UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

TRABAJO FIN DE MASTER

"EVALUACIÓN DE LA TERMOGRAFÍA COMO TÉCNICA ALTERNATIVA PARA LA ESTIMACIÓN DEL ESTADO HÍDRICO EN VIÑEDO".

Autora: *GEMA CAMACHO ALONSO*

Tutora: *PILAR BAEZA TRUJILLO*

Madrid, 24 Enero 2020

MÁSTER EN VITICULTURA Y ENOLOGÍA

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es resultado del esfuerzo y apoyo de muchas personas, sin las cuales no hubiera sido posible, por ello, quiero expresarles mi profundo agradecimiento:

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi tutora, Pilar Baeza Trujillo la oportunidad brindada para realizar este trabajo y aprender de él, también por su apoyo y esfuerzo durante este tiempo. Especialmente destacar su gran labor docente siendo inspiradora de nuevas metas.

Al Centro de Estudios e Investigación para la Gestión de Riesgos Agrarios (CEIGRAM), por concederme financiación para el trabajo a través de sus ayudas a jóvenes investigadores 2019 y ofrecerme los recursos necesarios para llevar a cabo este estudio.

A Bodegas Licinia por la oportunidad de realizar este ensayo experimental.

A todos mis compañeros y ya amigos del máster.

A mi familia, a mis padres, por su esfuerzo y sacrificio, y especialmente a mi hermana por ser mi apoyo cada día.

ÍNDICE

1.RESUMEN 4

2. ANTEDECENTES..... 5

3. MATERIAL Y MÉTODOS..... 6

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 9

5. CONCLUSIONES. 17

6. REFERENCIAS..... 18

ANEXOS 19

ANEXO A. RESULTADOS CÁLCULOS Tª DE LA HOJA Y CWSI. 19

ANEXO B. DATOS FISIOLOGÍA. 25

ANEXO C. DATOS POTENCIALES MEDIDOS EN CAMPO. 31

ANEXO D: CROQUIS DEL DISEÑO DEL ENSAYO Y DE LAS PLANTAS CONTROL. 37

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Localización de la parcela de ensayo. Foto satélite. Fuente: Google Earth. 6

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de la información obtenida de la bibliografía consultada para la estimación de las temperaturas de referencia húmeda y seca para el cálculo del CWSI. 8
Tabla 2. Potencial hídrico de tallo medio (-bar) de las plantas control de la parcela en los diferentes tratamientos y categorización de los cuatro tratamientos del ensayo según el análisis de la varianza de sus potenciales hídrico de tallo (-bar). 10
Tabla 3. Categorización de los cuatro tratamientos del ensayo según el análisis de la varianza del CWSI. 11
Tabla 4. Relación entre el potencial hídrico del tallo Ψhs y CWSI a diferentes horas. .. 14
Tabla 5. Datos fisiológicos medidos en campo y análisis de la varianza. 15
Tabla 6. Relación entre el potencial hídrico del tallo (Ψhs) y CWSI con la conductancia estomática (gs), la fotosíntesis (A) y la transpiración (E) a diferentes horas. 16
Tabla 7. Umbrales de valores fisiológicos medidos al medio día (12:00h solar) en plantaciones con riego deficitario controlado (Cv. Monastrell) en regiones semiáridas. 16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre el Crop Water Stress Index (CWSI) - calculado a partir de la temperatura de la hoja obtenida de imágenes termográficas - y el potencial del tallo. Fecha: 9 de julio a las 10:30h actuales. 12
Figura 2. Relación entre el Crop Water Stress Index (CWSI) - calculado a partir de la temperatura de la hoja obtenida de imágenes termográficas - y el potencial del tallo. Fecha: 9 de julio a las 13:30 horas actuales. 12
Figura 3. Relación entre el Crop Water Stress Index (CWSI) - calculado a partir de la temperatura de la hoja obtenida de imágenes termográficas - y el potencial del tallo. Fecha: 9 de julio a las 13:30 horas actuales. 12
Figura 4. Relación entre el Crop Water Stress Index (CWSI) - calculado a partir de la temperatura de la hoja obtenida de imágenes termográficas - y el potencial del tallo. Fecha: 30 de julio a las 10:30 horas actuales. 13
Figura 5. Relación entre el Crop Water Stress Index (CWSI) - calculado a partir de la temperatura de la hoja obtenida de imágenes termográficas - y el potencial del tallo. Fecha: 30 de julio a las 13:30 horas actuales. 13
Figura 6. Relación entre el Crop Water Stress Index (CWSI) - calculado a partir de la temperatura de la hoja obtenida de imágenes termográficas - y el potencial del tallo. Fecha: 30 de julio a las 16:30 horas actuales. 13

1.RESUMEN

La vid es un cultivo tradicional de la zona mediterránea; concretamente en España ocupa una superficie de 940.000 hectáreas, de las cuales 922.000 son de vinificación, aproximadamente el 25% están en regadío (Anuario de Estadística, año 2018). Actualmente existe una gran preocupación por la falta de agua en España. Aproximadamente el 80% del agua es consumida por la agricultura (Instituto Nacional de Estadística, 2018), lo que provoca que cada vez sea más importante la optimización del uso del agua en este sector.

Por todo ello, se están validando nuevas estrategias de riego deficitario que permitan reducir el uso del agua en ciertos periodos sin que la producción o la calidad del producto se vean comprometidas. Para ello es necesario monitorizar el estado hídrico del cultivo. El método habitual para esta monitorización es mediante una cámara de presión, la cual mide el potencial hídrico del tallo como indicador del estado hídrico del cultivo. Una alternativa al método habitual es el empleo de temperaturas de follaje, determinadas mediante la toma de imágenes térmicas.

El núcleo central de este TFM es la evaluación de la termografía como técnica alternativa para la estimación del estado hídrico en viñedo y valores que permitan determinar el estado hídrico de la plantación.

Los ensayos se han realizado durante la campaña 2019, en un viñedo perteneciente a Bodegas Licinia, localizado en Morata de Tajuña (Madrid). Es un viñedo ecológico, de la variedad Cabernet Sauvignon, con sistema de conducción en espaldera y un marco de plantación de 3x1m. En el ensayo se han estudiado cuatro tratamientos con diferentes dosis de riego.

Los trabajos desarrollados en el marco de este TFM comprenden una primera fase de revisión bibliográfica de metodología para la toma de imágenes térmicas orientadas a la estimación del estado hídrico del cultivo. Una segunda fase de adquisición de imágenes térmicas, procesado, análisis de las mismas y cálculo de CWSI. Y una tercera fase de discusión de los resultados.

Los resultados obtenidos son relevantes para la identificación del momento más adecuado para la toma de imágenes en campo con el objetivo de estimar la temperatura del follaje de forma precisa y conseguir el mejor ajuste posible entre las medidas realizadas y la variable a estimar: el potencial hídrico de tallo, asociado al estado hídrico de la planta.

En base a los resultados obtenidos se pueden establecer ciertas conclusiones como la posibilidad de descartar la toma de imágenes si las plantas no tienen cierto grado de estrés hídrico o tomar en cuenta otros parámetros fisiológicos y su correlación con el grado de hidratación de la planta y la temperatura del follaje, permitiendo la reducción de los tiempos de medida en campo.

2. ANTEDECENTES

El viñedo está íntimamente ligado al territorio que lo sustenta, España es el país con más extensión de viñedo (1.2 millones de ha), de las cuales 0.95 Mha son de vinificación, en algunas regiones prácticamente un monocultivo y la principal actividad económica (Sotés, 2007).

La viticultura tradicional está implantada en áreas de clima mediterráneo donde existen limitaciones de agua importantes. Las condiciones de cultivo se encuentran enmarcadas por un déficit hídrico muy pronunciado y por la implantación del viñedo en terrenos pobres y secos. Sin embargo, estas condiciones desfavorables han definido tradicionalmente los viñedos de calidad, considerando que sólo en esas condiciones dan buenos vinos. Pero hoy en día se reconoce científica y técnicamente la necesidad de un aporte hídrico para mantener un equilibrio óptimo cantidad-calidad. Un riego suplementario es beneficioso, regulariza la cosecha permitiendo estabilizar la calidad de la uva (Sotés, 2007).

En nuestras condiciones la escasez de agua es un hecho habitual en algunas zonas, problema agravado aún más por el cambio climático (Sotés, 2007), por lo que emplear la cantidad óptima de agua en el riego optimizando los recursos hídricos es una necesidad. Por ello se usan estrategias de riego deficitario controlado. Además, ensayos previos evidencian el beneficio mantener cierto estrés hídrico, mediante el cual se consigue la máxima calidad del fruto. Pero resulta complejo delimitar la conexión exacta entre los parámetros de calidad y el grado de déficit hídrico (Baeza et al, 2007). Por todo ello la gestión del riego es compleja, y es imprescindible conocer las necesidades hídricas del viñedo y su respuesta al riego en situaciones concretas.

El potencial hídrico del tallo (Ψs) es el parámetro que mejor refleja el estado hídrico del viñedo, dependiente de su desarrollo foliar, de la demanda atmosférica y del contenido de agua en el suelo (Williams et al, 2007). A mayor desarrollo foliar y demanda atmosférica el potencial hídrico de la planta

disminuye. A mayor contenido de agua en el suelo el potencial hídrico de la planta aumenta. El potencial hídrico es un indicador muy variable a lo largo del día, el primer indicador es el potencial hídrico al amanecer (Ψaa) cuando la planta alcanza el potencial hídrico más alto del día, y corresponde al máximo nivel de hidratación de la planta. Después, la planta comienza a transpirar abriendo estomas, y el potencial empieza a disminuir hasta el valor mínimo diario alcanzado hacia media tarde (menor nivel de hidratación de la vid).

Es conocido que la temperatura de las hojas medida mediante termometría infrarroja, depende de la tasa de traspiración, por lo que también es un buen indicador de la apertura estomática y por tanto del estado hídrico de la planta. Pero no es posible determinar el nivel de estrés exclusivamente mediante la temperatura de su follaje, ya que ésta depende de la temperatura ambiente y del nivel de apertura estomática, así como de la conductividad hidráulica de la planta. Por eso se debe emplear un índice, uno de los más aceptados para la determinación del estrés hídrico es el CWSI (Crop Water Stress Index) (Jones, 1992). El CWSI toma valores entre 0 (mínimo estrés hídrico posible), y 1 (máximo nivel de estrés) que corresponde a una hoja con los estomas cerrados.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Caracterización del ensayo:

La plantación está localizada en Morata de Tajuña (Madrid), el viñedo pertenece a Bodegas Licinia S.L, el ensayo se realizó durante la campaña 2019 sobre la variedad Cabernet Sauvignon, clon 15, injertada sobre patrón 41-B. La plantación del viñedo se ejecutó en 2005, con orientación de las filas N-S, marco de plantación 3m x 1m y sistema de conducción en espaldera. La poda es corta en Cordón Royat unilateral, pulgares a dos yemas vistas, con carga inicial de 10 a 12 yemas por cepa. Es un viñedo ecológico; el mantenimiento de la calle es con una cubierta natural controlada mediante siega y en la línea se utiliza un apero intercepas para eliminar la hierba que crece durante la campaña. El suelo ha sido clasificado como Xerochrept calcixerollico según la clasificación USDA.

Protocolo experimental:

Se emplean cuatro estrategias experimentales de riego variando el caudal de los goteros. Por lo que la dosis de riego es diferente en cada tratamiento, siendo el T1= el tratamiento menos regado y el T4 el que mayor aporte de agua recibe.

Para el diseño experimental se eligen cuatro bloques dispuestos de Este a Oeste, en el sentido de la pendiente (menor del 1%) (Imagen 1). Cada bloque se divide en cuatro zonas destinadas a la aplicación de cada uno de los diferentes tratamientos, estas zonas constan de tres filas con 32 plantas/fila (Figura 1). Las mediciones se realizan sobre la fila central, en las dos plantas adyacentes al tubo de PVC destinado a medir el contenido de agua del suelo con una sonda deviner de medida puntual, de modo que en cada día de medida se obtienen cuatro mediciones por tratamiento.

Imagen 1. Localización de la parcela de ensayo. Foto satélite. Fuente: Google Earth.

- Parámetros evaluados:

Las mediciones se efectúan mensualmente desde el 28 de Mayo, hasta el 10 de Septiembre, siempre el mismo día de la semana y siempre el mismo respecto a las fecha de riego con el fin de evitar inducir variabilidad en el muestreo. Cada día de medición se realizan tres tomas de datos de los parámetros evaluados, a las 10 h, las 13h y las 16h. Se trata de las horas actuales (+2 horas solares).

Para medir las condiciones ambientales se ha empleado un medidor portátil (OMEGAETTE® HH310 Series Humidity Temperature Meter). A partir de este aparato se obtuvieron los valores de temperatura y humedad del aire en el entorno de la copa en el momento de la toma de las imágenes térmicas en campo. Además, conectando un termopar se pudieron medir y registrar los valores de temperatura sobre una bayeta en contacto con agua permanentemente. Posteriormente este dato podrá ser utilizado como temperatura de referencia húmeda.

El potencial hídrico se mide con una cámara de presión tipo Scholander de PSM Instrument modelo 600D. Con el fin de medir el potencial del tallo, antes de cortar las hojas se cubren con papel de aluminio impidiendo el paso de luz. Con ello se consigue que el potencial hídrico de la hoja se iguale con el del tallo. El valor de potencial hídrico obtenido será un valor negativo, el cual se relaciona de manera directamente proporcional a la cantidad de agua en el suelo. Es decir, a menor disponibilidad de agua en el suelo, menor potencial hídrico en planta (número negativo menor).

Las imágenes térmicas se tomaron empleando una cámara térmica FLIR E60 320x240 píxeles de resolución, y visibles, de 3,1 Mpx. Se debe tener en cuenta durante la toma de imágenes: no enfocar al sol, es necesario realizar la auto-calibración, mantener una distancia mínima de 0,4m para que el enfoque sea adecuado, también hay que considerar las características de dicho objeto (emisividad), la temperatura ambiental, la humedad relativa y la temperatura reflejada en el objeto a medir. Además, es necesario que las imágenes térmicas incluyan un elemento de referencia que facilite el procesado posterior de la imagen, con un material de emisividad conocida (cinta aislante negra) y un material que aporte información sobre la temperatura reflejada en cada imagen (papel de aluminio), se colocan sobre una cartulina de color rojo.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que en el cálculo del CWSI (Ecuación 1) intervienen las temperaturas de referencia húmeda y seca, las cuales se calcularon siguiendo un protocolo previamente establecido y resumido en la Tabla 1.

Ecuación 1. Índice de Estrés Hídrico del Cultivo (CWSI)

$$CWSI = \frac{\mathrm{Tcanopy} - \mathrm{Twet}}{\mathrm{Tdry} - \mathrm{Twet}}$$

Tabla 1.Resumen de la información obtenida de la bibliografía consultada para la estimación de las temperaturas de referencia húmeda y seca para el cálculo del CWSI.

Referencias	**Cultivo**	**Estimador de estrés descrito**
Möller, et al., 2006 - Expresiones analíticas: Jones, 1992, 1999a - Tdry: Irmak et al., 2000 y Cohen et al., 2005 - Tdry: expresión de Jones, 1999a	Vid (Vitis vinifera cv. Merlot)	Twet: temperatura promedio de una superficie húmeda artificial de referencia. Twet: temperatura del follaje rociado con agua unos 20 segundos antes de la captura de la imagen térmica. Twet: expresiones analíticas del balance de energía. Tdry: adición de 5ºC a la temperatura de bulbo seco. Tdry: concepto de radiación isotérmica.
Jones et al., 2002	Vid (Vitis vinífera)	Twet: hojas rociadas con agua que contenía un agente humectante. Tdry: hojas cubiertas por ambos lados con vaselina.

El procesado de las imágenes se ha realizado mediante el programa "FLIR Tools", para el análisis se ha seguido una metodología concreta. Además, todas las imágenes han sido corregidas incluyendo información local, así como otro tipo de información que condiciona la temperatura estimada sobre las imágenes radiométricas. Los parámetros ajustados fueron:

- Emisividad: se ha considerado un valor de 0,96 (Agam et al., 2013).

- Temperatura reflejada (°C): este valor se ha obtenido a partir del promedio de las temperaturas de la zona rectangular seleccionada en el papel de aluminio descrito anteriormente.

- Distancia (m): hace referencia a la distancia entre la cámara térmica y el objeto fotografiado. Para las imágenes de este trabajo se ha tomado un valor de 1 m.

- Temperatura atmosférica (°C): obtenida mediante el termopar. La temperatura atmosférica se ajusta al momento concreto de toma de cada imagen.

- Temperatura óptica externa (°C): se ha considerado una temperatura igual a la temperatura atmosférica.

- Trans óptica externa: se ha considerado un valor de 1,0.

- Humedad relativa (%): obtenida también mediante el termopar. La humedad relativa se ajusta al momento concreto de toma de cada imagen.

Para el procesado de las imágenes, en primer lugar, se selecciona una región rectangular sobre el papel de aluminio. Este rectángulo aporta información relativa a la temperatura reflejada, la cual es incluida en los parámetros de cada una de las imágenes, corrigiendo así la información obtenida. En segundo lugar, se corrigen los parámetros de la imagen (descritos anteriormente) y, en tercer lugar, se seleccionan mediante una región elíptica, aquellas hojas o partes de una hoja que se consideran más adecuadas para el análisis. Por último, se extrae la información mediante un archivo en formato Excel que permitirá el análisis estadístico de dicha información.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados obtenidos tras el tratamiento de los datos medidos en campo. Todos los datos analizados corresponden con los días de medición del año 2019: 28 de mayo, 18 de junio, 9 de julio, 30 de julio y 10 de septiembre.

Los resultados hacen referencia al estado hídrico del árbol, mediante la medida de su potencial hídrico. Se recogen también los resultados acerca de las temperaturas de referencia, húmeda y seca, empleadas para el procesado posterior de los datos de temperatura obtenidos de las imágenes térmicas tomadas.

Los resultados de los potenciales hídricos medios de tallo (-bar), medidos en las cepas seleccionadas de los distintos tratamientos de riego en la que se ubica el ensayo, también, se ha medido, mediante un análisis de la varianza, la existencia de diferencias significativas entre los valores de potencial hídrico medio obtenidos en el ensayo. En la Tabla 2 se muestran los resultados estadísticos obtenidos tras el análisis. Todos los datos tomados en campo de potencial hídrico están contenidos en el ANEXO C: VALORES DE POTENCIAL HÍDRICO.

Tabla 2.Potencial hídrico de tallo medio (-bar) de las plantas control de la parcela en los diferentes tratamientos y categorización de los cuatro tratamientos del ensayo según el análisis de la varianza de sus potenciales hídrico de tallo (-Pa).

POTENCIAL HÍDRICO DEL TALLO (-bar)						
FECHA	**HORA**	**TRATAMIENTO**				
		T1	**T2**	**T3**	**T4**	**Sig.**
28/05/2019	10:30	6,30 a	5,47 ab	4,23 bc	3,71 c	*
	13:30	7,75 a	6,34 b	5,50 bc	4,49 c	*
	16:30	8,32 a	6,80 b	5,07 c	4,91 c	*
18/06/2019	10:30	5,22 a	4,75 a	3,85 b	3,46 b	*
	13:30	5,96 a	5,34 a	4,36 b	3,98 b	*
	16:30	6,04 a	5,47 ab	4,82 bc	4,52 c	*
09/07/2019	10:30	8,97 a	6,58 b	4,97 bc	4,29 c	*
	13:30	10,18 a	8,01 b	5,77 c	4,71 c	*
	16:30	10,26 a	8,37 b	6,06 c	4,98 c	*
30/07/2019	10:30	9,31 a	7,39 b	4,59 c	4,58 c	*
	13:30	11,19 a	8,98 b	6,36 c	5,39 c	*
	16:30	11,54 a	9,88 b	6,79 c	5,73 c	*
10/09/2019	10:30	7,49 a	6,92 a	5,53 b	5,42 b	*
	13:30	8,81 a	7,66 b	5,44 c	5,34 c	*
	16:30	8,75 a	7,57 b	5,43 c	5,34 c	*

Se observa que el potencial hídrico responde según lo esperado, mostrando diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de riego aplicados en el ensayo todas las fechas de medida. Siendo las plantas del tratamiento T1 con 157h de riego las que muestran mayor déficit hídrico y las plantas de tratamiento T4 con 483h las más hidratadas. Además, por los datos recogidos se aprecia que a finales de julio es cuando se da el mayor estrés hídrico en la plantación.

Se presentan los resultados obtenidos en los ensayos realizados de las temperaturas de referencia seca y húmeda, necesarias para el cálculo del CWSI. Así como los resultados del cálculo de la temperatura de la hoja que se ha obtenido a partir de las imágenes radiométricas capturadas por la cámara térmica. Se han analizado un total de 240 imágenes térmicas correspondientes a las plantas control del ensayo. Todos los datos resultantes del cálculo del índice se recogen en el ANEXO A: RESULTADOS CÁLCULOS Tª DE LA HOJA Y CWSI.

Se ha medido, mediante un análisis de la varianza, la existencia de diferencias significativas entre los valores de CWSI calculados. En la Tabla 3 se muestran los resultados estadísticos obtenidos tras el análisis.

Tabla 3.Categorización de los cuatro tratamientos del ensayo según el análisis de la varianza del CWSI.

CWSI						
FECHA	**HORA**	**TRATAMIENTO**				
		T1	**T2**	**T3**	**T4**	**Sig.**
28/05/2019	10:30	0,46	0,46	0,46	0,46	ns
	13:30	0,67 a	0,62 ab	0,55 bc	0,43 c	*
	16:30	0,59	0,59	0,55	0,51	ns
18/06/2019	10:30	0,61	0,57	0,56	0,55	ns
	13:30	0,67	0,67	0,64	0.62	ns
	16:30	0,65	0,65	0,61	0,61	ns
09/07/2019	10:30	0,40 a	0,32 ab	0,28 ab	0,27 b	*
	13:30	0,61 a	0,59 a	0,51 b	0,43 c	*
	16:30	0,45 a	0,43 a	0,17 b	0,15 b	*
30/07/2019	10:30	0,61 a	0,55 ab	0,48 bc	0,42 c	*
	13:30	0,60 a	0,54 a	0,38 b	0,38 b	*
	16:30	0,55 a	0,48 ab	0,40 bc	0,32 c	*
10/09/2019	10:30	0,56	0,55	0,54	0,53	ns
	13:30	0,65	0,64	0,59	0,58	ns
	16:30	0,55	0,54	0,54	0,53	ns

Se observan diferencias significativas entre los tratamientos de riego, pero no todos los tratamientos son significativamente diferentes respecto al resto, ya que se observa que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en los días 28 de mayo, 18 de junio y 10 de septiembre, por lo que se puede afirmar que el CWSI es notablemente menos sensible al grado de hidratación de las pantas que el potencial hídrico. Sin embargo, en las medidas realizadas el 9 y el 30 de julio, si se puede observar la existencia de diferencias significativas de los valores del CWSI entre todos los tratamientos.

Debido a estos resultados, se seleccionan ambas fechas para establecer la relación entre el potencial hídrico y el CWSI que se presenta en las siguientes figuras:

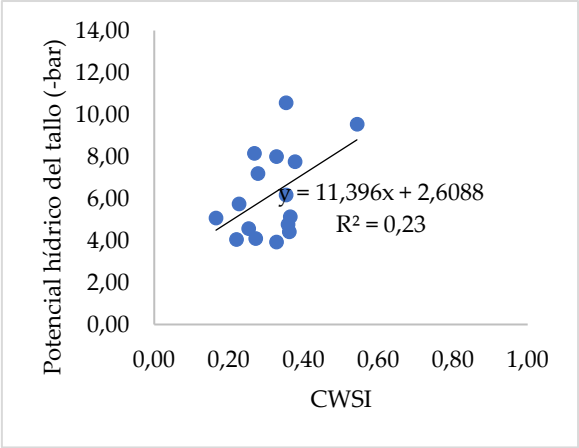


Figura 1. Relación entre el Crop Water Stress Index (CWSI) - calculado a partir de la temperatura de la hoja obtenida de imágenes termográficas - y el potencial del tallo. Fecha: 9 de julio a las 10:30h actuales.

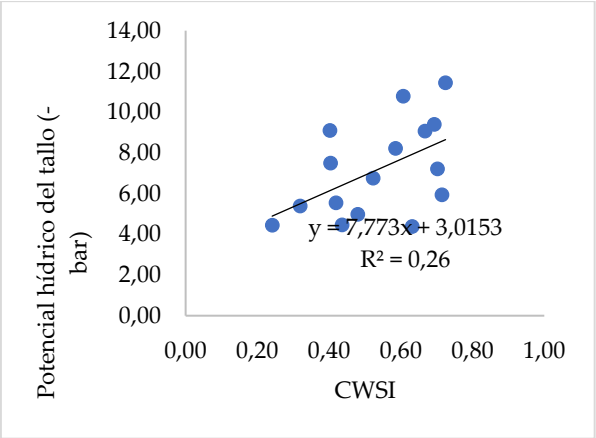


Figura 2. Relación entre el Crop Water Stress Index (CWSI) - calculado a partir de la temperatura de la hoja obtenida de imágenes termográficas - y el potencial del tallo. Fecha: 9 de julio a las 13:30 horas actuales.

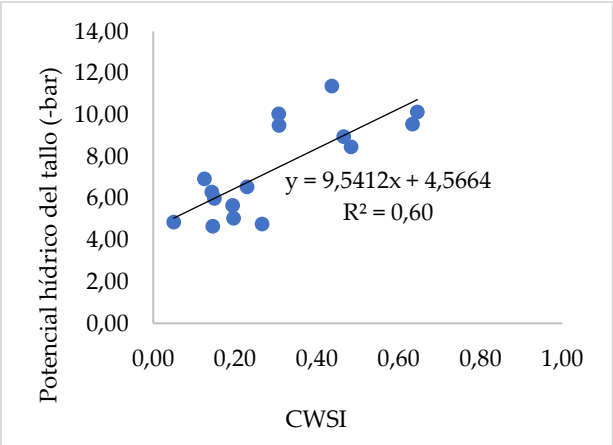


Figura 3. Relación entre el Crop Water Stress Index (CWSI) - calculado a partir de la temperatura de la hoja obtenida de imágenes termográficas - y el potencial del tallo. Fecha: 9 de julio a las 13:30 horas actuales.

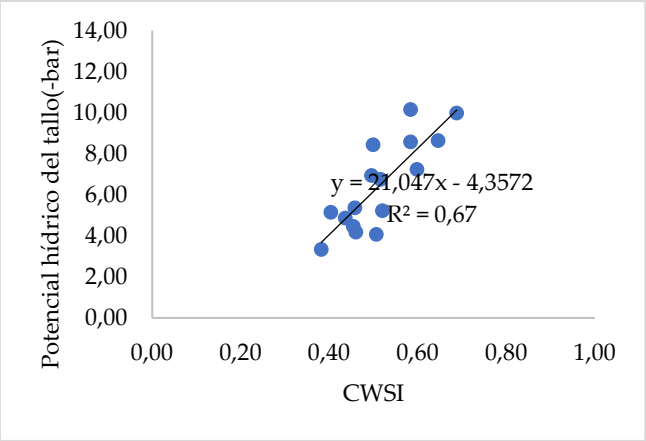


Figura 4. Relación entre el Crop Water Stress Index (CWSI) - calculado a partir de la temperatura de la hoja obtenida de imágenes termográficas - y el potencial del tallo. Fecha: 30 de julio a las 10:30 horas actuales.

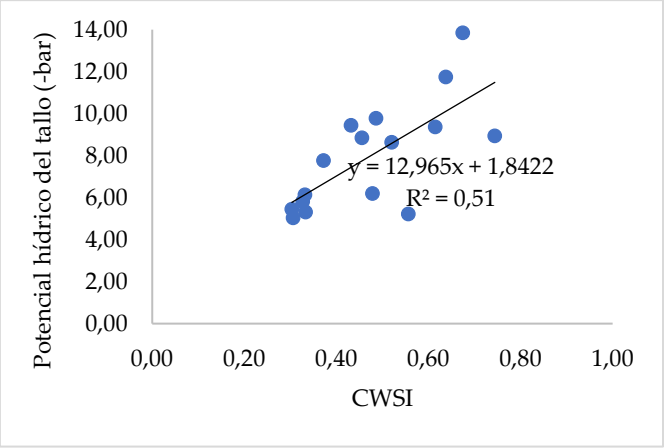


Figura 5. Relación entre el Crop Water Stress Index (CWSI) - calculado a partir de la temperatura de la hoja obtenida de imágenes termográficas - y el potencial del tallo. Fecha: 30 de julio a las 13:30 horas actuales.

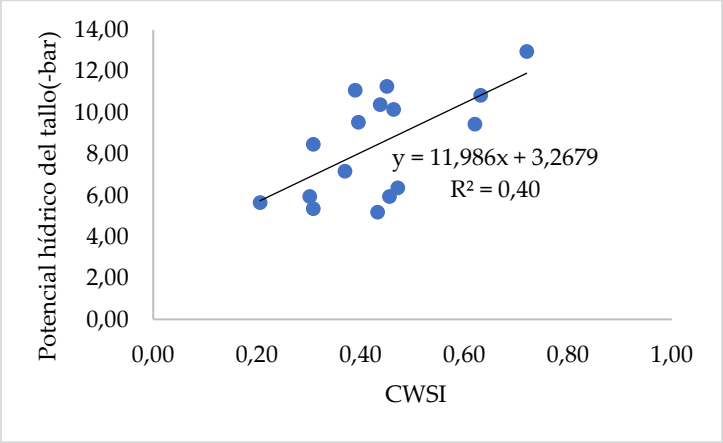


Figura 6. Relación entre el Crop Water Stress Index (CWSI) - calculado a partir de la temperatura de la hoja obtenida de imágenes termográficas - y el potencial del tallo. Fecha: 30 de julio a las 16:30 horas actuales.

Para conocer si la relación es estadísticamente válida se realiza la regresión lineal entre el potencial hídrico del tallo y el CWSI (Tabla 4):

Tabla 4.Relación entre el potencial hídrico del tallo Ψhs y CWSI a diferentes horas.

DIA	HORA	CWSI	Ψh_s (-bar)	p-valor	R^2	Sig.
9 julio	10:30	0,32	6,20	0,0600	0,23	
	13:30	0,53	7,17	0,0422	0,26	*
	16:30	0,30	7,42	0,0004	0,60	*
30 julio	10:30	0,52	6,47	0,0001	0,67	*
	13:30	0,47	7,98	0,0020	0,51	*
	16:30	0,44	8,48	0,0085	0,40	*

Como muestran los resultados obtenidos el modelo obtenido es significativo para ambos días al 5% de significancia, a excepción de la medida realizada a las 10:30 hora actual del día 9 de julio.

Los resultados obtenidos en los gráficos muestran valores del índice CWSI en el rango esperado (entre 0 y 1) indicando la existencia de una correlación entre el potencial hídrico y el CWSI.

Por otro lado, es interesante examinar la variación de los valores de R^2 a lo largo del día en ambas fechas. El 9 de julio el mayor grado de relación entre los parámetros se da en la última medida realizada, a las 16:30h. Por el contrario, el día 30 de julio el mayor grado de correspondencia entre el potencial y el CWSI aparece en la primera medida a las 10:30h.

Observando los potenciales y como ya se comentó anteriormente, las plantas tienen mayor grado de hidratación el día 9 de julio que el día 30, por lo que se puede interpretar que si existe mayor estrés hídrico la correlación entre el potencial y el CWSI es mejor por la mañana. En cambio, en situaciones con mayor grado de hidratación, esta correlación responde mejor por la tarde o, dicho de otra forma, cuando se alcancen las condiciones más limitantes.

De lo anteriormente expuesto se puede extraer, que la correlación entre el potencial hídrico y el CWSI es mayor si existe cierto grado de estrés hídrico puesto que la temperatura de la hoja no es de los primeros parámetros en variar. En un estudio publicado por Jones (1999) se pone de manifiesto que tras someter a la planta a un déficit hídrico lo primero en responder es la multiplicación celular, seguido de la conductancia estomática (g_s), luego se altera el proceso fotosintético (A) y después la transpiración (E). La temperatura de la hoja es un parámetro que se ve afectado en gran parte como consecuencia de los anteriores, por ello responde más tarde. Debido a este motivo, aunque no sean factores

principales de estudio en este trabajo se incluyen los datos de estos parámetros obtenidos durante los ensayos y el análisis de varianza de estos (Tabla 5):

Tabla 5. Datos fisiológicos medidos en campo y análisis de la varianza.

DIA	HORA ACTUAL	TTO.	Conductancia (mmol m^{-2} s^{-1})	Fotosíntesis (µmol m^{-2} s^{-1})	Transpiración (mmol m^{-2} s^{-1})
9 julio	10:30	1	93,00 a	11,08 a	3,12 a
		2	100,00 a	13,18 b	3,32 b
		3	113,00 b	13,38 b	3,49 c
		4	113,75 b	16,93 c	3,66 d
	Sig.		*	*	*
	13:30	1	88,50 a	9,68 a	2,48 a
		2	102,25 b	11,93 b	2,79 a
		3	125,50 c	14,85 c	4,16 b
		4	143,00 d	17,78 d	4,28 c
	Sig.		*	*	*
	16:30	1	99,50 a	8,90 a	2,35 a
		2	101,50 b	10,90 b	2,72 a
		3	114,25 c	13,78 c	3,44 b
		4	131,25 c	15,53 d	3,74 c
	Sig.		*	*	*
30 julio	10:30	1	83,00 a	6,95 a	1,42 a
		2	88,25 a	9,58 b	1,89 a
		3	103,75 b	12,03 c	2,17 b
		4	111,00 b	13,50 d	2,28 c
	Sig.		*	*	*
	13:30	1	88,50 a	7,63 a	1,78 a
		2	104,00 a	11,43 b	2,01 b
		3	117,50 b	13,78 c	2,23 c
		4	125,25 c	15,60 d	2,51 d
	Sig.		*	*	*
	16:30	1	78,50 a	7,03 a	1,41 a
		2	94,50 b	8,88 b	1,60 a
		3	102,75 b	11,18 c	2,04 b
		4	117,00 c	12,73 d	2,22 b
	Sig.		*	*	*

Como se puede observar existen diferencias significativas en todos los tratamientos para los valores de conductancia, fotosíntesis y transpiración.

Se analiza la relación de cada uno de los parámetros fisiológicos (valores medios de conductancia estomática, fotosíntesis y transpiración) y el potencial hídrico. También se estudia la correlación con el CWSI. Además, se realiza el análisis estadístico para comprobar si la relación es estadísticamente válida (Tabla 6):

Tabla 6. Relación entre el potencial hídrico del tallo (Ψhs) y CWSI con la conductancia estomática (gs), la fotosíntesis (A) y la transpiración (E) a diferentes horas.

	HORA	CWSI	Ψh_s	G_s	A	E	R^2		p-valor		
							CWSI	Ψh_s	CWSI	Ψh_s	Sig.
9 julio	10:30	0,32	6,20	105,00	13,56	3,43	0,30	0,77	0,0207	0,0002	
	13:30	0,53	7,17	114,81	13,56	3,43	0,40	0,91	0,0090	<0,0001	*
	16:30	0,30	7,42	111,63	12,28	3,06	0,56	0,94	0,0250	<0,0001	*
30 julio	10:30	0,52	6,47	96,50	10,51	1,84	0,65	0,85	<0,0001	<0,0001	*
	13:30	0,47	7,98	108,81	12,11	2,13	0,57	0,82	0,0137	<0,0001	*
	16:30	0,44	8,48	98,19	9,95	1,81	0,58	0,87	0,0002	<0,0001	*

Unidades: g_s:(mmol m^{-2} s^{-1}); A: (µmol m^{-2} s^{-1}); E: (mmol m^{-2} s^{-1}).

De los resultados presentados se puede extraer que el modelo establecido con el potencial y con el CWSI es significativo para todas las horas excepto para la primera hora de medida del día 9 de julio.

Para el potencial los mejores valores de R^2 = 0,94 y 0,85 se establecen con significancia positiva para las medidas de las 16:30 el 9 de julio y las 10:30 en 30 de julio respectivamente. Estos resultados coinciden con los expuestos anteriormente en los que se aconseja realizar las medidas en la hora de la tarde el 9 de julio y a primera hora el 30 de julio.

Romero et al., (2013) publicaron un artículo sobre el manejo eficiente del riego deficitario en condiciones semiáridas para la variedad Monastrell donde establecían umbrales fisiológicos para la conductancia, potencial hídrico, la fotosíntesis y la transpiración (Tabla 7):

Tabla 7. Umbrales de valores fisiológicos medidos al medio día (12:00h solar) en plantaciones con riego deficitario controlado (Cv. Monastrell) en regiones semiáridas. Romero et al, (2013).

INDICADOR	VALORES OPTIMOS	VALORES PELIGROSOS
Conductancia (mmol m^{-2} s^{-1})	120-150	≤ 110
Fotosíntesis (µmol m^{-2} s^{-1})	10-12	<10
Potencial hídrico (-MPa)	1,25-1,4	<1,4
Fotosíntesis/Transpiración (µmol/mmol)	3,87-4,00	-

Según lo establecido por Romero et al., con relación a la conductancia y la fotosíntesis, todos los tratamientos se encuentran en condiciones poco limitantes en los días de medida. Es a finales de julio cuando se dan mayores temperaturas por lo que las plantas tienen los estomas más abiertos. En cuanto al potencial hídrico se encuentran los valores límites en el mismo periodo, el más bajo es -1,3MPa (en el día 30 de julio a las 13:30, pertenece al tratamiento 1 del bloque 1),

y a pesar de ser el valor más extremo es relativamente alto para lo medido en los ensayos de otros años. Todos los valores medidos en campo se recogen en el ANEXO B: DATOS FISIOLOGÍA.

5. CONCLUSIONES.

Las conclusiones obtenidas de este trabajo son las siguientes:

Debido a la aplicación de diferentes estrategias de riego deficitario aportado durante el ensayo, las plantas muestran diferente grado de hidratación al finalizar la campaña 2019, llegando a un potencial con un valor de -1,3 MPa en el tratamiento con menor dosis de riego.

El potencial hídrico tiene un alto grado de correspondencia con la transpiración y la fotosíntesis y responde bien al grado de hidratación de la planta, mientras que con el CWSI se pierde sensibilidad.

El CWSI arroja mejores resultados en relación con el potencial para los tratamientos con mayor déficit hídrico. Para unos valores de potencial hídrico entre -0,8 y -0,9 MPa existe una correlación entre ambos con un valor de significación medio del 60%. Por lo anteriormente expuesto es más aconsejable tener en cuenta la correlación entre el potencial y el CWSI por la tarde para tratamientos con menor grado de hidratación y por la mañana si tienen menor déficit hídrico.

Si no existe mucha diferencia entre los potenciales de los diferentes tratamientos y además la temperatura no es muy alta los tratamientos se homogenizan y las plantas se equilibran.

No se dispone de la información suficiente para considerar definitivas las conclusiones expuestas, puesto que los datos fisiológicos presentados corresponden sólo a la campaña 2019. Los resultados de un solo año no se pueden asumir definitivos, por lo que es necesario continuar con la investigación en años posteriores.

Por otro lado, se pretende continuar con la investigación en la línea de lo expuesto, incluyendo la correlación entre los datos tomados en campo y varios índices de vegetación calculados mediante el análisis de imágenes tomadas por dron.

6. REFERENCIAS

Baeza P., J.R. Lissarrague, P. Sánchez de Miguel 2007. Fundamentos, aplicaciones y consecuencias del riego en la vid. Editorial Agrícola Española S.A.

Jones, HG 1999. Use of infrared thermometry for estimation of stomatal conductance as a possible aid to irrigation scheduling. Agricola &Por. Meteorol 95: 139-149.

Rodríguez Fernández, L.C., S. Sánchez-Élez Martín, P. Sánchez de Miguel, J.R. Lissarrague 2009. Efecto del comportamiento fisiológico y agronómico de la aplicación de diferentes dosis de riego en la variedad Cabernet sauvignon. Grupo de Investigación en Viticultura de la Universidad Politécnica de Madrid.

Romero P., García J., Fernández J.I., Gil R., Del Amor F., y Martínez A 2016. Improving berry and wine quality atributes and vineyard economic efficency by long-term déficit irrigation practices under semiarid conditions.

Romero P., Fernández J.I y Martínez A 2013. Physiological thresholds for efficient regulated déficit irrigation management in winegrapes grown under semiarid conditions.

ANEXOS

ANEXO A. RESULTADOS CÁLCULOS Tª DE LA HOJA Y CWSI.

En este anexo se incluyen los datos de la temperatura húmeda tomada en campo, la temperatura seca estimada resultante de la temperatura ambiente medida en campo + 5ºC. además, se muestran los resultados obtenidos tras el cálculo de la temperatura de la hoja mediante el programa FLIR y los resultados del cálculo del CWSI.

FECHA	HORA	BLOQUE	TTO.	TªHUMEDA	TªSECA	TªHOJA	CWSI
28mayo	10:30	1	1	16,70	25,3	19,99	0,38
28mayo	10:30	1	2	16,70	25,3	20,21	0,41
28mayo	10:30	1	3	16,70	25,5	20,34	0,41
28mayo	10:30	1	4	16,70	25,4	20,82	0,47
28mayo	10:30	2	1	16,70	25,6	19,62	0,33
28mayo	10:30	2	2	16,70	25,3	20,73	0,47
28mayo	10:30	2	3	16,70	25,8	19,81	0,34
28mayo	10:30	2	4	16,70	26,5	19,8	0,32
28mayo	10:30	3	1	16,70	26,2	20,84	0,44
28mayo	10:30	3	2	16,70	26,3	21,49	0,50
28mayo	10:30	3	3	16,70	25,8	21,61	0,54
28mayo	10:30	3	4	16,70	25,9	21,79	0,55
28mayo	10:30	4	1	16,70	26,3	21,79	0,53
28mayo	10:30	4	2	16,70	26,7	21,35	0,47
28mayo	10:30	4	3	16,7	26,3	22,03	0,56
28mayo	10:30	4	4	16,7	26,6	21,3	0,46
28mayo	13:30	1	1	15,7	29,3	25,35	0,71
28mayo	13:30	1	2	15,7	29,5	23,4	0,56
28mayo	13:30	1	3	15,7	29,6	21,63	0,43
28mayo	13:30	1	4	15,7	30	22,93	0,51
28mayo	13:30	2	1	15,7	30,2	23,85	0,56
28mayo	13:30	2	2	15,7	29,9	23,9	0,58
28mayo	13:30	2	3	15,7	29,6	22,93	0,52
28mayo	13:30	2	4	15,7	29,8	21,36	0,40
28mayo	13:30	3	1	15,7	30,2	26,12	0,72
28mayo	13:30	3	2	15,7	30,3	24,59	0,61
28mayo	13:30	3	3	15,7	30,1	24,63	0,62
28mayo	13:30	3	4	15,7	30	20,28	0,32
28mayo	13:30	4	1	15,7	29,8	25,53	0,70
28mayo	13:30	4	2	15,7	29,3	25,47	0,72
28mayo	13:30	4	3	15,7	29,4	24,35	0,63
28mayo	13:30	4	4	15,7	29,6	22,68	0,50
28mayo	16:30	1	1	16,4	32,9	26,62	0,62
28mayo	16:30	1	2	16,3	33	27,82	0,69
28mayo	16:30	1	3	19,67	33,1	28,05	0,62
28mayo	16:30	1	4	19,67	32,9	27,22	0,57

28mayo	16:30	2	1	19,67	33,1	26,98	0,54
28mayo	16:30	2	2	19,67	33,1	26,13	0,48
28mayo	16:30	2	3	19,67	32,7	24,5	0,37
28mayo	16:30	2	4	19,67	32,4	27,02	0,58
28mayo	16:30	3	1	19,67	33,1	27,21	0,56
28mayo	16:30	3	2	19,67	32,8	28,63	0,68
28mayo	16:30	3	3	19,67	33,2	27,7	0,59
28mayo	16:30	3	4	19,67	32,8	26,88	0,55
28mayo	16:30	4	1	19,67	32,7	27,79	0,62
28mayo	16:30	4	2	19,67	33,4	26,78	0,52
28mayo	16:30	4	3	19,67	33,4	26,05	0,46
28mayo	16:30	4	4	19,67	33,4	26,67	0,51
18 junio	10:30	1	1	17	22	25,42	0,60
18 junio	10:30	1	2	16,9	21,9	25,04	0,57
18 junio	10:30	1	3	16,8	21,8	24,12	0,51
18 junio	10:30	1	4	17	22	22,87	0,41
18 junio	10:30	2	1	17,5	22,5	24,5	0,50
18 junio	10:30	2	2	17,3	22,3	25,45	0,56
18 junio	10:30	2	3	16,9	21,9	24,8	0,54
18 junio	10:30	2	4	16,8	21,8	25,97	0,63
18 junio	10:30	3	1	16,5	21,5	25,03	0,57
18 junio	10:30	3	2	16,1	21,1	27,02	0,71
18 junio	10:30	3	3	16,1	21,1	25,04	0,58
18 junio	10:30	3	4	16,5	21,5	26,27	0,66
18 junio	10:30	4	1	16,4	21,4	24,68	0,55
18 junio	10:30	4	2	16	21	25,38	0,60
18 junio	10:30	4	3	15,9	20,9	25,06	0,58
18 junio	10:30	4	4	15,7	20,7	24,91	0,58
18 junio	13:30	1	1	19,8	24,8	28,56	0,62
18 junio	13:30	1	2	19,6	24,6	27,61	0,56
18 junio	13:30	1	3	19,5	24,5	27,01	0,52
18 junio	13:30	1	4	19,5	24,5	26,81	0,51
18 junio	13:30	2	1	18,8	23,8	29,01	0,66
18 junio	13:30	2	2	18	23	27,62	0,60
18 junio	13:30	2	3	18,1	23,1	28,01	0,62
18 junio	13:30	2	4	18,4	23,4	28,23	0,63
18 junio	13:30	3	1	18,4	23,4	29,21	0,70
18 junio	13:30	3	2	18,8	23,8	30,79	0,77
18 junio	13:30	3	3	18,5	23,5	29,08	0,67
18 junio	13:30	3	4	18,3	23,3	30,4	0,76
18 junio	13:30	4	1	18,5	23,5	29,35	0,69
18 junio	13:30	4	2	18,1	23,1	29,82	0,73
18 junio	13:30	4	3	18,1	23,1	28,96	0,68
18 junio	13:30	4	4	18,5	23,5	28,72	0,65
18 junio	16:30	1	1	18,3	23,3	29,02	0,59
18 junio	16:30	1	2	18,4	23,4	31,02	0,69
18 junio	16:30	1	3	18,4	23,4	29,47	0,60
18 junio	16:30	1	4	18,4	23,4	29,44	0,60
18 junio	16:30	2	1	18,3	23,3	29,5	0,61
18 junio	16:30	2	2	18,3	23,3	29,43	0,61

18 junio	16:30	2	3	18,5	23,5	30,7	0,67
18 junio	16:30	2	4	18	23	30,05	0,65
18 junio	16:30	3	1	18,2	23,2	30,89	0,69
18 junio	16:30	3	2	18,4	23,4	30,29	0,65
18 junio	16:30	3	3	18,2	23,2	30,12	0,66
18 junio	16:30	3	4	18,2	23,2	28,78	0,58
18 junio	16:30	4	1	18	23	27,7	0,53
18 junio	16:30	4	2	17,8	22,8	30,07	0,66
18 junio	16:30	4	3	18,1	23,1	29,77	0,65
18 junio	16:30	4	4	18,1	23,1	29,08	0,60
9 julio	10:30	1	1	20,1	25,1	24,93	0,54
9 julio	10:30	1	2	19,7	24,7	22,96	0,36
9 julio	10:30	1	3	19,3	24,3	21,48	0,23
9 julio	10:30	1	4	19,3	24,3	22,01	0,27
9 julio	10:30	2	1	19,3	24,3	22,2	0,38
9 julio	10:30	2	2	19,2	24,2	22,9	0,35
9 julio	10:30	2	3	19,2	24,2	23,35	0,36
9 julio	10:30	2	4	19,5	24,5	22,45	0,25
9 julio	10:30	3	1	19,7	24,7	23,9	0,35
9 julio	10:30	3	2	19,7	24,7	22,94	0,27
9 julio	10:30	3	3	19,8	24,8	23,76	0,33
9 julio	10:30	3	4	19,9	24,9	22,63	0,22
9 julio	10:30	4	1	19,9	24,9	23,92	0,33
9 julio	10:30	4	2	19,9	24,9	23,4	0,28
9 julio	10:30	4	3	20	25	22,1	0,17
9 julio	10:30	4	4	19,5	24,5	23,84	0,36
9 julio	13:30	1	1	19,5	24,5	26,72	0,61
9 julio	13:30	1	2	19,5	24,5	27,85	0,70
9 julio	13:30	1	3	19,5	24,5	28,07	0,71
9 julio	13:30	1	4	19,5	24,5	27,01	0,63
9 julio	13:30	2	1	19,6	24,6	27,78	0,69
9 julio	13:30	2	2	19,6	24,6	27,47	0,67
9 julio	13:30	2	3	19,6	24,6	25,77	0,52
9 julio	13:30	2	4	20	25	24,78	0,42
9 julio	13:30	3	1	20	25	28,84	0,72
9 julio	13:30	3	2	19,9	24,9	27,21	0,58
9 julio	13:30	3	3	20,1	25,1	24,12	0,32
9 julio	13:30	3	4	20,3	25,3	23,34	0,24
9 julio	13:30	4	1	20,5	25,5	25,53	0,40
9 julio	13:30	4	2	20,6	25,6	25,57	0,40
9 julio	13:30	4	3	20,9	25,9	26,71	0,48
9 julio	13:30	4	4	21,1	26,1	26,33	0,44
9 julio	16:30	1	1	25,15	30,15	28,02	0,31
9 julio	16:30	1	2	25,15	30,15	27,3	0,23
9 julio	16:30	1	3	25,15	30,15	26,55	0,15
9 julio	16:30	1	4	25,15	30,15	27,64	0,27
9 julio	16:30	2	1	25,15	30,15	28,03	0,31
9 julio	16:30	2	2	25,15	30,15	29,51	0,47
9 julio	16:30	2	3	25,15	30,15	26,32	0,12
9 julio	16:30	2	4	25,15	30,15	26,97	0,19

9 julio	16:30	3	1	25,15	30,15	29,24	0,44
9 julio	16:30	3	2	25,15	30,15	31,09	0,63
9 julio	16:30	3	3	25,15	30,15	26,99	0,20
9 julio	16:30	3	4	25,15	30,15	25,62	0,05
9 julio	16:30	4	1	25,15	30,15	31,2	0,65
9 julio	16:30	4	2	25,15	30,15	29,68	0,48
9 julio	16:30	4	3	25,15	30,15	26,49	0,14
9 julio	16:30	4	4	25,15	30,15	26,51	0,15
30 julio	10:30	1	1	18,4	23,4	25,9	0,69
30 julio	10:30	1	2	18,4	23,4	24,02	0,52
30 julio	10:30	1	3	18,4	23,4	23,15	0,44
30 julio	10:30	1	4	18,4	23,4	23,35	0,45
30 julio	10:30	2	1	18,4	23,4	23,84	0,50
30 julio	10:30	2	2	18,4	23,4	23,8	0,50
30 julio	10:30	2	3	18,4	23,4	23,41	0,46
30 julio	10:30	2	4	18,4	23,4	23,39	0,46
30 julio	10:30	3	1	18,4	23,4	24,76	0,58
30 julio	10:30	3	2	18,4	23,4	24,76	0,58
30 julio	10:30	3	3	18,4	23,4	23,92	0,51
30 julio	10:30	3	4	18,4	23,4	22,56	0,38
30 julio	10:30	4	1	18,4	23,4	25,44	0,65
30 julio	10:30	4	2	18,4	23,4	24,92	0,60
30 julio	10:30	4	3	18,4	23,4	24,07	0,52
30 julio	10:30	4	4	18,4	23,4	22,8	0,40
30 julio	13:30	1	1	21,9	26,9	30,67	0,67
30 julio	13:30	1	2	21,9	26,9	31,35	0,74
30 julio	13:30	1	3	21,9	26,9	26,7	0,37
30 julio	13:30	1	4	22	27	26,15	0,33
30 julio	13:30	2	1	22	27	28,27	0,49
30 julio	13:30	2	2	22,2	27,2	27,89	0,46
30 julio	13:30	2	3	22,1	27,1	26,21	0,33
30 julio	13:30	2	4	22,4	27,4	26,1	0,30
30 julio	13:30	3	1	23,3	28,3	30,57	0,64
30 julio	13:30	3	2	23,4	28,4	28,24	0,43
30 julio	13:30	3	3	22,9	27,9	26,66	0,33
30 julio	13:30	3	4	22,7	27,7	26,28	0,31
30 julio	13:30	4	1	22,1	27,1	29,35	0,61
30 julio	13:30	4	2	21,4	26,4	27,8	0,52
30 julio	13:30	4	3	21,8	26,8	27,49	0,48
30 julio	13:30	4	4	21,9	26,9	28,63	0,56
30 julio	16:30	1	1	25,2	30,2	31,39	0,39
30 julio	16:30	1	2	25	30	31,13	0,40
30 julio	16:30	1	3	24,2	29,2	29,17	0,31
30 julio	16:30	1	4	23,9	28,9	27,28	0,21
30 julio	16:30	2	1	23,8	28,8	31,05	0,45
30 julio	16:30	2	2	23,9	28,9	31,18	0,46
30 julio	16:30	2	3	23,7	28,7	29,5	0,37
30 julio	16:30	2	4	23,7	28,7	28,35	0,30
30 julio	16:30	3	1	22,6	27,6	33,69	0,72
30 julio	16:30	3	2	22,8	27,8	29,36	0,44

30 julio	16:30	3	3	22,9	27,9	29,26	0,43
30 julio	16:30	3	4	22,6	27,6	27,23	0,31
30 julio	16:30	4	1	22,7	27,7	32,11	0,63
30 julio	16:30	4	2	22,6	27,6	31,72	0,62
30 julio	16:30	4	3	22,2	27,2	29,37	0,47
30 julio	16:30	4	4	21,7	26,7	28,71	0,46
10 sept.	10:30	1	1	12,1	17,1	17,43	0,50
10 sept.	10:30	1	2	12,1	17,1	17,19	0,48
10 sept.	10:30	1	3	12	17	17,68	0,54
10 sept.	10:30	1	4	12	17	18,98	0,66
10 sept.	10:30	2	1	11,9	16,9	18	0,57
10 sept.	10:30	2	2	11,9	16,9	17,86	0,56
10 sept.	10:30	2	3	11,9	16,9	17,76	0,55
10 sept.	10:30	2	4	11,9	16,9	17,16	0,50
10 sept.	10:30	3	1	11,9	16,9	18,58	0,62
10 sept.	10:30	3	2	12,1	17,1	18,69	0,63
10 sept.	10:30	3	3	12,1	17,1	17,5	0,51
10 sept.	10:30	3	4	12,1	17,1	17,49	0,51
10 sept.	10:30	4	1	12,5	17,5	17,9	0,51
10 sept.	10:30	4	2	12,6	17,6	18,47	0,55
10 sept.	10:30	4	3	12,1	17,1	18,16	0,56
10 sept.	10:30	4	4	12,2	17,2	17,08	0,46
10 sept.	13:30	1	1	13,2	18,2	21,44	0,60
10 sept.	13:30	1	2	13,1	18,1	19,73	0,48
10 sept.	13:30	1	3	13,1	18,1	20,23	0,53
10 sept.	13:30	1	4	13,2	18,2	19,77	0,50
10 sept.	13:30	2	1	13,5	18,5	20,52	0,54
10 sept.	13:30	2	2	13,7	18,7	21,81	0,65
10 sept.	13:30	2	3	13,7	18,7	21,42	0,62
10 sept.	13:30	2	4	13,6	18,6	19,7	0,50
10 sept.	13:30	3	1	13,7	18,7	22,4	0,71
10 sept.	13:30	3	2	14	19	22,77	0,73
10 sept.	13:30	3	3	13,5	18,5	20,77	0,57
10 sept.	13:30	3	4	13,3	18,3	21,4	0,63
10 sept.	13:30	4	1	12,6	17,6	21,96	0,70
10 sept.	13:30	4	2	12,2	17,2	22,15	0,73
10 sept.	13:30	4	3	12,5	17,5	21,06	0,63
10 sept.	13:30	4	4	12,4	17,4	21,66	0,69
10 sept.	16:30	1	1	17,5	22,5	23,12	0,45
10 sept.	16:30	1	2	16,8	21,8	22,51	0,43
10 sept.	16:30	1	3	16,2	21,2	22,51	0,47
10 sept.	16:30	1	4	15,8	20,8	20,81	0,38
10 sept.	16:30	2	1	15,6	20,6	23,5	0,59
10 sept.	16:30	2	2	15,5	20,5	22,54	0,52
10 sept.	16:30	2	3	15,4	20,4	22,68	0,53
10 sept.	16:30	2	4	15,3	20,3	22,3	0,51
10 sept.	16:30	3	1	15,1	20,1	24,19	0,67
10 sept.	16:30	3	2	14,6	19,6	22,07	0,56
10 sept.	16:30	3	3	14,6	19,6	21,8	0,55
10 sept.	16:30	3	4	14,7	19,7	20,07	0,40

10 sept.	16:30	4	1	14,8	19,8	21,34	0,49
10 sept.	16:30	4	2	14,8	19,8	19,73	0,37
10 sept.	16:30	4	3	14,8	19,8	19,84	0,38
10 sept.	16:30	4	4	14,8	19,8	19,47	0,36

ANEXO B. DATOS FISIOLOGÍA.

En este anexo se incluyen los datos de fisiología medidos en campo mediante el CIRAS.

				CIRAS		
FECHA	**HORA**	**BLOQUE**	**TTO.**	**Conductancia (mmol m^{-2} s^{-1})**	**Fotosintesis (µmol m^{-2} s^{-1})**	**Transpiracion (mmol m^{-2} s^{-1})**
28may	10:30	1	1	110	9,5	2,2
28may	10:30	1	2	115	10,2	2,09
28may	10:30	1	3	108	9,8	2,08
28may	10:30	1	4	109	9,7	2,01
28may	10:30	2	1	119	11,1	2,15
28may	10:30	2	2	120	10,8	2,09
28may	10:30	2	3	109	9,9	2,16
28may	10:30	2	4	115	10,5	2,21
28may	10:30	3	1	123	9,5	2,1
28may	10:30	3	2	105	10,6	2,14
28may	10:30	3	3	117	12,2	2,23
28may	10:30	3	4	116	11,9	2,17
28may	10:30	4	1	103	12,3	2,08
28may	10:30	4	2	118	9,8	2,15
28may	10:30	4	3	117	9,8	2,15
28may	10:30	4	4	108	11,5	2,25
28may	13:30	1	1	135	12,7	2,9
28may	13:30	1	2	129	12,1	2,85
28may	13:30	1	3	124	11,9	2,79
28may	13:30	1	4	132	11,4	2,83
28may	13:30	2	1	130	12,3	2,8
28may	13:30	2	2	140	11,5	2,91
28may	13:30	2	3	132	12,8	2,95
28may	13:30	2	4	139	13,1	2,98
28may	13:30	3	1	128	13,5	2,9
28may	13:30	3	2	147	11,8	2,82
28may	13:30	3	3	138	12,8	2,93
28may	13:30	3	4	140	11,5	2,84
28may	13:30	4	1	129	12,7	2,84
28may	13:30	4	2	145	13,1	2,78
28may	13:30	4	3	133	11,7	2,93
28may	13:30	4	4	138	12,5	2,86
28may	16:30	1	1	115	10,2	2,35
28may	16:30	1	2	120	10,5	2,43
28may	16:30	1	3	117	11,2	2,25

28may	16:30	1	4	123	11,1	2,51
28may	16:30	2	1	125	11,5	2,33
28may	16:30	2	2	129	12,1	2,29
28may	16:30	2	3	109	11,5	2,31
28may	16:30	2	4	117	11,7	2,35
28may	16:30	3	1	123	12,1	2,33
28may	16:30	3	2	131	11,8	2,36
28may	16:30	3	3	128	9,9	2,31
28may	16:30	3	4	124	10,3	2,42
28may	16:30	4	1	121	10,7	2,48
28may	16:30	4	2	123	10,2	2,43
28may	16:30	4	3	135	12,3	2,35
28may	16:30	4	4	128	11,7	2,38
18jun	10:30	1	1	135	10,3	3,15
18jun	10:30	1	2	126	9,9	3,09
18jun	10:30	1	3	129	9,5	3,17
18jun	10:30	1	4	136	11,5	3,2
18jun	10:30	2	1	119	11,3	3,14
18jun	10:30	2	2	125	12,1	3,07
18jun	10:30	2	3	127	11,9	3,13
18jun	10:30	2	4	144	10,6	3,17
18jun	10:30	3	1	136	10,5	2,99
18jun	10:30	3	2	128	11,3	3,08
18jun	10:30	3	3	120	11,6	3,17
18jun	10:30	3	4	147	10,8	3,09
18jun	10:30	4	1	131	12,1	2,95
18jun	10:30	4	2	141	11,7	3,08
18jun	10:30	4	3	121	12,5	3,12
18jun	10:30	4	4	135	11,5	3,2
18jun	13:30	1	1	135	13,1	3,25
18jun	13:30	1	2	141	12,1	3,31
18jun	13:30	1	3	133	11,2	3,38
18jun	13:30	1	4	138	12,5	3,4
18jun	13:30	2	1	148	13,5	3,29
18jun	13:30	2	2	134	12,7	3,24
18jun	13:30	2	3	145	12,5	3,25
18jun	13:30	2	4	151	13,1	3,37
18jun	13:30	3	1	155	12,9	3,42
18jun	13:30	3	2	147	12,5	3,29
18jun	13:30	3	3	136	11,7	3,25
18jun	13:30	3	4	169	13,1	3,33

18jun	13:30	4	1	154	14,2	3,18
18jun	13:30	4	2	164	13,5	3,12
18jun	13:30	4	3	150	12,3	3,17
18jun	13:30	4	4	154	12,8	3,39
18jun	16:30	1	1	115	10,1	3,08
18jun	16:30	1	2	126	9,9	2,97
18jun	16:30	1	3	115	9,7	3,01
18jun	16:30	1	4	128	10,6	3,15
18jun	16:30	2	1	139	10,5	3,11
18jun	16:30	2	2	131	11,6	3,2
18jun	16:30	2	3	125	9,7	3,18
18jun	16:30	2	4	131	10,5	3,14
18jun	16:30	3	1	127	10,9	3,05
18jun	16:30	3	2	136	11,1	3,13
18jun	16:30	3	3	123	9,5	3,02
18jun	16:30	3	4	125	10,2	3,09
18jun	16:30	4	1	138	10,8	2,98
18jun	16:30	4	2	119	11,5	2,95
18jun	16:30	4	3	123	10,5	3,03
18jun	16:30	4	4	141	11,1	3,25
9jul	10:30	1	1	85	10,8	3,05
9jul	10:30	1	2	108	12,8	3,47
9jul	10:30	1	3	106	13,6	3,6
9jul	10:30	1	4	114	16,6	3,74
9jul	10:30	2	1	94	10,7	3,21
9jul	10:30	2	2	100	13,9	3,37
9jul	10:30	2	3	110	12,9	3,51
9jul	10:30	2	4	118	18,6	3,79
9jul	10:30	3	1	100	11,3	3,18
9jul	10:30	3	2	98	12,3	3,28
9jul	10:30	3	3	127	14,9	3,4
9jul	10:30	3	4	110	15,8	3,58
9jul	10:30	4	1	93	11,5	3,04
9jul	10:30	4	2	94	13,7	3,14
9jul	10:30	4	3	112	12,1	3,43
9jul	10:30	4	4	111	16,7	3,52
9jul	13:30	1	1	97	10,2	2,58
9jul	13:30	1	2	104	12,5	2,89
9jul	13:30	1	3	125	14,5	4,11
9jul	13:30	1	4	145	18,6	4,27
9jul	13:30	2	1	90	9,1	2,43

9jul	13:30	2	2	107	11,7	2,79
9jul	13:30	2	3	128	14,1	4,19
9jul	13:30	2	4	148	16,9	4,38
9jul	13:30	3	1	87	8,9	2,55
9jul	13:30	3	2	100	11,3	2,67
9jul	13:30	3	3	115	15,8	4,12
9jul	13:30	3	4	139	17,4	4,22
9jul	13:30	4	1	80	10,5	2,36
9jul	13:30	4	2	99	12,2	2,82
9jul	13:30	4	3	133	15	4,2
9jul	13:30	4	4	140	18,2	4,25
9jul	16:30	1	1	90	9,3	2,5
9jul	16:30	1	2	100	11,7	2,75
9jul	16:30	1	3	119	13,6	3,55
9jul	16:30	1	4	120	15,2	3,88
9jul	16:30	2	1	95	8,8	2,3
9jul	16:30	2	2	106	10,5	2,66
9jul	16:30	2	3	117	13,5	3,4
9jul	16:30	2	4	133	14,6	3,75
9jul	16:30	3	1	100	8	2,25
9jul	16:30	3	2	105	9,9	2,65
9jul	16:30	3	3	109	15,1	3,6
9jul	16:30	3	4	132	16,7	3,66
9jul	16:30	4	1	113	9,5	2,36
9jul	16:30	4	2	95	11,5	2,8
9jul	16:30	4	3	112	12,9	3,22
9jul	16:30	4	4	140	15,6	3,68
30jul	10:30	1	1	86	7,5	1,27
30jul	10:30	1	2	90	8,8	1,98
30jul	10:30	1	3	105	12,7	2,19
30jul	10:30	1	4	109	13,5	2,23
30jul	10:30	2	1	75	6,1	1,3
30jul	10:30	2	2	98	9,2	1,8
30jul	10:30	2	3	109	11,5	2,08
30jul	10:30	2	4	110	11,2	2,41
30jul	10:30	3	1	92	7,6	1,45
30jul	10:30	3	2	80	10,5	1,77
30jul	10:30	3	3	99	12,1	2,25
30jul	10:30	3	4	109	15,1	2,29
30jul	10:30	4	1	79	6,6	1,66
30jul	10:30	4	2	85	9,8	2,01

30jul	10:30	4	3	102	11,8	2,15
30jul	10:30	4	4	116	14,2	2,19
30jul	13:30	1	1	88	8,3	1,79
30jul	13:30	1	2	100	10,2	2,01
30jul	13:30	1	3	120	13,9	2,2
30jul	13:30	1	4	125	15,2	2,39
30jul	13:30	2	1	75	7,6	1,8
30jul	13:30	2	2	102	12,3	1,98
30jul	13:30	2	3	121	14,5	2,09
30jul	13:30	2	4	130	16,9	2,45
30jul	13:30	3	1	95	7,7	1,66
30jul	13:30	3	2	115	11,5	1,95
30jul	13:30	3	3	116	14,2	2,35
30jul	13:30	3	4	127	14,7	2,66
30jul	13:30	4	1	96	6,9	1,88
30jul	13:30	4	2	99	11,7	2,09
30jul	13:30	4	3	113	12,5	2,26
30jul	13:30	4	4	119	15,6	2,55
30jul	16:30	1	1	85	7,3	1,35
30jul	16:30	1	2	95	8	1,41
30jul	16:30	1	3	100	11,7	2,05
30jul	16:30	1	4	115	13,5	2,15
30jul	16:30	2	1	75	6,9	1,27
30jul	16:30	2	2	85	9,2	0,99
30jul	16:30	2	3	108	10,5	1,98
30jul	16:30	2	4	108	13,3	2,21
30jul	16:30	3	1	71	6,6	1,45
30jul	16:30	3	2	95	9,7	2,1
30jul	16:30	3	3	96	12,2	2,1
30jul	16:30	3	4	120	11,6	2,17
30jul	16:30	4	1	83	7,3	1,56
30jul	16:30	4	2	103	8,6	1,88
30jul	16:30	4	3	107	10,3	2,02
30jul	16:30	4	4	125	12,5	2,33
10sep	10:30	1	1	73	6,5	1,65
10sep	10:30	1	2	88	7,2	1,71
10sep	10:30	1	3	101	8,5	1,86
10sep	10:30	1	4	108	9,3	1,99
10sep	10:30	2	1	67	5,7	1,45
10sep	10:30	2	2	85	6,9	1,59
10sep	10:30	2	3	95	7,9	1,9

10sep	10:30	2	4	111	8,9	2,13
10sep	10:30	3	1	75	6	1,53
10sep	10:30	3	2	92	6,8	1,7
10sep	10:30	3	3	104	8,8	2,05
10sep	10:30	3	4	106	9,5	2,08
10sep	10:30	4	1	70	6,3	1,5
10sep	10:30	4	2	79	7,5	1,78
10sep	10:30	4	3	96	8,7	2,04
10sep	10:30	4	4	110	9,3	2,14
10sep	13:30	1	1	80	7	1,85
10sep	13:30	1	2	95	8,2	2,05
10sep	13:30	1	3	100	10	2,25
10sep	13:30	1	4	115	12,7	2,5
10sep	13:30	2	1	85	6,5	1,75
10sep	13:30	2	2	90	7,6	1,95
10sep	13:30	2	3	108	11,1	2,15
10sep	13:30	2	4	123	12,2	2,27
10sep	13:30	3	1	75	6,5	1,8
10sep	13:30	3	2	87	8,1	1,88
10sep	13:30	3	3	113	10,2	2,13
10sep	13:30	3	4	119	11,6	2,55
10sep	13:30	4	1	84	6,8	1,77
10sep	13:30	4	2	95	7,5	2,01
10sep	13:30	4	3	109	9,5	2,2
10sep	13:30	4	4	125	10,9	2,25
10sep	16:30	1	1	78	6,5	1,55
10sep	16:30	1	2	90	8,1	1,89
10sep	16:30	1	3	100	8,5	2,15
10sep	16:30	1	4	120	9,3	2,35
10sep	16:30	2	1	85	6,1	1,39
10sep	16:30	2	2	95	7,3	1,78
10sep	16:30	2	3	108	8	2,18
10sep	16:30	2	4	115	10,6	2,27
10sep	16:30	3	1	88	6,9	1,45
10sep	16:30	3	2	85	7,8	1,83
10sep	16:30	3	3	95	8,5	2,1
10sep	16:30	3	4	117	10,4	2,19
10sep	16:30	4	1	77	7,1	1,43
10sep	16:30	4	2	84	7,4	1,75
10sep	16:30	4	3	99	7,6	2,08
10sep	16:30	4	4	124	9,5	2,21

ANEXO C. DATOS POTENCIALES MEDIDOS EN CAMPO.

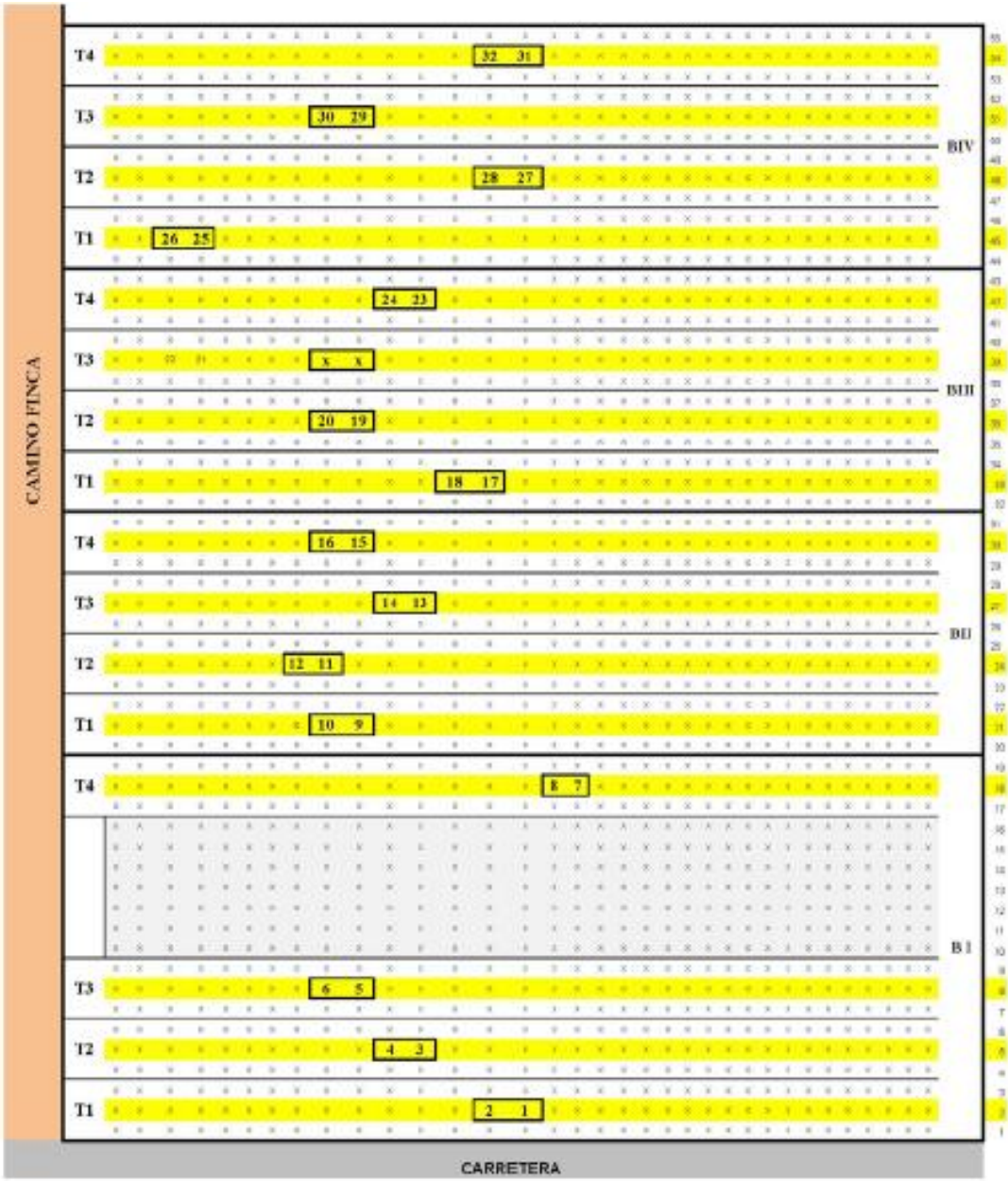
FECHA	HORA ACTUAL	BLOQUE	TTO.	POTENCIAL HÍDRICO DEL TALLO L(-bar)
28may	10:46:11	1	1	6,46
28may	10:47:11	1	2	4,11
28may	10:49:11	1	3	4,26
28may	10:51:11	1	4	4,10
28may	10:53:11	2	1	6,78
28may	10:56:11	2	2	5,26
28may	10:58:11	2	3	4,01
28may	11:00:11	2	4	3,87
28may	11:01:11	3	1	6,84
28may	11:03:11	3	2	5,97
28may	11:05:11	3	3	4,16
28may	11:07:11	3	4	3,82
28may	11:08:11	4	1	5,12
28may	11:10:11	4	2	6,52
28may	11:12:11	4	3	4,49
28may	11:13:11	4	4	3,06
28may	13:31:22	1	1	7,65
28may	13:31:37	1	2	5,08
28may	13:31:52	1	3	5,20
28may	13:33:07	1	4	4,22
28may	13:35:07	2	1	7,70
28may	13:37:07	2	2	5,84
28may	13:39:07	2	3	5,53
28may	13:41:07	2	4	4,83
28may	13:44:07	3	1	7,72
28may	13:45:07	3	2	7,46
28may	13:47:07	3	3	5,13
28may	13:48:07	3	4	4,91
28may	13:50:07	4	1	7,19
28may	13:52:07	4	2	6,99
28may	13:54:07	4	3	6,13
28may	13:55:07	4	4	4,01
28may	16:30:16	1	1	8,11
28may	16:30:31	1	2	6,35
28may	16:31:01	1	3	5,25
28may	16:33:01	1	4	5,06
28may	16:35:01	2	1	7,66
28may	16:37:01	2	2	6,26

28may	16:38:01	2	3	5,76
28may	16:40:01	2	4	4,58
28may	16:43:01	3	1	9,09
28may	16:44:01	3	2	6,94
28may	16:47:01	3	3	3,96
28may	16:49:01	3	4	4,83
28may	16:51:01	4	1	8,42
28may	16:53:01	4	2	7,64
28may	16:55:01	4	3	5,32
28may	16:56:16	4	4	5,16
18jun	10:45:55	1	1	4,70
18jun	10:46:25	1	2	4,10
18jun	10:47:10	1	3	4,02
18jun	10:49:25	1	4	3,34
18jun	10:52:10	2	1	4,90
18jun	10:54:10	2	2	4,68
18jun	10:56:25	2	3	4,07
18jun	10:58:25	2	4	3,56
18jun	11:00:40	3	1	6,18
18jun	11:02:55	3	2	5,19
18jun	11:05:40	3	3	3,29
18jun	11:07:25	3	4	3,21
18jun	11:10:10	4	1	5,09
18jun	11:12:10	4	2	5,02
18jun	11:14:25	4	3	4,03
18jun	11:15:40	4	4	3,74
18jun	13:34:26	1	1	5,70
18jun	13:34:41	1	2	5,36
18jun	13:34:56	1	3	4,70
18jun	13:35:11	1	4	4,50
18jun	13:37:11	2	1	5,35
18jun	13:39:26	2	2	5,20
18jun	13:40:11	2	3	4,65
18jun	13:42:41	2	4	3,62
18jun	13:44:26	3	1	6,82
18jun	13:45:41	3	2	5,73
18jun	13:47:11	3	3	3,67
18jun	13:48:26	3	4	3,41
18jun	13:50:11	4	1	5,96
18jun	13:51:41	4	2	5,07
18jun	13:55:11	4	3	4,40
18jun	13:57:11	4	4	4,40
18jun	16:28:34	1	1	6,08
18jun	16:28:49	1	2	5,29
18jun	16:29:04	1	3	4,83

18jun	16:29:19	1	4	4,58
18jun	16:29:34	2	1	5,52
18jun	16:29:49	2	2	6,00
18jun	16:30:34	2	3	5,61
18jun	16:32:19	2	4	5,02
18jun	16:34:34	3	1	5,75
18jun	16:35:04	3	2	5,38
18jun	16:36:19	3	3	4,31
18jun	16:37:34	3	4	4,21
18jun	16:39:04	4	1	6,81
18jun	16:40:04	4	2	5,21
18jun	16:41:19	4	3	4,52
18jun	16:42:49	4	4	4,28
9jul	10:33:16	1	1	9,55
9jul	10:34:31	1	2	4,77
9jul	10:37:16	1	3	5,75
9jul	10:39:16	1	4	4,10
9jul	10:41:16	2	1	7,76
9jul	10:42:46	2	2	6,18
9jul	10:44:01	2	3	5,13
9jul	10:45:16	2	4	4,57
9jul	10:46:31	3	1	10,57
9jul	10:48:01	3	2	8,15
9jul	10:49:46	3	3	3,93
9jul	10:51:01	3	4	4,06
9jul	10:52:16	4	1	8,01
9jul	10:53:31	4	2	7,20
9jul	10:57:46	4	3	5,07
9jul	10:59:16	4	4	4,42
9jul	13:43:06	1	1	10,78
9jul	13:43:21	1	2	7,21
9jul	13:43:36	1	3	5,95
9jul	13:43:51	1	4	4,39
9jul	13:44:06	2	1	9,40
9jul	13:44:21	2	2	9,08
9jul	13:44:51	2	3	6,76
9jul	13:46:06	2	4	5,55
9jul	13:48:51	3	1	11,45
9jul	13:50:21	3	2	8,23
9jul	13:52:21	3	3	5,39
9jul	13:54:06	3	4	4,45
9jul	13:55:21	4	1	9,10
9jul	13:56:51	4	2	7,50
9jul	13:58:21	4	3	4,99
9jul	14:00:06	4	4	4,46

9jul		1	1	10,03
9jul		1	2	6,54
9jul		1	3	5,98
9jul		1	4	4,75
9jul		2	1	9,48
9jul		2	2	8,95
9jul		2	3	6,92
9jul		2	4	5,65
9jul		3	1	11,38
9jul		3	2	9,54
9jul		3	3	5,04
9jul		3	4	4,85
9jul		4	1	10,13
9jul		4	2	8,46
9jul		4	3	6,29
9jul		4	4	4,65
30jul	10:55:00	1	1	9,98
30jul		1	2	6,76
30jul		1	3	4,88
30jul		1	4	4,46
30jul		2	1	8,45
30jul		2	2	6,95
30jul		2	3	4,18
30jul		2	4	5,37
30jul		3	1	10,16
30jul		3	2	8,58
30jul		3	3	4,08
30jul		3	4	3,35
30jul		4	1	8,64
30jul		4	2	7,25
30jul		4	3	5,23
30jul		4	4	5,15
30jul	13:33:52	1	1	13,85
30jul	13:34:07	1	2	8,95
30jul	13:34:22	1	3	7,77
30jul	13:34:37	1	4	5,82
30jul	13:34:52	2	1	9,78
30jul	13:35:07	2	2	8,85
30jul	13:35:22	2	3	6,14
30jul	13:36:22	2	4	5,45
30jul	13:38:07	3	1	11,76
30jul	13:39:37	3	2	9,45
30jul	13:41:07	3	3	5,32
30jul	13:42:37	3	4	5,05
30jul	13:43:52	4	1	9,38

30jul	13:44:52	4	2	8,65
30jul	13:46:37	4	3	6,20
30jul	13:48:07	4	4	5,22
30jul	16:27:43	1	1	11,08
30jul	16:27:58	1	2	9,54
30jul	16:28:13	1	3	8,46
30jul	16:28:28	1	4	5,65
30jul	16:28:43	2	1	11,27
30jul	16:28:58	2	2	10,15
30jul	16:29:13	2	3	7,16
30jul	16:29:58	2	4	5,95
30jul	16:31:28	3	1	12,96
30jul	16:33:28	3	2	10,39
30jul	16:34:28	3	3	5,19
30jul	16:35:28	3	4	5,35
30jul	16:37:13	4	1	10,84
30jul	16:38:28	4	2	9,44
30jul	16:39:58	4	3	6,36
30jul	16:41:43	4	4	5,95
10sep	10:34:22	1	1	8,68
10sep	10:34:37	1	2	7,53
10sep	10:34:52	1	3	5,49
10sep	10:35:07	1	4	5,65
10sep	10:35:22	2	1	6,39
10sep	10:35:37	2	2	6,32
10sep	10:35:52	2	3	4,93
10sep	10:36:07	2	4	4,87
10sep	10:36:22	3	1	6,73
10sep	10:37:22	3	2	6,48
10sep	10:39:52	3	3	5,97
10sep	10:40:22	3	4	5,63
10sep	10:42:37	4	1	8,14
10sep	10:43:52	4	2	7,35
10sep	10:45:52	4	3	5,72
10sep	10:47:22	4	4	5,54
10sep	13:33:48	1	1	9,49
10sep	13:34:03	1	2	7,89
10sep	13:34:18	1	3	4,95
10sep	13:34:33	1	4	5,46
10sep	13:34:48	2	1	8,35
10sep	13:35:03	2	2	7,44
10sep	13:35:18	2	3	6,54
10sep	13:35:33	2	4	5,32
10sep	13:35:48	3	1	8,46
10sep	13:36:48	3	2	7,23

10sep	13:38:18	3	3	4,52
10sep	13:39:33	3	4	5,07
10sep	13:40:48	4	1	8,95
10sep	13:42:18	4	2	8,09
10sep	13:43:48	4	3	5,76
10sep	13:45:18	4	4	5,52
10sep	16:20:51	1	1	10,21
10sep	16:21:06	1	2	7,98
10sep	16:21:21	1	3	6,21
10sep	16:21:36	1	4	5,78
10sep	16:21:51	2	1	7,92
10sep	16:22:06	2	2	8,43
10sep	16:22:21	2	3	5,79
10sep	16:22:36	2	4	5,08
10sep	16:22:51	3	1	8,72
10sep	16:24:21	3	2	7,13
10sep	16:25:51	3	3	4,94
10sep	16:27:36	3	4	5,52
10sep	16:28:51	4	1	8,14
10sep	16:30:36	4	2	6,73
10sep	16:31:51	4	3	4,79
10sep	16:33:06	4	4	4,96

ANEXO D: CROQUIS DEL DISEÑO DEL ENSAYO Y DE LAS PLANTAS CONTROL.