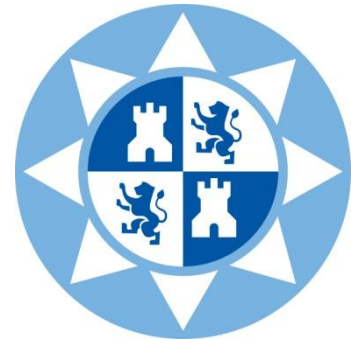


ETSia
Cartagena



DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

PROYECTO FINAL DE CARRERA
Ingeniería Agronómica

**Respuesta a la salinidad en maceta de las especies
de gerbera y dalia en función
del drenaje de riego**

Ginés Fernández Ruiz

Cartagena, 2012



Universidad Politécnica de Cartagena
Departamento de Producción Vegetal
Área de Producción Vegetal

Sebastián del Pilar Bañón Arias, profesor del Departamento de Producción Vegetal de la Universidad Politécnica de Cartagena,

INFORMA:

Que el presente Proyecto Fin de Carrera, titulado «**Respuesta a la salinidad en maceta de las especies de dalia y gerbera en función del drenaje de riego**», presentado por Ginés Fernández Ruiz, ha sido realizado bajo mi dirección.

Y para que conste, a los efectos oportunos, firmo el presente escrito en Cartagena, a treinta y uno de enero de dos mil doce.



Fdo: Sebastián del Pilar Bañón Arias

INDICE GENERAL

PARTE I: ANTECEDENTES

1. LA SALINIDAD, 11

1.1. Concepto y problema de la salinización del suelo, 11

1.2. Efectos inducidos por las sales, 11

1.2.1. Efecto osmótico, 12

1.2.2. Efecto tóxico, 13

1.2.3. Efecto nutricional, 14

1.3. Mecanismos de resistencia al estrés salino, 14

1.3.1. Estrategias osmóticas, 15

1.3.2. Estrategias iónicas, 16

1.4. Tolerancia al estrés salino, 17

1.4.1. Índices fisiológicos de tolerancia, 17

1.4.2. Factores que influyen en la tolerancia, 18

2 - EL MATERIAL VEGETAL, 20

2.1. Dalia, 20

2.1.1.- Planta con valor ornamental, 20

2.1.2.- Sector comercial, 20

2.1.3.- Caracterización, 21

2.1.3.1. Historia, 21

2.1.3.2. Clasificación, 21

2.1.3.3. Características botánicas, 22

2.2. Gerbera, 23

2.2.1- Como planta ornamental, 23

2.2.2.- Sector comercial, 23

2.2.3.- Caracterización, 24

2.2.3.1. Historia, 24

2.2.3.2. Clasificación, 24

2.2.3.3. Características botánicas, 24

PARTE II: EXPERIMENTO

1 - INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS, 28

2 - MATERIALES Y METODOS, 31

2.1 Material vegetal, 31

2.2 Condiciones de cultivo, 31

2.3 Calibración sondas humedad, 32

2.4 Tratamientos, 33

2.5 Medidas de consumo de agua, drenaje y eficiencia en el uso del agua, 33

2.6 El diseño del sistema de riego, 34

2.7 Medidas del número y tamaño de las inflorescencias, 35

2.8 Medida de color de las inflorescencias y de SPAD en hojas, 35

2.9 Medidas de crecimiento de la planta, 36

2.10 Medidas de parámetros hídricos de la planta, 36

2.11 Medidas de intercambio de gases y flurometría, 37

2.12 Determinación de iones minerales, 38

2.13 Diseño y análisis estadístico, 38

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN, 40

3.1 - Consumo de agua, humedad del sustrato, eficiencia en el uso del agua y características del drenaje, 40

3.2 - Crecimiento, desarrollo y color de las flores, 41

3.3 - Estado hídrico de las plantas, 42

3.4 - Intercambio gaseoso, fluorescencia clorofílica y clorofila foliar, 42

4. CONCLUSIONES, 45

5. REFERENCIAS, 47

ANEXOS

INDICE DE TABLAS, 53

INDICE DE FIGURAS, 60

INDICE DE FOTOS, 63

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1.1.** Solución nutritiva utilizada para el riego, 53
- Tabla 2.1.** Aplicación aproximada del agua en los distintos tratamientos de riego, 54
- Tabla 3.1.** Resultados y significación estadística del ANOVA bifactorial para el contenido volumétrico de agua del sustrato, consumo de agua, drenaje y eficiencia en el uso del agua, 54
- Tabla 3.2.** Efectos de la especie y del riego sobre el contenido volumétrico de agua del sustrato, consumo de agua, drenaje y eficiencia en el uso del agua, 55
- Tabla 3.3.** Resultados y significación estadística del ANOVA bifactorial para los parámetros de crecimiento, desarrollo y color de las flores, 55
- Tabla 3.4.** Efectos de la especie y del riego sobre los parámetros de crecimiento y color de las flores, 56
- Tabla 3.5.** Resultados y significación estadística del ANOVA bifactorial para los potenciales hídricos de la planta, 57
- Tabla 3.6.** Efectos de la especie y del riego sobre los potenciales hídricos de la planta, 57
- Tabla 3.7.** Resultados y significación estadística del ANOVA bifactorial para los parámetros de intercambio gaseoso, fluorescencia y clorofila foliar, 58
- Tabla 3.8.** Efectos de la especie y del riego sobre los parámetros de intercambio gaseoso, fluorescencia y clorofila foliar, 58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Temperatura media, mínima y máxima en el interior del invernadero durante el cultivo, 60

Figura 2 - Evolución del déficit de presión de vapor (DPV) medio, mínimo y máximo a lo largo del cultivo, 60

Figura 3 - Evolución del PAR máximo y de la integral diaria de la luz (DLI) en el interior del invernadero, 61

ÍNDICE DE FOTOS

- Foto 1.** Detalle del invernadero. Se aprecian las banquetas de trabajo y los tanques de 200 litros tapados para evitar algas y que suba el pH, 63
- Foto 2.** Lugar donde está situado el datalogger CR1000 (Campbell Scientific Inc., Logan, UT), donde van conectados los sensores de humedad del suelo EC-5 (Decagon Devices, Ltd., Pullman, WA, 63
- Foto 3.** Daños en gerbera por helada, al principio del cultivo, 64
- Foto 4.** Daños significativos en las Dalias por heladas. Evolucionó con la muerte de las hojas apicales y originando yemas en la inserción de las hojas. Evitando la muerte de la planta, 64
- Foto 5.** Dalias fueron atacadas por pulgón negro, los trips también causaron daños, 65
- Foto 6.** Se aprecia una decoloración y una ondulación en pétalos producido por ataque de pulgón y trips. La decoloración es producida por la senescencia de la flor, 65
- Foto 7.** Estado final de la planta de Gerbera en cada tratamiento realizado. El tercer tratamiento empezando por la izquierda se ha desechado, 66
- Foto 8.** Daños en Dalia por exceso de sal, 66
- Foto 9.** Daños en Gerbera por exceso de salinidad, 67
- Foto 10.** Estado final de la Dalia en el tratamiento control. Se cogieron 4 plantas por tratamiento para realizar el análisis destructivo, 67
- Foto 11.** Estado final de la Dalia en el tratamiento salino con lavado moderado, 68
- Foto 12.** Estado final de la Dalia en el tratamiento salino con lavado despreciable en cinco riegos de un ciclo de seis en el que se da un lavado intenso en el último riego, 68
- Foto 13.** Detalle de la colocación de las pinzas para realizar la fluimetría, 69
- Foto 14.** Detalle del aparato y pinzas que se utilizaron en la fluimetría, 69
- Foto 15.** Cámara de Scholander para la medida del potencial hídrico, 70
- Foto 16.** Colorímetro MINOLTA CR 10, 70
- Foto 17.** Detalle del sensor de radiación situado encima de la banqueta. Y debajo de la banqueta se aprecian las bandejas donde se recoge el drenaje, 71

PARTE I:

ANTECEDENTES

LA SALINIDAD

1.- SALINIDAD

1.1.- Concepto y problema de la salinización del suelo

Actualmente, la mitad de las tierras regadas en el mundo están en mayor o menor grado sometidas a la influencia de la salinización. Afecta alrededor de un billón de hectáreas en todo el mundo, localizadas en regiones áridas y semiáridas; llegando a niveles de productividad cero o negativa Y esta situación se hace más crítica debido al incremento de la población. Además, las escasas precipitaciones no permiten el lixiviado de las sales de las capas superficiales del suelo que se acumulan allí tras la evaporación del agua.

La salinización de origen agrícola de las tierras agrícolas y de las fuentes naturales de agua es un problema en aumento, como por ejemplo el caso del río Segura en la región de Murcia (Cánovas y Cerdá, 1995). Esta salinización se da por la extensión del regadío en las vegas tradicionales y zonas limítrofes, el empleo de aguas subterráneas de baja calidad, el incremento de la aportación de fertilizantes para obtener cosechas más abundantes y se añade el problema de la utilización de aguas con altas concentraciones de sales totales.

En los suelos salinos las sales solubles exceden del 0,1 % del peso seco total, y pueden disminuir el crecimiento de las plantas silvestres o cultivadas (Rozema, 1996). Las sales características de este tipo de suelos pueden tener una mezcla de cationes como Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , y Cl^- , SO^{-2} y CO_3^{-2} como aniones, aunque generalmente dominen el Na^+ y Cl^- . El laboratorio de salinidad de los EEUU (1954) definió los suelos salinos como aquellos que poseían una conductividad eléctrica (C.E.) en extracto saturado mayor de 4 dS m^{-1} .

1.2.- Efectos inducidos por las sales

Una elevada concentración de sales en el medio radical provoca por una parte un estrés hídrico debido a la disminución del potencial hídrico del medio radical (efecto osmótico); y por otra parte, la absorción de determinados iones que pueden provocar

una acumulación de éstos en los tejidos vegetales alcanzando niveles tóxicos (toxicidad iónica específica) e induciendo además desequilibrios nutricionales (efecto nutricional).

Atendiendo a la hipótesis de la actuación de las sales en dos fases (Munns *et al.*, 1995) y a los estudios realizados sobre esta hipótesis (Alarcón *et al.*, 1993; Neumann, 1997), las plantas expuestas a niveles de salinidad elevados durante periodos cortos sufriesen un déficit hídrico, mientras que las plantas sometidas a un estrés salino durante periodos más largos, la toxicidad iónica y los desequilibrios nutricionales son limitantes hasta alcanzar niveles de clorosis marginal y necrosis foliar (Munns *et al.*, 1982).

1.2.1.- Efecto osmótico

La salinidad genera efectos fisiológicos como el estrés hídrico. Es debido a que el exceso de sales en la solución del suelo genera una disminución de su potencial osmótico y, en consecuencia, de su potencial hídrico.

En consecuencia, disminuye la disponibilidad del agua en el medio radical, y con ello el crecimiento y desarrollo vegetal en condiciones salinas (Greenway y Munns, 1980; Tanji, 1990; Neumann, 1997). Algunas plantas producen lo que se denomina ajuste osmótico para garantizar el flujo de agua desde el suelo hacia la planta. Esto ocurre para que la planta disminuya su potencial hídrico, haciéndolo menor que el potencial hídrico del suelo, y lo hace disminuyendo su potencial osmótico (siendo uno de los componentes del potencial hídrico) por la acumulación activa de solutos. Este ajuste osmótico u osmorregulación comprende la absorción y acumulación de iones procedentes del medio (salinos normalmente) así como la síntesis de solutos orgánicos compatibles.

El ajuste osmótico permite a las plantas que crecen en medio salinos absorber agua y evitar la pérdida de turgencia y la muerte (Bernstein, 1963; Janes, 1996). En estudios realizados sobre maíz (Michelina y Boyer, 1982) se observa que este ajuste osmótico no garantiza el crecimiento en situaciones de estrés salino, ya que otros efectos de tipo fisiológico o biológico pueden alterar el desarrollo de la planta.

El ajuste osmótico es finito y depende de diferentes factores como puede ser las condiciones ambientales, la velocidad de desarrollo del estrés y el componente genotípico de la especie (Turner y Jones, 1980), esta teoría es apoyada en tomate (Zerbi *et al.*, 1990).

El estrés hídrico asociado a la salinidad se manifiesta, también, en el cambio de la apertura estomática de las plantas que crecen en condiciones de salinidad; aumentando la resistencia al intercambio gaseoso con el fin de limitar las pérdidas de agua a través de la transpiración (Hoffman y Jobes, 1978; Downton *et al.*, 1985).

Tanto el estrés hídrico como el estrés salino originan en las plantas efectos comunes como son la reducción de la tasa de fotosíntesis y de los intercambios gaseosos e incluso la pérdida de la integridad celular (Jones, 1986). Pero también existen diferencias en los solutos que contribuyen al ajuste osmótico (Hsiao *et al.*, 1976)

1.2.2.- Efecto tóxico

Las plantas que realizan el ajuste osmótico mediante la absorción de sales no siempre resultan beneficiosas, ya que las sales pueden provocar daños en diferentes orgánulos subcelulares, mayormente en mitocondrias y cloroplastos (Miller y Evans, 1956; Ingram, 1957; Hiatt y Evans, 1960).

El efecto tóxico generado por niveles críticos iónicos a nivel celular generan una serie de síntomas, de los que se destacan las alteraciones que dichos iones provocan en el metabolismo, los daños que realizan sobre las membranas celulares y los distintos orgánulos (Rains *et al.*, 1980), las disminuciones de diversas actividades enzimáticas (Wyn Jones y Gorham, 1983; Walker *et al.*, 1981) y la repercusión sobre los mecanismos de transporte de asimilados que operan en la planta (Jeschke, 1984).

Se ha comprobado que la salinidad puede ejercer sus efectos sobre la fotosíntesis y la respiración (Boyer, 1965), la síntesis de proteínas (Kahane y Poljakoff – Mayber, 1968) y de ácidos nucleicos (Nieman, 1965), las actividades enzimáticas (García *et al.*, 1987; Mengel y Kirkby, 1987) y el transporte de solutos (Fernández, 1990). También se han observado alteraciones en la estructura y funcionalidad de los cloroplastos por efecto de la salinidad (Soldatini y Giannini, 1985; Olmos y Hellín, 1996) que pueden afectar a los niveles de fotosíntesis.

1.2.3.- Efecto nutricional

Al aumentar la concentración de los iones salinos en la solución del suelo provoca desequilibrios nutricionales en las plantas, pudiendo ser por que dichos iones alteran la absorción y transporte de los nutrientes o por la interacción de una manera directa con ellos. Bajo estos desordenes nutricionales, el crecimiento, producción y calidad de las plantas se ve negativamente afectado (Grattan y Grieve, 1994, 1999).

Los iones predominantes en condiciones salinas son principalmente Na^+ y Cl^- , los cuales pueden encontrarse en concentraciones mucho mayores que las de los macronutrientes, siendo los principales responsables de los desequilibrios nutricionales.

Los cationes K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} y Na^+ comparten funciones fisiológicas importantes en las plantas. Todos ellos intervienen y controlan el potencial osmótico, y también actúan en la permeabilidad de las membranas, de forma que su absorción no es muy selectiva (Clarkson y Hanson, 1980). Ante la situación de estrés por NaCl , se establecen competencias entre el Na^+ y el resto de cationes. Actuando especialmente el Na^+ como competidor de la entrada de K^+ (Watad *et al.*, 1994).

Las interacciones entre los diferentes cationes y aniones afecta a la toma de determinados nutrientes (Marschner, 1995). Estas interacciones se han relacionado con el grado de tolerancia a la salinidad, estableciéndose que las variedades sensibles tienen una mayor competencia del Na^+ y el Cl^- frente al resto de de iones y cationes.

1.3.- Mecanismos de resistencia al estrés salino

Se establecen dos grupos fisiológicos en función de la tolerancia a la salinidad: glicofitas, que son aquellas plantas que toleran la salinidad en bajas concentraciones, y las halofitas, que pueden tolerar niveles relativamente elevados de salinidad y crecen bajo condiciones naturales en suelos con una conductividad eléctrica superior a 4 dS m^{-1} (Gorham 1996). En la realidad existe un espectro continuo de tolerancia que hace que la definición universal de planta halofita y glicofita no sea clara (Gorham *et al.*, 1985).

En especies vegetales cuyo grado de sensibilidad a la sal es similar pueden existir diferencias fisiológicas significativas en los mecanismos de tolerancia desarrollados. Incluso dentro de una misma especie el grado de tolerancia puede variar (Bernstein, 1964; Guerrier, 1983; Yang *et al.*, 1990; Alarcón *et al.*, 1994).

Las estrategias adaptativas que las plantas desarrollan para afrontar situaciones salinas se clasifican en estrategias osmóticas encaminadas a evitar el déficit hídrico y estrategias iónicas que tienden a evitar la toxicidad (Levitt, 1980).

1.3.1.- Estrategias osmóticas

Se puede hablar de la disminución de la pérdida de agua vía transpiración, ajuste osmótico y el ajuste elástico.

Para la reducción de la pérdida de agua las plantas generan una respuesta a la salinidad asociada al estrés hídrico (Flowers y Yeo, 1989). Las plantas sometidas a estrés salino reducen la velocidad de transpiración originando primeramente el aumento de la resistencia estomática, y a más largo plazo induce cambios anatómicos y fisiológicos que reducen la superficie foliar, contribuyendo a minimizar las pérdidas de agua por transpiración. Otra respuesta es la modificación foliar, como la presencia de pelos en la superficie celular (Johnson, 1975; Ehleringer, 1984), estos dificultan el intercambio de vapor, y los cambios en las propiedades de la cutícula que hacen aumentar la resistencia al movimiento del agua.

Las plantas regulan su potencial osmótico hasta conseguir que el potencial hídrico celular sea similar al medio que las rodea (Borowitzka *et al.*, 1980, citados por Tuner y Jones, 1980). En las plantas glicofitas así como en la mayor parte de las halofitas, el ajuste osmótico se consigue por medio de la acumulación de iones procedentes del medio (Gibbs *et al.*, 1989; Alarcón *et al.*, 1994). Los mecanismos que evitan los efectos tóxicos de los iones en el medio (Greenway y Munns, 1980; Hamza, 1980; Läuchli, 1984) no son eficaces en las especies más sensibles, de manera que tienen que recurrir a la síntesis y acumulación de solutos de naturaleza orgánica para regular el potencial hídrico celular (Flowers *et al.*, 1977).

La elasticidad de las paredes celulares es una propiedad que nos hace entender la expansión celular que acompaña al crecimiento. Un tejido elástico se caracteriza frente a un tejido más rígido que a un determinado valor de potencial hídrico le corresponde un menor potencial osmótico y un mayor potencial de turgencia (Cutler *et al.*, 1980; Joly t Zaerr, 1987). El módulo de elasticidad (ϵ) es el parámetro que nos indica la elasticidad de los órganos turgentes, y describe la proporción en la que un pequeño cambio de volumen produce un cambio de presión, siendo menor el valor de ϵ cuanto más elástica sea la pared celular. La disminución de turgencia ante la pérdida de un

determinado volumen de agua será menor en un tejido elástico que en un tejido más rígido. Aunque también se señala que no hay modificaciones en la elasticidad de las paredes por efecto de la salinidad en la mayor parte de las plantas (Hoffman *et al.*, 1980)

1.3.2.- Estrategias iónicas

Los estudios llevados a cabo comparando el grado de tolerancia a la salinidad entre especies han mostrado que la sensibilidad a elevadas concentraciones de Na⁺ y/o Cl⁻ en las hojas es mayor en plantas glicofitas que en halofitas.

La mayor parte de las plantas halofitas basan su resistencia a la salinidad en la inclusión de iones (principalmente Na⁺ y Cl⁻) permitiéndoles mantener la turgencia (Flowers y Yeo, 1986). Por el contrario, la mayor parte de las plantas cultivadas son glicofitas excluidoras que presentan diferencias en su capacidad de absorción y translocación de Na⁺ y Cl⁻ a los brotes y hojas (Gorham *et al.*, 1985; Slama, 1986). La exclusión iónica se considera una estrategia de evitación de iones observada en la mayoría de las glicofitas ante una situación de estrés salino (Läuchli y Epstein, 1984).

El principal punto de entrada de iones se encuentra a nivel del plasmalema radical, por lo que cualquier cambio en la composición de la membrana plasmática de las células de la raíz puede afectar la fluidez, permeabilidad y actividad de distintas proteínas de membrana, cambiando la capacidad para incluir iones salinos (Cullis y DeKruiff, 1979; Leshem, 1992). La existencia de las glándulas salinas ha sido constatado en muchas familias de plantas halofitas (Oross *et al.*, 1985) y se ha comprobado que la excreción de sal a través de ellas es un método efectivo para controlar el contenido salino de las hojas.

También existen vesículas epidérmicas donde también puede acumularse la salinidad (Lüttge *et al.*, 1978; Jeschke y Stelter, 1983), en comparación con las glándulas salinas, este tipo de células representa una respuesta limitada y a corto plazo a la acumulación de sal, siendo efectivas en la protección de hojas jóvenes en expansión frente a los daños ocasionados por los iones acumulados en el interior celular.

Con el fin de regular el contenido iónico de la parte aérea, las hojas maduras se cargan de iones no deseados y posteriormente se desprenden de la planta (Batanouny, 1996), considerándose la defoliación como un mecanismo extremo de exclusión de iones. Con este mecanismo se consigue disminuir la carga salina, se reduce la superficie

foliar y por tanto las pérdidas de agua por transpiración, evitando el déficit hídrico asociado al estrés salino.

Otro mecanismo para evitar el estrés salino es la dilución de los iones absorbidos. La exposición a la salinidad puede llevar consigo numerosos cambios estructurales (Batanouny, 1996), como pueden ser el aumento del grosor de las hojas, el incremento del tamaño celular, reducciones de los espacios intercelulares, desarrollo de tejidos de reserva de agua y establecimiento de una menor superficie relativa (relación superficie/volumen) (Batanouny, 1993). Se considera al NaCl el promotor más eficaz de la succulencia (Batanoumy, 1996).

1.4.- Tolerancia al estrés salino

La evaluación de la tolerancia de los cultivos a la salinidad se ha realizado por la disminución del rendimiento a un nivel dado de salinidad respecto al rendimiento en condiciones control.

Los métodos de selección y mejora para incrementar la tolerancia serían más viables si estuvieran basados en mecanismos fisiológicos o caracteres que confieran tolerancia (Noble y Rogers, 1992). Esto es difícil, ya que la tolerancia a la salinidad es un problema complejo, porque no interviene un solo gen sino que es un carácter multigenético.

1.4.1.- Índices fisiológicos de tolerancia

La germinación de semillas en medio salino es un índice utilizado con frecuencia para conocer el grado de resistencia a la salinidad (Noble, 1983).

También pueden utilizarse otros criterios relacionados con el desarrollo vegetativo. Como el efecto de la salinidad sobre la materia seca de la planta (Flowers y Yeo, 1989; Aslam *et al.*, 1993; Ho y Adams, 1994), aunque existen problemas en la cuantificación del desarrollo. Primero, porque es un método destructivo; y segundo, porque puede que los diferentes genotipos presenten un desarrollo potencial distinto.

El desarrollo vegetativo bajo estrés solamente podrá usarse como criterio de tolerancia cuando se compare con el registrado bajo condiciones no estresantes (control), aunque para ello haya que duplicar el trabajo y los medios.

También se propone como criterio de tolerancia a la salinidad el desarrollo radical debido a que éste con frecuencia expresa bien la resistencia relativa de una planta a la toxicidad mineral. Y el análisis foliar del contenido iónico parece ser un criterio interesante en las especies en las que la resistencia a la salinidad está condicionada principalmente por la exclusión salina.

Otro criterio es la utilización de los síntomas de necrosis foliar desarrollados como reacción a la acumulación de un ión específico, como ocurre con el Cl⁻ en vid (Downton, 1984; West y Taylor, 1984) y citrus (Cooper y Gorton, 1952; Peynado y Sluis, 1979). La capacidad de mantener la turgencia foliar, especialmente durante las primeras fases de estrés salino, y podría considerarse otro índice de tolerancia, aunque no hay una correlación directa y universal entre la turgencia y crecimiento.

1.4.2.- Factores que influyen en la tolerancia

Los efectos de la salinidad en una planta pueden depender de multitud de factores como la edad (Ayers *et al.*, 1952; Bernstein y Hayward, 1958), humedad relativa (Hoffman y Jobes, 1978), temperatura (Mozafar y Oertli, 1992) e irradiación (Meiri *et al.*, 1982), entre otros.

Existe la posibilidad de que la sensibilidad a la salinidad se manifieste en un estado temprano de desarrollo, mientras que en estadíos posteriores, aún a niveles medios de sal, el rendimiento en algunos cultivos como la cebolla o la remolacha pueda aumentar (Lunin *et al.*, 1963).

MATERIAL VEGETAL

2. MATERIAL VEGETAL

2.1. Dalia

2.1.1.- Como planta ornamental

La dalia es una planta de flor que por su belleza ha adquirido en Europa una importancia ornamental similar a la que tiene el tulipán holandés. Se sabe que sus raíces tuberosas poseen propiedades alimenticias, medicinales y forrajeras, por lo que al fomentar su cultivo contribuiríamos a la nutrición, a complementar los herbolarios y a las ganaderías (Mejía et al., 1992; Laguna, 1992).

Son utilizadas para decorar los jardines con sus flores y también se utiliza en floristería como flor de relleno en trabajos florales.

Se acomoda bien a todo tipo de suelos, sus posibilidades de utilización son muy extensas, gracias a una floración abundante y prolongada. Dando una producción de unas 100 flores por planta en condiciones óptimas de cultivo.

2.1.2.- Sector comercial

Por la multiplicidad de sus formas coloridas, la dalia se presta en una multitud de usos. Pudiéndose poner aisladamente o en macizos florales. Constituye un elemento decorativo muy importante de jardines en verano y otoño hasta la llegada de las primeras heladas. El resultado del mejoramiento genético produjo, entre otros caracteres, la variación en el tamaño de la flor, su color, incremento en el número de flores con lígulas anchas (conocidas comúnmente como pétalos de las flores), así como una disminución en el número de flores del disco y curvatura de las lígulas (Hammett, 1980; Hansen, 2000).

Dependiendo de las variedades que se elijan tendrán una utilidad más específica. Comercialmente hablando se deben elegir las variedades que mejor suministren nuestras exigencias (colorido, tamaño de la inflorescencia, duración de la flor cortada, resistencias a plagas y enfermedades,...). Algunos ejemplos de la utilización de esta planta pueden ser, la formación de platabandas y borduras, siendo las variedades enanas las que mejor se adaptarían para constituir borduras continuas. Para hacer

macizos enteros podrían utilizarse variedades de dalia con inflorescencias de diferentes formas y colores (dalia pompón, dalia en bola, dalia decorativa,...), produciendo bonitos efectos decorativos, vigilando la armonía de los colores.

2.1.3.- Caracterización

2.1.3.1.- Historia

La dalia es nativa de Mesoamérica y endémica de México, país que acoge a 31 especies del género *Dahlia* (Saar et al, 2003; Hjerting, et al., 1996). Las dalias originales tenían flores sencillas y con corola compuesta solo de 8 lígulas. Hasta el siglo XVII su utilización para los españoles fue inexistente. La introducción en España llega con su utilización como planta hortícola, consumiéndose sus raíces o tubérculos.

El género *Dahlia* está formado por 35 especies silvestres, de las cuales, sólo cuatro especies constituyen la base genética con la que se ha desarrollado la dalia cultivada actualmente, y son la *Dahlia. coccinea*, *D. pinnata*, *D. merckii* y *D. imperialis*. La dalia más conocida es *D. pinnata* la cual se deriva de un híbrido fértil entre *D. coccinea* y *D. sorensonii*.

Dada la gran facilidad de esta planta para evolucionar morfológicamente, en seguida surgieron nuevas variedades y colores; y así aparecen dalias lilliput, las dalias de dos colores mezclados, dalia cactus. Aunque difiere mucho de las primeras dalias.

2.1.3.2.- Clasificación

Se tiene en cuenta la forma de las flores para caracterizar las diferentes dalias, tenemos: **Dalias sencillas:** Flores con diámetro inferior a diez centímetros. Una sola fila de lígulas externas, que rodean al disco central. Las lígulas de la corona pueden estar acaballadas, formando un círculo perfecto o bien ser más puntiagudas y tener los extremos de las lígulas separadas. **Dalias estrellas:** Flores pequeñas que llegan de una a tres filas de lígulas exteriores. Las lígulas de los bordes están redobladas y claramente separadas. **Dalia de flor de anémona:** Lígulas tubulares alargadas y formando un grupo denso con colores que diferencian entre si las distintas lígulas. El disco tiene forma de un panal de colmena. **Dalia collar:** Son dalias sencillas que presentan un círculo de flores ligulares en el interior de un gran collar floral. Este anillo tiene con frecuencia un

color distinto del resto de las piezas de la corona. **Dalia de flor de peonia:** Posee dos o más círculos de flores liguladas con lígulas aplastadas, disco central visible, que recuerda un poco a la flor de las peonias. **Dalia decorativa:** Las flores son todas dobles, con lígulas anchas y planas, puntiagudas en su extremo y de forma de canalón; estas no tienen disco. Se pueden dividir en: a) Decorativa con forma regular: las lígulas están colocadas regularmente; b) Decorativas con forma irregular: las lígulas están torcidas u onduladas. **Dalias en bola:** Las flores son dobles de más de siete centímetros de diámetro, absolutamente llenos. Flores enrolladas en tubos y apretadas unos con otros. Son las razas originales, hoy día casi abandonadas. **Dalia Pompom o Lilliput:** Son dalias bola pero de diámetro inferior a siete centímetros. **Dalia cactus:** Flor enteramente llena, con lígulas largas, puntiagudas y enrolladas en casi toda su longitud a veces retorcida. **Dalia Semi cactus:** Con flores dobles enteramente llena, lígulas enrolladas solamente en una parte de su longitud aproximadamente la mitad, lo que las distingue de las anteriores. **Dalias enanas:** cualquier tipo de dalia anterior con una altura inferior a sesenta centímetros utilizada en borduras. **Dalias mixtas:** flores que agrupan una amplia variedad de tipos de dalias sin clasificar, que incluyen tanto formas simples como dobles.

2.1.3.3.- Características botánicas

El género *Dahlia* forma parte de la familia botánica *Asteraceae* (compuestas). Plantas vivaces de flor, gruesas raíces reunidas en haces alrededor del cuello de la planta. Tallos herbáceos y de altura que va de 0,4 metros a 2 metros. Hojas compuestas y dentadas, colocadas en disposición opuesta.

Las flores están formadas por varias estructuras (compuestas) que en conjunto se denominan cabezuelas: flores liguladas (en forma de pluma) ubicadas en el exterior, cuya apariencia es similar a la de un pétalo (blancas, moradas, amarillas o rojas) y forman la corona; y las tubulares o flores de disco, que se asemejan a un plato, ambas están dispuestas sobre una base que es común, llamada receptáculo y se encuentra en la parte central (Calderón y Rzedowski, 2001). En conjunto forman la cabezuela o capítulo. Algunas de las formas de las inflorescencias son: Cactus, decorativas con formas irregulares y decorativas con formas regulares, enanas, de flor de anémona, pompón o lollipop, de collar y sencillas.

Los frutos son secos de una sola semilla e indehiscentes, son “aquenios” de forma oblonga y lanceolada al mismo tiempo.

La multiplicación vegetal puede hacerse por medio de semillas, por esqueje o sencillamente por división de la planta. Rara vez se utiliza en injerto.

Las plagas comunes que suelen atacar esta planta son los pulgones, que enrollan las hojas, y que también rodean los capullos florales impidiendo su apertura o dando un mal aspecto a la flor; las babosas, caracoles; trips; araña roja. Por el suelo pueden ser atacados por gusanos blancos y de alambre. Las enfermedades más comunes son “pie negro” o ennegrecimiento del cuello, dándose en terrenos fuertes y húmedos. Y también el verticillium que produce amarilleamiento de la planta a partir de la base.

2.2.- Gerbera

2.2.1.- Como planta ornamental

En los últimos años se ha desarrollado bastante este cultivo en Europa occidental, destacando a Holanda con un extenso cultivo bajo invernadero. El número de variedades cultivadas ha tenido un ritmo ascendente después de las primeras razas alemanas, holandesas y danesas de flores dobles. Por hibridación se han obtenido nuevas formas con flores más o menos llenas, estando la mayoría patentadas, pagándose un royalty por cada planta que se cultiva.

Esta especie debido a la vistosidad de sus flores y a sus coloraciones atractivas, enriquece la diversidad biológica de la zona que habita, por su presencia y por la amplia gama de insectos beneficiosos que atraen, también esta es la especie que junto a otras flores tropicales resiste la incidencia de las altas temperaturas en el verano, temperaturas que no toleran otros cultivos como el clavel, boca de león etc.

2.2.2.- Sector comercial

Tiene un gran valor comercial como flor cortada. Los pétalos de la gerbera son muy sensibles y para protegerlos, al empaquetar los ramos, se pone a cada flor un cucurucho de plástico. Colocadas en filas e insertadas en agujeros de una plancha de cartón, de forma que no toca una flor con otra. Cada plancha lleva normalmente, quince flores y sus tallos se atan en dos manojos. Una buena flor de gerbera se considera la que

tiene una vara de 50 centímetros con flor doble de color uniforme y con un diámetro de 8 centímetros como mínimo.

Esta especie es considerada una planta beneficiosa para el medio ambiente ya que es capaz de absorber los gases que se consideran nocivos para la salud. Además tiene la capacidad de eliminar benceno en una atmósfera cerrada (Cornejo et al, 1997).

2.2.3.- Caracterización

2.2.3.1.- Historia

Las gerberas cultivadas actualmente son híbridos procedentes de *Gerbera jamesonii* originaria del África del sur. Se importó a Inglaterra en 1887, donde se efectuó el primer cruzamiento con otra especie, la *Gerbera viridifolia*, con hojas con pedúnculos cortos y sin dentar. De aquí pasó a Francia y luego a Alemania, con el nombre de *jamesonii híbrida*. Cultivándola se observó que donde mejor se desarrollaba era en invernaderos con mucha iluminación y buen volumen de aire y que a periodos largos de temperaturas inferiores a 12⁰ C frenaba la formación de nuevas flores.

El género *Gerbera* comprende 40 - 50 especies, que crecen generalmente en terrenos altos, en laderas de montañas, y principalmente en el sudeste de África y en Madagascar, así como en las regiones tropicales de Asia,.

Las variedades más importantes son: “*Appelbloesem*“ (rosadas), “*Clementinas*” (naranja), “*Beatrix*“ (rosa), “*Marleen*“ (amarilla), “*Agnes*“ (naranja), “*Veronica*“ (roja), “*Delphi*“ (blanca), “*Lila wonder*“ (lila).

2.2.3.2.- Clasificación

Existen tres tipos principales de híbridos cultivados con flores dobles: a) gerbera de tipo “anemona “, con “corazón “o “corona “grande y pétalos anchos pero cortos. b) gerbera de pétalo fino y largos, con “corazón “de medio a pequeño. c) gerbera de pétalos anchos y largos, con corazón medio.

2.2.3.3.- Características botánicas

La Gerbera es una planta perenne. Pertenece a la familia de las compuestas (Compositae). Las hojas se concentran y se agrupan en forma de roseta basal. En las inserciones de las distintas hojas se encuentran las yemas axilares, de las cuales salen vástagos laterales que forman sus propias rosetas de hojas y raíces. De este modo, las gerberas forman al crecer matas compactas. Las hojas tienen largos peciolo que crecen más o menos verticalmente hacia arriba, son elípticas, laceradas, de borde liso o dentado. Pueden estar arrugadas y por debajo aterciopeladas.

Las flores de Gerbera, como todas las plantas compuestas, forman inflorescencias llamadas capítulos, colocadas individualmente sobre largos pedúnculos, en su base parcialmente leñosas, a veces aterciopeladas y en la parte superior vacíos por dentro. Las flores compuestas tienen en el borde exterior flores liguladas y en el centro flores tubuladas. Todo el capítulo por la parte inferior está cubierto por brácteas verdes ovaladas o lanceoladas, llamado filario, colocadas en forma de teja en varias filas. Las flores liguladas son un medio de atracción para los insectos, principalmente las abejas y abejorros. Estos insectos, al coleccionar el polen y el néctar que se acumula en las flores, contribuyen con la transportación de los mismos (Lisiecka, 1990). Las flores tubuladas son hermafroditas, y las flores que contienen un pistilo y estambres bien desarrollados aparecen sólo en los bordes exteriores. En las demás flores tubuladas, los pistilos se encuentran reducidos en mayor o menor grado (Bohming, 1985). Las flores hermafroditas de Gerbera (flores tubuladas de los anillos exteriores) son prematuras, porque el polen madura antes del estigma, cuando la flor todavía se encuentra en forma de botón. Dificultando la autopolinización de las flores de la misma inflorescencia.

Después de la polinización, la corona, los estambres y el cuello del pistilo se caen, formándose un aquenio, su fruto. El cual está rodeado por una corona de pelos del vilano que sirven de ayuda para su transporte por el aire (Hetman y Szendel, 1992).

Las raíces de la gerbera necesitan una gran cantidad de aire para que la planta vegete bien. Estas raíces son fasciculadas.

Las plagas más comunes que atacan al cultivo de Gerbera son los pulgones, que colonizan los capullos florales impidiendo su apertura o depreciando la flor; caracoles; *thrips* (foto 6); araña roja y mosca blanca. Las enfermedades que pueden afectar a la gerbera son la Alternaria, Mancha bacteriana, *Botrytis* (Roya), *Mildium*, *Pythium* (podredumbre de la raíz), *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Thielaviopsis*. Y virus que pueden afectar a la gerbera como Virus del mosaico de la gerbera, del pepino y del tabaco.

PARTE II:

EXPERIMENTO

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

PARTE II: EXPERIMENTO

1.- INTRODUCCIÓN

La disminución de la disponibilidad de agua de calidad para el riego y la competencia de otros usuarios hacia este recurso escaso, están forzando a los agricultores a utilizar agua para riego de mala calidad, especialmente aguas residuales depuradas y aguas subterráneas salinas (Shani y Dudley, 2001; Dehghanisanij et al., 2004).

El riego salino produce una acumulación de sal en la zona de la raíz, que provoca una disminución del crecimiento en las plantas ornamentales y también de su calidad estética al afectar a la morfología y anatomía. Fisiológicamente, la salinidad afecta a las plantas produciendo estrés osmótico, desequilibrios iónicos y toxicidad de iones (Dubey, 1996). La inhibición del crecimiento suele estar acompañada por una disfunción de la actividad fotosintética, que conduce a una disminución de la tasa de fotosíntesis y cambios en la actividad enzimática (Azza et al., 2007). Pero el grado de afección dependerá, entre otros aspectos, de la sensibilidad de la especie a la salinidad e incluso puede variar de una variedad a otra (Matheny y Clark, 1998).

Bajo riego salino, nuevos enfoques son necesarios para abordar la productividad y la sostenibilidad de la producción de plantas ornamentales no tolerantes a la salinidad. Entre estas, la aplicación de estrategias de riego que disminuyan la salinidad en la zona radicular tiene interés (Shani y Dudley, 2001; Gideón et al, 2002; Katerji et al. 2004). La forma de aportar un mismo volumen de agua de riego, en frecuencia y tiempo de riego, influye sobre el drenaje y la concentración iónica de la solución del sustrato (Theiveyanathana et al., 2004). El manejo de la frecuencia del riego y del intervalo entre riegos produjo efectos diferentes sobre el crecimiento y desarrollo de plantas de rosal (Katsoulas et al. 2006) y de berenjena (Shalhevet, et al., 1983), respectivamente.

La salinidad produce una acumulación de sales en el medio aumentando la conductividad eléctrica (CE) de los poros del medio. La forma de drenar puede resultar vital para reducir esta CE del entorno de las raíces (van Iersel y Kang, 2002), pero eso implica que un porcentaje del agua suministrada a las plantas a través del riego se perderá. En los sistemas de cultivo sin suelo abiertos, como es el caso del cultivo en

maceta, la fracción de drenaje debe ser mínima, atendiendo a la necesidad de lixiviar las sales del entorno de las raíces y a la restricción medioambiental de reducir el consumo de agua y el aporte de residuos de fertilizantes. Por ello, la hipótesis de partida que nos planteamos en este estudio es si la forma de aplicar un determinado volumen de agua riego puede contribuir a mejorar el control de la acumulación de sal y, por tanto, a una mejora del crecimiento y desarrollo de las plantas bajo salinidad.

Otro enfoque para minimizar los efectos de la salinidad es la selección de cultivos y variedades que pueden tolerar un cierto grado de estrés salino (Yuan et al, 2001, 2003, Feitosa et al, 2005). Distintas investigaciones han demostrado la posibilidad de la utilización de aguas salinas para el riego en cultivos ornamentales (Marosz, 2004; Niu y Rodríguez, 2006; Wu et al., 2001), debido a la existencia de especies con distintas tolerancia a la sal. Así, en especies tolerantes la aplicación de agua salina puede producir plantas más compactas y con poco visual daños, lo que puede ser una herramienta útil para controlar el crecimiento (Niu y Rodríguez, 2006; Wu et al., 2001). Sin embargo, en especies sensibles los niveles de sal altos en el agua de riego pueden convertirse en un problema importante, porque afectará negativamente al crecimiento y producirá hojas con quemaduras necrosis y clorosis, e incluso defoliación. En este experimento se estudian dos híbridos que pertenecen a la familia de las compuestas, *Gerbera hybrida* (gerbera) y *Dahlia hybrida* (dalia). Gerbera se ha considerada como una planta medianamente tolerante a la salinidad (Sonneveld et al. 1999), mientras que dalia se ha calificado como una planta sensible a la salinidad (Azza et al., 2007).

A la vista de los antecedentes expuestos en los párrafos anteriores, el presente estudio fue realizado para determinar: (a) el grado de tolerancia a la salinidad de gerbera y dalia cultivadas en maceta; y (b) si aplicar riegos consecutivos sin drenar y realizar un drenaje fuerte tras un número determinado de riegos reduce o no los efectos negativos de la salinidad comparado con drenar ligeramente en todos los riegos.

MATERIALES
Y
METODOS

2.- MATERIAL Y MÉTODOS

2.1.- Material vegetal

Se estudiaron dos híbridos de planta ornamental para maceta obtenidas por semilla, *Gerbera hybrida* (Gerbera) y *Dahlia hybrida* (dalia), la primera de floración amarilla y la segunda de floración roja. Las plantas fueron adquiridas en un vivero comercial (Viveros La Pacheca, Murcia), y llegaron en bandejas (30 x 60 cm) y 40 alvéolos cilíndricos de 33 cm².

2.2.- Condiciones de cultivo

El 20 de enero de 2010 se trasplantaron las plántulas a macetas de PVC de color terracota de 2,5 L de volumen (16 cm diámetro superior) que contenían un sustrato compuesto de 70% turba rubia y 30% fibra de coco. El ensayo se llevó a cabo en un umbráculo con techo semicircular, cubierto lateralmente y frontalmente con malla anti-pulgón, y la cubierta con un film de polietileno térmico de 800 micras. La ubicación de experimento fue en la finca experimental Tomás Ferro de la Universidad Politécnica de Cartagena (37° 35' N, 0° 59' W) (foto 1).

El riego estuvo automatizado según la descripción de Nemali y van Iersel (2006), pero, en este caso se utilizó un CR1000 en lugar de un CR10X. El riego se basó en mediciones del contenido volumétrico de agua (θ) del sustrato mediante sensores de humedad del suelo ECH₂O EC-5 (Decagon Devices, Ltd., Pullman, WA).

Se llevó a analizar una muestra de agua utilizada en el ensayo, agua de buena calidad (tabla 1.1). El análisis se llevo a cabo por el laboratorio agrícola (KUDAM, S.L).La solución nutritiva consistió en mantener concentraciones constantes de nutrientes en el agua de riego, y ésta contuvo N- P₂O₅ -K₂O (100 - 30 - 120) ppm, y CaO-60 (ppm) con un pH entre 6-6,4 regulado con ácido nítrico al 54% Esta solución se realizó mediante la mezcla de nitrato cálcico Ca(NO₃)₂, nitrato amónico NH₄(NO₃), nitrato potásico KNO₃, fosfato monopotásico K(HPO₄) y microelementos.

Las condiciones de luminosidad, temperatura y déficit de presión de vapor que se dieron en el interior del invernadero fueron registradas por el sensor LOG32 y presentadas en la figura 1, 2 y 3.

2.3.- Calibración sondas humedad

Antes de realizar la calibración de las sondas ECH₂O EC-5 el sustrato (~25 litros) se extiende sobre bandejas al aire libre durante varios días hasta que queda seco. Un vaso de precipitados de 1240 ml se rellena con el suelo hasta su volumen total y se compacta poco a poco dando golpecitos contra el suelo. Nuevamente se enrasa y se pesa, colocando 3-4 sondas de forma vertical. Se toman los valores de las sondas. Se vacía el vaso y el sustrato se introduce en un sobre identificado y es colocado en una estufa de convección natural (modelo 2002471, JP Selecta, SA, Barcelona, España) a 60 °C hasta peso constante. Estos pasos se repiten once veces añadiendo entre 200 y 500 ml de agua cada vez, homogeneizando la mezcla agua-sustrato para obtener los diferentes puntos de la recta de calibrado. Se realiza una regresión lineal con las columnas de datos $Y = \text{agua/volumen (\%)} \text{ y } X = \text{valores medios de las sondas (} Y = aX + b \text{)}$.

2.4.- Tratamientos

En cada especie se estudiaron tres tratamientos: 1) riego con agua de 2 dS/m (~216 ml) y lavado alrededor del 15% en todos los riegos (control); 2) riego con agua de 8 dS/m (~216 ml) y lavado alrededor del 15% en todos los riegos (S1); 3) riego con agua de 8 dS/m (~180 ml) y un único lavado cada cinco riegos (220%) buscando igualar el gasto de agua de los otros tratamientos durante un ciclo de seis riegos (S5).

Los tratamientos se iniciaron la primera semana de febrero de 2011 y a finales de la segunda semana de Mayo de 2011 finalizó el experimento.

2.5.- Medidas de consumo de agua, drenaje y eficiencia en el uso del agua

El consumo de agua (agua aplicada sobre la maceta) fue obtenido del programa de riego, y estuvo verificado periódicamente colocando tres goteros de la mesa sobre tres vasos graduados.

A partir del primer riego y durante todo el experimento se recogieron diariamente los drenajes de 3 plantas para cada tratamiento (plantas de las cuales dos llevaban sensores de humedad). El drenaje se recogió colocando una bandeja debajo de la maceta. Se midió el volumen de agua drenada, la CE y el pH mediante un equipo

portátil ECTestr11 (Eutech Instruments Pte Ltd, Singapore, Singapore) y Oakton pHtestr 30 (Eutech Instruments Pte Ltd, Singapore, Singapore), respectivamente.

La eficiencia en el uso del agua (EUA) fue expresada como la relación entre el peso seco y el consumo de agua (gPS L^{-1}).

2.6.- El diseño del sistema de riego

El riego estuvo automatizado según la descripción de Nemali y van Iersel (2006), pero, en este caso se utilizó un CR1000 en lugar de un CR10X. El riego se basó en mediciones del contenido volumétrico de agua (θ) del sustrato mediante sensores de humedad del suelo ECH₂O EC-5 (Decagon Devices, Ltd., Pullman, WA). Los sensores EC-5 se conectaron a un datalogger CR1000 (Campbell Scientific, Ltd, Logan, UT) a través de un multiplexor (Campbell Scientific, Ltd, Logan, UT). El multiplexor aumentan el número de sensores que puede medir un CR1000, conectando cada sensor al datalogger de forma secuencial. Para permitir que el CR1000 controle el riego se necesita un SMD-CD16D (Campbell Scientific Inc., Logan, UT) y una serie de relés G3NA205B (Omron Electronics Inc., Schaumburg, IL) que son accionados por el SMD-CD16D. El SMD-CD16D es un multiplicador de puertos de control del CR1000, los relés pueden activar desactivar las electroválvulas y las bombas de cada tanque de riego El CR1000 se programó para recoger datos cada 10 minutos y para calcular el promedio y error estándar de las medidas del θ del sustrato por tratamiento. Para la programación del CR1000, la recolección de datos y su monitorización se utilizó el software Loggernet 3.4.1. (Campbell Scientific Inc., Logan, UT) (foto 2). El CR1000 y sus anexos, se introducen en una caja estanca, con un cargador y una batería de 12V para permitir el funcionamiento continuo del sistema en caso de corte eléctrico durante un día (ver foto 2).

El θ del sustrato se obtuvo de las lecturas de voltaje del sensor de la humedad del suelo usando nuestra propia calibración del sustrato ($\theta = \theta = 4.487 * \text{Voltage (mV)} - 0.4821$, $R^2=0.971$), determinada mediante el procedimiento de Nemali et al. (2007) (ver apartado 2.3). El CR 1000 decidió el número de riegos, y cada riego tuvo lugar cuando el θ medio de cada tratamiento bajaba de $0.4 \text{ m}^3\text{m}^{-3}$. Para permitir que el CR1000 controlara el riego se necesitaron cuatro válvulas solenoides conectadas a un multiplicador de puertos multicontrol SMD-CD16D (Campbell Scientific, Ltd, Logan,

UT), que accionaron los cuatro relés AZ8222–2C–5DME (Zettler Components Inc., Aliso Viejo, CA). Cada una de válvulas solenoide y puerto de control de relé se asoció a un tanque de riego de 200 l. El datalogger se instaló en el centro del invernadero y se colocaron 16 sensores de humedad ECH₂O EC-5 para las dos especies, habiendo 2 sondas por tratamiento. Cada una de válvulas solenoide y puerto de control de relé se asoció a un tanque de riego de 200 l. El datalogger se instaló en el centro del invernadero y se colocaron 16 sensores de humedad ECH₂O EC-5 para las dos especies, habiendo 2 sondas por tratamiento. Cada planta tenía dos emisores con un caudal de (2 L h⁻¹).

2.7.- Medidas del número y tamaño de las inflorescencias

Semanalmente, y desde el día 18 de abril de 2011 se contaron el número de inflorescencias por planta y se midió el diámetro de las inflorescencias en siete plantas por tratamiento hasta el final del experimento para cada especie.

2.8.- Medida de color de las inflorescencias y de SPAD en hojas

El color se determinó mediante un colorímetro Minolta CR10 (Konica Minolta Sensing, Inc) (foto 16) que calculó las coordenadas de color (CIELAB): luminosidad (L), ángulo hue (Hue) y croma (Cr). Las medidas del ángulo hue y croma son medidas de absorción selectiva de luz visible. El croma describe en qué grado esta absorción selectiva ocurre, lo que determina la mayor o menor viveza (saturación/palidez) del color, y el ángulo hue describe en que longitud de onda el color es absorbido (el tono), que puede ser amarillo, verde amarillento, azul verdoso, azul, etc. La luminosidad mide la capacidad de reflejar la luz de una superficie, es decir la mayor o menor claridad. Para ello, se realizaron 3 disparos en el centro del pétalo, midiendo 24 flores por tratamiento.

El SPAD representa el contenido relativo de clorofila, midiéndose en las hojas con un medidor de clorofila Minolta SPAD-502 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japón) y con 3 disparos por hoja. El SPAD se midió en hojas basales, intermedias y apicales y se realizó la media de todas las hojas. Se midió en cinco plantas por tratamiento.

2.9.- Medidas de crecimiento de la planta

Al final del experimento se midió: altura de la planta, anchura de la planta, peso seco de la parte aérea, peso seco radical, peso seco de la planta, relación peso seco aéreo peso seco radical, área foliar, número de hojas, porcentaje de hojas con necrosis, número de inflorescencias totales, porcentaje de inflorescencias abiertas. Todos estos parámetros se midieron en cinco plantas por tratamiento.

Para calcular el peso seco, el material vegetal se introdujo en sobres identificados y colocados en una estufa de convección natural (modelo 2002471, JP Selecta, SA, Barcelona, España) a 60 °C hasta peso constante. Por último, el peso seco se determinó pesando con una balanza de precisión serie ST GRAM (sensibilidad de 10 mg y g hasta 1200, Gram Precisión, SL, Barcelona, España). Para obtener las muestras radicales, las raíces se limpiaron con una manguera con boquilla plana que aplicaba agua a presión.

El área foliar se determinó con un medidor de área foliar (LI-3100C, Biociencias LI-COR, Lincoln, NE).

El índice necrosis foliar (INF) se determinó según la siguiente fórmula: $INF = (n^{\circ} \text{ de hojas no dañadas} / n^{\circ} \text{ total de hojas}) \times 1 + (n^{\circ} \text{ de hojas débilmente dañadas} / n^{\circ} \text{ total de hojas}) \times 4 + (n^{\circ} \text{ de hojas medianamente dañadas} / n^{\circ} \text{ total de hojas}) \times 7 + (n^{\circ} \text{ de hojas fuertemente dañadas} / n^{\circ} \text{ total de hojas}) \times 10$.

2.10.- Medidas de parámetros hídricos de la planta

Al final del experimento se realizaron mediciones de potencial hídrico foliar al mediodía (Ψ_h) en cuatro plantas por tratamiento. Para las medidas del potencial hídrico se utilizó una cámara de presión tipo Scholander-Hammel Soil Moisture, mod. 3000 (Soil Moisture Equipment Co, CA, USA) (Foto 15). Según la técnica descrita por Scholander *et al.* (1965), las hojas se envolvieron en una bolsa de plástico y se colocaron rápidamente en la cámara (Turner, 1988). La presión se incrementó a razón de 0,02 MPa s⁻¹ utilizando gas nitrógeno.

El potencial osmótico (Ψ_o) fue medido con un osmómetro de presión de vapor Wescor 5520, (Wescor Inc., Logan, UT, USA), el cual había sido previamente calibrado

con soluciones de osmolalidad conocida. Las hojas recién cortadas eran envueltas en papel de aluminio, introducidas en nitrógeno líquido (-196 °C) y almacenadas a -30 °C para romper las membranas celulares, con lo que el componente de turgencia se anula (Ψ_p) y el potencial hídrico resulta análogo al osmótico. Previamente a realizar las medidas, las muestras se descongelaron a temperatura ambiente, se colocaron en una jeringa, y en el jugo celular exprimido se midió el potencial osmótico de acuerdo con Gucci y col. (1991). El potencial de presión (Ψ_p) fue calculado como la diferencia entre el potencial hídrico y el potencial osmótico.

Para el cálculo del potencial osmótico saturado (Ψ_{os}) las hojas fueron introducidas por el pecíolo en vasos de agua destilada a 4°C, en la oscuridad, para alcanzar la completa turgencia. Una vez alcanzada la máxima turgencia, unas 24 horas, las hojas se secaron con papel de filtro para eliminar el agua superficial, y se envolvieron en papel de aluminio e introdujeron en nitrógeno líquido, determinándose, posteriormente, el potencial osmótico a máxima saturación mediante el mismo procedimiento utilizado para el potencial osmótico actual

2.11.- Medidas de intercambio de gases y flurometría

El día 10 de Mayo se llevaron a cabo estas medidas de intercambio de gases y flurometría. La conductancia estomática (g_s) y la tasa de fotosíntesis neta (P_n) se midieron al medio día con un CIRAS-2 (PP Systems, Amesbury, MA). El caudal de la cámara fue de 200 ml min⁻¹ con 350 ppm de CO₂, el 100% de humedad relativa y 1500 mmol m⁻² s⁻¹ del flujo de fotones fotosintéticos. La fluorescencia de clorofila se midió utilizando un pulso modulado fluorímetro FMS-2 (Gomensoro Instrumentación Científica, SA, Madrid, España) (foto 14). Las mediciones se realizaron en cuatro plantas por tratamiento. El método utilizado y los parámetros determinados fueron los mismos descritos por Sheng et al. (2008).

2.12.- Determinación de iones minerales

El contenido de sodio (Na⁺), cloro (Cl⁻) y potasio (K⁺) fue determinado en la raíz y en las hojas. En las dos especies las hojas escogidas fueron el segundo par de hojas contando desde la inflorescencia hacia la parte basal de la planta, se siguió este criterio en todos los tratamientos. Se diferenció entre zona dañada (parte amarillenta o

necrosada) y la zona no dañada (parte verde).

El muestreo se realizó el día 23 de Mayo de 2011, cogiendo muestras de cuatro macetas para cada tratamiento. Las muestras se metieron en sobres de papel y se determinó el peso seco. Una vez secas se molieron hasta conseguir un tamaño de partícula capaz de atravesar un tamiz de 0,5 mm de diámetro de malla. A continuación, se tomaron 0,2 g de peso seco y se le añadió 50 ml de agua destilada. Seguidamente se agitó la disolución durante 30 minutos a 117 rpm y 27°C en un agitador Orbital Shater, modelo 481. Finalmente, los extractos fueron filtrados con ayuda de embudos que tenían filtros DP 145 110. Se tomaron 10 ml de este filtrado y fueron enviados para analizar en el laboratorio de la Universidad Politécnica de Cartagena, SAIT, con un Cromatógrafo Iónico, (Meltron HM columna 838-861).

2.13.- Diseño y análisis estadístico

Cada tratamiento estuvo compuesto de 14 macetas para cada una de las dos especies. Los experimentos se analizaron mediante un análisis de varianza bifactorial usando el programa Statgraphics Plus 5.1, en donde los factores estudiados fueron la especie (gerbera y dalia) y el tipo de riego (control, S1 y S2). Las medias de los tratamientos fueron separadas con la Prueba de Rango Múltiple de LSD ($P < 0,05$).

RESULTADOS
Y
DISCUSIÓN

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.- Consumo de agua, humedad del sustrato, eficiencia en el uso del agua y características del drenaje

El sistema de riego mantuvo un contenido volumétrico de agua (θ_v) del sustrato medio durante el periodo experimental similar en todos los tratamientos de riego y en las dos especies (Tabla 3.1), lo que indica que todas las plantas estuvieron sometidas a las mismas condiciones de humedad del sustrato.

El consumo de agua (agua aplicada) fue menor en los dos tratamientos salinos para las dos especies, aunque la eficiencia en el uso del agua fue estadísticamente igual en ambas (Tabla 3.2), porque la dalia produjo más materia seca que la gerbera (Tabla 3.4). Bajo riego no salino la gerbera consumió menos agua que la dalia, pero bajo el tratamiento S1 este comportamiento fue contrario y bajo S5 las dos especies consumieron lo mismo. Se observó en dalia que la salinidad produjo proporcionalmente una mayor caída del consumo que en gerbera, y que la forma de drenaje produjo efecto similares. El riego salino también cambió la eficiencia en el uso del agua registrada en las plantas controles, aumentándola en dalia y reduciéndola en gerbera (tabla 3.2). En cada especie, los tratamientos salinos produjeron consumos y eficiencias en el uso del agua similar.

Una significativa interacción fue observada al estudiar el porcentaje de drenaje (Tabla 3.1). En dalia, la forma de drenar de los tratamientos salinos produjo que el porcentaje de drenaje no cambiara en S1, mientras que aumentó con S5 cuando comparamos con el control. Sin embargo, en gerbera los dos tratamientos salinos incrementaron el porcentaje de drenaje, especialmente S5 que produjo un drenaje mayor que S1 (Tabla 3.2). En general, la salinidad redujo el pH de los drenajes, de forma similar en S1 y S5. Como era de esperar, la CE media del drenaje aumento en los tratamientos salinos tanto en gerbera como en dalia, alrededor de 4 puntos más, lo que confirma la situación de estrés salino de estas plantas durante el periodo experimental. Bajo riego control, la dalia produjo mayor CE que la gerbera, pero bajo salinidad la CE se igualó (Tabla 3.2).

3.2.- Crecimiento, desarrollo y color de las flores

La salinidad redujo la altura y anchura de las plantas de gerbera y dalia, pero S1 y S5 produjeron plantas de similar dimensión (Tabla 3.5). La reducción del tamaño de planta por la sal se ha sugerido en distintos cultivos ornamentales (buscar citas). En gerbera S1 redujo la anchura y la altura en igual proporción (~22%), mientras que en dalia S1 redujo más la altura (~28%) que la anchura (~18%).

El peso seco de la planta fue reducido por la salinidad en gerbera y dalia (Tabla 3.5), pero la interacción significativa indica que esta reducción fue diferente en cada especie (Tabla 3.1). Así, la salinidad produjo aproximadamente un 44% de reducción del peso seco de la gerbera, independientemente de la forma de drenar (S1 o S5), mientras que en dalia S1 redujo más el peso seco que S5. Al estudiar la relación peso seco aéreo/peso seco radical (shoot/root) encontramos una significativa interacción (Tabla 3.1), caracterizada por la ausencia de efectos de los tratamientos de riego en dalia, mientras que en gerbera S1 redujo este ratio y S5 no lo altero respecto al control (Tabla 3.5). El aumento de peso seco de dalia por S5 respecto a S1 puede justificarse por el aumento del número de hojas y la superficie foliar, y puesto que el ratio shoot/root en ambos tratamientos fue el mismo, el crecimiento de las raíces también debió ser activado más por S5. En gerbera en número de hojas fue el mismo en todos los tratamientos, puede que consecuencia de tener pocas hojas, especialmente si la comparamos con dalia. Sin embargo, el área foliar sí fue reducida por S1 y S5, consecuencia de una reducción del limbo; esta reducción en hojas de tamaño medio-grande puede repercutir fuertemente en el área foliar. En gerbera, la reducción del ratio shoot/root por S1 parece debido a la reducción del área foliar, lo que implica que el crecimiento radical fue muy poco afectado; sin embargo, S5 produjo la misma reducción y mantuvo el ratio shoot/shoot del control, lo que sugiere que S5 redujo el crecimiento de las raíces de gerbera.

Un importante parámetro para conocer la calidad visual de las plantas es la presencia de necrosis en las hojas. La salinidad aumentó la presencia de hojas con necrosis en las dos especies. S1 produjo un incremento del 19% mientras que S5 del 31% en dalia; sin embargo, en gerbera ocurrió un efecto contrario ya que S1 incremento este porcentaje a 50 y S5 a 27.

En cuanto a la floración, la salinidad redujo la presencia de flores, especialmente en la especie con más flores (la dalia), pero no afectó al porcentaje de flores abiertas

(precocidad) en ninguna de las dos especies. La forma de drenar no alteró ninguno de estos dos parámetros. Las flores de dalia presentaron un color más claro tras el riego salino, mientras que la gerbera mantuvo la claridad del color. El croma tendió a bajar en S1 y se redujo estadísticamente en S5 en dalia, mientras que en gerbera S1 y S5 redujeron con igual magnitud este parámetros colorimétrico. El ángulo hue no fue afectado por el tratamiento de riego en ambas especies.

3.3.- Estado hídrico de las plantas

Las relaciones hídricas de las plantas reflejan un comportamiento del potencial hídrico foliar y potencial de presión bajo riego salino diferente en cada especie (interacción significativa, ver tabla 3.1). En dalia, el potencial hídrico foliar se mantuvo igual en los tres tratamientos de riego, mientras que en gerbera la salinidad redujo el potencial hídrico foliar, especialmente S5 que provocó un potencial hídrico foliar menor que S1. Sin embargo, el potencial de presión en dalia bajo S1 y S5 aumentó respecto al control, mientras que en gerbera no hubo diferencias entre los tres tratamientos de riego. Es decir, el turgor de las plantas salinizadas se mantuvo en gerbera y fue mayor en dalia, comparado con las plantas controles. Esto se debió al desarrollo de ajuste osmótico en las dos especies bajo salinidad, como indica la reducción de los potenciales osmótico y osmótico a saturación. Parece que este proceso de evitación fue fisiológicamente más eficaz en dalia que en gerbera, a pesar que cuantitativamente ocurrió lo contrario.

3.4.- Intercambio gaseoso, fluorescencia clorofílica y clorofila foliar

En condiciones no salina gerbera y dalia presentaron tasas de fotosíntesis similares, mientras que la conductancia estomática fue mayor en la primera especie (Tabla 3.7). Bajo los tratamientos salinos la dalia redujo su tasa de fotosíntesis, especialmente con S1. El tratamiento S1 produjo una caída de la conductancia estomática, lo que podría justificar la caída en la tasa de fotosíntesis; sin embargo, S5 mantuvo la misma conductancia estomática que el control, lo que sugiere que factores no estomáticos intervinieron en la reducción de la tasa de fotosíntesis por S5. El intercambio gaseoso en la gerbera no fue afectado por el riego salino, y el mantenimiento de la apertura estomática indica que las plantas estaban bien hidratadas como confirma el potencial de turgencia.

Para verificar si las plantas salinizadas estuvieron fotoquímicamente dañadas, el rendimiento cuántico máximo (F_v/F_m) y la relación entre el transporte de electrones y la tasa de fotosíntesis (ETR/P_n) fueron analizados. El ratio F_v/F_m en dalia fue reducido por los tratamientos salinos desde 0,85 a 0,76, Estos valores están por debajo de los 0,83 considerado como el valor óptimo para la mayoría de las especies de plantas (Johnson et al., 1993), lo que indica disminución de la eficiencia fotoquímica del fotosistema II (PSII) (Willits y Peet, 2001; Yamada et al, 1996). La relación ETR/P_n en las plantas de control fue de 5.39 un valor cercano al valor teórico (4,5) propuesto por Krall y Edwards (1992), que sugiere el uso adecuado de los electrones para la fijación fotosintética de CO_2 (Percival y Henderson, 2003); sin embargo, la salinidad produjo un incremento de ETR/P_n , lo que indica que la producción fotoquímica apenas se utilizó para la fotosíntesis, disipándose en fotorespiración y otros procesos fotoquímicos (Foyer et al., 1994).

Bajo salinidad las hojas de las plantas de dalia redujeron el SPAD, que sugiere una caída de clorofila; probablemente, esta disminución fue consecuencia de fenómenos oxidativos sobre las clorofilas, e indica una pérdida de la capacidad de absorción de luz por el PSII. Las plantas de dalia estresadas no cambiaron el decaimiento no fotosintético (NPQ) respecto al control, por tanto, no fueron capaces de activar un mecanismo de fotoprotección del aparato fotosintético en las hojas mediante la disipación de calor, posiblemente porque las hojas estaban demasiado dañadas. A nivel fotoquímico los dos tratamientos con riego salino produjeron efectos similares en dalia.

Los valores estables de F_v/F_m en gerbera indican que la salinidad no dañó al sistema fotoquímico de las plantas. Igualmente, los tratamientos salinos mantuvieron la misma ETR /tasa de fotosíntesis que el control, porque la reducción fotosintética fue consecuencia de una reducción de la tasa de transferencia de electrones (disminución de la energía fotoquímica producida por las plantas estresadas).

Los tratamientos salinos no modificaron el NPQ respecto al control, lo que significa que las plantas no tuvieron que disipar calor como mecanismo de fisiológico fotoprotectivo puesto que el aparato fotoquímico no estuvo dañado.

Es decir, la realización de un drenaje fuerte en lugar de drenajes pequeños pero diarios frenó la pérdida de biomasa seca en dalia.

CONCLUSIONES

4. CONCLUSIÓN

En gerbera no se observaron grandes diferencias entre drenar poco en cada riego y drenar mucho cada 5 riegos (tratamientos salino S1 y S5, respectivamente), aunque podemos decir que el tratamiento salino S1 resultó algo más dañino, especialmente sobre el crecimiento y desarrollo foliar. Por tanto, podríamos recomendar, bajo riego salino, drenar abundantemente y con menos frecuencia.

En la dalia salinizada, la forma de drenar del tratamiento S1 redujo los efectos negativos de la salinidad comparada con el tratamiento S5, tratamiento que resultó muy agresivo sobre esta planta ya que dañó a un mayor número de hojas, redujo el número de hojas y el número y calidad de las inflorescencias. Por tanto, en dalia, nuestros resultados sugieren, bajo riego salino, drenar frecuentemente con bajos caudales mejor que drenar abundantemente con menos frecuencia.

Comparando la sensibilidad o tolerancia de las dos especies a la salinidad, podemos concluir que la sensibilidad a la salinidad es mayor en dalia que en gerbera, porque así se comportó tanto bajo condiciones de drenaje espaciado como continuo. De hecho, al concluir el ensayo observamos un gran número de plantas de dalia moribundas (50%) en el tratamiento salino S5, mientras que la gerbera presentaba mejor porte y vistosidad.

Aunque bajo el tratamiento salino S1 las hojas de la gerbera estuvieron más dañadas que las de la dalia en el tratamiento salino S1 en Dalia, el resto de la planta y especialmente las inflorescencias estuvieron poco afectadas en gerbera mientras que en dalia sí lo estuvieron.

REFERENCIAS

5. REFERENCIAS

- Argo, W.R., Biernbaum, J.A. 1997. The effect of root media on root-zone pH, calcium, and magnesium management in containers with impatiens. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122: 275-284.
- Ashraf, M., Shahbaz, M. 2003. Assessment of genotypic variation in salt tolerance of early CIMMYT hexaploid wheat germplasm using photosynthetic capacity and water relations as selection criteria. *Photosynthetica* 41: 273-280.
- Azza, M., Fatma, E., Quesni, E.T., Farahat, M. 2007. Response of ornamental plants and woody trees to salinity. *World Journal of Agricultural Sciences* 3 (3): 386-39.
- Bailey, D.A., Bilderback, T. 1997. Alkalinity control for irrigation water used in nurseries and greenhouses. Info. Lflt. 558. Extension Horticulture Specialists Department of Horticultural Science North Carolina State University.
- Cassaniti, C., Leonardi, C., Flowers, T.J. 2009. The effects of sodium chloride on ornamental shrubs. *Scientia Horticulturae* 122 (4): 586-593.
- Dehghanisani, H., Yamamoto, T., Inoue, M. 2004. Practical aspects of TDR for simultaneous measurements of water and solute in a dune sand field. *Journal of the Japanese Society of Soil Physics* 98: 21-30.
- Delfine, S., Alvino, A., Villana, M.C., Loreto, F. 1999. Restriction to carbon dioxide and photosynthesis in spinach leaves recovering from salt stress. *Plant Physiology* 199: 1101-1106.
- Merhaut, D. J., Blythe, E. K., Newman, J. P., Albano, J. P. 2006. Nutrient Release from Controlled-release Fertilizers in Acid Substrate in a Greenhouse Environment: I. Leachate Electrical Conductivity, pH, and Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Concentrations. *HortScience* 41: 780-787.

- Dubey, R.S. 1997. Photosynthesis in plants under stressful conditions, p. 859-875. In: Pessarakli, M. (ed.). Handbook of photosynthesis. New York: Marcel Dekker.
- Feitosa, L.C., Cambraia, J., Oliva, M.A., Ruiz, H.A. 2005. Changes in growth and in solute concentration in sorghum leaves and roots during salt stress recovery. *Environmental and Experimental Botany* 54: 69-76.
- Gideon, O., DeMalach, Y., Gillerman, L., David, I., Lurie, S. 2002. Effect of water salinity and irrigation technology on yield and quality of pears. *Biosystems Engineering* 81: 237-247.
- Hamada, A.M., El-enany, A.E. 1994. Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element contents, and gas exchange of broad bean and pea plants. *Biologia Plantarum* 36: 75-81.
- Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K., Bohnert, H.J. 2000. Plant cellular and molecular response to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: 463-499.
- Shalhevet, J., Heuer, B., Meiri, A.S. 1983. Irrigation interval as a factor in the salt tolerance of eggplant. *Irrigation science* 4 (2): 83-93.
- Jong-Goo, K., Marc W. van Iersel. 2009. Managing Fertilization of Bedding Plants: A Comparison of Constant Fertilizer Concentrations versus Constant Leachate Electrical Conductivity. *HortScience* 44: 151-156 (February).
- Katerji, N., Van Hoorn, J.W., Hamdy, A., Mastrorilli, M. 2004. Comparison of corn yield response to plant water stress caused by salinity and by drought. *Agricultural Water Management* 65: 95-101.
- Katsoulas, N., Kittas, C., Dimokas, G., Lykas, Ch. 2006. Effect of irrigation frequency on rose flower production and quality. *Biosystems Engineering* 93: 237-244.

- Krall, J.P., Edwards, G.E. 1992. Relationship between photosynthetic II activity and CO₂ fixation in leaves. *Physiological plant ecology* 86: 180-187.
- Krause, G.H., Weis, E. 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 42: 313-349.
- Lang, H.J. 1996. Growing media testing and interpretation, p. 123-139. In: Reed, D.W. (ed.). *Water, media, and nutrition for greenhouse crops*. Ball Publishing, Batavia, IL, USA.
- Lapina, L.P., Popov, B.A. 1970. Effect of sodium chloride on photosynthetic apparatus of tomatoes. *Fiziologiya Rastenii* 17: 580-584.
- Marosz, A. 2004. Effect of soil salinity on nutrient uptake, growth, and decorative value of four ground cover shrubs. *Journal plant nutrition* 27:977-989.
- Matheny, N., Clark, J.R. 1998. *Trees and Development. A Technical Guide to Preservation of Trees During Land Development*. International Society of Arboriculture, Champaign, IL, 183.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* 25: 239-250.
- Navarro, J.M., Garrido, C., Carvajal, M., Martinez, V. 2002. Yield and fruit of pepper plants under sulphate and chloride salinity. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 77: 52-57.
- Niu, G., Rodriguez, D. 2006. Relative salt tolerance selected herbaceous perennials and groundcovers. *Scientia Horticulturae* 110: 352-358.
- Percival, G.C., Henderson, A. 2003. An assessment of the freezing tolerance of urban trees using chlorophyll fluorescence. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 78:254-260.

- Rao, G.G., Rao, G.R. 1981. Pigment composition & chlorophyllase activity in pigeon pea (*Cajanus indicus* Spreng) & Gingelly (*Sesamum indicum* L.) under NaCl salinity. *Indian Journal of Experimental Biology* 19: 768-770.
- Seemann, J.R., Critchley, C. 1985. Effects of salt stress on the growth, ion content, stomatal behaviour and photosynthetic capacity of a salt-sensitive species, *Phaseolus vulgaris* L. *Planta*. 164: 151-162.
- Shalhevet, J. 1994. Using water of marginal quality for crop production: major issues. *Agricultural Water Management* 25: 233-269.
- Shani, U., Dudley, L.M. 2001. Field studies of crop response to water and salt stress. *Soil Science Society of America Journal* 65: 1522-1528.
- Singh, A.K., Dubey, R.S. 1995. Changes in chlorophyll a and b contents and activities of photosystems 1 and 2 in rice seedlings induced by NaCl. *Photosynthetica* 31: 489-499.
- Sonneveld, C., Baas, R., Nijssen, H.M.C., De Hoog, J. 1999. Salt Tolerance of Flower Crops Grown in Soilless Culture. *Journal of Plant Nutrition* 22 (6): 1033-1048.
- Theiveyanathana, S. et al. 2004. An irrigation-scheduling model for application saline water to tree plantations. *Forest Ecology and Management* 194: 97-112.
- Van Iersel, M.W., Kang, J.G. 2002. Nutrient solution concentration affects whole-plant CO₂ exchange and growth of subirrigated pansy. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127: 423-429.
- Weis, E., Berry, J.A. 1987. Quantum efficiency of photosystem II in relation to energy-dependent quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta* 894: 198-208.

- Willits, D.H., Peet, M.M. 2001. Measurement of chlorophyll fluorescence as a heat stress indicator in tomato: Laboratory and greenhouse comparisons. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 126: 188-194.
- Wu, L., Guo, X., Harivandi, A. 2001. Salt tolerance and salt accumulation of landscape plants irrigated by sprinkler and drip irrigation systems. *Journal of Plant Nutrition* 24: 1473-1490.
- Yamada, M., Morishita, H., Urano, K., Shiozaki, N., Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K., Yoshida, Y., 2005. Effects of free proline accumulation in *Petunias* under drought stress. *Journal of Experimental Botany* 56: 1975-1981.
- Yuan, B.Z., Kang, Y., Nishiyama, S., 2001. Drip irrigation scheduling for tomatoes in unheated greenhouse. *Irrigation Science Journal* 20: 149-154.
- Yuan, B.Z., Nishiyama, S., Kang, Y. 2003. Effects of different irrigation regimes on the growth and yield of drip-irrigated potato. *Agricultural Water Management* 63: 153-167.
- Zapryanova, N., Atanassova, B. 2009. Effects of salt stress on growth and flowering of ornamental annual species. *Biotechnology and Biotechnological Equipment* 23: 2.

ANEXOS

TABLAS

Tabla 1.1. Solución nutritiva utilizada para el riego.

	<u>Agua buena</u>
	meq/l
Sodio	4,22
Potasio	1,75
Calcio	5,09
Magnesio	5,68
Cloruros	4,38
Sulfatos	5,95
Bicarbonatos	1
Nitratos	4,14
Nitrógeno amoniacal	1,50
Fosfatos	2,29
Boro (mg/l)	1,39
Manganeso ($\mu\text{g/l}$)	<20
Hierro ($\mu\text{g/l}$)	<40
Cinc ($\mu\text{g/l}$)	<40
Cobre ($\mu\text{g/l}$)	<40
pH	6-6.3
CE (dS/m)	1,85

Tabla 2.1. Aplicación aproximada del agua en los distintos tratamientos de riego

		Tratamientos de riego		
		Control (mL)	S1 (mL)	S5 (mL)
n° de riegos	1	216	216	180
	2	216	216	180
	3	216	216	180
	4	216	216	180
	5	216	216	180
	6	216	216	396
Total		1296	1296	1296

La idea es conocer si es mejor regar y lavar moderadamente en cada riego, o regar con un drenaje despreciable y cada cinco riegos lavar intensamente, siempre dentro de un ciclo de seis riegos con igual volumen de agua aplicado.

Tabla 3.1. Resultados y significación estadística del ANOVA bifactorial para el contenido volumétrico de agua del sustrato, consumo de agua, drenaje y eficiencia en el uso del agua

Parámetros	Especie (E)		Riego (R)			Estadística		
	Dalia	Gerbera	C	S1	S5	E	R	ExR
θ_v (cm ³ /cm ³)	0.42 a	0.43 a	0.43 a	0.43 a	0.43 a	ns	ns	ns
Consumo (L)	5.42 a	5.28 a	6.63 b	4.42 a	4.99 a	ns	**	**
WUE (gPS L ⁻¹)	4.50 a	2.76 b	3.85 a	3.57 a	3.48 a	**	ns	***
% drenaje	16.63 b	11.13 a	10.05 a	11.30 a	18.80 b	***	**	**
pH drenaje	6.40 a	5.97 a	6.55 b	6.00 a	6.00 a	ns	*	ns
CE drenaje (dS m ⁻¹)	5.37 a	5.40 a	2.80 a	6.50 b	6.85 b	ns	**	*

Los asteriscos indican diferencias significativas entre las medias o interacción a *P<0.05, **<0.01, ***<0.001; ns = no significativo.

Tabla 3.2. Efectos de la especie y del riego sobre el contenido volumétrico de agua del sustrato, consumo de agua, drenaje y eficiencia en el uso del agua

Parámetros	Especie	Riego		
		control	S1	S5
θ_v (cm ³ /cm ³)	Dalia	0.42 a	0.43 a	0.42 a
	Gerbera	0.43 a	0.42 a	0.43 a
Consumo (L)	Dalia	7.41 b	3.92 a	4.92 a
	Gerbera	*5.85 b	*4.92 a	5.06 a
WUE (gPS L ⁻¹)	Dalia	4.11 a	4.73 b	4.67 b
	Gerbera	3.59 b	*2.40 a	*2.30 a
% drenaje	Dalia	14.4 a	11.5 a	21.0 b
	Gerbera	*5.7 a	11.1 b	*16.6 c
pH drenaje	Dalia	6.9 b	6.3 a	6.0 a
	Gerbera	6.2 b	5.7 a	6.0 ab
CE drenaje (dS m ⁻¹)	Dalia	3.1 a	6.3 b	6.7 b
	Gerbera	*2.5 a	6.7 b	7.0 b

Los asteriscos indican diferencias significativas entre especies y las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos de riego, según la prueba LSD ($P < 0.05$).

Tabla 3.3. Resultados y significación estadística del ANOVA bifactorial para los parámetros de crecimiento, desarrollo y color de las flores

Parámetros	Especie (E)		Riego (R)			Estadística		
	Dalia	Gerbera	C	S1	S5	E	R	ExR
Altura (cm)	17.96 a	27.58 b	27.50 b	20.75 a	20.06 a	***	**	ns
Anchura (cm)	22.50 a	28.84 b	29.60 b	23.58 a	23.83 a	***	**	ns
Peso seco planta (g)	23.99 b	14.82 a	25.73 b	15.19 a	17.30 a	**	***	*
Área foliar (dm ²)	12.30 b	8.66 a	14.66 b	8.01 a	8.77 a	***	**	*
Nº de hojas	131.17 a	38.75 b	91.50 b	73.50 a	89.88 ab	***	ns	*
Parte aérea/raíz	16.06 b	4.19 a	10.02 a	10.84 a	9.51 a	***	ns	**
% hojas con necrosis	19.84 a	29.16 a	10.29 a	34.35 b	28.87 b	ns	***	**
Nº de flores	21.67 b	6.42 a	19.75 b	10.25 a	12.13 a	***	*	***
% flores abiertas	84.72 b	55.71 a	71.34 a	71.80 a	67.51 a	**	ns	ns
Luminosidad	33.68 a	36.90 b	32.92 a	35.96 b	36.98 b	***	**	***
Croma	61.97 a	61.48 a	65.41 b	61.22 ab	58.54 a	ns	*	ns
Ángulo hue	30.78 b	8.07 a	17.71 a	21.96 b	18.60 a	***	*	**

Los asteriscos indican diferencias significativas entre las medias o interacción a * $P < 0.05$, ** < 0.01 , *** < 0.001 ; ns = no significativo.

Tabla 3.4. Efectos de la especie y del riego sobre los parámetros de crecimiento y color de las flores

Parámetros	Especie	Riego		
		control	S1	S5
Altura (cm)	Dalia	22.63 b	16.25 a	15.00 a
	Gerbera	*32.38 b	*25.25 a	*25.13 a
Anchura (cm)	Dalia	26.25 b	21.48 a	19.78 a
	Gerbera	*32.95 b	*25.69 a	*27.88 a
Peso seco planta (g)	Dalia	30.45 c	18.55 a	22.98 b
	Gerbera	*21.00 b	*11.83 a	*11.63 a
Área foliar (dm ²)	Dalia	16.57 c	9.29 a	11.04 b
	Gerbera	*12.75 b	6.74 a	*6.51 a
Nº de hojas	Dalia	143.50 b	109.25 a	140.75 b
	Gerbera	*39.50 a	*37.75 a	*39.00 a
Parte aérea/raíz	Dalia	15.90 a	16.49 a	15.78 a
	Gerbera	*4.15 ab	*2.53 a	*5.89 b
% hojas con necrosis	Dalia	10.17 a	18.83 b	30.52 c
	Gerbera	10.40 a	*49.86 c	27.22 b
Nº de flores	Dalia	31.50 b	15.00 a	18.50 a
	Gerbera	*8.00 b	*5.50 a	*5.75 a
% flores abiertas	Dalia	81.61 a	89.31 a	83.24 a
	Gerbera	*61.07 a	*54.29 a	*51.79 a
Luminosidad (L)	Dalia	28.98 a	34.44 b	37.61 b
	Gerbera	*36.86 a	*37.47 a	36.36 a
Croma	Dalia	67.10 b	61.76 ab	57.05 a
	Gerbera	63.73 b	60.68 a	60.03 a
Ángulo hue	Dalia	27.93 a	36.20 a	28.21 a
	Gerbera	*7.49 a	*7.71 a	9.00 a

Los asteriscos indican diferencias significativas entre especies y las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos de riego, según la prueba LSD ($P < 0.05$).

Tabla 3.5. Resultados y significación estadística del ANOVA bifactorial para los potenciales hídricos de la planta

Parámetros	Especie (E)		Riego (R)			Estadística		
	Dalia	Gerbera	C	S1	S5	E	R	ExR
Ψ_h (MPa)	-0.23 b	-0.96 a	-0.42 b	-0.65 a	-0.72 a	***	***	***
Ψ_p (MPa)	1.30 b	0.74 a	0.91 a	1.10 b	1.04 ab	***	ns	*
Ψ_o (MPa)	-1.53 b	-1.69 a	-1.32 b	-1.75 a	-1.76 a	ns	***	ns
Ψ_{os} (MPa)	-1.38 b	-1.64 a	-1.33 b	-1.60 a	-1.61 a	***	***	ns

Los asteriscos indican diferencias significativas entre las medias o interacción a * $P < 0.05$, ** < 0.01 , *** < 0.001 ; ns = no significativo.

Tabla 3.6. Efectos de la especie y del riego sobre los potenciales hídricos de la planta

Parámetros	Especie	Riego		
		control	S1	S5
Ψ_h (MPa)	Dalia	-0.22 a	-0.28 a	-0.19 a
	Gerbera	*-0.61 c	*-1.01 b	*-1.25 a
Ψ_p (MPa)	Dalia	1.10 a	1.32 b	1.46 b
	Gerbera	*0.71 a	*0.88 a	*0.61 a
Ψ_o (MPa)	Dalia	-1.32 b	-1.61 a	-1.66 a
	Gerbera	-1.33 b	-1.89 a	*-1.86 a
Ψ_{os} (MPa)	Dalia	-1.22 b	-1.45 a	-1.48 a
	Gerbera	*-1.43 b	*-1.75 a	-1.73 a

Los asteriscos indican diferencias significativas entre especies y las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos de riego, según la prueba LSD ($P < 0.05$).

Tabla 3.7. Resultados y significación estadística del ANOVA bifactorial para los parámetros de intercambio gaseoso, fluorescencia y clorofila foliar

Parámetros	Especie (E)		Riego (R)			Estadística		
	Dalia	Gerbera	C	S1	S5	E	R	ExR
P _n (μmol CO ₂ m ² s ⁻¹)	8.14 a	14.24 b	13.80 b	8.26 a	11.51 b	***	**	*
g _s (mmol H ₂ O m ² s ⁻¹)	151.2 a	195.17 a	194.7 ab	120.5 a	204.3 b	ns	*	*
Fv/Fm	0.785 a	0.848 b	0.842 a	0.808 a	0.801 a	*	ns	*
ETR/Pn	10.94 b	5.23 a	5.33 a	11.27 a	7.66 a	*	ns	**
NPQ	2.06 a	2.24 a	2.32 a	2.11 a	2.02 a	ns	ns	ns
SPAD	39.36 a	47.64 b	47.53 b	36.73 a	46.25 b	**	**	***

Los asteriscos indican diferencias significativas entre las medias o interacción a *P<0.05, **<0.01, ***<0.001; ns = no significativo.

Tabla 3.8. Efectos de la especie y del riego sobre los parámetros de intercambio gaseoso, fluorescencia y clorofila foliar

Parámetros	Especie	Riego		
		control	S1	S5
P _n (μmol CO ₂ m ² s ⁻¹)	Dalia	13.60 c	3.90 a	6.93 b
	Gerbera	14.00 a	*12.63 a	*16.10 a
g _s (mmol H ₂ O m ² s ⁻¹)	Dalia	148.50 b	92.50 a	212.75 b
	Gerbera	*241.00 a	*148.50 a	196.00 a
Fv/Fm	Dalia	0.85 b	0.77 a	0.75 a
	Gerbera	0.84 a	*0.85 a	0.86 a
ETR/Pn	Dalia	5.39 a	16.76 b	10.67 b
	Gerbera	5.27 a	5.77 a	4.64 a
NPQ	Dalia	2.15 a	2.07 a	1.98 a
	Gerbera	2.49 a	2.16 a	2.06 a
SPAD	Dalia	47.96 b	33.80 a	36.33 a
	Gerbera	47.10 b	39.66 a	*56.16 c

Los asteriscos indican diferencias significativas entre especies y las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos de riego, según la prueba LSD (P<0.05).

FIGURAS

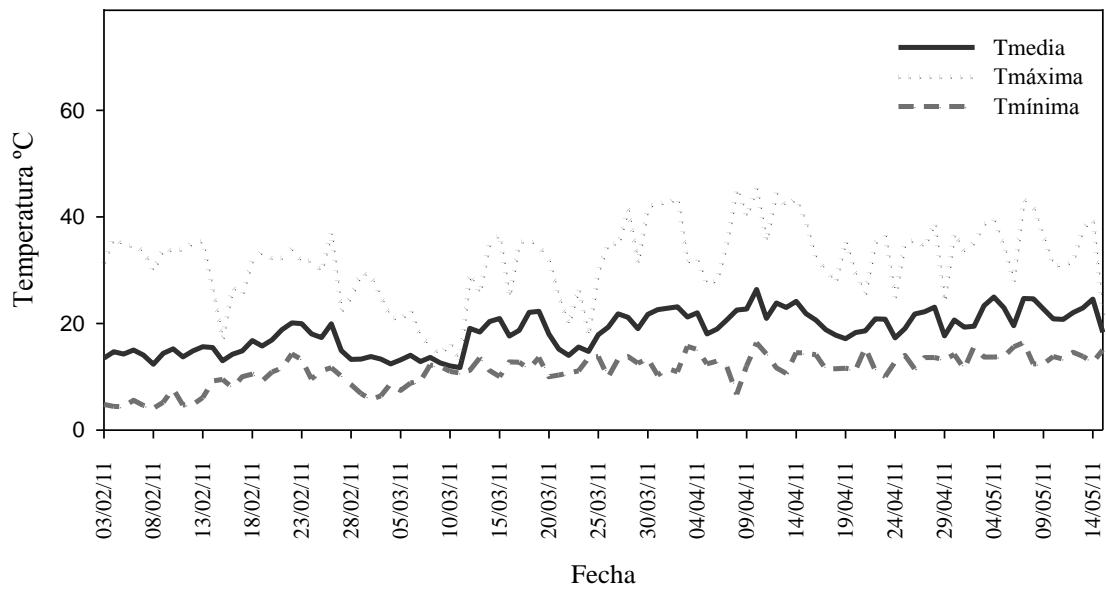


Figura 1. Temperatura media, mínima y máxima en el interior del invernadero durante el cultivo.

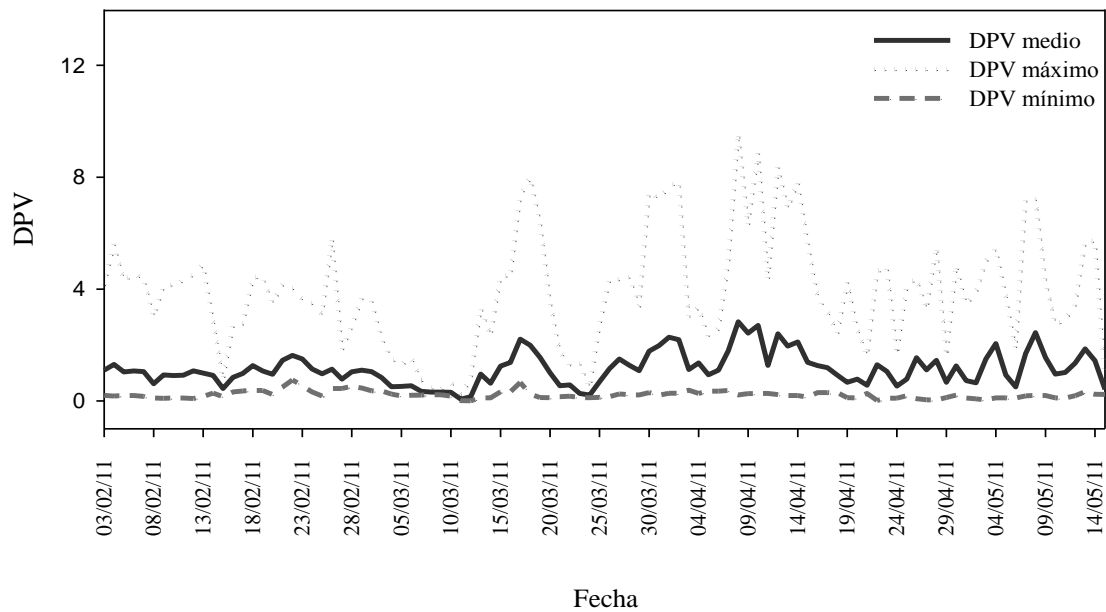


Figura 2. Evolución del déficit de presión de vapor (DPV) medio, mínimo y máximo a lo largo del cultivo.

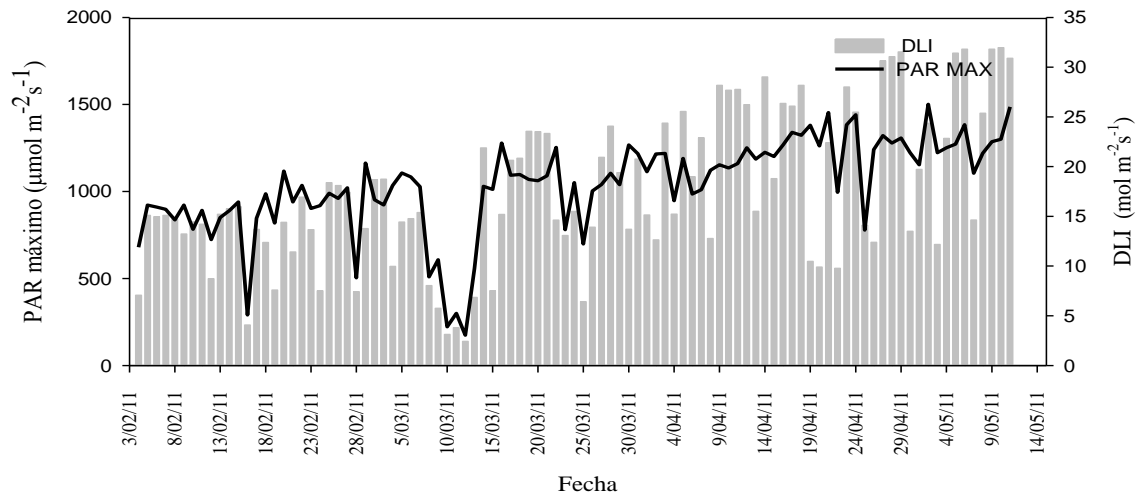


Figura 3. Evolución del PAR max. y de la integral diaria de la luz (DLI) en el interior del invernadero.

FOTOS



Foto 1. Detalle del invernadero. Se aprecian las banquetas de trabajo y los tanques de 200 L. tapados para evitar algas y que suba el pH.



Foto 2. Lugar donde está situado el datalogger CR1000 (Campbell Scientific Inc., Logan, UT), donde van conectados los sensores de humedad del suelo EC-5 (Decagon Devices, Ltd., Pullman, WA).



Foto 3. Daños en gerbera por helada, al principio del cultivo.



Foto 4. Daños significativos en las Dalias por heladas. Evolucionó con la muerte de las hojas apicales y originando yemas en la inserción de las hojas. Evitando la muerte de la planta.



Foto 5. Dalias fueron atacadas por pulgón negro, los trips también causaron daños.



Foto 6. Se aprecia una decoloración y una ondulación en pétalos producido por ataque de pulgón y trips. La decoloración es producida por la senescencia de la flor.



Foto 7. Estado final de la planta de Gerbera en cada tratamiento realizado. El tercer tratamiento empezando por la izquierda se ha desechado.



Foto 8. Daños en Dalia por exceso de sal.



Foto 9. Daños en Gerbera por exceso de salinidad.



Foto 10. Estado final de la Dalia en el tratamiento control. Se cogieron 4 plantas por tratamiento para realizar el análisis destructivo.



Foto 11. Estado final de la Dalia en el tratamiento salino con lavado moderado.



Foto 12. Estado final de la Dalia en el tratamiento salino con lavado despreciable en cinco riegos de un ciclo de seis en el que se da un lavado intenso.



Foto 13. Detalle de la colocación de las pinzas para realizar la flurometría.

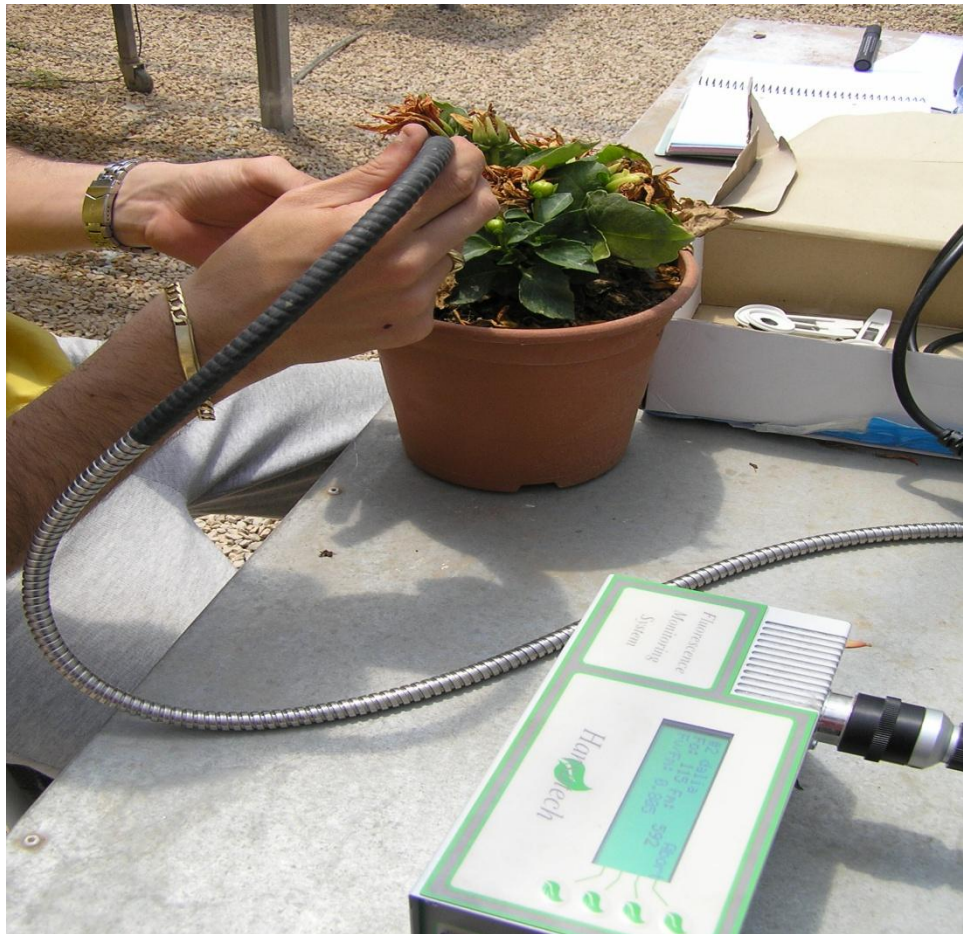


Foto 14. Detalle del aparato y pinzas que se utilizaron en la flurometría.



Foto 15. Cámara de Scholander para la medida del potencial hídrico.



Foto 16. Colorímetro MINOLTA CR 10.



Foto 17. Detalle del sensor de radiación situado encima de la banqueta. Y debajo de la banqueta se aprecian las bandejas donde se recoge el drenaje.