

TRABAJO FIN DE GRADO

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR Y FACULTAD DE  
CIENCIAS EXPERIMENTALES

GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA

TRABAJO MONOGRÁFICO

Efecto de la salinidad en la solución nutritiva sobre el desarrollo  
vegetativo y contenido de aceites esenciales en planta de curry  
(*Helichrysum thianschanicum*).

Curso 2013/ 2014

Alumno: Alba Luz Gómez Villegas

Director: Miguel Urrestarazu Gavilán

## ÍNDICE

1 .INTERÉS Y OBJETIVOS .....	1
1.1. INTERÉS .....	1
1.2. OBJETIVOS .....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. LAS PLANTAS AROMÁTICAS Y MEDICINALES .....	2
2.1.1. Condiciones de partida .....	2
2.1.2. Precedentes históricos .....	4
2.1.3. El sector de las plantas aromáticas y medicinales en España .....	5
2.2. ACEITES ESENCIALES .....	8
2.2.1. Concepto e importancia de los aceites esenciales .....	8
2.2.3. Usos de aceites esenciales en agricultura .....	10
2.2.4. Uso de aceites esenciales del género <i>Helichrysum</i> .....	10
2.3. LA SALINIDAD .....	11
2.3.1. Concepto de salinidad y salinización de aguas y suelos .....	11
2.3.2. Efectos de salinidad en el cultivo .....	13
2.3.3. Tolerancia de los cultivos a la salinidad.....	13
2.3.4. Índices fisiológicos de tolerancia a salinidad.....	15
2.3.5. Niveles de salinidad aceptables y requeridos .....	16
2.3.6. Contenido de sales en la solución nutritiva.....	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA INVERNADERO .....	19
3.1.1. Localización y orientación .....	19
3.1.2. Tipo y dimensión.....	19
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD DE CULTIVO .....	20
3.2.1. Unidad de cultivo .....	20
3.2.2. Características del sustrato empleado: fibra de coco .....	21
3.3. RIEGO .....	22
3.3.1. Frecuencia de riego .....	22
3.3.2. Drenaje .....	22
3.3.3. Sistema de fertirriego .....	23
3.3.4. Agua de riego .....	23
3.4. SOLUCIÓN NUTRITIVA .....	24

3.5. CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO HELICHRYSUM THIASCHANICUM .....	25
3.5.1. Descripción botánica .....	25
3.5.2. Taxonomía.....	26
3.5.3. Exigencias en clima y suelo .....	26
3.6. SEGUIMIENTO DEL EXPERIMENTO .....	26
3.6.1. Trasplante .....	26
3.6.2. Diseño experimental.....	27
3.6.3. Seguimiento del cultivo.....	27
3.7. MÉTODO DE ANÁLISIS .....	28
3.7.1. Valores de crecimiento vegetativo .....	28
3.7.2. Extracción de aceites esenciales.....	29
3.8. ANÁLISIS DE DATOS.....	31
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	32
4.1. EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS..	32
4.1.1. Parámetros de fertirriego .....	32
4.1.2. Parámetros de biomasa.....	32
4.1.3. Parámetros de la extracción de aceites .....	34
5. CONCLUSIONES.....	36
6. BIBLIOGRAFÍA .....	37
7. APÉNDICES .....	44

# 1 .INTERÉS Y OBJETIVOS

## 1.1. INTERÉS

Las condiciones de salinidad que se dan con frecuencia en el agua de riego a menudo es un problema difícil de paliar, provocando emisiones al medio ambiente y un descenso en la productividad y calidad de la cosecha, llegando incluso a ser incompatible con la producción de ciertos cultivos. Por estas razones se nos plantea la necesidad de usar cultivos alternativos a los ya conocidos y que estén adaptados a estas condiciones.

Es por ello el interés en cultivos ornamentales que nos proporcionan ventajas sobre otros cultivos sensibles a plagas y enfermedades, para los que se usan productos químicos que generan un coste al productor y un coste medioambiental, debido a los residuos que generan estos productos químicos en el suelo, en la planta, etc.

## 1.2. OBJETIVOS

Adecuar el manejo del fertirriego y la salinidad (expresada esta como composición iónica de la solución nutritiva) a las condiciones de producción:

-Evaluar el efecto de diferentes conductividades eléctricas de la solución nutritiva sobre el desarrollo de planta de *Helichrysum thianshanicum*.

-Evaluar el efecto de la conductividad eléctrica en la solución nutritiva sobre el contenido de aceites esenciales en *Helichrysum thianshanicum*.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. LAS PLANTAS AROMÁTICAS Y MEDICINALES

#### 2.1.1. Condiciones de partida

Desde hace tiempo, las plantas aromáticas y medicinales se han visto como una alternativa agrícola a los cultivos tradicionales. Es un tipo de producción que engloba tanto el cultivo como la transformación y que tiene salidas comerciales diversas, muchas de éstas con una demanda creciente. Sin embargo, es un sector complejo y hay que tener en cuenta muchos aspectos. (Moré et al., 2010)

Podemos elegir las especies, el sector del mercado y el tipo de producción:

#### -Tipo de especies:

**-Medicinales:** Se consideran plantas medicinales aquellas que contienen unas sustancias, llamadas principios activos, que tienen actividad terapéutica. Algunas de estas son manzanilla (*Matricaria chamomilla*), siempreviva (*Helichrysum stoechas*, *H. italicum*) y tomillo (*Thymus vulgaris*) (Moré et al., 2010).

**-Aromáticas:** Se consideran plantas aromáticas aquellas que, aparte de tener aptitudes medicinales, sus principios activos desprenden olor, correspondiendo a unas sustancias químicas conocidas como aceites esenciales, cuyos componentes mayoritarios son los terpenos. Pueden ser condimentarias o perfumeras. Como condimentarias son especialmente importantes las umbelíferas (eneldo (*Anethum graveolens*), cilantro (*Coriandrum sativum*), hinojo (*Foeniculum vulgare*) y las labiadas (*Origanum vulgare*, *Salvia officinalis*, *Rosmarinus officinalis*). Como perfumeras hay muchas importantes algunas son ajedrea (*Satureja montana*), espliego (*Lavandula latifolia*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), madreselva (*Lonicera implexa*), y valeriana (*Valeriana officinalis*) (Moré et al., 2010).

#### -Sector del mercado:

**-Sector medicinal:** En este sector se utilizan plantas medicinales, ya sea como droga seca o bien como derivados de las partes vegetales (extractos, aceites esenciales, etc.). Todos los productos medicinales a base de plantas están sujetos a la legislación de medicamento, siendo muy estrictos en lo referente a su elaboración y venta (Moré et al., 2010).

Hay diferentes sectores y productos tratados:

-Farmacia (principios activos aislados).

-Fitoterapia.

-Herboristería (planta seca).

-Fitomedicina (planta seca, extractos, aceites esenciales).

-Aromaterapia (aceites esenciales).

-Homeopatía (tinturas madre).

-Flores de Bach (elixires florales).

-Dermofarmacia o cosmética de alta gama (extractos, aceites esenciales).

**-Sector alimentario:** En este sector se utilizan plantas aromáticas condimentarias (frescas, congeladas o secas) o bien plantas medicinales (secas) para elaborar infusiones de uso en alimentación, con destinación al consumidor final. La industria alimenticia también utiliza derivados como extractos, aceites esenciales, oleorresinas, etc. Todos los productos alimentarios condimentarios están sujetos al código alimentario que regula su elaboración y venta, existiendo legislaciones específicas para los condimentos, para las infusiones de uso en alimentación y para ciertos productos elaborados (vinagres, salsas, etc.) (Moré et al., 2010).

Existen diferentes sectores y productos tratados:

-Productos destinados al consumidor final.

-Condimentos (planta seca).

-Infusiones (planta seca).

-Productos destinados a la industria.

-Aditivos alimentarios (saborizantes, aromatizantes, colorantes).

-Complementos alimenticios (planta seca, extractos, aceites esenciales).

-Alimentos funcionales (planta seca, extractos).

**-Sector perfumero:** En este sector se utilizan extractos y aceites esenciales para elaborar productos con la finalidad de transmitir fragancias, aunque hay que remarcar que existe una gran competencia de las esencias elaboradas sintéticamente (Moré et al., 2010).

Hay diferentes sectores:

-Perfumería de tocador (perfumes).

-Higiene personal o cosmética de baja gama (jabones, cremas hidratantes, desodorantes, repelentes de insectos, etc.).

-Perfumería industrial (detergentes y ambientadores).

**-Decoración:** Tanto el aspecto visual como el fragante son características tenidas en cuenta para elaborar productos de decoración, utilizando ya sea hierba fresca y seca, como aceites esenciales o esencias. Se pueden elaborar diferentes productos: ramos, guirnaldas, centros florales, popurrís, saquitos de olor, escobas, cojines, velas, cuadros, productos de madera, de cerámica, etc. (Moré et al., 2010).

**-Turismo:** Los aspectos visuales y fragantes de las plantas aromáticas y/o perfumeras también pueden servir como reclamos paisajísticos vinculados a la oferta turística, formando parte de jardines o parcelas de cultivo establecidos específicamente con este objetivo (Moré et al., 2010).

**-Otros sectores:** Existen otros sectores donde algunas plantas aromáticas y medicinales pueden tener un papel importante, y que cada vez tienen más demanda: antioxidantes, tintes, insecticidas, fungicidas, bactericidas, aditivos en alimentación animal, etc. (Moré et al., 2010).

-Tipo de producción:

Según la procedencia puede ser de recolección silvestre o procedente de cultivos. Si procede de un cultivo, puede seguir las técnicas agrícolas convencionales o ecológicas (la recolección silvestre es ecológica si está certificado por el organismo competente), y puede ser monocultivo o cultivo mixto. Según el tipo de producto puede ser planta viva, hierba seca, aceite esencial u otros productos (Moré et al., 2010).

### 2.1.2. Precedentes históricos

El aprovechamiento por el hombre de las plantas aromáticas y medicinales, así como la extracción y utilización de sus esencias, hay que buscarla en la más remota antigüedad,

según constan diversos testimonios históricos pertenecientes a distintas civilizaciones y culturas (Palacio, 2000).

Las primeras fuentes históricas de las esencias proceden de Egipto, donde 40 siglos antes de Jesucristo ya preparaban esencia de cedro. Los egipcios instruyeron en estas prácticas a los griegos, que a su vez las transmitieron a los romanos. En la Edad Media los árabes perfeccionaron la destilación de las plantas aromáticas favoreciendo así el desarrollo de la naciente y rudimentaria farmacia. En el siglo XIII los alquimistas vendían aceites esenciales, siendo uno de los más cotizados el de romero. En el siglo XV eran conocidas las esencias de almendras amargas, espliego, canela, ginebra, rosa, salvia y lavanda, entre otras. Un siglo después más de sesenta esencias nuevas se añadían a estas, y en el siglo XVII prácticamente estaban aisladas todas las esencias. En el siglo XIX se practicaron los primeros análisis químicos de esencias y otros principios activos de los vegetales. Con la aplicación del microscopio y la química analítica nace la farmacoquímica. En 1.811 se aísla la morfina del opio, se desarrolla un movimiento investigador, a escala mundial, para conocer la composición química de los vegetales, y se inicia la base de la industria farmacéutica, perfumera y condimentaria actual (Palacio, 2000).

### **2.1.3. El sector de las plantas aromáticas y medicinales en España**

#### **2.1.3.1. Situación actual**

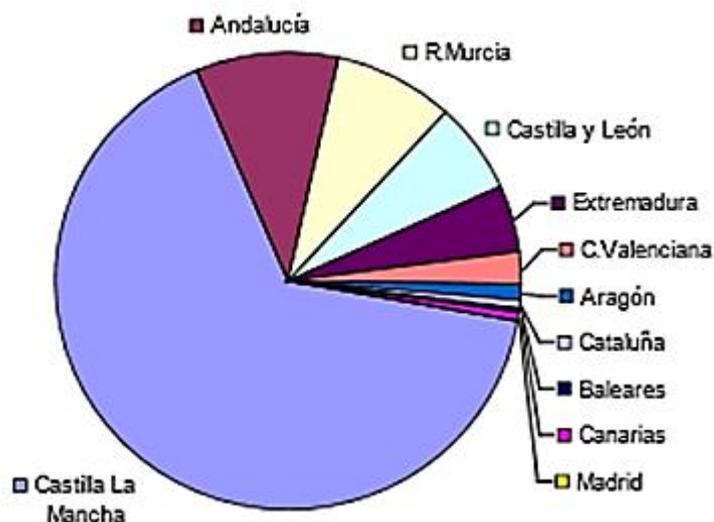
El valor del sector es tal que ya a mediados de la década de los 80 el valor de las medicinas procedentes de plantas, solamente en los países de la OCDE ascendía a unos 43.000 millones de dólares anuales, de los que 1.500 millones correspondían a España, dando trabajo en nuestro país a 32.000 personas (Palacio, 2000).

Tradicionalmente el sector de las plantas aromáticas y medicinales ha estado formado por recolectores locales quienes han mantenido la imagen de una producción española de plantas medicinales y aromáticas con calidad. Los negocios han tenido siempre un nivel más artesanal que industrial, una dimensión reducida y unos clientes también locales. Es por ello que el sector ha ido manteniéndose a duras penas. A pesar de todo, el medio físico del país, variado y muy apto para la vegetación medicinal y aromática, sigue manteniendo una oferta significativa (Palacio, 2000).

**Tabla 2.1.** Superficie y rendimiento en distintas plantas aromáticas (MAGRAMA, 2011).

Cultivos	Superficie (hectáreas)			Rendimiento (kg/ha)		Producción (t)
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío	
<b>CONDIMENTOS</b>						
Pimiento para pimentón.	-	1 858	1 858	-	3 045	5 658
Anís	7 678	420	8 098	628	1 067	5 266
Azafrán.	46	104	150	7	16	1 954
Menta.	-	17	17	-	1 374	23
Cominos	896	73	969	1 179	2 271	1 222
Regaliz	10	68	78	6 000	3 090	270
<b>PLANTAS INDUSTRIALES VARIAS</b>						
Lúpulo	-	533	533	-	1 792	956
Achicoria	-	12	12	-	25 000	300
Lavanda y lavandín	2 242	151	2 393	3 550	12 195	9 799
Otros cultivos industriales	5 385	6 621	12 006	960	2 792	23 651

**Figura 2.1.** Resultados de la encuesta para superficies en regiones productoras de PAM (MAGRAMA, 2008).



### **2.1.3.2. Las plantas aromáticas y medicinales como alternativa de futuro.**

Las plantas medicinales y aromáticas son de gran importancia medioambiental debido a:

-Forman y recuperan e suelos y son una defensa contra su erosión: Por su fugacidad y resistencia a un medio adverso, como frío, sequía pobreza del suelo, estas plantas tienen un carácter colonizador. Sus variados sistemas radiculares, profundos o someros, y rizomas, sujetan el suelo y frenan o impiden la erosión (Palacio, 2000).

-Son de interés para la apicultura y la agricultura: Todas estas plantas son muy apetecidas y buscadas por las abejas, por lo que la instalación de colmenas en la proximidad de sus cultivos, es de gran interés para el desarrollo de la apicultura, ya que proporcionan miel y polen de excelente calidad. A su vez, las plantas aromáticas cultivadas, que han sido visitadas por las abejas, incrementan en un 16 por 100 su rendimiento en aceite esencial (Palacio, 2000).

- Su acción fitosanitaria: protección vegetal: Los principios activos de muchas de estas especies tienen propiedades bacteriostáticas, bactericidas, germicidas, fungicidas, nematocidas, insecticidas e incluso herbicidas. Estos productos no son tóxicos ni residuales, por lo que su utilización para combatir las plagas y enfermedades de los cultivos, en sustitución de pesticidas sintéticos, lograría una protección vegetal natural en la agricultura biológica (Palacio, 2000).

También tienen gran importancia económica y social debido a:

-La revalorización de los terrenos y la compatibilidad con otros cultivos: Debido a la capacidad de estas plantas de recuperar tierras yermas o marginadas (Palacio, 2000).

-Su aptitud para agricultura de montaña y las explotaciones familiares: Se adaptan a las condiciones edafo-climáticas y al ser parcialmente mecanizables requieren menor mano de obra (Palacio, 2000).

-Son cultivos alternativo a los excedentarios en la Unión Europea: Todos los países de la Unión Europea son deficitarios en la producción de estas especies y tienen que realizar progresivas importaciones de material vegetal de países poco desarrollados, que tiene mano de obra abundante y barata (Palacio, 2000).

## **2.2. ACEITES ESENCIALES**

### **2.2.1. Concepto e importancia de los aceites esenciales**

Los aceites esenciales son compuestos naturales volátiles característicos por ser olorosos y formar parte como metabolitos secundarios de plantas aromáticas. Normalmente se obtienen por vapor o por hidrodestilación, que se desarrolló por primera vez en la Edad Media por los árabes. Los aceites esenciales son conocidos por sus propiedades antisépticas, por sus fragancias, por su uso en la conservación de alimentos así como por ser antimicrobianos, analgésicos, sedantes, antiinflamatorios, antiespasmódicos y por su uso como remedios anestésicos (Bakkali et al., 2007).

En la actualidad, aproximadamente 3000 aceites esenciales se conocen, 300 de los cuales son comercialmente importantes, especialmente para la industria farmacéutica, agronómica, alimentaria, sanitaria, cosméticos e industria del perfume. Componentes como d-limoneno, acetato de geranilo o d-carvona se emplean en los perfumes, cremas, jabones, como aditivos de sabor de los alimentos, como fragancias, para los productos de limpieza del hogar y como disolventes industriales. Algunos aceites esenciales parecen tener particulares propiedades medicinales que han sido reclamados para curar una u otra disfunción de órganos o trastorno sistémico (Silva et al., 2003; Hajhashemi et al., 2003; Perry et al., 2003).

Debido a la nueva atracción para los productos naturales como aceites esenciales, a pesar de su amplio uso y estar familiarizado con nosotros como fragancias, es importante desarrollar una mejor comprensión de su modo de acción biológica para nuevas aplicaciones en salud humana, agricultura y medio ambiente. Algunos constituyen alternativas eficaces o complementos a los compuestos sintéticos de la industria química, sin mostrar los mismos efectos secundarios (Carson y Riley, 2003).

### **2.2.2. Extracción de aceites esenciales**

Los aceites esenciales se extraen de diversas plantas aromáticas, generalmente localizadas en países como los mediterráneos y tropicales donde representan una parte importante de la farmacología tradicional. Los aceites esenciales pueden ser sintetizados por todos los órganos de la planta, es decir, brotes, flores, hojas, tallos, ramas, semillas, frutas, raíces, madera o corteza, y se almacenan en las células secretoras, en las cavidades, en los canales, en las células epidérmicas o en los tricomas glandulares (Bakkali et al., 2008).

Hay varios métodos para la extracción de aceites esenciales. Estos pueden incluir el uso de dióxido de carbono líquido o microondas y destilación, principalmente usando baja o alta presión de agua hirviendo o vapor caliente.

El uso de los aceites esenciales es cada vez mayor ya que son una alternativa a los productos sintéticos y de esta manera se protege el equilibrio ecológico. Los aceites esenciales son cada vez más empleados como alternativas a la sintética productos químicos para proteger el equilibrio ecológico. Para la agricultura, se prefiere la extracción por destilación por arrastre de vapor y la hidrodestilación. Para la destilación con vapor se usa vapor saturado o sobrecalentado, fuera del equipo principal, es llamado “destilación por arrastre de vapor” (Günther, 1948). La destilación por arrastre de vapor se usa para extraer aceites esenciales con un punto de ebullición más bajo que el de los otros componentes de la mezcla; es una extracción líquido-líquido.

En la hidrodestilación el material a extraer es sólido y está sumergido en agua. El agua se calienta mediante fuego directo o a través de un método de calefacción, el vapor de agua pasa a la zona de extracción donde está el material sólido mediante un distribuidor interno.

Conforme el vapor entra en contacto con la materia prima, ésta se calienta y va liberando el aceite esencial contenido y éste, a su vez, debido a su alta volatilidad se va evaporando. Al ser soluble en el vapor circundante, es “arrastrado”, corriente arriba hacia el tope del hidrodestilador. La mezcla, vapor saturado y aceite esencial, fluye hacia un condensador, mediante un “cuello de cisne” o prolongación curvada del conducto de salida del hidrodestilador. En el condensador, la mezcla es condensada y enfriada, hasta la temperatura ambiental. A la salida del condensador, se obtiene una emulsión líquida inestable. La cual, es separada en un decantador dinámico.

Este equipo está lleno de agua fría al inicio de la operación y el aceite esencial se va acumulando, debido a su casi inmiscibilidad en el agua y a la diferencia de densidad y viscosidad con el agua. Posee un ramal lateral, por el cual, el agua es desplazada para favorecer la acumulación del aceite para suministrar el vapor saturado, el agua floral puede ser reciclada continuamente.

El producto de extracción puede variar en la calidad, cantidad y composición de acuerdo con el clima, la composición del suelo, el órgano de la planta, la edad y la etapa del ciclo vegetativo (Masotti et al., 2003; Angioni et al., 2006.). Con el fin de obtener una composición uniforme en aceites esenciales, que tienen que ser extraída en las mismas condiciones del mismo órgano de la planta que ha estado creciendo en el mismo suelo, bajo el mismo clima y ha sido recogido en la misma temporada, la mayor parte de los aceites esenciales comercializados son quimiotipados por cromatografía de gases y por espectrometría de masas (Bakkali et al., 2008; Said Al-Ahl y Omer, 2011).

Es complicado elegir adecuadamente un cultivo para su industrialización. Por lo que se suelen hacer pruebas, a escala banco o piloto, para saber cuál es el rendimiento de la planta. Las condiciones de la prueba deben ser las más parecidas a las industriales, para que sean fiables y eficaces.

### **2.2.3. Usos de aceites esenciales en agricultura**

En la naturaleza, los aceites esenciales desempeñan un papel importante en la protección de las plantas actuando como antibacterianos, antivirales, antifúngicos, insecticidas y también contra los herbívoros por reducción de su apetito por este tipo de plantas. También pueden atraer a algunos insectos para favorecer la dispersión de polen y semillas, o repeler otros indeseables (Bakkali et al., 2007).

Hoy en día los pesticidas naturales tienen cada vez más importancia. El uso indiscriminado de pesticidas sintéticos ha llevado consigo muchos problemas para el medio ambiente así como para las personas, ya que no son biodegradables y su uso a largo plazo lleva a enfermedades letales para muchos organismos.

Son muchos los organismos patógenos que pueden ser controlados con aceites esenciales de plantas ornamentales. Aceites esenciales como los de *Salvia fructosa* tienen propiedades citotóxicas para organismos como *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Fusarium proliferatum* y *Rhizoctonia solani* (Pitarokili et al., 2003), los aceites esenciales de *Calamintha officinalis* son citotóxicos para *Botritis cinérea* (Bouchra et al., 2003). Los aceites esenciales de *Chenopodium ambrosioides* tienen propiedades citotóxicas para otros organismos patógenos de plantas como son *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Botryodiplodia theobromae*, *Fusarium oxysporum*, *Sclerotium rolfsii* y otros (Kumar et al., 2007).

### **2.2.4. Uso de aceites esenciales del género Helichrysum**

El género *Helichrysum* (Miller) pertenece a la familia *Asteraceae* y es un género muy grande que incluye alrededor de 600 especies generalizada en todo el mundo. El género está representado en el área mediterránea por casi 25 especies nativas. La fuerte tendencia de las especies de *Helichrysum* para mostrar un alto nivel de polimorfismo anatómica y morfológica (Jahn y Schönfelder, 1995), crea una diversidad de diferentes variedades y / o ecotipos. (Pignatti, 1984), un alto producto químico y de la diversidad genética también se ha informado (Harborne y Turner, 1984; Angioni et al., 2003; Tundis et al., 2005). Se ha demostrado que distintas especies del género *Helichrysum* tienen propiedades útiles para distintos ámbitos.

Extractos del capítulo floral de *Helichrysum compactum* muestran actividad antioxidante por inhibición de la peroxidación lipídica, también muestra actividad microbiana (Süzgeç et al., 2005). *H. aureonitens* tiene actividad antiviral contra el virus herpes simplex tipo 1 (HSV-1) in vitro. (Meyer JJ et al., 1996). El potencial hipoglucémico y antioxidante de *Helichrysum plicatum ssp. plicatum* fue comprobado in vivo (Aslan et al., 2007). *H. longifolium* es una potencial fuente de antioxidantes naturales (Aiyegoro et al., 2010). La actividad antiinflamatoria de *Helichrysum italicum* puede explicarse por múltiples efectos, incluyendo la inhibición de enzimas marcadoras de inflamación, actividad captadora de radicales libres y efectos similares a los de los corticoides (Sala A. et al., 2002). Los componentes bioactivos de. *H. arenarium (L.) Moench* pueden actuar como antioxidantes primarios y secundarios, eliminar los radicales libres e inhibir la peroxidación lipídica. Por lo tanto, puede tener un efecto beneficioso en la prevención de las enfermedades del hígado y de la vesícula biliar. (Czinner et al., 2000). *H. italicum* tiene un efecto inhibitor sobre las cepas de *S. aureus*, reduce tanto su crecimiento como algunas de las enzimas: tales como coagulasa, DNAsa, termonucleasa y lipasa (Nostro et al., 2001).

De las partes aéreas de *Helichrysum decumbens*, *H. stoechas* y *H. italicum* se han identificado derivados de floroglucinol y acetofenona con actividad microbiana (anti-gram positivo) y la acefetona también con actividad anti-gram negativo. Además tipos de compuestos mostraron actividad antifúngica contra diferentes hongo (*Penicillium sp.*, *Cladosporium herbarum* y *Phytophthora capsicii*) (Tomás- Barberán et al., 1990).

Se ha demostrado que *Helichrysum italicum G. Don ssp. microphyllum* tipo B tiene buena acción contra *Pythium ultimum* y *Sclerotium rolfsii* y una acción moderada contra *Phytophthora capsici* y *Septoria tritici*. (Angioni et al., 2003).

## **2.3. LA SALINIDAD**

### **2.3.1. Concepto de salinidad y salinización de aguas y suelos**

En agricultura, cuando hablamos de salinidad nos referimos al contenido de sales minerales disueltas en el agua, en la solución que aportamos a la planta o a la salinidad de la solución del suelo. El agua se clasifica en función de su salinidad, mediante la medida de su conductividad eléctrica (CE), y su relación con las sales totales de ésta. A su vez, la conductividad está relacionada con la presión osmótica (PO) y la capacidad de absorción de agua por la raíz de la planta (Richards, 1954 y Handbook, 1960):

PO = 0,36 CE

PO = Presión Osmótica en atm, CE = Conductividad eléctrica en dS m-1

En los cultivos agrícolas y ornamentales la salinidad del agua de riego representa un factor limitante para los cultivos. El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente estima que aproximadamente el 20% de las tierras agrícolas y el 50% de las tierras de cultivo en el mundo es la sal-estresado (Flowers y Yeo, 1995). La demanda de agua para el riego va en aumento y a escala mundial, y el agua de mala calidad es uno de los recursos que aún no han sido plenamente explotados (Sinaí y Dalins, 2009). En todo caso, las respuestas de las plantas a la salinidad depende de la edad de éstas, de las condiciones ambientales, de las prácticas de manejo del cultivo y de las características de la especie (Urrestarazu, 2004).

**Tabla 2.2** Clasificación de los cultivos según la tolerancia al riego con aguas salinas (Maas y Hoffman, 1977).

Nota: CE a 25°C	Cultivos sensibles	Tolerantes	Muy tolerantes
Conductividad eléctrica en dS m <sup>-1</sup>	0,7 – 2,0	1,3 – 4,0	2,7 – 5,3
Cultivos	Zanahoria, Cebolla, Rábano, Batata, Pimiento, Maíz dulce, Patata, Col, Melón, Pepino, Fresa, Frambuesa, Zorzamora, Ciruelo, Almendro, Viña, Albaricoque, Melocotonero, Peral, Manzano, Limonero, Naranja, Pomelo, Judía, Arroz, Haba, Lino, Lechuga	Alfalfa, Espinacas, Tomate, Brócoli, Granada, Olivo, Higuera, Soja, Trigo	Remolacha, Algodón, Cebada grano, Remolacha azucarera, Sorgo

El suelo también puede tener un alto contenido en sales, produciéndose una salinización. El mal uso del riego, el empleo de aguas de baja calidad y el aporte de fertilizantes son causas de la salinización de suelos agrícolas.

Se habla de salinización cuando las sales solubles exceden del 0,1 % del peso seco total, y pueden disminuir el crecimiento de las plantas silvestres o cultivadas. Las sales propias de estos suelos son aquellas cuya solubilidad a 0° C es de 2,4 gramos por litro de agua. Las sales solubles presentes en el suelo están compuestas principalmente por cationes de sodio (Na<sup>+</sup>), calcio (Ca<sup>2+</sup>) y magnesio (Mg<sup>2+</sup>) y los aniones cloruro (Cl<sup>-</sup>),

sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), bicarbonato ( $\text{CO}_3\text{H}^-$ ) y carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). Las sales solubles son más perjudiciales, debido a que forman disoluciones salinas muy concentradas, mientras que las poco solubles precipitan antes de alcanzar un límite peligroso (Yagüe, 1999). El laboratorio de salinidad de los E.E.U.U. (1954) determinó que los suelos salinos poseían una conductividad eléctrica (C.E.) en extracto saturado mayor de  $4 \text{ dS m}^{-1}$ .

### **2.3.2. Efectos de salinidad en el cultivo**

Los efectos de la salinidad en las plantas se ponen de manifiesto por una reducción del crecimiento de las plantas y del rendimiento. La muerte de la planta se puede producir si las condiciones salinas en la solución persisten (Storey y Walker, 1999; Parida y Das, 2005).

La salinidad provoca efectos negativos sobre el cultivo:

-Estrés hídrico: debido a que disminuye el potencial hídrico en el suelo en el suelo debido a la disminución del potencial osmótico al haber más concentración de sales en la rizosfera.

-Toxicidad iónica específica: debido a la acumulación de determinados iones en los tejidos (toxicidad iónica específica).

-Desequilibrios nutricionales: el crecimiento de los cultivos se ve afectado por desórdenes en la absorción o distribución de los iones esenciales para el desarrollo de la planta.

El estrés osmótico está asociado con la falta de extensión de la pared celular y de la falta de expansión de las células, que conduce al cese del crecimiento. El efecto iónico interfiere con el desequilibrio de nutrientes, la absorción de nitrógeno, y el transporte de iones esenciales dentro de la planta, así como reduce la tasa de fotosíntesis neta en las plantas afectadas (Greenway y Munns, 1980).

### **2.3.3. Tolerancia de los cultivos a la salinidad**

Las plantas de acuerdo a su capacidad de crecer en un medio salino, se clasifican en:

-Halófitas: son aquellas tolerantes a altas concentraciones de salinidad.

-Glicófitas: incluyen a la mayoría de plantas cultivadas, toleran bajas concentraciones de salinidad.

Los efectos osmótico, tóxico y nutricional provocan respuestas de ajustes en las plantas. Existen claras dificultades para distinguir entre el efecto osmótico y el efecto toxicidad específica de un ión (Sonneveld y Voogt, 2009). Lo habitual es encontrarse un efecto combinado de ambos. En la mayoría de los cultivos predomina el efecto osmótico de la salinidad (Bernstein, 1974). El efecto más conocido es el marchitamiento del cultivo cuando se incrementa rápidamente la salinidad, debido a la pérdida del gradiente del potencial osmótico del agua absorbida por las plantas aunque no es éste el efecto más común, ya que en la práctica las plantas tienen gran capacidad de adaptación a ello (Bernstein, 1963; Nukaya, 1983). Estas adaptaciones son muy diversas, aunque Berstein (1974) sugirió que probablemente este ajuste sea el responsable de la reducción del crecimiento.

La salinidad también puede generar un estrés oxidativo, derivado de la aparición de especies reactivas de oxígeno (ROS) en las plantas estresadas. Ello da lugar a peroxidación de los lípidos de las membranas, oxidación de proteínas y disrupción del fotosistema (Zhu, 2001; Mittler, 2002).

Las plantas halófitas toleran niveles relativamente altos de salinidad y crecen de manera natural en suelos con una conductividad de 4 dS m<sup>-1</sup>.

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).

-Estrategias osmóticas: Debido al estrés hídrico las plantas generan una respuesta para disminuir las pérdidas de agua.

La planta producir una reducción de la pérdida de agua vía transpiración aumentando la resistencia estomática y mediante cambios en la anatomía y fisiología de la hoja. Algunos de estos cambios son los pelos o tricomas de las hojas (Johnson, 1975; Ehleringer, 1984) que reducen el intercambio de vapor, o el aumento de grosor de la cutícula (capa cerosa de todos los órganos aéreos de la planta) que es hidrófoba por lo que evita el movimiento del agua y por tanto la transpiración.

El ajustes osmótico se produce ya que el potencial hídrico del suelo ha disminuido, la planta disminuye el suyo. Para ello la planta disminuye su potencial osmótico acumulando solutos inorgánicos fundamentalmente K<sup>+</sup> (Epstein y Bloom, 2005) y solutos orgánicos, llamados “compatibles” cuyo principal papel es la estabilización de proteínas, membranas y estructuras subcelulares (Rhodes y Hanson, 1993). Es una respuesta adaptativa a la salinidad tanto de plantas halófitas como de plantas glicófitas. La acumulación de iones en la célula puede dañar ciertos orgánulos como son las mitocondrias y los cloroplastos.

La elasticidad de las paredes celulares también es una estrategia osmótica, ya que para un mismo potencial hídrico si hay mayor elasticidad de la pared celular se producirá

menos pérdida de turgencia para una misma pérdida de volumen de agua. El valor de turgencia será mayor, afectando al valor del potencial osmótico que será menor. Aunque 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).

-Estrategias iónicas.: En las plantas halófitas, la resistencia a la salinidad es principalmente a través de la inclusión de iones en la célula (principalmente  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ ), y así mantienen sus células turgentes. Las plantas glicófitas excluyen estos iones cuando están bajo estrés salino (Läuchli y Epstein, 1984).

Cualquier cambio en la membrana de las células de la raíz puede afectar a la fluidez, permeabilidad y actividad de las proteínas de membrana encargadas de incluir iones salinos, (Cullis y DeKruiff, 1979; Leshem, 1992). En plantas halófitas las glándulas salinas se encargan de la excreción de sal, en otras hay vesículas en la epidermis de la hoja donde se acumulan.

La toxicidad por sodio provoca inhibición del crecimiento, afectando a la absorción de otros elementos nutritivos como  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{NO}_3^-$  (Greenway y Muuns, 1980; Botella et al., 1997), o toxicidad directa en el citoplasma celular. Se ha revelado que en raíces como en hojas, la mayoría del  $\text{Na}^+$  se encuentra en las vacuolas. El  $\text{Na}^+$  actúa como competidor con el  $\text{K}^+$ . Pero el  $\text{K}^+$  está presente a altas concentraciones en el citosol y en la vacuola como un ión libre. Las concentraciones de  $\text{K}^+$  en el citosol se mantienen constantes, pero en la vacuola puede variar.

El  $\text{Na}^+$  también afecta la toma y el transporte de  $\text{Ca}^{2+}$ . El calcio posee una importante función en la estabilización de las membranas, por tanto la integridad y la permeabilidad de las mismas puede verse afectada debido al desplazamiento del  $\text{Ca}^{2+}$  por  $\text{Na}^+$  de las posiciones de intercambio en las membranas y paredes celulares (Cramer et al., 1985). Este hecho explicaría que el aporte de  $\text{Ca}^{2+}$  en el medio externo reduzca los efectos negativos del estrés salino.

La caída de las hojas maduras que contienen gran carga iónica es otra estrategia de exclusión iónica, donde además se disminuye la transpiración. Otro mecanismo es la dilución de los iones absorbidos. También existen mecanismos que afectan a la estructura (aumento del grosor de la hoja, el incremento del tamaño celular, reducciones de los espacios intercelulares, desarrollo de tejidos de reserva de agua y establecimiento de una menor superficie relativa).

### **2.3.4. Índices fisiológicos de tolerancia a salinidad**

La germinación de semillas en medio salino es un índice de tolerancia a la salinidad. Hay índices que implican también el crecimiento vegetativo. Otro índice es el efecto de la salinidad sobre la materia seca de la planta (Ho y Adams, 1994), aunque no es un

método del todo fiable ya que es destructivo; y puede que los diferentes genotipos presenten un desarrollo potencial distinto. Este método solo podrá usarse cuando se compare con condiciones no estresantes.

El crecimiento radical también es otro índice ya que suele relacionarse con la resistencia relativa de una planta a la toxicidad mineral. El análisis foliar del contenido iónico se usa en especies en las que se produce la exclusión salina.

Se pueden usar otros criterios, como son los los síntomas necróticos que se producen por la acumulación en la hoja de un ión específico, como ocurre con el  $\text{Cl}^-$  en vid (West y Taylor, 1984). Otro criterio sugerido para establecer el grado de tolerancia (Shannon, 1979) ha sido la capacidad de osmorregulación por medio de la acumulación de solutos orgánicos. Para ello se han propuesto medidas de acumulación de prolina o de carbohidratos como agentes osmóticos celulares.

### **2.3.5. Niveles de salinidad aceptables y requeridos**

Actualmente en la horticultura intensiva se requieren niveles altos de conductividad eléctrica para una condición óptima del cultivo y una mejor calidad de los frutos. Esto es especialmente evidente en cuando hay poca luz, pero aún en alta intensidad luminosa, el crecimiento de la planta es notable. Dichas condiciones se presentan gracias a la alta temperatura y humedad presentes en los invernaderos y al suministro permanente de agua.

Los valores de conductividad superiores a los requeridos suelen producirse no sólo debido al suministro extra de nutrientes sino también a la acumulación de sales residuales. Si las plantas no son sensibles a ciertos iones, éstas no se verán afectadas.

Cuando los valores de conductividad son mayores a los óptimos disminuyen tanto el crecimiento como el rendimiento de los cultivos.

Para determinar los niveles requeridos y aceptables de la salinidad en un cultivo, nos basamos en el modelo de Maas y Hoffman (1997), que relaciona la CE de la rizosfera y el valor de la disminución relativa de la producción (VDP) (Figura 2.2. A).

Para los cultivos protegidos la CE relacionada con los nutrientes minerales en el modelo de Maas/Hoffman necesita redefinirse, ya que éstos aplican una CE de partida de cero, este reajuste lo define Sonneveld (2013) (Figura 2.2. B).

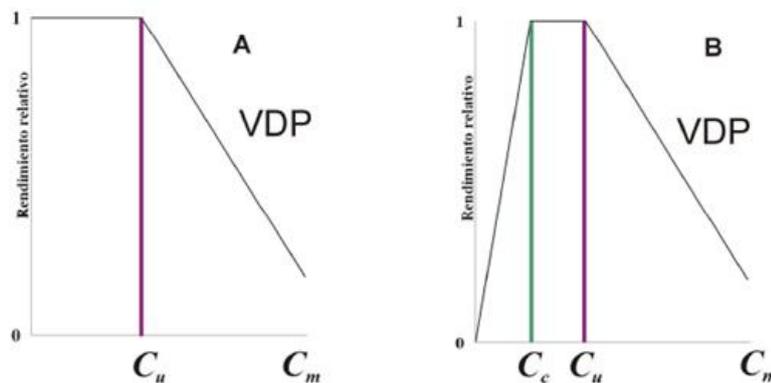
Para explicar la gráfica (Figura 2.2.) debemos conocer:

- $C_u$ : Valor umbral de salinidad en la rizosfera sin que exista una reducción de producción.

- $C_m$ : Valor máximo de la concentración salina por encima de la cual la producción es cero.

- $C_c$ : Concentración crítica o concentración mínima de nutrición mineral necesaria para el óptimo de crecimiento.

**Figura 2.2.** Relación entre el valor de la CE en la rizosfera y la producción según los modelos de Maas y Hoffman (1997) (A) y Sonneveld (2013) (B).



### 2.3.6. Contenido de sales en la solución nutritiva

El contenido de sales de la disolución nutritiva es la concentración total de sales solubles presentes en dicha disolución. Para conocer el suministro de nutrientes en relación a la demanda se puede usar sistemas hidropónicos, midiendo la concentración total de iones de la disolución expresada como conductividad eléctrica (CE) en la zona de la raíz – rizosfera-.

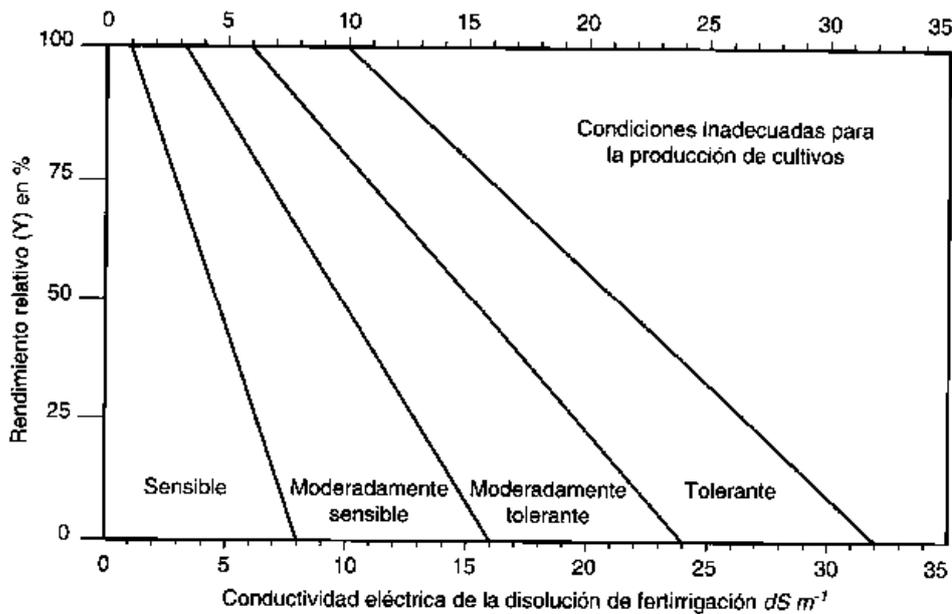
Se pueden acumular las sales en el sustrato usado cuando la cantidad de sales aportadas con el agua de riego es superior a las cantidades absorbidas por las plantas o las pérdidas por lixiviación. Si esto ocurre, las plantas deberán vencer potenciales

osmóticos más elevados, si no son capaces de vencerlos éstas se pueden marchitar a pesar de la presencia de agua.

Los altos niveles de salinidad es un problema muy común en los cultivos sin suelo. La salinidad tiene un gran efecto en las relaciones de agua de las plantas, un estrés osmótico reduce tanto el consumo de nutrientes como el de agua, aunque tiene repercusiones más negativas en la absorción de elementos minerales, lo que explica que pueda producirse un aumento de la salinidad de la disolución nutritiva (González- Real, 1996).

El comportamiento en relación a la disminución del rendimiento con el uso de CE's elevadas en las disoluciones de fertirrigación se puede resumir en la figura 2.7.

**Figura 2.3.** Relación de las pérdidas de rendimiento de los cultivos en función de su tolerancia relativa a la salinidad (Moreno et al., 1996).



## **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA INVERNADERO**

#### **3.1.1. Localización y orientación**

El experimento se ha llevado a cabo en una de las naves de un invernadero tipo multitúnel de la Universidad de Almería. El invernadero está localizado en las instalaciones de la misma universidad, en La Cañada de San Urbano (Almería); 2° 23' de longitud oeste, 36° 50' de latitud norte.

#### **3.1.2. Tipo y dimensión**

La estructura del invernadero está formada por pies derechos y arcos, cuyas dimensiones son de 2 m de alto para los pies derechos, 8 m de cuerda y 1,25 m de flecha para los arcos. El número de pies derechos en cada lateral es de siete, cuya separación es de 4 m para los situados en los extremos mientras que en los dos del centro la separación es tan sólo de 2 m. El invernadero de plástico es de 200 micras de grosor.

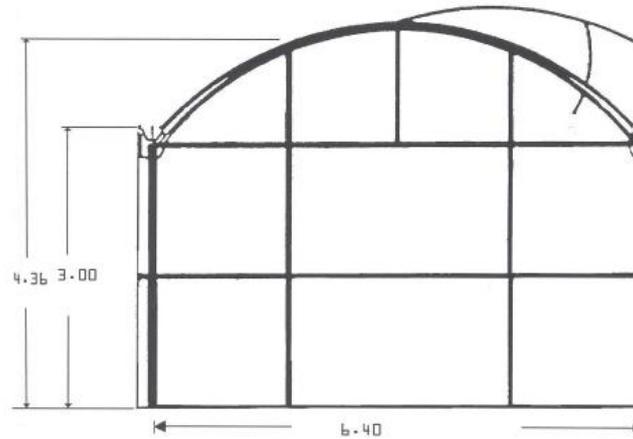
La anchura del módulo es de 6,40 m, la longitud es de 20 m, una altura de canal de 3 m, y 4 m de cenit.

La puerta de acceso al invernadero es doble, centrada, orientada al sur y de 2 m de ancho.

Las ventajas que ofrece este tipo de túneles (Serrano, 1994), son:

- Gran diafanidad, por los pocos obstáculos que tiene en su estructura.
- Buen control de la temperatura.
- Buen reparto de la luminosidad.
- Fácil evacuación del agua de lluvia.
- Buena estanqueidad al agua de lluvia.

**Figura 3.1.** Estructura del invernadero semicilíndrico.



## 3.2. DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD DE CULTIVO

### 3.2.1. Unidad de cultivo

El cultivo se llevó a cabo en macetas de 10,5cm x 11cm llenándose de sustrato hasta los 8,5cm de altura. Las macetas se establecieron en una mesa de 1m de altura, disponiéndose 4x4x6 macetas además de un borde de 100 macetas alrededor, teniendo un total de 196 macetas.

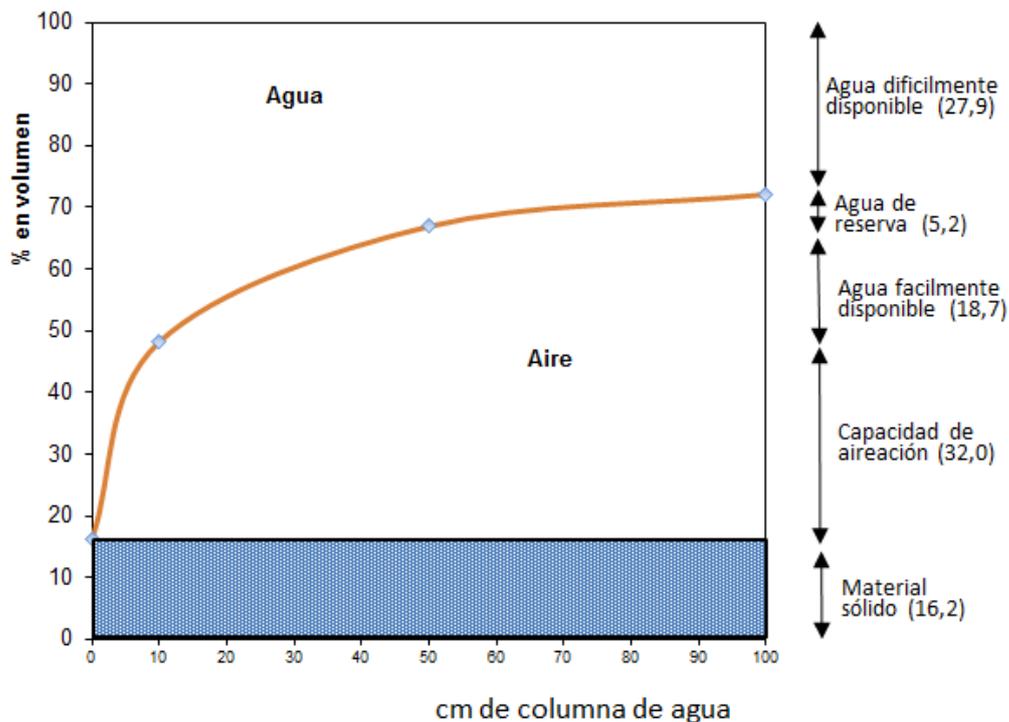
**Figura 3.2.** Maceta de *Helichrysum thianschanicum* del ensayo.



### 3.2.2. Características del sustrato empleado: fibra de coco

La fibra de coco, es un residuo orgánico agroindustrial de origen tropical. Se genera del mesocarpo fibroso del fruto del coco (*Cocos nucifera*), de sus fibras cortas (2mm o menores) o polvo de coco. Desde hace unos años, el residuo de fibra de coco se viene utilizando con éxito como componente orgánico alternativo de la turba *Sphagnum* en los medios de cultivo de las plantas ornamentales en maceta, y en otras aplicaciones de los cultivos sin suelo. El residuo de la fibra de coco se genera y acumula en los países tropicales, siendo Sri Lanka el principal productor de sustratos de cultivo. (Urrestarazu, 2004).

**Figura 3.3.** Curva de liberación de agua desde la fibra de coco en función de la tensión recepción del sustrato en cm columna de agua (Basado en De Boodt et al., 1974).



Mediante el sistema de fertirriego la planta puede disponer los nutrientes necesarios para realizar sus funciones, además de optimizar el rendimiento de los mismos. El sistema de cultivo sin suelo empleado es el de drenaje libre o solución perdida, en el que el drenaje que sobra en cada riego no se recupera y se pierde por percolación en el suelo excepto aquellos contenedores que cuentan con vaso de recogida de drenaje.

### **3.3. RIEGO**

El riego se ha realizado es de forma manual con el fin de controlar mejor los parámetros que hay que estudiar, al tratarse de un experimento en el que no tenemos un gran número de macetas y al ser solo de cuatro tratamientos diferentes.

#### **3.3.1. Frecuencia de riego**

El tiempo y el volumen de riego dependen de las características físicas del sustrato y de las especies a estudiar.

La frecuencia de riego es el número de riegos que se dan por unidad de tiempo. Para determinarla se hizo un seguimiento del riego dos veces en semana y se determinó el peso de cada maceta testigo, si el ésta pesaba menos de 250 gramos se realizaba un riego ya que al ser plantas aromáticas no requieren demasiada humedad.

#### **3.3.2. Drenaje**

Para la recogida de los drenajes y para evaluar los parámetros de fertirriego, se usan vasos de recogida de drenaje por cada tratamiento en una maceta testigo. Cada vaso de drenaje consiste en una botella de plástico cortada cuyo contenido se recoge y el volumen es medido con una bureta. El volumen de riego se calcula teniendo en cuenta que el drenaje recogido debe ser del 20% al 30% del riego.

Cada semana se realizaron mediciones del volumen de drenaje, además se tomaron muestras para medir la conductividad eléctrica y el pH, mediante multímetro MM 40. También medimos potasio y nitratos, para ello usamos un medidor de potasio LAQUAtwin B-731 y un medidor de nitrato LAQUAtwin B-741.

**Figura 3.4.** Instrumentos de medida de parámetros de fertirriego.



De derecha a izquierda: medidor de nitratos, medidor de potasio, multímetro y bureta.

### 3.3.3. Sistema de fertirriego

El sistema de fertirriego consta de dos tanques de pvc abiertos con tapadera, con una capacidad de 220 litros cada uno.

La aplicación de agua desde los tanques hasta las macetas se hace de forma manual midiendo el agua aportada a cada maceta mediante un vaso tabulado.

### 3.3.4. Agua de riego

A la hora de iniciar un cultivo es fundamental conocer la composición química del agua que vamos a utilizar para el riego, dado que el agua puede ser uno de los principales factores limitantes de determinados cultivos hortícolas.

Las características que se deben analizar del agua de riego a utilizar son las siguientes:

-pH: El pH ejerce sus efectos principales sobre la asimilabilidad de los nutrientes, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica (Abad, 1991). Con pH de 5,0 a 6,5, la mayoría de los nutrientes mantienen su máximo nivel de asimilabilidad. Por debajo de pH= 5,0 pueden presentarse deficiencias de N, K, Ca, Mg, B, etc., mientras que por encima de pH= 6,5 provoca una posible disminución en la asimilabilidad de P, Fe, Mn, B, Zn y Cu. Los óxidos metálicos se hacen más solubles al bajar el pH (por debajo de 5,0), pudiendo llegar a resultar fitotóxicos (Abad, 1991). El pH de la solución

nutritiva se mantuvo entre 5,2 y 6,3 de acuerdo con los niveles óptimos. Para mantener esos niveles de pH se añadió HNO<sub>3</sub> cuando fue necesario.

-**Conductividad eléctrica (CE):** En la mayoría de cultivos el contenido de sales puede ser peligroso cuando pasa por encima de 1 g/l, contabilizándose en esta cifra todos los iones existentes. Por lo que el agua de riego suele ser tanto más efectiva cuanto menor sea su salinidad o CE.

-**Iones:** Las disoluciones nutritivas tipo son infinitas y para estandarizarlas tienes que tener en cuenta los factores de producción, como son la variedad cultivada, estadio fenológico de desarrollo, condiciones climatológicas del momento, calidad del agua de riego, etc. Las concentraciones de los diferentes iones en las soluciones nutritivas se expresan normalmente en mmol L<sup>-1</sup> ó meq L<sup>-1</sup> y los microelementos en ppm.

El agua utilizada en el ensayo es un agua de buena calidad, siendo su composición química la que se muestra a continuación:

**Tabla 3.1.** Análisis fisicoquímico y químico del agua de riego aplicada.

pH	dS m <sup>-1</sup> mmol L <sup>-1</sup>						
	CE	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
7,39	0,7	3,64	0,62	1,35	5,69	3,10	1,15

### 3.4. SOLUCIÓN NUTRITIVA

**Tabla 3.2.** Solución madre utilizada en el cultivo de *Helichrysum thianshinacum*.

CE dS m <sup>-1</sup>	Macronutrientes mM							Micronutrientes μM					
	pH	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
2,00 <sup>(a)</sup>	5,80	10,25	1,50	1,75	4,75	5,00	1,51	15	10	0,75	5	30	0,5

<sup>(a)</sup> Basada en Sonneveld y Straver (1994).

La solución madre se encuentra 100 veces concentrada.

Las soluciones nutritivas que se han aplicado en el fertirriego del experimento son las siguientes:

- T1 = solución madre diluida a CE 1dS m<sup>-1</sup>.
- T2 = solución madre diluida a 2 dS m<sup>-1</sup>.
- T3 = solución madre diluida a 4 dS m<sup>-1</sup>.
- T4 = solución madre diluida a 6 dS m<sup>-1</sup>.

Para aumentar la conductividad añadimos la solución madre al agua de riego, de manera que a más conductividad aumenta el contenido de nutrientes en el agua de riego.

Cada semana se realizaron mediciones del volumen de riego, además se tomaron muestras para medir la conductividad eléctrica y el pH, y cantidad de potasio y nitratos en la solución de riego.

## **3.5. CARACTERISTICAS DEL CULTIVO HELICHRYSUM THIASCHANICUM**

### **3.5.1. Descripción botánica**

Planta propia de las montañas Thia Shan.

Planta con atractivas hojas tomentosas en forma de aguja con reflejos gris plata a lo largo del año. Ni las flores ni la fruta tienen importancia ornamental. Es una planta anual herbácea de hoja perenne con un hábito rastrero y crecimiento vertical.

Es una planta de temporada anual de mantenimiento relativamente bajo. No le afecta las plagas ya que por lo general van en busca de plantas “más sabrosas”.

Alcanza los 30 cm de altura y también 30 cm de extensión. Se desarrolla mejor en pleno sol o sombra parcial y en condiciones de humedad uniforme. No tolera el encharcamiento. Se desarrolla en distintos tipos de suelo y a distinto pH. Es muy tolerante a la contaminación urbana e incluso prospera en ambientes del centro urbano. Se puede propagar por esquejes (Bedners greenhouse, 2013).

### **3.5.2. Taxonomía**

-Reino: *Plantae*.

-División: *Magnoliophyta*.

-Clase: *Magnoliopsida*.

-Orden: *Asterales*.

-Familia: *Asteraceae*.

-Subfamilia: *Asteroideae*.

-Tribu: *Gnaphalieae*.

-Género: *Helichrysum*.

-Especie: *Thianschanicum*.

### **3.5.3. Exigencias en clima y suelo**

-Condiciones de cultivo óptimas:

-Necesidades de luz: altas.

-Temperatura de raíz: 36°C-40°C.

-Temperatura de crecimiento: 36°C-40°C.

-Temperatura de mantenimiento: 27-33°C.

-No requiere vernalización. (Proven Winners, 2014).

## **3.6. SEGUIMIENTO DEL EXPERIMENTO**

### **3.6.1. Trasplante**

Las plantas provienen de esquejes sembrados en bandejas de pvc de color negro con 104 alvéolos de capacidad. El sustrato utilizado para el llenado de las bandejas es turba rubia y fibra de coco; 2:1; vol: vol.

**Figura 3.5.** Bandejas con esquejes de *Helichrysum thianschanicum*.



Los esquejes se trasplantaron transcurridos 100 días desde su siembra. Las plantas se han extraído de las bandejas y las hemos colocado en los contenedores de 500 ml con fibra de coco como sustrato.

### 3.6.2. Diseño experimental.

Se han realizado cuatro tratamientos a distinta CE. El diseño experimental se dispone según un “diseño de bloques completos al azar” (Little y Hills, 1976). En el cultivo existían cuatro bloques, cada uno con una repetición (RI, RII, RIII y RIV) de cada tratamiento (T1, T2, T3 y T4). Cada bloque contiene una repetición y cada repetición contiene seis plantas (una planta por maceta). La disposición del bloque en el ensayo se ha realizado mediante sorteo.

**Figura 3.6.** Esquema de la disposición de los bloques.

T3R1	T4R2	T2R3	T1R4
T2R1	T2R2	T3R3	T4R4
T4R1	T1R2	T4R3	T2R4
T1R1	T3R2	T2R3	T3R4

### 3.6.3. Seguimiento del cultivo

El experimento se ha desarrollado desde el 27 de febrero hasta el 24 de abril de 2014, que se ha procedido a la extracción de la planta del contenedor. Durante este periodo de tiempo se ha visitado el cultivo dos veces por semana durante todo el ciclo.

En este seguimiento se han evaluado:

- Necesidades de riego, como se describe en el apartado 3.3. Riego.
- Presencia de plagas.
- Tasa de mortandad: siendo esta despreciable en todos los casos.

Una vez a la semana se medían los volúmenes de riego y drenaje para verificar y controlar la absorción de nutrientes por parte de la planta. En estos drenajes y riegos se miden semanalmente:

- pH.
- Conductividad.
- Contenido en potasio ( $K^+$ ) y nitratos ( $NO_3^-$ ).

Al tratarse de un cultivo de planta ornamental en macetero y no haber presentado ataque de plagas, no ha requerido de labores culturales. Una vez transcurridas las 9 semanas y habiendo realizado durante este periodo de tiempo los aportes de fertirriego necesarios y comentados en apartados anteriores, se han retirado las plantas de los maceteros.

## **3.7. MÉTODO DE ANÁLISIS**

### **3.7.1. Valores de crecimiento vegetativo**

Para la determinación de la evolución del cultivo en función de los distintos tratamientos se procedió a la extracción de tres de las plantas de cada bloque de los contenedores separando según el bloque en los que están situados y según tratamiento aplicado.

Primero hemos separado la parte aérea de la radícula, cortando las plantas con una tijera de podar por la base del tallo. Tras haber sacado el sustrato del contenedor se han limpiado las raíces. Para ello se sacudieron con cuidado de no romperlas, y se sumergieron en el agua con el fin de dejarla lo más limpia posible de restos de sustratos. Seguidamente se han colocado sobre papel secante.

Tomamos medidas del diámetro de la base del tallo, la longitud de las raíces y del vástago, para ello se ha usado un calibre digital de 0,1 mm de precisión. Hemos pesado las raíces y los vástagos de cada planta. Los datos recogidos vienen expresados en gramos (g) en el caso del peso fresco y peso seco y en milímetros (mm) en el caso del diámetro de la base del tallo. La longitud de raíz y del vástago se midió en centímetros con una regla (10mm de precisión). Se usó un peso con un error de 0,01 g.

Para los pesos, se pesa previamente la el material vegetal en peso fresco, para posteriormente secarlo en la estufa a 60° C y pasados unos 7 días aproximadamente se obtiene el peso seco de la muestra, calculando la relación de materia seca contenida en

el peso fresco inicial. Se utilizó para la medida del peso una báscula de precisión modelo Mettler P.M. 4600-Delta Range, y para secar el material vegetal se usa una estufa Corterm serie 2000.

**Figura 3.7.** Estufa Corterm serie 2000, usada en el ensayo.



**Figura 3.8.** Báscula Mettler P.M. 4600-Delta Range, usada en el ensayo.



### 3.7.2. Extracción de aceites esenciales

Para la extracción de los aceites esenciales se ha usado la hidrodestilación, ya que la mayoría de los componentes hierven entre 150 y 300 °C si se destilan a temperaturas muy altas, y muchos de los componentes podrían descomponerse, oxidarse o resinificarse. La hidrodestilación ocasiona pocos cambios en el aceite. Esto es debido además a que los líquidos volátiles, que no son mutuamente solubles, hierven juntos a una temperatura más baja que el punto de ebullición de cada uno aislado.

### 3.7.2.1. Material empleado

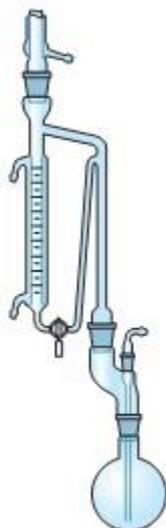
Para poder realizar la extracción de los aceites esenciales, el material vegetal usado ha sido doce plantas de *Helichrysum thianschanicum* de cada tratamiento, seis plantas en cada repetición en este caso (48 plantas totales). Las plantas usadas para la extracción no son las mismas que las que se han usado para obtener los anteriores parámetros ya que las condiciones de secado de las plantas son distintas y además este método es destructivo.

Hemos cortado la parte aérea de la planta con las tijeras de podar, una vez deshidratadas en el invernadero hasta obtener peso constante. Las hemos colocado dentro del matraz del destilador colocando además agua destilada, y se ha puesto a calentar hasta que se han obtenido los aceites esenciales.

El instrumento que se ha usado es de tipo 519 Koolhaas-de voos (Figura 3.9.), compuesto de:

- Matraz esférico de 500 ml.
- Tubo colector de 12,5 ml.
- Pieza bifurcada.
- Tubo entrada de gas con oliva.
- Refrigerante Dean-Stark de 250 mm.

**Figura 3.9.** Hidrodestilador tipo 519 Koolhaas-de voos (Vidafroc, 2012).



### **3.8. ANÁLISIS DE DATOS**

Para el análisis de los datos se ha realizado un análisis de la varianza y su respectiva prueba de medias mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS®.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. EFECTOS DE LA APLICACIÓN DE LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS

A continuación se señalan los efectos de la aplicación de los distintos tratamientos sobre los parámetros de fertirriego, biomasa y extracto de aceites de las plantas de *Helichrysum Thianschanicum* estudiadas.

#### 4.1.1. Parámetros de fertirriego

Se puede ver en la figura 7.1. que el pH en los drenajes se mantiene entre 6 y 7,3. En El caso de la conductividad eléctrica, como se ve en la figura 7.2., en los drenajes del tratamiento 1 y 2 de 1 dS m<sup>-1</sup> y 2 dS m<sup>-1</sup> respectivamente, mantienen sus conductividades más constantes; para los tratamientos 3 y 4 la conductividad es más baja al principio incluso que el agua de riego y después ésta va en aumento. En las figuras 7.3. y 7.4. vemos el consumo de nitratos potasio se presenta más alto en los tratamientos de mayor conductividad y es negativo en el tratamiento 1 debido al nitrato y potasio que suelta la fibra de coco (Sonneveld, 2013). El drenaje, que se ven la figura 7.5., se mantiene en torno al 25%, especialmente en el tratamiento 1. En la figura 7.6. vemos que el consumo hídrico para el cultivo de *Helichrysum thianschanicum* en las condiciones del experimento es de entorno 39 ml día<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>, excepto para el tratamiento 1 que es algo más bajo.

#### 4.1.2. Parámetros de biomasa

Se van a observar los distintos parámetros relacionados con la biomasa:

-Peso fresco y seco del vástago.

-Peso fresco y seco de la raíz.

-Peso fresco y seco de la planta.

-Longitud del tallo y de la raíz.

-Diámetro de la base del tallo.

**Tabla 4.1.** Efecto del crecimiento vegetativo en función de la CE (dS m<sup>-1</sup>) de la solución nutritiva en plantas de *Helichrysum thianschanicum*.

	g						cm		
	Peso fresco del vástago	Peso fresco de la raíz	Peso fresco total	Peso seco del vástago	Peso seco de la raíz	Peso seco total	Longitud del tallo	Longitud de la raíz	Diámetro de la base del tallo
T1	11,65b	6,16a	17,80b	3,13c	1,17a	4,31c	9,54b	10,95a	4,90b
T2	24,03a	5,72a	29,74a	5,27b	0,95a	6,23b	11,53a	10,09a	5,87a
T3	27,39a	6,77a	32,48a	6,36a	1,02a	6,84ab	11,45a	10,72a	6,25a
T4	26,47a	6,01a	34,16a	5,85ab	0,98a	7,39a	11,79a	9,75a	5,64ab

T1, T2, T3 y T4 son los tratamientos de 1, 2, 4 y 6 dS m<sup>-1</sup> respectivamente. Prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ). Valores con distintas letras indican diferencias significativas.

En el peso fresco del vástago, el valor del primer tratamiento es significativamente más bajo que el de los otros tres tratamientos, en el peso seco del vástago también lo es, y lo mismo ocurre con el peso fresco y seco total. La longitud del vástago también es significativamente más baja para el primer tratamiento. El diámetro de la base del tallo en el primer tratamiento es significativamente más bajo que el segundo y tercer tratamiento, pero no respecto al cuarto tratamiento. El peso seco del vástago del tercer tratamiento presenta el valor más alto y es significativamente más alto que el valor del segundo tratamiento pero no del cuarto.

Se puede ver que el peso fresco o seco de la raíz y la longitud de ésta no presenta diferencias significativas, este fenómeno ha sido observado en la respuesta de tomillo limonero (*Thymus citriodorus* cv ‘Albo variegata’) a la salinidad (Urrestarazu, 2013). El peso fresco y seco del vástago y el total aumenta con la conductividad, lo mismo ocurre en tomillo limonero (Urrestarazu, 2013).

Respecto a los valores de peso seco, encontramos datos de otras plantas aromáticas como menta (*Mentha piperita*) con un peso seco de 19,96 g planta<sup>-1</sup>, de salvia (*Salvia officinalis*) con 8,09 g planta<sup>-1</sup> (Escalona, 2013) y de tomillo limonero (*Thyme lime*) con 1,15 g planta<sup>-1</sup> (Urrestarazu, 2013). Se puede considerar que el peso seco de *Helichrysum thianschanicum* es medio respecto a otras plantas aromáticas.

### 4.1.3. Parámetros de la extracción de aceites

Se van a observar el porcentaje de aceite extraído en función del peso seco y el contenido total de aceites por planta.

**Tabla 4.2. Valores** del contenido en aceites esenciales en función de la CE ( $\text{dS m}^{-1}$ ) de la solución nutritiva en plantas de *Helichrysum thianschanicum*.

	Aceite en función del peso seco (% v/p)	Contenido en aceites esenciales por planta (ml planta <sup>-1</sup> )
T1	1,03ab	0,032d
T2	0,89b	0,047c
T3	1,07a	0,068a
T4	0,98ab	0,057b

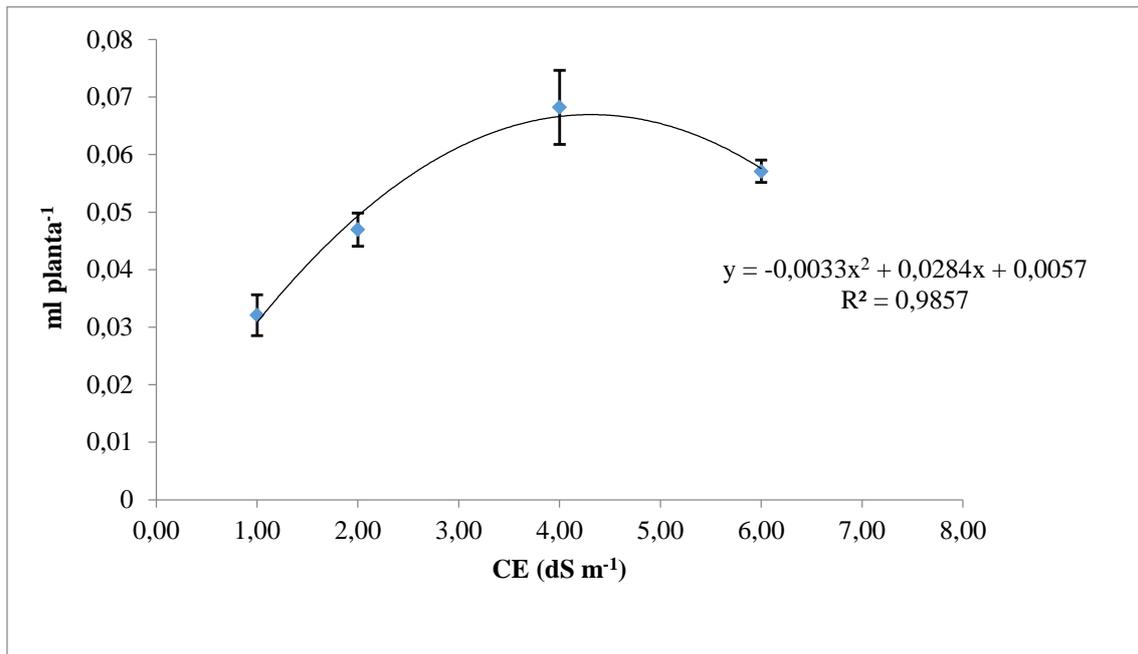
T1, T2, T3 y T4 son los tratamientos de 1, 2, 4 y 6  $\text{dS m}^{-1}$  respectivamente. Prueba de Duncan ( $P < 0,05$ ). Valores con distintas letras indican diferencias significativas.

El mayor porcentaje de aceite es de 1,07 % (v/p) respecto al peso seco del vástago, siendo de 0,25% (v/p) respecto al peso fresco de éste. En otras especies de *Helichrysum* se dan distintos rendimientos. Un 0,3% (v/p) en aceites esenciales de *Helichrysum stoechas* (Ascensao, 2001), un 0,031% (v/p) en el caso de *H. orientale*, 0,088% (v/p), para *H. heldreichii*, y 0,11% (v/p) en *H. italicum ssp microphyllum* (Roussis, 2000). Después de la antesis el contenido en aceites aumenta para *H. italicum ssp microphyllum* a 0,68% (v/p) (Roussis, 2000) y el contenido de aceites esenciales en las flores en *Helichrysum stoechas* es de 0,8% (v/p) (Ascensao, 2001).

Para especies de otros géneros los rendimientos son también variables, para *Cunila incisa* y *Mentha aquatica* se dieron resultados de 1,94% (v/w) y 0,93% (v/w), respectivamente para la producción de aceites (Agostini, 2009). Se han encontrado rendimientos máximos de 0,28% para *Thymus serpyllum L.* (Verma, 2013), y de 1,8% (v/p) en *Daucus carota* (Verma, 2011).

Los resultados de porcentaje en aceites esenciales contenidos en la planta han sido bajos en relación a especies de distinto género, pero altos comparándolos con especies del mismo género y sabiendo que los análisis se han realizado antes de la antesis.

**Figura 4.1.** Representación del contenido en aceites esenciales por planta en función de la conductividad eléctrica.



El porcentaje de aceites esenciales obtenidos en el segundo tratamiento es significativamente más bajo que el del resto de los tratamientos. Respecto al contenido en aceites por planta todos los tratamientos son significativamente diferentes, siendo el tratamiento tres el que presenta mayor valor. Podemos ver en la gráfica que el óptimo de producción de aceite por planta es a una conductividad eléctrica de 4 a 4,5 dS m<sup>-1</sup>. En comparación con los óptimos de conductividad de otras plantas aromáticas, 2,8 dS m<sup>-1</sup> para tomillo limonero (*Lime Thyme*) (Urrestarazu, 2013) ó 2.2 dS m<sup>-1</sup> considerado como óptimo para muchas plantas aromáticas como *Freesia* (Sonneveld y Straver, 1994) éste valor se considera alto.

## 5. CONCLUSIONES

Para un fertirriego de una conductividad eléctrica de  $1 \text{ dS m}^{-1}$  el cultivo presenta una reducción de la biomasa.

Se presenta mayor producción de biomasa para un fertirriego de una conductividad eléctrica de  $4 \text{ dS m}^{-1}$  a  $6 \text{ dS m}^{-1}$  en la solución de riego.

Se presenta mayor contenido en aceites por planta para un fertirriego de una conductividad óptima de  $4 - 4,5 \text{ dS m}^{-1}$  en la solución de riego.

El contenido porcentual en aceites esenciales de *Helichrysum thianschanicum* es aceptable con respecto a las especies de su género.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Abad, M. 1991. Los sustratos hortícolas y las técnicas de cultivo sin suelo. En: La Horticultura Española en la C.E. Eds. Rallo, L., Nuez, F. Ediciones de Horticultura S.L. Reus: 270-280.
- Agostini, F., Dos Santos, A., Rossato, M, Pansera, R.M., Dos Santos, P.L., Serafini, L.A., Molon, R., Moyna, P. 2009. Essential oil yield and composition of *Lamiaceae* species growing in southern Brazil. *Braz. arch. biol. technol.* 52(2).
- Aiyegoro, O.A., Okoh, A.I. 2010. Preliminary phytochemical screening and in vitro antioxidant activities of the aqueous extract of *Helichrysum longifolium*. *BMC Complement Altern Med.* 10:21.
- Alarcón, A.L. 1998. Abonado y salinidad en fertirrigación. *Horticultura.* 131:90-95.
- Angioni, A., Barra, A., Arlorio, M., Coisson, J.D., Russo, M.T., Pirisi, F.M., Satta, M., Cabras, P. 2003. Chemical composition, plant genetic differences, and antifungal activity of the essential oil of *Helichrysum italicum* G. Don ssp. *Michrophyllum* (Willd) Nym. *J. Agric. Food Chem.* 51: 1030-1034.
- Angioni, A., Barra, A., Coroneo, V., Dessi, S., Cabras, P. 2006. Chemical composition, seasonal variability, and antifungal activity of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* essential oils from stem/leaves and flowers. *J. Agric. Food Chem.* 54(12):4364-70.
- Ascensao, I., Da Silva, A.T.J., Barroso, G.J., Figueredo, A.C. Pedro, L.G. 2001 Glandular trichomes and essential oils of *Helichrysum stoechas*. *Israel Journal of Plant Sciences.* 49(2): 115-122.
- Aslan, M., Deliorman Orhan, D., Orhan, N., Sezik, E., Yesilada, E. 2007. In vivo antidiabetic and antioxidant potential of *Helichrysum plicatum* ssp. *plicatum* capitulum in streptozotocin-induced-diabetic rats. *J Ethnopharmacol.* 109(1):54-9.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. 2008. Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology.* 46(2):446-75.
- Bedners greenhouse. 2013. Iicles Licorice Plant *Helichrysum thianschanicum*. Disponible en: <[http://plants.bednersgreenhouse.com/12130004/Plant/13435/Iicles\\_Licorice\\_Plant](http://plants.bednersgreenhouse.com/12130004/Plant/13435/Iicles_Licorice_Plant)>.

- Bernstein, L. 1963. Osmotic adjustment of plants to saline media II. Dinamic phase. Amer. J. Bot. 50: 360-370.
- Bernstein, L., Francois, L.E., Clark, R.A. 1974. Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetables. Agronomy Journal. 66:412-421.
- Botella, M. A., Martínez, V., Pardines, J., Cerda, A. 1997. Salinity induced potassium deficiency in maize plants. Journal of Plant Physiology. 150:200-205.
- Bouchra, C., Achouri, M., Idrissi Hassani, L.M., Hmamouchi, M. 2003. Chemical composition and antifungal activity of essential oils of seven Moroccan *Labiatae* against *Botrytis cinerea* Pers:Fr. J. Ethnopharmacol. 89(1):165-169.
- Carson, C.F., Riley, T.V. 2003. Non-antibiotic therapies for infectious diseases. Commun. Dis. Intell. 27:143-146.
- Cordovilla, M.P., Bueno, M., Aparicio, C., Urrestarazu, M. 2014. Effects of salinity and the interaction between *Thymus vulgaris* and *Lavandula angustifolia* on growth, ethylene production and essential oil contents. Journal of Plant Nutrition. 37(6):875-888.
- Cramer, G. R., Lauchli, A., Polito, V. S. 1985. Displacement of Ca<sup>2+</sup> by Na<sup>+</sup> from the plasmalemma of root-cells: a primary response to salt stress. Plant Physiology. 79(1):207-11.
- Cullis, P.R., De Kruijff, B. 1979. Lipid polymorphism and the functional roles of lipids in biological membranes. Biochim Biophys Acta. 559(4):399-420.
- Czinner, E., Hagymási, K., Blázovics, A., Kéry, A., Szoke, E., Lemberkovics, E. 2000. In vitro antioxidant properties of *Helichrysum arenarium* (L.) Moench. J Ethnopharmacol. 73(3):437-43.
- Ehleringer, J.R. 1984. Ecology and ecophysiology of leaf pubescence in North American desert plants. Biology and Chemistry of Plant Trichomes .E. Rodríguez, P.L. Healy, I. Menhta, eds. Plenum Press, New York: 113-132.
- Epstein, E., Bloom, A.J. 2005. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. 2ª edición. Sunderland, Maas.
- Escalona, A., Salas, M.C., Coutinho, C, Guzmán, M. 2013. Crecimiento y concentración de iones en los tejidos de menta y salvia regadas con aguas salinas para su uso en jardinería. VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas. Madrid.

- Flowers, T.J., Yeo, A.R., 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: where next. *Australian Journal of Plant Physiology*. 22:875-884.
- Fuentes, J.L. 1999. El suelo y los fertilizantes. 5ed. Madrid, Mundi-Prensa. 149:235-236.
- González-Real, M. 1997. Necesidades hídricas y gestión del riego por inmersión y goteo. Eds. A. Delfin. Hidroponía, Universidad Agraria La Molina, Lima Perú. 155-169
- Greenway, H., Munns, R., 1980. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol*. 31:149-190.
- Günther, E. 1948. The Essential Oils. Vol. 1: History and origin in Plants Production Analysis. Krieger Publishing: New York. USA.
- Hajhashemi, V., Ghannadi, A., Sharif, B. 2003. Anti-inflammatory and analgesic properties of the leaf extracts and essential oil of *Lavandula angustifolia* Mill. *J. Ethnopharmacol*. 89: 67-71.
- Harborne, J.B., Turner, B.L. 1984. *Plant Chemosystematics*. Academic Press. London.
- Ho L.C., Adams, P. 1994. Regulation of the partitioning of dry matter and calcium in cucumber in relation to fruit growth and salinity. *Ann. Bot.*73:539-545.
- Jahn, R., Schönfelder, P. 1995. *Exkursionflora fur Kreta*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Germany.
- Johnson, H.B. 1975. Plant pubescence: an ecological perspective. *The Botanical Review*. 41:233-258.
- Kumar, R., Mishra, A.K., Dubey, N.K., Tripathi, Y.B. 2007. Evaluation of *Chenopodium ambrosioides* oil as a potential source of antifungal, antiaflatoxic and antioxidant activity. *Int. J. Food Microbiol*. 115: 159-164.
- Lauchi, A., Epstein, E. 1984. Mechanisms of salt tolerance for plants. *California Agriculture*. Oakland. 38(10):18-20.
- Leshem, Y.Y. 1992. *Plant membrane: A biophysical approach to structure, development and senescence*. Kluwer Acad. Publ. Dordrecht.
- Levitt, J. 1980. Responses of plant to environmental stress. Water, Radiation, Salt, and other Stresses. Vol. II. Academic Press. London.

- Little, H.T., F.S. Hills. 1976. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Editorial Trillas. S. A. México. 271.
- Maas, E.W., Hoffman , G.H. 1977. Crop salt tolerance- Current assessment. J. Irrig. and Drain. Div. ASCE. 103:115-134.
- Masotti, V. Juteau, F., Bessi`ere, J.M., Viano, J. 2003. Seasonal and phenological variations of the essential oil from the narrow endemic species *Artemisia molinieri* and its biological activities. J. Agric. Food Chem. 51:7115-7121.
- Meyer, J.J., Afolayan, A.J., Taylor, M.B., Engelbrecht, L. 1996. Inhibition of herpes simplex virus type 1 by aqueous extracts from shoots of *Helichrysum aureonitens* (*Asteraceae*). J Ethnopharmacol.52(1):41-3.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). 2011. Anuario de estadística 2010. Disponible en: <[http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2010/AE\\_2010\\_Avance.pdf](http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2010/AE_2010_Avance.pdf)>.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA). 2013. Anuario de estadística 2012. Disponible en: <[http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2012/AE\\_2012\\_Completo.pdf](http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2012/AE_2012_Completo.pdf)>.
- Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science. 7:405-410.
- Moré, E., Fanlo, M., Melero, R., Cristobal, R. 2010. Guía para la producción sostenible de plantas aromáticas y medicinales. Centro tecnológico forestal de Cataluña.
- Moreno, J., Pérez, M. D., Moral, R. 1996. Análisis y calidad del agua de riego. Servicios de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia.
- Nostro, A., Bisignano, G., Cannatelli, M., Crisafi, G., Germanò, M., Alonzo, V. 2001. Effects of *Helichrysum italicum* extract on growth and enzymatic activity of *Staphylococcus aureus*. Int J Antimicrob Agents. 17(6):517-20.
- Parida, A.K., Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicol. Environ. Saf. 60:324-349.
- Perry, N.S., Bollen, C., Perry, E.K., Ballard, C. 2003. Salvia for dementia therapy: Review of pharmacological activity and pilot tolerability clinical trial. Pharmacol. Biochem. Behav. 75: 651-659.

- Petit, E.F., Villegas, M.F.J. 2004. Cultivo en fibra de coco. En: Tratado de cultivo sin suelo. Coord. Urrestarazu, M. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Pignatti, S. 1984. Flora d'Italia. Edizione Edagricole, Bologna.
- Pitarokili, D., Couladis, M., Petsikos-Panayotarou, N., Tzakou, O. 2002. Composition and antifungal activity on soil-borne pathogens of the essential oil of *Salvia sclarea* from Greece. J. Agric. Food Chem. 50: 6688-6691.
- Proven winners. 2014. Iicles Licorice Plant *Helichrysum thianschanicum*. Disponible <<https://www.provenwinners.com/plant/43575/culture>>.
- Rhodes, D., Hanson, A.D. 1993. Quaternary Ammonium and tertiary Sulfonium Compounds in Higher-Plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. 44:357-384.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. Agri. Handbook no 60, OS Dep. Agric.
- Roussis, V., Tsoukatou, M., Petrakis V.P., Chinou, I., Skoula, M., Harborne, B.J., Tsoukatou, M. 2000. Volatile constituents of four *Helichrysum* species growing in Greece. Biochemical Systematics and Ecology. 28: 163-175.
- Said -Al Ahl, H.A.H., Omer, E.A. 2011. Medicinal and aromatic plants production under salt stress. A review. Herba Polonica. 57(2), 72-87.
- Sala, A., Recio, M., Giner, R.M., Máñez, S., Tournier, H., Schinella, G., Ríos, J.L. 2002. Anti-inflammatory and antioxidant properties of *Helichrysum italicum*. J Pharm Pharmacol. 54(3):365-71.
- Serrano, C. Z. 1994. Construcción de Invernaderos. Edit. Mundi-Prensa.
- Shannon, M.C. 1979. In quest of rapid screening techniques for plant salt tolerance. Horticultural Science. 14:587-589.
- Silva, J., Abebe, W., Sousa, S.M., Duarte, V.G., Machado, MIL., Matos, F.J.A. 2003. Analgesic and anti-inflammatory effects of essential oils of *Eucalyptus*. J. Ethnopharmacol. 89: 277-283.
- Sinai, G.B.Z., Dalins. 2009. Design of multiquality irrigation water supply systems using the Q-Cfeasibility domain concept: II. QCFD model and applications. Irrigation and Drainage. 58: 61-71.
- Sonneveld, C. 2013. Salinidad en los cultivos sin suelo. En: Tratado de cultivo sin suelo. Coord. Urrestarazu, M. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

- Sonneveld, C. 2013. La nutrición mineral y salinidad en los cultivos sin suelo: su manejo. En: Tratado de cultivo sin suelo. Coord. Urrestarazu, M. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Sonneveld, C., Straver, N. 1994. Nutrient Solutions for Vegetables and Flower Grow in Water or Substrates, tenth ed. Proefstation voor tuinbouw onder glas te Naaldwijk. The Netherlands. 45.
- Sonneveld, C., W. Voogt. 2009. Plant Nutrition of Greenhouse Crops. Dordrecht, the Netherlands:Springer.
- Storey, R., Walker R. 1999. Citrus and salinity. *Scientia Horticulturae*. 78: 39-81.
- Süzgeç, S., Meriçli, A.H., Houghton, P.J., Cubukçu, B. 2005. Flavonoids of *Helichrysum compactum* and their antioxidant and antibacterial activity. *Fitoterapia*. 76(2):269-72.
- Tomás-Barberán, F., Iniesta-Sanmartín, E., Tomás-Lorente, F., Rumbero, A. 1990. Antimicrobial phenolic compounds from three Spanish *Helichrysum* species. *Phytochemistry*. 29(4): 1093-1095.
- Tundis, R., Statti, G.A., Conforti, F., Bianchi, A., Agrimonti, C., Sacchetti, G., Muzzoli, M., Ballero, M., Manichini, F., Poli, F. 2005. Influence of enviromental factors on composition of volatile constituents and biological activity of *Helichrysum italicum* (Roth) Don (*Asteraceae*). *Nat. Prod. Res.* 19: 379-387.
- Urrestarazu, M., Borges, L., Burés, S., Álvaro, J. 2013. Response of *Lyme Thyme* to salinity and ionic concentration in nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition*. 36(4):562-565.
- Verma, R.S.<sup>1</sup>Verma, R.K., Chauhan, A., Yadav. A.K. 2011. Seasonal Variation in Essential Oil Content and Composition of *Thyme*, *Thymus serpyllum* L. Cultivated in Uttarakhand Hills. *Indian J Pharm Sci.* 73(2):233-5.
- Verma, S., Padalia, C., Chauha, A. 2014. Chemical composition variability of essentialoil during ontogenesis of *Daucus carota* L. *subsp. Sativus* (Hoffm.)Arcang. *Industrial Crops and Products*. 52:809 - 810.
- Vidafroc. 2012. Disponible en:  
<<http://www.vidrafoc.com/vidrafoc/Store/Product.aspx?LanguageID=es&ProductID=10/06>>.
- West, D.W., Taylor, J.A. 1984. Response of six grapes cultivars to the combined effects of salinity and rootzone waterlogging. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 109: 844-851.

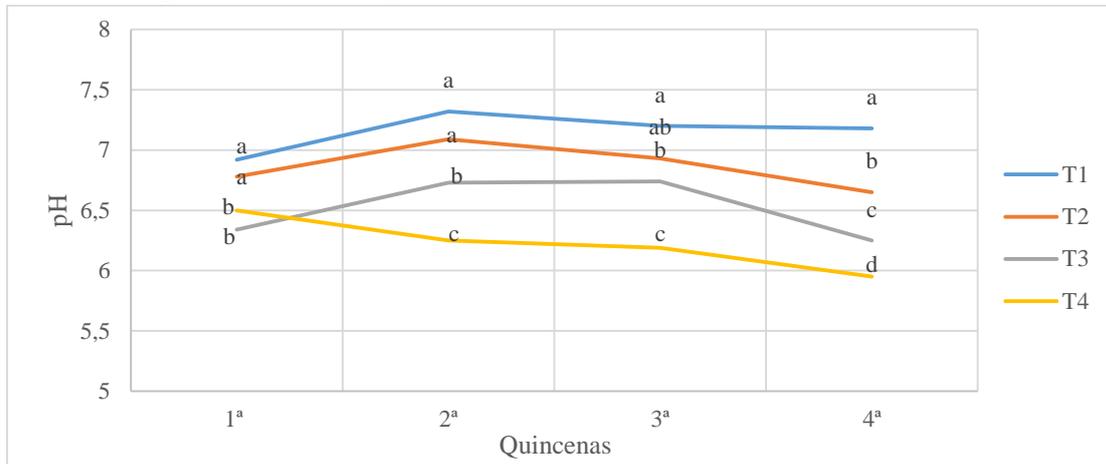
Efecto de la salinidad de en la solución nutritiva sobre el desarrollo vegetativo y contenido de aceites esenciales en planta de curry (*Helichrysum thianschanicum*)

---

Zhu, J.K. 2001. Plant salt tolerance. Trends in Plant Science. 6: 66-71.

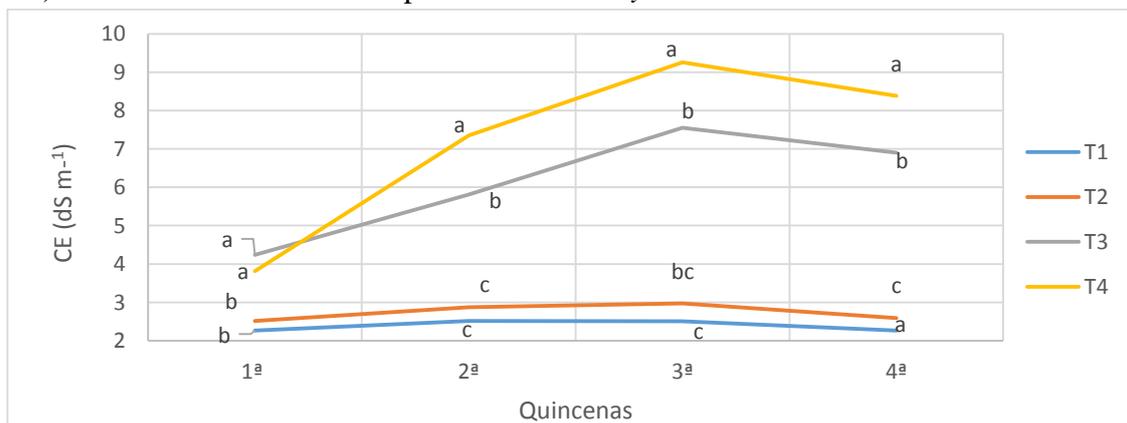
## 7. APÉNDICES

**Figura 7.1.** pH de las soluciones drenadas en función de la CE ( $\text{dS m}^{-1}$ ) de la solución nutritiva en plantas de *Helichrysum thianschanicum*.



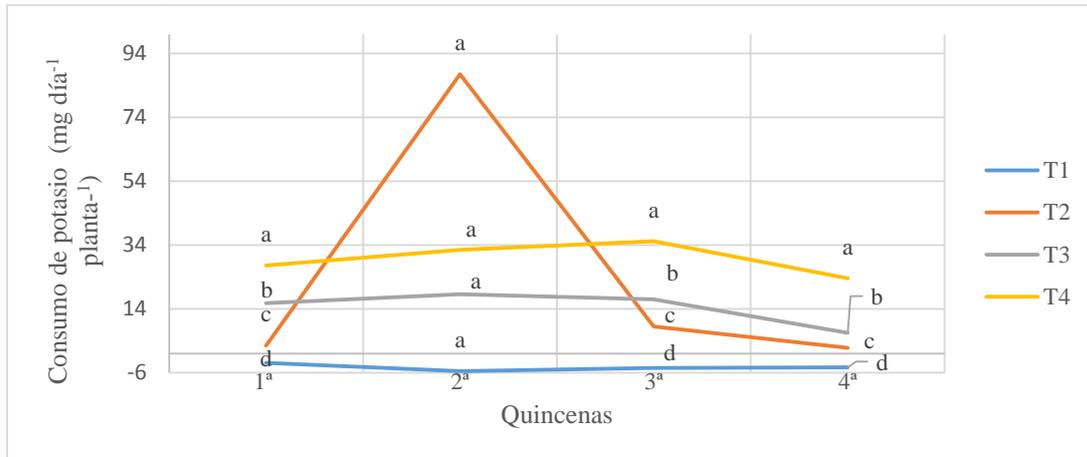
T1, T2, T3 y T4 son los tratamientos de 1, 2, 4 y 6  $\text{dS m}^{-1}$  respectivamente. Prueba de LSD ( $P < 0,05$ ). Valores con distintas letras indican diferencias significativas.

**Figura 7.2.** Conductividad eléctrica de las soluciones drenadas en función de la CE ( $\text{dS m}^{-1}$ ) de la solución nutritiva en plantas de *Helichrysum thianschanicum*.



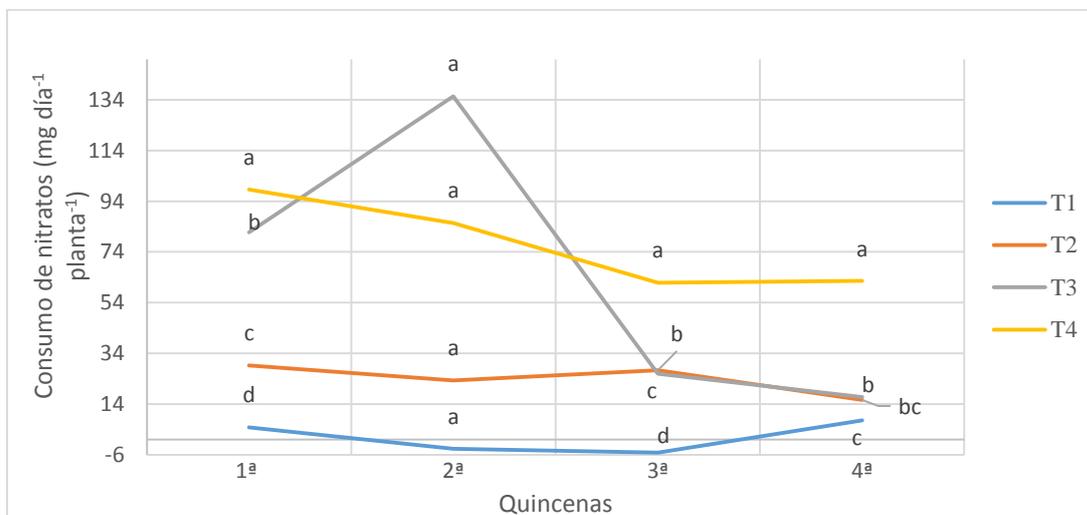
T1, T2, T3 y T4 son los tratamientos de 1, 2, 4 y 6  $\text{dS m}^{-1}$  respectivamente. Prueba de LSD ( $P < 0,05$ ). Valores con distintas letras indican diferencias significativas.

**Figura 7.3.** Consumo de potasio por planta en función de la CE ( $\text{dS m}^{-1}$ ) de la solución nutritiva en plantas de *Helichrysum thianschanicum*.



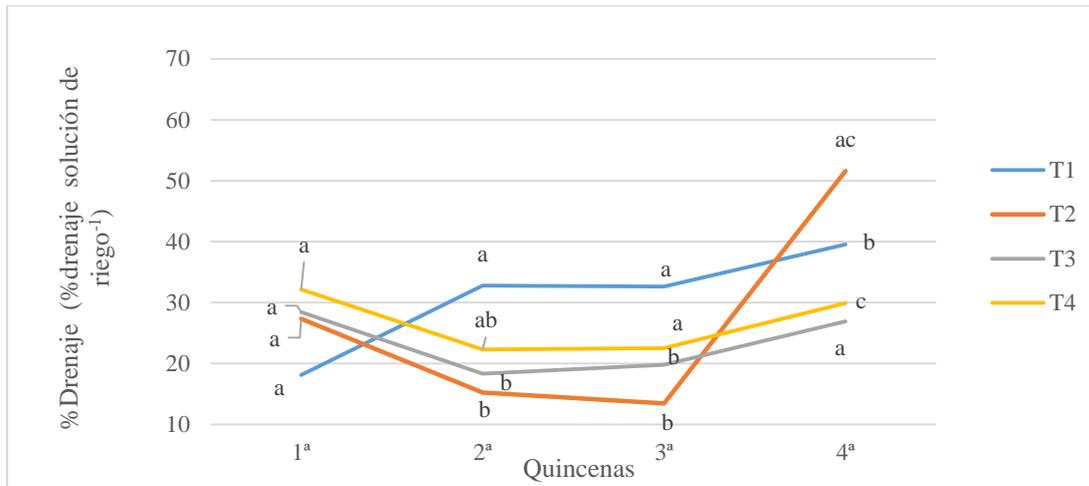
T1, T2, T3 y T4 son los tratamientos de 1, 2, 4 y 6  $\text{dS m}^{-1}$  respectivamente. Prueba de LSD ( $P < 0,05$ ). Valores con distintas letras indican diferencias significativas.

**Figura 7.4.** Consumo de nitratos por planta en función de la CE ( $\text{dS m}^{-1}$ ) de la solución nutritiva en plantas de *Helichrysum thianschanicum*.



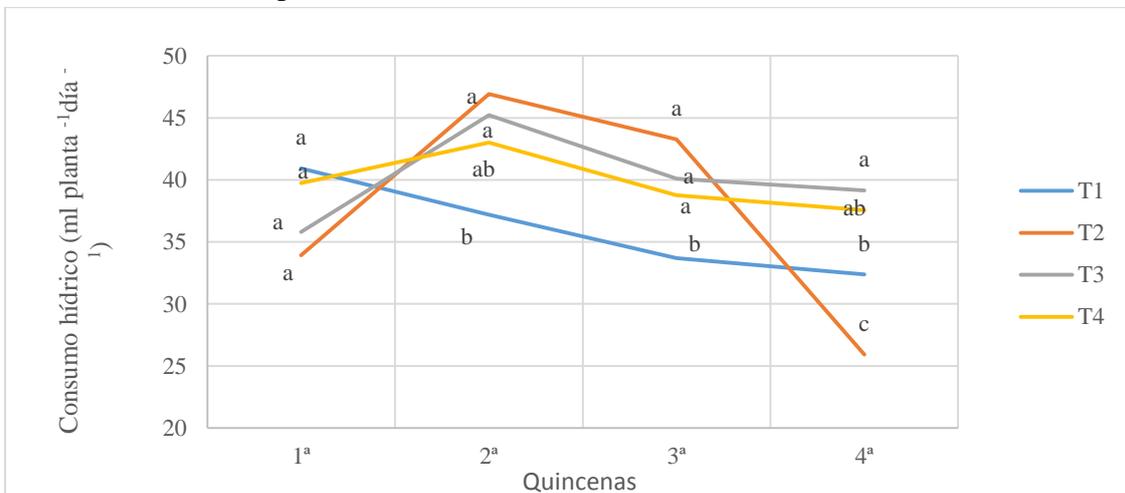
T1, T2, T3 y T4 son los tratamientos de 1, 2, 4 y 6  $\text{dS m}^{-1}$  respectivamente. Prueba de LSD ( $P < 0,05$ ). Valores con distintas letras indican diferencias significativas.

**Figura 7.5.** Porcentaje de volumen de solución drenada con respecto al volumen de la solución de riego en función de la CE ( $\text{dS m}^{-1}$ ) de la solución nutritiva en plantas de *Helichrysum thianschanicum*.



T1, T2, T3 y T4 son los tratamientos de 1, 2, 4 y 6  $\text{dS m}^{-1}$  respectivamente. Prueba de LSD ( $P < 0,05$ ). Valores con distintas letras indican diferencias significativas.

**Figura 7.6.** Consumo hídrico por planta y día en función de la CE ( $\text{dS m}^{-1}$ ) de la solución nutritiva en plantas de *Helichrysum thianschanicum*.



T1, T2, T3 y T4 son los tratamientos de 1, 2, 4 y 6  $\text{dS m}^{-1}$  respectivamente. Prueba de LSD ( $P < 0,05$ ). Valores con distintas letras indican diferencias significativas.