es la mitad de los que ésta necesitaría. Después de cada ciclo de estrés hídrico, necesitamos que la planta recupere sus necesidades normales, por lo tanto, se realizó una cantidad de tres riegos manuales para así obtener drenaje, que fue el objetivo que se buscó para que la planta tuviera reservas en la maceta.

3.7 CÁLCULO DEL BALANCE DE AGUA

La planta junto con la maceta actúan como un sistema en el que se plantea una serie de entradas y salidas a partir de las cuales obtenemos un balance para determinar la cantidad de transpiración de la planta (figura 20).

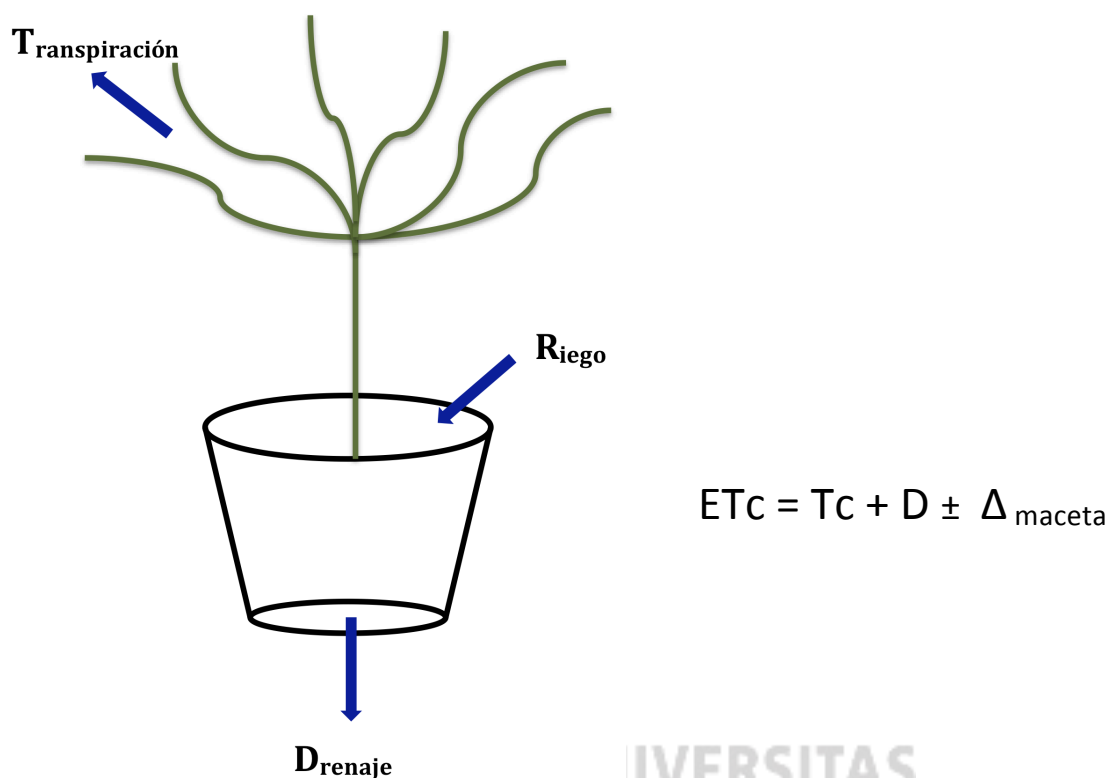


Figura 20: Esquema de los flujos de agua considerados para establecer el balance de masas de cada maceta individual

El peso de la maceta viene dado por las tres células de carga que están instaladas en la estructura en la que está depositada la maceta (P1+P2+P3). El peso del drenaje se obtiene con una cuarta célula localizada en el depósito de drenaje (P4).

Para realizar el balance tendríamos el riego que suministramos a la planta como única entrada. Como salidas, la ET_c de la planta, el drenaje y el incremento de peso de la maceta.

$$\text{Riego} = ET_c + \text{Drenaje} \pm \Delta P_{\text{maceta}}$$

Queremos obtener la ET_c :

$$ET_c = T_c + D \pm \Delta_{\text{maceta}}$$

En nuestro caso, solo se obtuvo transpiración del cultivo (T_c) ya que las macetas se cubrieron con plástico y por lo tanto no se produjo evaporación.

El drenaje lo obtenemos por la diferencia de peso del drenaje final y el peso del drenaje inicial.

El incremento de peso de la maceta (Δ_{maceta}) puede ser negativo o positivo y se obtiene por la diferencia entre el peso final y el peso inicial. Si tenemos un incremento negativo ($P_f < P_i$) es debido a que la planta ha absorbido agua del sustrato de la maceta. Si por el contrario el incremento es positivo ($P_f > P_i$), es debido a que la planta no ha absorbido agua del sustrato y por eso la cantidad y peso es mayor.

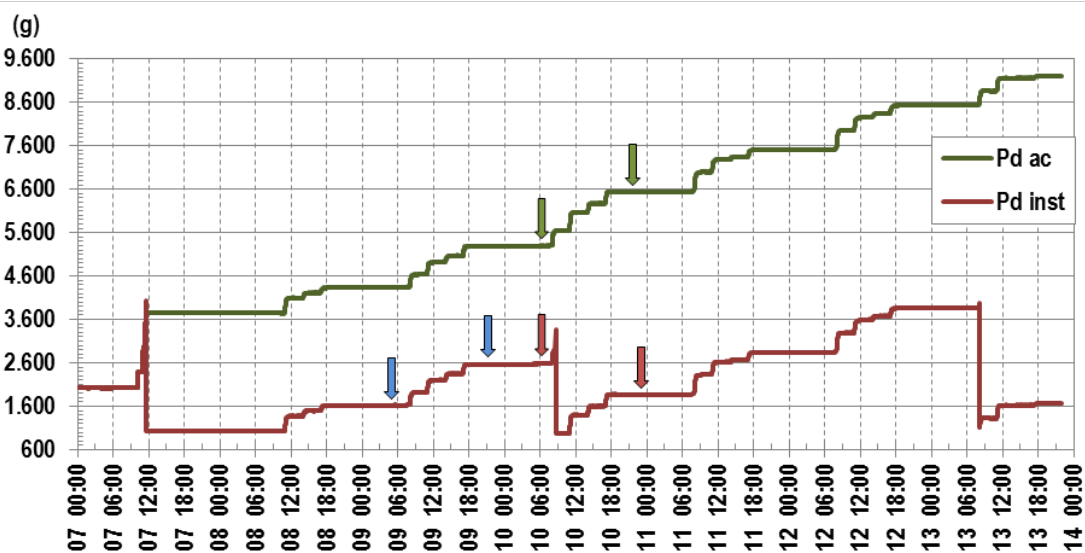


Figura 21: Evolución temporal del peso del drenaje del Lisímetro 1 en la semana del 07-07-2014 al 14-07-2014

En la figura 21 observamos una línea roja que representa la variación de drenaje instantáneo y una línea verde donde se representa el drenaje acumulado del lisímetro uno. Con flechas azules indicamos el cálculo normal de drenaje, mediante la diferencia del drenaje final y el inicial. Con las flechas rojas observamos como este cálculo nos variaría ya que se producen descargas. Por ello, para poder calcular el drenaje acumulado, en la línea verde indicamos con flechas verdes como hemos sumado al drenaje final las descargas que se han producido.

La T_c se obtiene mediante el siguiente balance:

$$T_c = (P_1 - P_0) + (D_1 - D_0) + R$$

El agua que la planta transpira se iguala al sumatorio del incremento del peso, el incremento del drenaje, y el riego aportado. Tanto el peso como el drenaje y el riego vienen expresados en gramos/minutos.

3.8 CÁLCULO DEL INCREMENTO DE PESO CON EL RIEGO POR MACETA

El cálculo del incremento de peso con el riego por maceta se calcula sabiendo que tenemos dos goteros que suministran un caudal de 4 l/h por gotero y planta. Con estos datos se determina un incremento aproximado teórico de 133,33 gramos por minuto. Para el cálculo de este incremento se obtiene la pendiente de la recta medida en gramos por minuto, que se produce cada vez que se aplica un riego. Las condiciones de las cuales partimos para el cálculo del incremento de peso con el riego son en un primer lugar, la toma de datos en el primer riego a primera hora de la mañana durante el cual la transpiración de la planta es menor y se puede obtener un cálculo más favorable, y la eliminación del primer y último dato para asegurar que los puntos de la pendiente entran dentro del riego. Se produce una medida por minuto en un periodo de 12 minutos. El incremento de peso con el riego se obtiene multiplicando la pendiente por el sumatorio de tiempo de riego (4 riegos x 12 minutos), que serían un total de 48 minutos al día.

3.9 INSTALACIÓN DE RIEGO Y DRENAJE

El riego que se aplicó fue mediante goteros autocompensantes y las tuberías que se utilizaron fueron de polietileno con 32 mm de diámetro para las principales y 16 mm de diámetro para las secundarias que se encuentran a nivel del suelo. De ellas parten dos microtubos de 80 cm de longitud por maceta que suministran el agua con un caudal de cuatro litros por hora.

La instalación de riego que suministra agua a la parcela está dividida en tres sectores (figura 18). El sector 1 abastece las líneas 2 y 6. El sector 2 abastece las líneas 3 y 7. El sector 3 abastece las líneas las cuales poseen macetas sin lisímetros que serían la 1, 4, 5 y 8 y a las últimas macetas de las filas 2, 3, 6 y 7.

El agua que abastece la parcela proviene del invernadero que linda con la parcela. En el cabezal encontramos un contador para controlar el volumen de agua de riego. El agua se distribuye a través de tres electroválvulas que abastecen a cada uno de los sectores (figura 22).



Figura 22: Electroválvulas sector 1,2 y 3

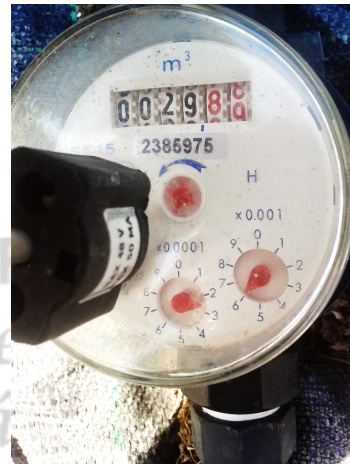


Figura 23: Caudalímetro de línea

Las longitudes de las tuberías secundarias no tienen la misma longitud ya que cada una no abastece solamente a la propia línea. La primera línea abastece a las doce macetas que contiene y a la última maceta de la línea 2. La línea 4 abastece sus doce macetas más la última maceta de la línea 3. La línea 5 abastece las doce macetas de su línea más la última maceta de la línea 6. Por último, la línea 8 abastece las doce macetas de su línea más la última maceta de la línea 7.

Por lo tanto las líneas 1, 4, 5 y 8 que son las líneas perimetrales y centrales, abastecen cada una trece macetas. Mientras que las líneas que contienen lisímetros, que serían las líneas 2,

3, 6 y 7, abastecen cada una once macetas. Estas líneas con lisímetros están dotadas de un caudalímetro por línea (figura 23).

3.10 LABORES CULTURALES

Durante el ensayo se realizó un seguimiento del estado del entutorado de la planta revisando forma semanal su estado y corrigiendo la posición de la planta mediante canutillos de material plástico.

Con respecto a la fertilización, se aplicó un abono complejo en forma de gránulos perlados con nombre comercial YaraMila Compex. La cantidad que se suministró a cada planta fue e 30-40 gramos por maceta en un intervalo de tiempo de 15 días entre aplicación.

La proporción de los nutrientes del complejo son las siguientes:

- Nitrógeno Total (N) 12%
- Nitrógeno Nítrico (N) 5%
- Nitrógeno Amoniacal (N) 7%
- Pentóxido de Fósforo (P₂O₅) soluble en agua y Citrato Amónico 11%
- Pentóxido de Fósforo (P₂O₅) soluble en agua 7,7%
- Óxido de Magnesio (MgO) soluble en agua 2,7%
- Óxido de Potasio (K₂O) 18,09%
- Trióxido de Azufre (SO₃) 20%
- Boro (B) 0,015%
- Hierro (Fe) 0,20%
- Manganeso (Mn) 0,02%
- Zinc (Zn) 0,02%
- Cloro (Cl) Bajo en cloruro.

Se llevó a cabo un control de la vegetación espontánea eliminándola de forma manual y evitando así la competencia por los recursos hídricos con las vides que se encuentran en las macetas.

Durante el ensayo realizado en la parcela, se detectó la presencia de una plaga en ciertas plantas de algunas filas. La plaga identificada fue provocada por cicadela verde de la vid (*Empoasca vitis* Goethe).

Hacia el final del ciclo de cultivo se apreció la aparición de *botrytis* en racimos y en algunos sarmientos por las condiciones ambientales de alta humedad durante la noche. Para controlarlo se aplicaron los tratamientos fungicidas correspondientes.

3.11 RESPUESTA AGRONÓMICA Y CALIDAD DE LA UVA

Para cada tratamiento se efectuaron medidas de crecimiento vegetativo (superficie foliar y madera de poda) y productivo (número de racimos, producción por cepa, peso medio del racimo, bayas por racimo y peso de baya). Asimismo, en vendimia se tomaron muestras de 200 bayas por repetición para determinar la composición de la misma. Para ello se determinaron el contenido en sólidos solubles por refractometría, el pH y la acidez del mosto mediante un titulador.

3.12 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para determinar si existió una diferencia estadísticamente significativa entre los dos tratamientos de conducción en espaldera se aplicó una prueba t de dos colas ($P < 0.05$) calculada mediante una hoja de cálculo de MS Excel.

4 RESULTADOS

4.1 EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES DURANTE EL EXPERIMENTO

Los parámetros ambientales para caracterizar el experimento se obtuvieron de la estación de Beniel del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario, IMIDA, de la Región de Murcia por ser la más cercana a la parcela experimental.

En la figura 24 se muestra la evolución temporal de la temperatura de cada mes en la cual podemos observar como las temperaturas de los meses son cercanas a la media de los meses. En abril, la temperatura alcanza unos valores más elevados a los de la media siendo este un mes más cálido.

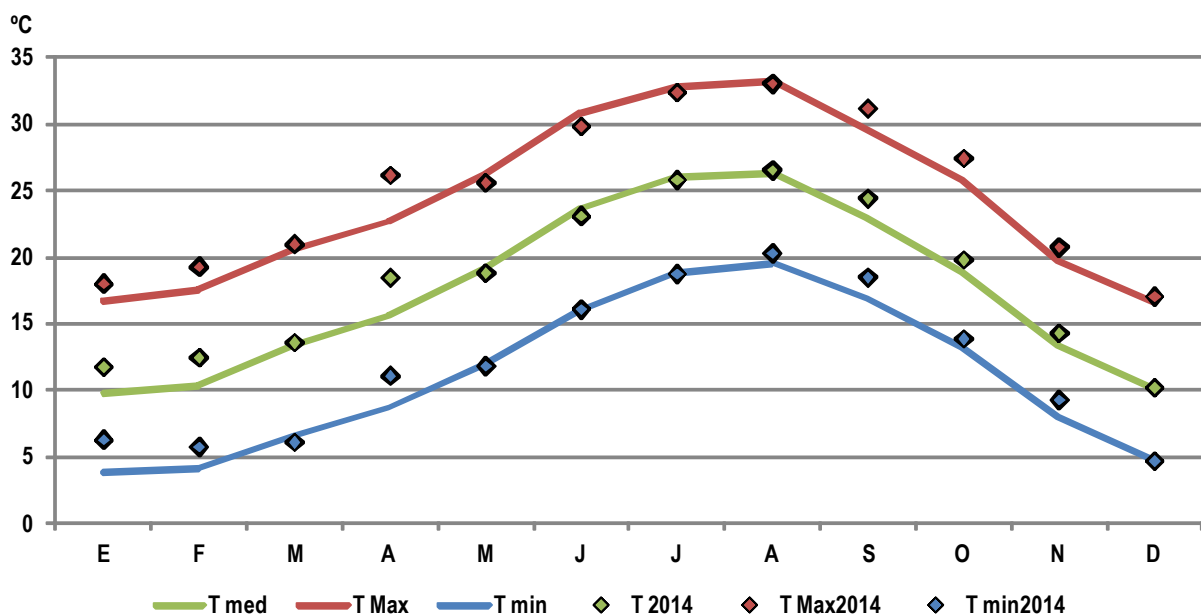


Figura 24: Comparación de la evolución de la temperatura media, máxima y mínima de la serie temporal de 2001 a 2013 y de las temperaturas correspondientes registradas durante la campaña experimental.

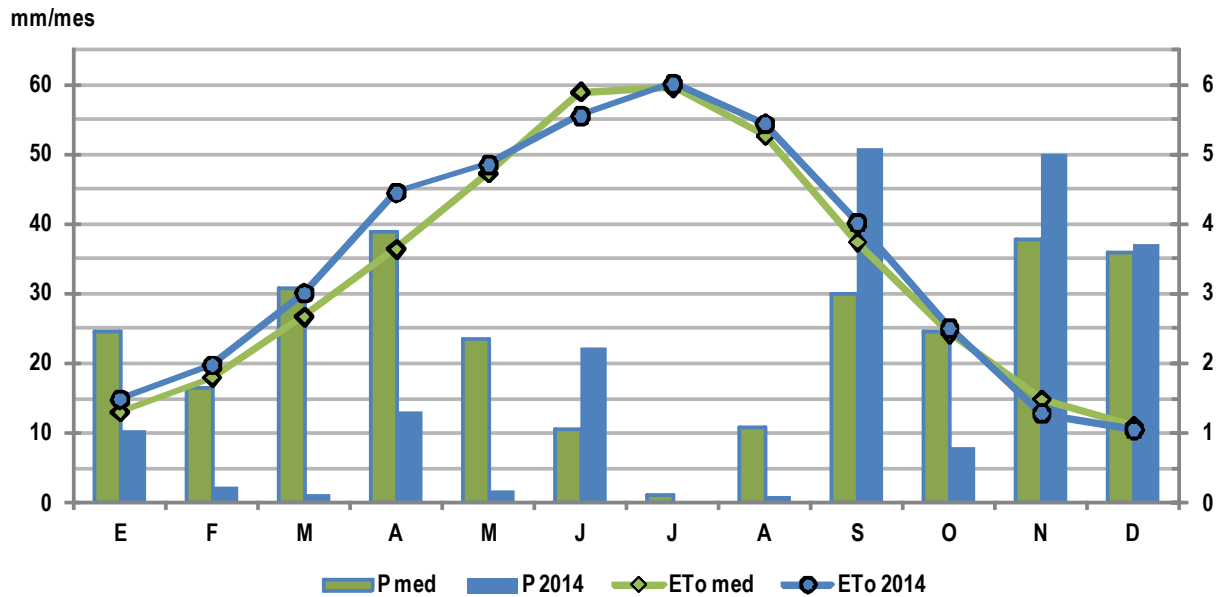


Figura 25: Comparación de la evolución de la precipitación mensual y de la ET_0 de la serie temporal de 2001 a 2013 y de la campaña experimental en 2014.

La figura 25 muestra la evolución de la precipitación mensual y de la ET_0 de la serie temporal de 2001 hasta el 2013 y de la campaña experimental de 2014. Como observación, podemos destacar las elevadas pluviometrías que tuvieron lugar el mes de junio del 2014 a la que le podemos atribuir como consecuencia, la aparición de botritis en las plantas del ensayo.

4.2 EVOLUCIÓN DE LA VARIACIÓN TEMPORAL DE PESO EN LA MACETA

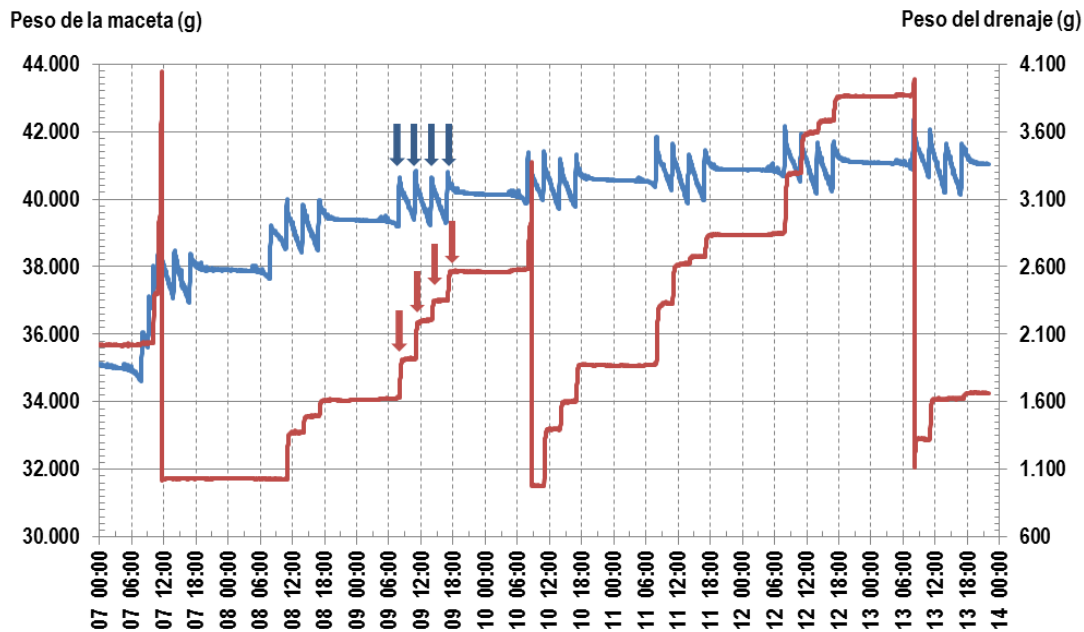


Figura 26: Variación temporal del peso de la maceta del lisímetro L1 durante la semana del 7-7-2014 al 14-7-2014.

En la figura 26 se observa la evolución temporal del peso de la maceta en gramos (línea azul) frente al tiempo, y el peso del drenaje en gramos (línea roja) en un periodo de tiempo de una semana, dividida a su vez en periodos de tiempo de 3 horas. Se aprecia como a medida que se van aplicando los ciclos de cuatro riegos, el peso del drenaje va aumentando hasta que llega a un límite en el cual se produce la descarga o drenaje. Este límite se alcanza aproximadamente cuando el peso del drenaje llega a $4 \text{ kg} \pm n \text{ la f}$. El día 10 a las se observa como el límite de descarga es inferior debido a que se realizó de forma manual para que se pudieran apreciar bien los resultados de drenaje.

Como muestra, el día 9 se ha señalado con flechas azules los momentos en los que se aplicaban los cuatro riegos, y con flechas rojas se ha indicado los descensos de peso de la maceta que se producían después de aplicar los riegos, debido a la transpiración de la planta.

4.3 EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

4.3.1 EVOLUCIÓN DIARIA DEL CONSUMO DE AGUA

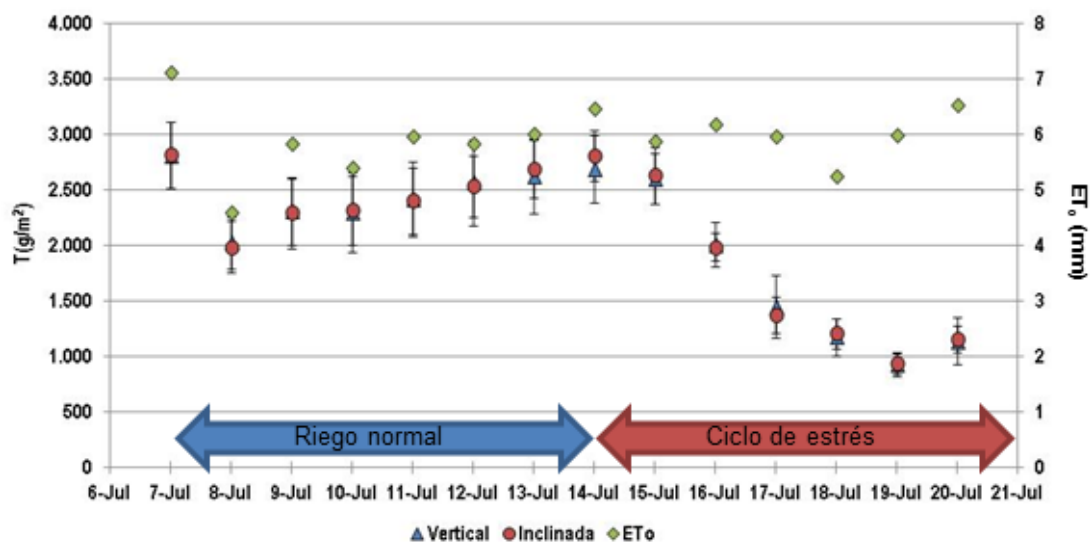


Figura 27: Evolución diaria del consumo de agua (transpiración, T, en gramos de H₂O por superficie) y de la evapotranspiración de referencia (ET₀) en las cepas de estudio a lo largo del mes de julio de 2014.

En la figura 27 podemos observar la evolución diaria del consumo de agua (T) y de la evapotranspiración de referencia (ET₀) durante el tratamiento de riego normal, y uno de los ciclos de estrés aplicados. Durante el ciclo de estrés, la espaldera inclinada hacia el oeste no muestra diferencias significativas con respecto a la espaldera vertical, por lo tanto no se muestra que exista un ahorro de agua debido a la inclinación de la espaldera ya que las respuestas de los dos tratamientos son similares durante el ciclo de estrés.

4.4 EVOLUCIÓN DE LA VARIACIÓN TEMPORAL DE LA TRANSPIRACIÓN

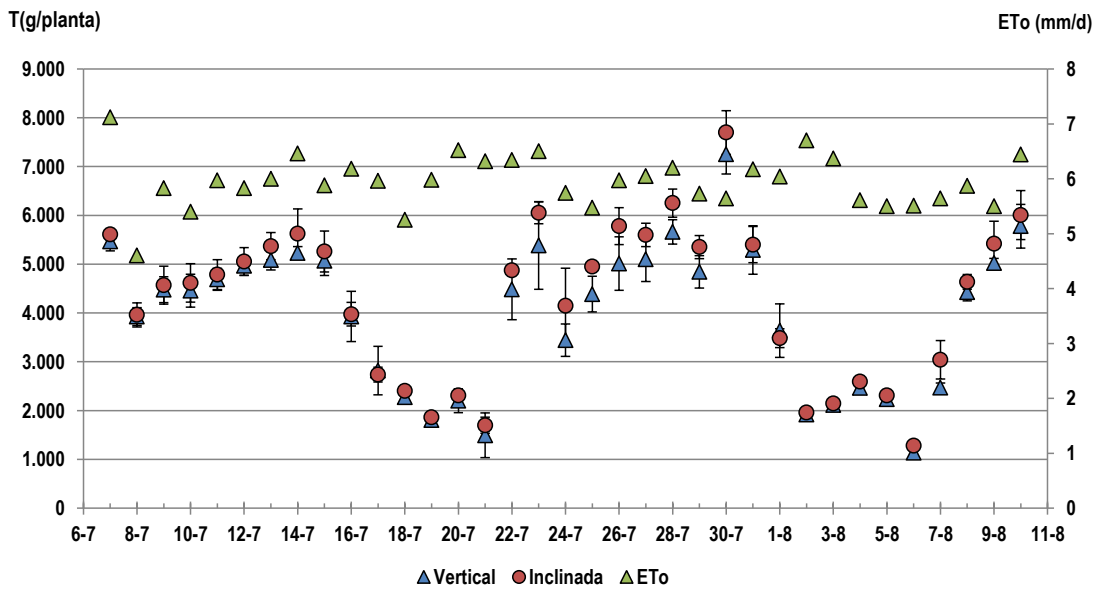


Figura 28: Variación temporal de la Transpiración de las cepas para los dos tratamientos de conducción.

En la figura 28 se muestra la evolución respecto al tiempo, representado en días, de los gramos por planta de los diferentes tratamientos en espaldera vertical con triángulos azules y en espaldera inclinada representada en círculos rojos. El eje vertical secundario representa los valores de ET_0 en mm/día medidos en la estación meteorológica de Beniel obtenidos en el MAGRAMA. Se observa como antes de aplicar el ciclo de estrés a la planta, los valores de transpiración son aproximados a los de la ET_0 en ambos tratamientos. Los resultados de este ensayo son similares a los obtenidos en 2014 por Martínez (2014). En el momento en el que se aplica el ciclo de estrés, la planta va disminuyendo gradualmente la transpiración hasta que llega un punto en el que la cantidad que transpira es la cantidad de agua que es aplicada a la maceta, ya que no puede extraer más agua de esta. Cuando volvemos al ciclo de riego normal, la planta comienza una fase de recuperación en la cual va aumentando su transpiración hasta volver a alcanzar unos valores similares a los de la ET_0 . Cuando se aplica el siguiente ciclo de estrés, la planta tiene un comportamiento similar al del primer ciclo de estrés aplicado. Vemos como va disminuyendo su transpiración hasta llegar a un nivel en el cual transpira la cantidad de agua que se le ha aplicado. Seguidamente vuelve a realizar un

periodo de recuperación en el que vuelve a alcanzar unos valores de transpiración similares a los de la ET_0 .

4.5 EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA TRANSPIRACIÓN RESPECTO AL ÁREA FOLIAR

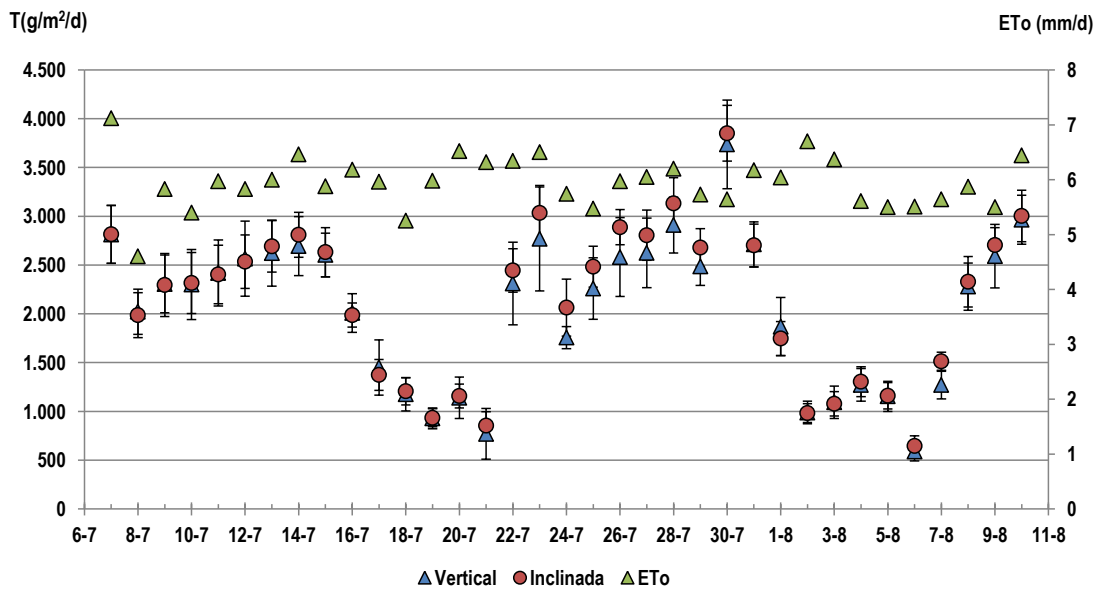


Figura 29: Evolución temporal de la transpiración de las cepas, expresada como g/m^2 de área foliar y día, para los dos tratamientos de espaldera.

En la figura 29 se observa con respecto al tiempo representado en días la evolución de la transpiración en el eje vertical izquierdo expresado en $g/m^2/día$ y la ET_0 en el eje vertical derecho representado en $mm/día$ medidos en la estación meteorológica de Beniel obtenidos en el MAGRAMA. Se observa que no existen diferencias significativas entre los dos tratamientos en espaldera vertical e inclinada durante los distintos ciclos de riego. Antes de aplicar el ciclo de estrés, la planta muestra en ambos tratamientos unos valores similares a los de la ET_0 , siguiendo la misma línea. Al aplicar el primer ciclo de estrés, la transpiración en g/m^2 de área foliar va disminuyendo hasta que la planta ya no puede extraer más agua de la maceta y va transpirando la misma cantidad de agua que se le aplica prácticamente. Cuando se vuelve a aplicar un ciclo de riego normal, se observa como los valores de la transpiración vuelven a aumentar hasta alcanzar valores similares a los de la ET_0 . En el siguiente ciclo de estrés la planta muestra un comportamiento similar, disminuyendo la transpiración en $g/m^2/día$ de área foliar, y volviendo a aumentar estos valores al aplicarle un ciclo de riego normal.

4.5.1 EVOLUCIÓN HORARIA DEL CONSUMO DE AGUA

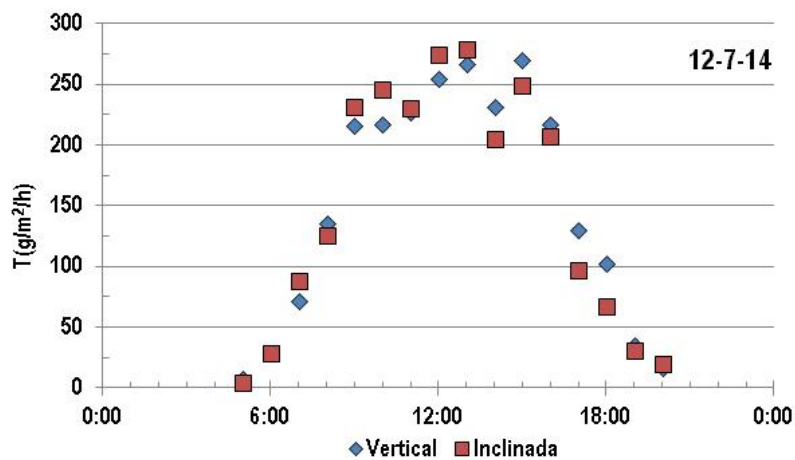


Figura 30: Evolución horaria, entre las 5 am y las 8 pm del consumo de agua (T) en las cepas de estudio a lo largo de un día (12 de julio de 2014).

El día 12 de julio del 2014 fue un día despejado en el que la ET_0 se mantuvo dentro de unos valores medios. Para el cálculo de la transpiración se hizo el balance de agua obteniendo los datos minuto a minuto, para seguidamente obtener el promedio por hora de la transpiración como se muestra en la figura 30, que representa la evolución horaria del consumo de agua de las cepas, entre las 5 am y las 8 pm a lo largo de un día. La transpiración que presentan las cepas orientadas hacia el oeste es menor que el de las cepas verticales durante las horas de la tarde. En cambio, el consumo de agua en las horas de la mañana es mayor en las cepas inclinadas que en las dispuestas verticalmente. De forma general se puede determinar que no existen diferencias significativas en ambos tratamientos, ya que el comportamiento de un tratamiento contrarresta al otro.

4.6 PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN

Tabla 6: Resultados de los parámetros de producción por tratamiento.

	Espaldera vertical	Espaldera inclinada Oeste
Peso de racimos (g/planta)	3699.19	3786.76
Número de racimos por planta	10.35	10.15
Peso medio del racimo (g/racimo)	364.46	392.48
Número de granos por racimo	201.48	230.61
Peso medio de las bayas (g/baya)	1.93	1.89
Peso seco de poda invernal	136.17	153.65
Peso seco de despuntado	138.91	159.11

Como se observa en la tabla 6 de resultados de los parámetros de producción, al aplicar una prueba t de dos colas se obtuvo que no existen diferencias estadísticamente significativas, ($P < 0.05$), entre los dos tratamientos si comparamos los datos obtenidos de cada parámetro. El peso del racimo (g/planta) tiene un valor de 3699.19 en espaldera vertical, y 786.76 en espaldera inclinada siendo este ligeramente más elevado. En cuanto al número de racimos por planta, no existe prácticamente diferencia entre los valores de los dos tratamientos ya que el espaldera vertical es de 10.35 y en espaldera inclinada de 10.15. El peso medio del racimo (g/racimo) es un poco más elevado en espaldera inclinada siendo de 392.48 y en espaldera vertical de 364.46. Con respecto al número de granos por racimo encontramos un valor de 201.48 en espaldera vertical y 230.61 en espaldera inclinada, siendo el de este segundo tratamiento un valor algo más elevado pero sin marcar diferencias significativas. El peso medio de las bayas (g/baya) es muy similar en espaldera vertical y en espaldera inclinada siendo los valores de 1.93 y 1.89 respectivamente. El peso seco de poda invernal alcanza un valor de 136.17 en espaldera vertical, siendo más elevado en espaldera inclinada

con un valor de 153.65. Lo mismo ocurre con el parámetro del peso seco de despuntado, teniendo unos valores en espaldera vertical y en espaldera inclinada de 138.91 y 159.11 respectivamente. Como se observa, las diferencias que existen entre los dos tratamientos con respecto a los parámetros cuantificados no son significativas.



5 CONCLUSIONES

En este trabajo, se cuantificó el consumo de agua de la vid mediante el uso de lisímetros de pesada y se calculó el consumo diario en $L \cdot planta^{-1}$ y en $L \cdot m^{-2}$ de área foliar. El área foliar media de todas las plantas fue muy similar, por lo que los valores de ambos parámetros fueron muy parecidos.

Durante el experimento se vio que es posible modificar el nivel de radiación interceptada a lo largo del día por plantas de vid disminuyéndolo en función del grado de inclinación de la vegetación con respecto a la dirección de la radiación incidente.

A pesar de que no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los consumos de agua diarios de los dos tratamientos de conducción en espaldera, sí se observa una diferencia de reparto del consumo de agua a lo largo de las horas del día.

Los resultados de producción, en cuanto a peso de racimos, número de racimos por planta, peso medio del racimo, número de granos por racimo, peso medio de las bayas, peso seco de poda invernal y peso seco de despuntado, tampoco presentaron diferencias entre tratamientos, como corresponde a la relación que acopla la producción de biomasa con la transpiración de los cultivos.

Es necesario seguir analizando los datos horarios de consumo de agua para relacionarlos con la modificación de radiación que supone la inclinación de la espaldera.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, RW, Pereira LS, Raes D, Smith M 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No 56. 300 pp
- Bartolomé, M.C., V. Sotés, P. Baeza, C. Ruiz y J.R. Lissarrague. 1995. Efectos del déficit hídrico sobre el desarrollo vegetativo y fructífero del cultivar "Tempranillo" de vid (*Vitis vinifera* L.). Invest. Agr. Prod. Prot. Veg. 10 (2): 245-261.
- Correia, M.J., Pereira, J.S., M.M. Chaves, M.L. Rodrigues, C.A. Pacheco. 1995. Xylem concentrations determine maximum daily leaf conductance of field-grown *Vitis vinifera* L. plants. Plant Cell and Environment 18: 511-521.
- Cuevas, E., P. Baeza, J.R. Lissarrague. 2006. Variation in stomatal behaviour y gas exchange between mid-morning y midafternoon of north-south oriented grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo) at different levels of soil water availability. Scientia Horticulturae 108:173-180.
- Düring, H. 1991. Determination of the photosynthetic capacity of grapevine leaves. Vitis 30:49-56
- Düring, H. 1987. Stomatal responses to alterations of soil y air humidity in grapevines. Vitis 26, 9-18
- Escalona, J.M., J. Flexas y H. Medrano. 1999. Stomatal y non-stomatal limitations of photosynthesis under water stress in field-grown grapevines. Aust. J. Plant Physiol. 26, 421-433.
- Esteban, M.A., M. J. Villanueva y J. R. Lissarrague 2002. Relationships between different berry components in Tempranillo (*V. Vinífera*, L) grapes from irrigated and non-irrigated vines during ripening. J. Sci. Food &Agroc. 82: 409-420
- Esteban, M.A., M. J. Villanueva y J. R. Lissarrague, 2001. Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of cv. Tempranillo (*V.vinifera*, L.) grape berries during ripening, J. Sci. Food & Agroc. 81: 409-420

- Esteban, M.A., M. J. Villanueva y J. R. Lissarrague. 1999. Effect of irrigation on changes in Berry composition of Tempranillo during maturation. Sugars, organic acids and mineral elements. *Am. J. Enol. Vitic.* 50(4): 418-434
- Flexas, J., J. Bota, J.M. Escalona, B. Sampol y H. Medrano. 2002a. Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions: an evaluation of stomatal y mesophyll limitations. *Funct. Plant Biol.* 29: 461-471.
- García-Escudero, E., P. Santamaría, R. López e I. Palacios. 1991. Aplicación de dosis moderadas de agua en el proceso de maduración del cv. Tempranillo en Rioja. *Vitivinicultura* 2 (1): 30-34.
- Generalitat Valenciana, GVA, 2015. Informe del Sector Agrario Valenciano 2015. Capítulo IX, Producciones, industrias y consumo agroalimentario. 1. Productos Agroalimentarios de Calidad Diferenciada. (Descargada en <http://www.agroambient.gva.es/informes-del-sector-agrario-valenciano>).
- Girona, J., M. Mata, J. del Campo, A. Arbonés, E. Bartra y J. Marsal. 2006. The use of midday leaf wáter potential for scheduling deficit irrigation in vineyards. *Irrigation Science* 24: 115-127
- Girona, J., M. Mata, J. Marsal y J. del Campo. 2005. Pear crop coefficients obtained in a large weighing lysimeter. *Acta Horticulture* 664: 277-281.
- Intrigliolo, D., Bonet, L.; Ruiz, A.; Lizama, V.; Álvarez, I.; García, M.; Jiménez, J.; Martínez, A. Y Lakso, A. (2012). Balances de agua y carbono en la vid: Influencia del material vegeta, de las condiciones edafoclimáticas y de las técnicas de cultivo. Proyecto coordinado.
- Kriedemann, P. E. y R.E. Smart. 1971. Effects of irradiance, temperature and leaf water potential on photosynthesis of vine leaves. *Photosynthetica* 5: 6-15.
- Kriedemann, P.E. y R.E. Smart, 1971. Effects of irradiance, temperatura and leaf wáter potential on photosyntesis of vine leaves. *Photosyntetica* 5(1): 6-15.
- Larrea, Antonio, 1966. Poda de invierno de la vid. (Descargada en http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1966_05.pdf)

- López Alejandro, M.M. 2005. Viticultura, enología y cata para aficionados. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, ES. (Descargada en
- MAGRAMA 2005. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Distribución general de cultivos específicos por provincias y comunidades autónomas. Descargada en <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/resultados-de-anos-antiores/>)
- MAGRAMA 2006. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Distribución general de cultivos específicos por provincias y comunidades autónomas. Descargada en <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/resultados-de-anos-antiores/>)
- MAGRAMA 2007. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Distribución general de cultivos específicos por provincias y comunidades autónomas. Descargada en <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/resultados-de-anos-antiores/>)
- MAGRAMA 2008. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Distribución general de cultivos específicos por provincias y comunidades autónomas. Descargada en <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/resultados-de-anos-antiores/>)
- MAGRAMA 2009. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Distribución general de cultivos específicos por provincias y comunidades autónomas. Descargada en <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/resultados-de-anos-antiores/>)
- MAGRAMA 2010. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Distribución general de cultivos específicos por provincias y comunidades autónomas. Descargada en <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/resultados-de-anos-antiores/>)
- MAGRAMA 2011. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Distribución general de cultivos específicos por provincias y comunidades autónomas. Descargada

- en <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/resultados-de-anos-antiores/>)
- MAGRAMA 2012. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Distribución general de cultivos específicos por provincias y comunidades autónomas. Descargada en <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/resultados-de-anos-antiores/>)
- MAGRAMA 2013. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Distribución general de cultivos específicos por provincias y comunidades autónomas. Descargada en <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/resultados-de-anos-antiores/>)
- MAGRAMA 2014. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Distribución general de cultivos específicos por provincias y comunidades autónomas. Descargada en <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/resultados-de-anos-antiores/>)
- MAGRAMA 2015. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos. Distribución general de cultivos específicos por provincias y comunidades autónomas. Descargada en <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/esyrce/resultados-de-anos-antiores/>)
- MAGRAMA 2016. Avances de superficies y producciones de cultivos. Junio de 2016 (Consultada en http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/avances-superficies-producciones-agricolas/cuaderno_junio2016_tcm7-429391.pdf)
- MAGRAMA, 2013. Producciones agrícolas. Vitivinicultura. Importancia económica, superficies y producción. (Consultado en <http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/vitivinicultura/#para2>)
- MAGRAMA, 2015. El Vino en Cifras. Situación del sector en España. Descargada en (http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/exposiciones/vid/www/internet/publicaciones_red.html)

- MAGRAMA, 2015. R-110 Ficha material vegetal. (Consultado en <http://www.magrama.gob.es/app/MaterialVegetal/fichaMaterialVegetal.aspx?idFicha=559>)
- Medrano H., Escalona J.M. y Flexas J. 2007. Indicadores integradores del estado hídrico de la planta. En: Fundamentos, Aplicación y Consecuencias del Riego en la Vid. Baeza P., Lisarrague J.R., Sánchez P. S.A. Agrícola Española. 264 pag.
- Medrano, H., J.M. Escalona, J. Bota, J. Gulías y J. Flexas. 2002. Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive drought: the interest of stomatal conductance as a reference parameter. *Ann. Bot.* 89: 895-905.
- Myburgh, P. A. 2003 . Responses of *Vitis vinífera* L. cv Sultana to water deficits during various pre- and post- harvest phases under semi-arid conditions. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 24: 25-33
- Myburgh, P. A. 2003 a. Responses of *Vitis vinífera* L. cv Sultanina to Level of soil water depletion under semi-arid conditions. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* 24(1): 16-24
- Ojeda, H., C. Andary, E Kraeva, A. Carbonneau y A. Deloire. 2002. Influence of pre- and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during Berry growth of *Vitis vinífera* cv. Syrah, *Am. J. Enol. Vitic.* 53: 261-267
- Organización Internacional de la Viña y el Vino, OIV, 2015. World vitiviculture situation 2015. (Descargada en <http://www.oiv.int/es/normas-y-documentos-tecnicos/analisis-estadisticos/analisis-anual>)
- Peterlunger, E., P. Sivilotti y V. Colussi. 2005. Water stress increased Polyphenolic quality in Merlot grapes. *Proceedings of the VII Symp on Grapevine Physiology and Biotechnology. Acta Horticulture* 689: 293-300
- Petrie, P. R., N.M. Cooley y P.R. Clingeleffer. 2004. The effect of post-verasion water deficit on yield components and maturation of irrigated Syrah (*Vitis vinífera* L.) in the current and following season. *Aust. J. Grape and Wine Research* 10: 203-215.
- Roby, G. y M. A. Matthews 2004. Relative proportions of seed, skin and flesh, in ripe berries from Cabernet sauvignon grapevines grown in a vineyard either well irrigated or under water deficit. *Aus. J. Grape and Wine Research* 10: 74-82

- Roby, G., J. F. Harbertson, D. A. Adams y M. A. Matthews. 2004. Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: Anthocyanins and tannins. *Aust. J. Grape and Wine Research* 10: 100-107.
- Sánchez Rodríguez et al. (1999): «Cultivo de la vid en espaldera», en Cuadernos de Divulgación, Gobierno de Canarias, 20 págs
- Sánchez, J.C.; González F.L.; Tena, A.M. 1999. Cultivo de la vid en espaldera. Cuadernos de divulgación. Gobierno de Canarias. Consejería de agricultura, ganadería, pesca y alimentación.
- Sánchez-de-Miguel, P., A. Centeno, P. Barza y J. R. Lissarrague 2005. Photosynthetic response to light of “Tempranillo” leaves in the field: effects of leaf age, position and water potential. *ISHS Acta Horticulture* 689 (VII International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology): 357-364
- Schultz, H. R. 2003. Differences in hydraulic architecture account for near-isohydric and anisohydric behaviour of two field-grown *Vitis vinifera* L. cultivars during drought. *Plant and Environment* 26: 1393-1405
- Villalobos, F. J., Mateos, L., Orgaz, F., Fereres, E., 2002. *Fitotecnia bases y tecnologías de la producción agrícola*. Ed. Mundiprensa, Madrid. 496 pág.
- Williams, LE. 2001. Irrigation of winegrapes in California. *Practical Winery*. Nov-Dec: 41-55