



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
UNIVERSIDAD DE SEVILLA
GRADO EN INGENIERIA AGRICOLA

OPTIMIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE LA FLOR CORTADA EN INVERNADERO. CASO DEL CULTIVO DEL CLAVEL.

TRABAJO FIN DE GRADO



TUTORES: Luis Andreu Cáceres

Eusebio Carmona Chiara

Benito Salvatierra Bellido

AUTORA: M^ª Regla Benítez Rafoso

Fecha de entrega: 2 de Septiembre de 2016



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
UNIVERSIDAD DE SEVILA
GRADO EN INGENIERIA AGRICOLA

OPTIMIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE LA FLOR CORTADA EN INVERNADERO. CASO DEL CULTIVO DEL CLAVEL.

TRABAJO FIN DE GRADO

TUTORES:

Luis Andreu Cáceres

Profesor Titular de Universidad. Departamento de Ciencias Agroforestales.
Área de Producción Vegetal.

Fdo: Luis Andreu Cáceres

Eusebio Carmona Chiara

Catedrático de Escuela Universitaria. Departamento Ciencias Agroforestales.
Área de producción Vegetal.

Fdo: Eusebio Carmona Chiara

Benito Salvatierra Bellido

Ingeniero Agrónomo. Instituto de Investigación y Formación Agroalimentaria
y Pesquera (IFAPA). Centro de Chipiona.

Fdo: Benito Salvatierra Bellido

AUTORA:

M^a Regla Benítez Rafoso.

Fdo: M^a Regla Benítez Rafoso

Fecha de entrega: 2 de Septiembre de 2016



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y DESARROLLO RURAL

AGRADECIMIENTOS:

Es de bien nacido ser agradecido.

Debo dar las gracias a todas las personas que de una u otra forma, me han ayudado a que este trabajo sea una realidad.

A los profesores Eusebio Carmona Chiara y Luis Andreu Cáceres, por la supervisión, las sugerencias y aportaciones infinitamente útiles y por mostrar tanto interés en este trabajo, pero sobre todo, por su disponibilidad siempre. Muchísimas gracias.

A Benito Salvatierra Bellido por transmitirme todos los conocimientos de riego para éste y otros trabajos. Gracias por su interés siempre.

A todos mis compañeros del Centro IFAPA de Chipiona, en especial a Salvador Viqueira Pina, por sus clases magistrales sobre hojas de cálculo, su compañerismo y su sentido del humor y a Antonio Nieto Martínez, por su ayuda en campo, sus consejos y la coordinación del equipo de trabajo. Gracias a todos.

A Jesús Casado Vera, por facilitarme todos los medios necesarios, su interés durante todo el trabajo, por tener una sonrisa y sobre todo por enseñarme tantos valores y darme ánimos. Gracias por ser líder y no jefe.

A todos, mi más profundo agradecimiento.

INDICE:

1.	RESUMEN	4
2.	INTRODUCCIÓN	6
2.1	Definición del sector	7
2.2	Producción de clavel en España y en el mundo	8
2.3	Producción en Andalucía	9
2.4	Exportaciones de clavel	10
2.5	Generalidades del clavel	12
2.5.1	Taxonomía del clavel	12
2.5.2	Morfología	12
2.5.3	Parámetros de calidad comercial	13
2.5.4	Exigencias del cultivo	14
3.	OBJETIVOS	17
4.	MATERIAL Y METODOS	19
4.1	Descripción de la finca	20
4.1.1	Situación	20
4.1.1.1	Características del invernadero	22
4.1.2	Clima	23
4.1.3	Características del suelo	25
4.1.4	Características del agua	30
4.2	Material vegetal y labores realizadas	33
4.2.1	Material vegetal	33
4.2.2	Labores realizadas antes de la siembra	34
4.2.2.1	Limpieza y desinfección de la parcela	34
4.2.2.2	Abonado de fondo	34
4.2.2.3	Preparación de banquetas	34

4.2.2.4	Construcción de lisímetros de drenaje	35
4.2.2.5	Instalación del sistema de riego	38
4.2.2.6	Instalación de los sensores	39
4.2.3	Siembra	41
4.2.4	Operaciones realizadas tras la siembra	42
4.2.4.1	Fertirrigación	42
4.2.4.2	Pinzado	43
4.2.4.3	Entutorado	44
4.2.4.4	Remetido	44
4.2.4.5	Desbotonado	44
4.3	Diseño experimental	45
4.3.1	Riego y fertirrigación	47
4.3.2	Metodología y evaluación del ensayo	48
4.3.3	Metodología del análisis de los datos obtenidos	51
4.3.1.1	Semanas sin producción de tallos	52
4.3.1.2	Semanas con producción de tallos	52
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
5.1	Datos obtenidos	54
5.2	Resultados obtenidos en las semanas sin producción de tallos	54
5.3	Resultados obtenidos en las semanas con producción de tallos	55
5.4	Coefficiente de cultivo	57
5.5	Producción	61
6.	CONCLUSIONES	63
7.	BIBLIOGRAFIA	65
8.	ANEXOS	68

Resumen

1.- RESUMEN

El ensayo se ha desarrollado en un invernadero de estructura semicircular de tres cuerpos situado en el Centro IFAPA de Chipiona, en Camino de la Esparragosa s/n, en la localidad de Chipiona (Cádiz), un entorno agrícola y tradicionalmente ligado a la producción de clavel desde la década de los años ochenta.

El suelo es tipo arenoso y se realiza riego por goteo. El agua empleada en el ensayo procede de la Comunidad de Regantes Costa Noroeste de Cádiz.

El objetivo principal del ensayo es obtener un coeficiente de cultivo que se adecue a las necesidades reales en invernadero, optimizando el agua de riego y asegurando techos de producción y calidad.

El diseño experimental ha sido en bloques completos al azar, con tres repeticiones. Se ensayaron 3 estrategias de riego: 80% de las necesidades totales del cultivo, 100% de las necesidades totales del cultivo y 120% de las necesidades totales del cultivo.

Los valores a medir en el ensayo han sido: número de tallos, milímetros de agua de lixiviado procedente de cada una de las estrategias de riego, recogidos mediante los lisímetros de drenaje, y dosis bruta de riego para el cultivo del clavel en invernadero.

La metodología consistió en la determinación semanal de la Evapotranspiración de referencia para cultivos dentro de invernadero, según Fernández et al., (2001), a través del cálculo de la radiación interna y relacionándola con la radiación externa. Para ello se utilizaron los piranómetros situados en el interior del invernadero, cuyos datos se correlacionan con la del dato de radiación externa obtenida de la estación meteorológica situada a escasos metros de la parcela de ensayo y perteneciente a la Red de Información Agroclimática que gestiona el IFAPA. El análisis estadístico de los datos se realizó con el software Statistix 9.1.

Se obtuvo un coeficiente de cultivo semanal resultado de desarrollar la ecuación del modelo polinómico de orden 3 y que permite ajustar con mayor precisión las necesidades de agua del cultivo y maximizar la producción.

Introducción

2.- INTRODUCCIÓN

El cultivo del clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) es de todas las especies de flor cortada, el cultivo con mayor volumen de superficie y producción del sudoeste de España, centrándose principalmente su producción en las provincias de Sevilla y Cádiz, y dentro de esta última, en la Comarca Costa Noroeste, destacando Chipiona y Sanlúcar como principales zonas de cultivo. Debido principalmente a las bondades de las condiciones agroclimáticas, junto con las estructuras de las explotaciones existentes en la zona, el enclave Chipiona-Sanlúcar-Rota llega a ser el mayor centro productor de España y uno de los mayores de Europa (Navas, 1988).

La producción del clavel se realiza de forma intensiva, y consiste en un monocultivo que se produce, de forma general, en ciclos bienales y excepcionalmente en ciclos anuales, según variedades (Plaza et al., 2008).

El aumento de costes de producción unido al estancamiento de precios, la necesidad de mantener la calidad del producto y los problemas agronómicos, así como la escasez de agua de buena calidad hacen que sea preciso incidir en la necesidad de mejorar el manejo del riego y la fertirrigación en este cultivo.

Este Trabajo Fin de Grado se enmarca dentro de los ensayos realizados por el Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera de Andalucía (IFAPA), en una parcela situada en las propias instalaciones del centro. Dentro del PROYECTO TRANSFORMA CONECTA SAR, encuadrado en su módulo de experimentación y como parte del objetivo general en el ámbito de los riegos andaluces de mejorar la eficiencia en el uso de los recursos naturales y minimizar los impactos ambientales, y con el objetivo final de aportar al usuario la información necesaria para optimizar el manejo de los cultivos, se realiza el presente ensayo, proporcionando para ello un coeficiente de cultivo definitivo que se adecue a las necesidades reales, optimizando el agua de riego y asegurando techos de producción y calidad.

Para ello se ha utilizado la variedad "Ormea" y se ha llevado a cabo bajo la coordinación de los profesores D. Luis Andreu Cáceres, D. Eusebio Carmona y del técnico especialista del Centro IFAPA de Chipiona (Cádiz), D. Benito Salvatierra Bellido.

2.1.- Definición del sector

El clavel ocupa en la actualidad un lugar destacado en el mundo como planta para la producción de flor cortada. Junto a sus excelentes características de belleza, posee cualidades que le hacen especialmente apto para su comercialización, como son la duración de la flor una vez cortada, su resistencia al transporte y embalaje y la posibilidad de ser producida durante todo el año de forma intensiva. (Rosauero, 1983). Es importante definir el sector del cultivo de plantas con fines ornamentales para evitar confusiones en las fuentes de información actualmente disponibles, ya que se trata de un sector con una gran variabilidad de productos muy diferentes entre sí. Dentro de lo que comúnmente se conoce como floricultura, se distinguen tres grupos principales:

- Planta ornamental: se recoge bajo este término todas las plantas que se comercializan vivas, ya sea en maceta o en otro tipo de contenedores para su uso en decoración de interiores o jardinería.
- Material vegetal: se clasifica como material vegetal los esquejes y plantones para la posterior venta a viveros donde se completará el desarrollo hasta la obtención de planta ornamental o directamente para flor cortada.
- Flor cortada: se clasifica así al producto perecedero, de vida limitada post-cosecha, que habitualmente se trata de la flor y el tallo, y que se corta en el momento adecuado de su desarrollo para su venta usualmente en ramos.

El estudio de producción y evolución del clavel en el mundo, detallada a continuación, se centrará exclusivamente dentro de la clasificación de “Flor cortada”, por ser la clasificación que recoge la producción de clavel, entendiéndose como producto de vida limitada post-cosecha.

2.2.- Producción de clavel en España y en el mundo

El clavel es una planta originaria de la cuenca mediterránea, aunque se acabó extendiendo por todo el mundo gracias a la migración y colonización de otras tierras. En España se cultiva clavel en las regiones mediterráneas (Comunidad Valenciana, Región de Murcia y Andalucía), que son a su vez las de mayor tradición y especialización, pero también en otras comunidades como Canarias, Galicia y País Vasco donde las condiciones climáticas y la construcción de infraestructuras permiten su cultivo.

La superficie total de clavel cultivado en España en 2013 asciende a algo más de 425 hectáreas. Centrándonos en las regiones más productivas a nivel nacional, destaca Andalucía como comunidad pionera en cuanto a superficie cultivada, con 238 hectáreas, seguida de Murcia con 65, Galicia con 54 y Canarias con 31,5 hectáreas. Productoras de clavel son también las Comunidades de Valencia, País Vasco y Cataluña, aunque con bastante menor representación a nivel nacional.

Tabla 1. Superficie de clavel en hectáreas cultivadas por comunidades autónomas en España (Anuario de estadística MAGRAMA 2014).

Comunidad Autónoma	Superficie cultivada de clavel (ha)
Andalucía	238,02
R. de Murcia	65
Galicia	54
Canarias	31,5
C. Valenciana	13
País Vasco	10,3
Cataluña	8

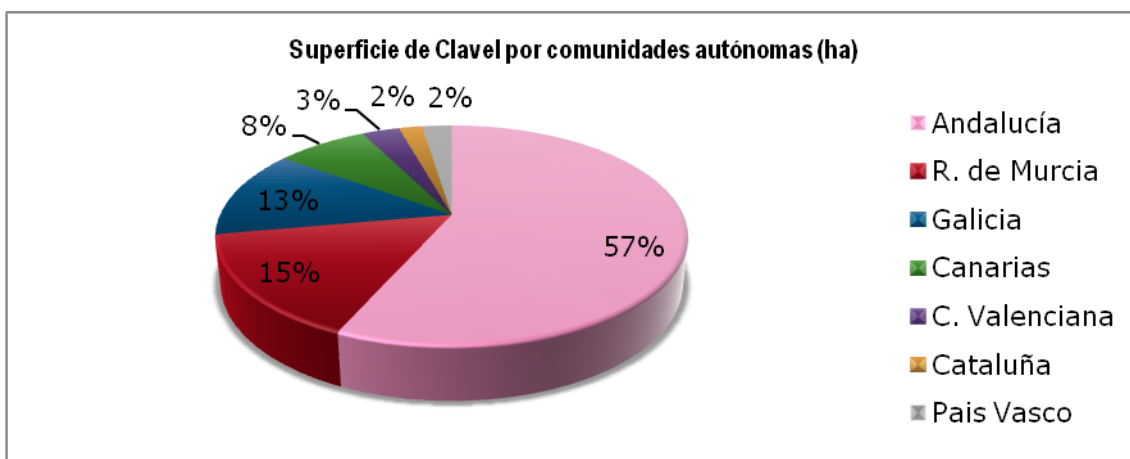


Figura 1. Superficie de clavel por comunidades autónomas en España, respecto al total existente en el país. Elaboración propia a partir de los datos de Anuario de estadística MAGRAMA 2014.

2.3.- Producción de clavel en Andalucía

Con un total de 238 hectáreas, Andalucía es con diferencia la región con mayor superficie de clavel cultivado, destacando las 144 hectáreas de la provincia de Cádiz, que representan el 60 % de la producción andaluza y que se centralizan en su mayoría en la Costa Noroeste, en la agrupación norte, formada por los municipios de Sanlúcar, Rota, y Chipiona. Le sigue la provincia de Sevilla, con un 30% de la superficie total cultivada en Andalucía y que se concentra principalmente en los municipios situados en la comarca de la Campiña y del Bajo Guadalquivir. Las provincias de Málaga, Almería y Córdoba también son productoras de clavel, pero en menor medida que las dos anteriores, con alrededor de 9 hectáreas de cultivo cada una en el caso de Málaga y Almería y sólo 5 hectáreas en la provincia de Córdoba.

Tabla 2. Superficie de clavel en hectáreas cultivadas en Andalucía (Anuario de estadística MAGRAMA 2014).

Provincia Andaluza	Superficie cultivada de clavel (ha)
Cádiz	144,2
Sevilla	71
Málaga	9
Almería	9
Córdoba	5

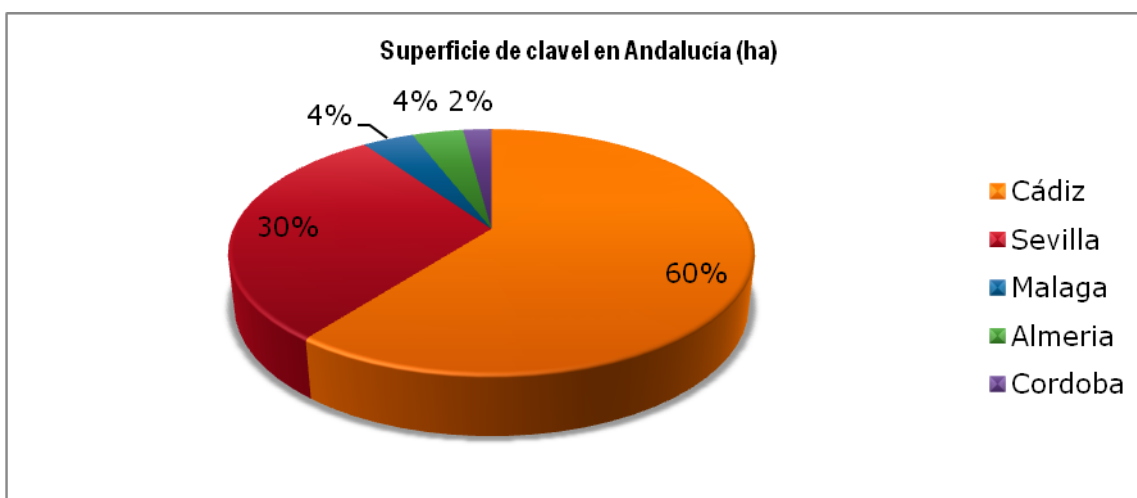


Figura 2. Superficie de clavel por provincias en Andalucía, respecto al total existente en la comunidad autónoma. Elaboración propia a partir de los datos de Anuario de estadística MAGRAMA 2014.

2.4.- Exportaciones de clavel

El principal destino de exportación del clavel español es el mercado Holandés, concretamente la subasta que se celebra diariamente en la localidad de Aalsmeer y que es considerada la mayor subasta de flores del mundo. Holanda representa el mayor centro de negocios de flor cortada a nivel mundial. Los productores locales e internacionales, intermedian en la subasta y hacen llegar las flores a cualquier punto del mundo a través de los mayoristas y minorista. Además de Holanda, los principales mercados de destino de exportación de clavel son Reino Unido, Francia y Portugal.

Tabla 3. Principales mercados de destino de exportación del clavel Español. (Anuario de estadística MAGRAMA 2014).

País de destino	Unidades (miles) 2015	Unidades (miles) 2014	Unidades (miles) 2013	Unidades (miles) 2012
Holanda	119932,521	131396,2076	119972,4382	110605,753
Reino Unido	58598,482	55688,068	55457,92	44654,232
Francia	6325,954	7778,291	6918,525	6006,015
Portugal	2572,33	2784,803	624,475	1008,843

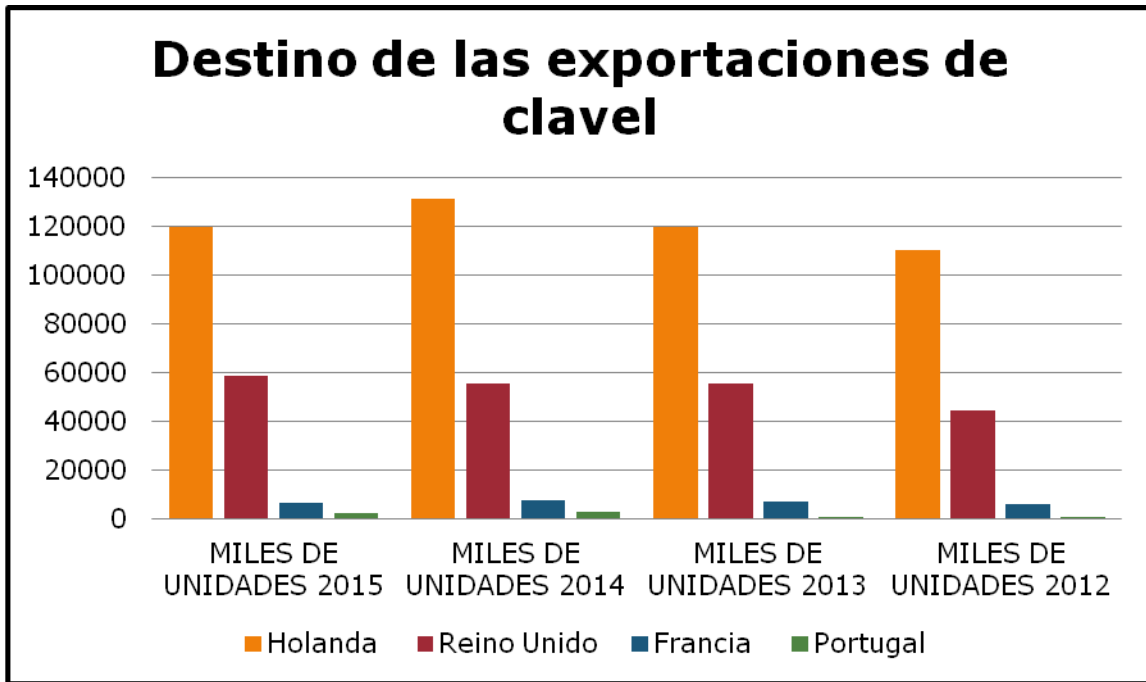


Figura 3. Mercados de destino de las exportaciones de clavel, años 2013-2015. Elaboración propia a partir de los datos de ESTACOM (ICEX).

El total de tallos exportados, desde 2012 a 2015 y que se aprecia con mayor detalle en la Figura 4, alcanza su nivel máximo en 2014 con más de 200.000 tallos sólo de clavel, dato que denota la importancia de este cultivo dentro del sector de la flor cortada.

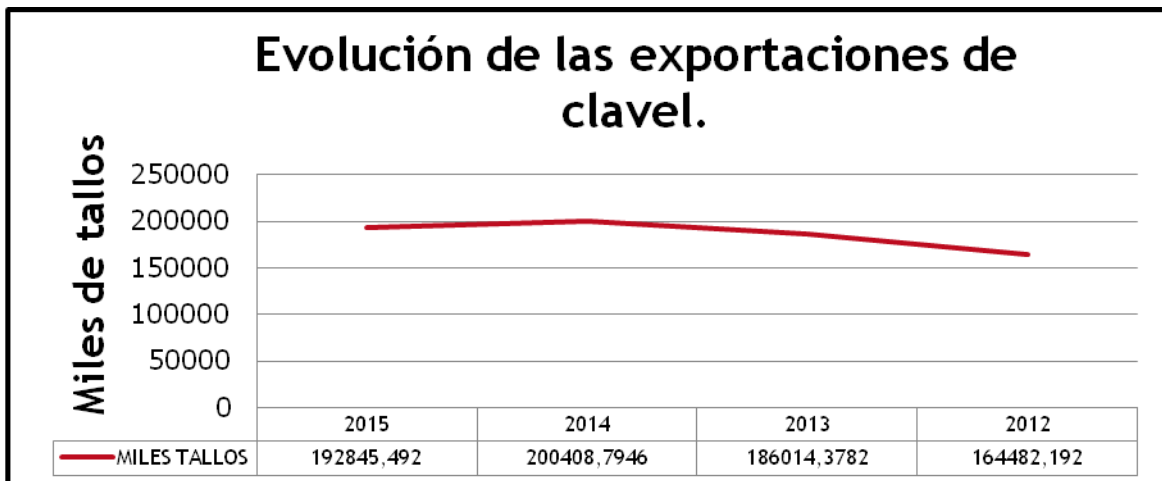


Figura 4. Evolución de las exportaciones de clavel español en el período 2012-2015. Elaboración propia a partir de los datos de ESTACOM (ICEX).

2.5.- Generalidades del clavel

2.5.1.- Taxonomía del clavel

El género *Dianthus* (del griego “Flor de los dioses”) abarca entre 250 y 300 especies, de las que se seleccionan las variedades que posteriormente se cultivaran para su uso ornamental, distinguiéndose entre ellas *Dianthus Caryophyllus* por su aprovechamiento para flor cortada (Navas, 1988), se conoce desde hace más de 2000 años, y ha sido sometida a continuas mejoras hasta llegar a las variedades que actualmente encontramos en el mercado, destacando como etapas más importantes las siguientes:

- 1.840 se obtienen las primeras variedades de floración continua.
- 1.892 se exportan los claveles desde Francia a E.E.U.U
- 1.893 aparecen las primeras variedades americanas obtenidas por Mr. William Sim, de donde toman la denominación “SIM” por las que se les conocen actualmente.
- 1.947 se comienza a comercializar variedades “SIM” y 5 años más tarde se empieza a producir.
- 1.958, la Sociedad Americana del Clavel, presenta el primer clavel Spray, también conocido como miniclavel o clavellina.
- 1.964 se comercializan los claveles denominados “Standard”, fruto de la hibridación de los claveles de ambas líneas (SIM x Spray)
- 1974 aparecen los primeros híbridos “resistentes” al hongo de suelo *Fusarium Oxysporum Dianthi* (Navas, 1988).

La clasificación taxonómica se detalla en la tabla 4.

Tabla 4. Clasificación taxonómica del clavel (*Dianthus caryophyllus*).

Clasificación taxonómica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Caryophyllidae
Orden	Caryophyllales
Familia	Caryophyllaceae
Genero	<i>Dianthus</i>
Especie	<i>Dianthus caryophyllus</i>

2.5.2.- Morfología

Es una planta herbácea, perenne, con hojas opuestas, simples y enteras soldadas por la base, de tallos con nudos gruesos rodeados por la base de las hojas. Sin estípulas, con 4 o 5 sépalos soldados. En la base del cáliz hay un cierto número de brácteas formando un cálculo (Navas et al., 1997). Originaria de regiones Mediterráneas de Grecia e Italia, aunque su larga trayectoria como planta cultivada hace difícil precisar su origen concreto (Tutin & Walters 1993), ha

evolucionado de una única floración en primavera a floración durante todo el año bajo plástico, debido a que en invernadero podemos proporcionar las condiciones de luz y temperatura que necesita el cultivo.

En cultivos intensivos, el clavel es una planta perenne de base leñosa con tallos hinchados y frágiles en los nudos, que crecen entre 60-70cm, pudiendo producir de 1 a 5 tallos que a su vez producirán un promedio de 5-6 flores cada uno (Lamborn, 1901; DHA, 2006; Rallo et al., 1998).

Actualmente, podemos encontrar los siguientes tipos:

Clavel Americano o Sim: cada tallo floral produce una única flor y cultivables uno o dos años. Presentan flores grandes y de buena calidad, hojas grandes y tallos largos y consistentes. La vegetación es más abundante, se cultivan en invernadero porque son más exigentes climatológicamente y además sensibles al ataque de Fusarium.

Clavel Mediterráneo: cada tallo produce una única flor y cultivables anualmente. Derivados de cruces entre claveles franceses y americanos. Actualmente se extiende por toda la cuenta mediterránea. El tamaño y calidad de la flor es grande, como el clavel americano, pero sin embargo las hojas son estrechas, puntiagudas y cerosas. Son bastante rústicos, más resistentes a enfermedades que los Sim y con mayor variedad de colores, ésta última virtud hace que hayan conseguido desplazar al clavel Sim en los mercados actuales.

Clavel Italiano: cada tallo produce una única flor. Es también conocido como clavel Niza y es el más rústico de todos y resistente a temperaturas extremas. Actualmente su cultivo se encuentra en regresión, debido a que la flor tiende a reventarse por el cáliz y por tanto no cumple con los estándares de calidad comerciales, recogidos en la tabla 5.

Clavel miniatura, Spray o clavellina: cada tallo produce varias flores, cultivables bianualmente, aunque de menor tamaño y envergadura que los anteriores, con tallos florales y plantas de porte menor. Una vez cortados, su vida útil es mayor que en los casos anteriores. Poseen colores vivos y son resistentes a las bajas temperaturas. Los parámetros de calidad comercial se recogen también en la tabla 5.

2.5.3.- Parámetros de calidad comercial

Según Molina (1987), los parámetros de calidad son fundamentales a la hora de hablar de comercialización de clavel o clavellina, y tienen en cuenta los siguientes conceptos fundamentales:

- El valor de la producción, es sólo valor de venta.
- La valoración se hace según los gustos y preferencias del mercado.
- Dicha valoración tiene que responder a los niveles de calidad aceptados y exigidos por el mercado.

La valoración se fija por tanto en el diámetro floral, forma y color de los pétalos, tipo, modo de apertura y composición de las inflorescencias, grado de apertura, vida útil tras el corte, longitud del tallo, distancia entre nudos, forma y disposición de las hojas, condiciones generales de sanidad, ausencia de residuos fitosanitarios, presentación y proporcionalidad.

Tabla 5. Especificación de las calidades comerciales en clavel y clavel mini, spray o clavellina. Fuente: Elaboración propia según indicaciones de los técnicos de la zona y los propios floricultores.

Parámetros de Calidad	Clavel	Clavel mini o clavellina
Extra	70 cm	-
Primera	60 cm	60 cm
Segunda	50 cm	50 cm
Nº de tallos / ramo comercial	20 tallos	10 tallos

2.5.4.- Exigencias del cultivo

* Suelos:

- textura: es muy conveniente que el suelo sea arenoso y suelto, para que el sistema radicular se desarrolle sin problemas, además de evitar que el suelo se encharque y se asfixie radicalmente, por lo que es totalmente desaconsejable cultivar esta planta en suelos arcillosos.

- pH: el cultivo del clavel alcanza su desarrollo óptimo en suelos con un pH comprendido entre 6.5 – 7. Si el pH descendiera hasta valores ácidos, se favorecerían el desarrollo de algunos hongos, como Fusarium y si se alcanzan valores de pH básicos se podrían producir problemas de bloqueo en la absorción de hierro (clorosis férrica) provocados por el alto contenido en calcio.

- Salinidad: soporta relativamente bien la salinidad del suelo, al ser una planta bastante rústica. La conductividad eléctrica (CE expresada en milimhos/centímetro siendo 1 mmho aproximadamente 0.64 gramos/litro de sal) para alcanzar los mejores rendimientos en clavel no debe superar los 2 mmhos (1.28 gr/l), presentándose síntomas de toxicidad a valores superiores de 6 mmhos/cm. Dentro de este amplio margen de concentración de sales, la respuesta de la planta se verá influenciada por la textura y estructura del suelo, por eso los suelos arenosos serán los que menos problemas puedan presentar aún con aguas de mayor conductividad, ya que su porosidad impedirá que las sales se concentren en menor medida que en suelos menos sueltos. Además de la CE del agua, los residuos por abonado o un drenaje insuficiente, pueden provocar problemas de salinidad.

* Clima:

- Luminosidad: la luz es un factor importantísimo para el desarrollo óptimo del cultivo, ya que es imprescindible para la realizar la fotosíntesis, además de ser determinante en la longitud y rigidez del tallo, número de flores y tamaño, parámetros valorables en la calidad comercial de esta planta. En condiciones de insuficiencia lumínica se producen brotes débiles, tallos largos pero ahilados, poco vigorosos y el cultivo se vuelve más sensible a las enfermedades criptogámicas. Por el contrario, el exceso de luz no le perjudica para nada ya que la formación y apertura de flores se acelera.

- Temperatura: este parámetro influye en el crecimiento y producción, ya que repercute de forma directa en la transpiración, respiración, fotosíntesis, crecimiento y floración de la planta. Las temperaturas óptimas se sitúan entre 12-14°C durante la noche y entre 20-24°C durante el día.

Temperaturas inferiores a 6°C hacen que la actividad fisiológica se retrase y disminuya la producción, y alcanzados los 0°C durante varias horas se producen daños como quemaduras, lunares blanquecinos en pétalos oscuros y rosáceos en pétalos claros con lo que su valor sufre una caída en picada, debido a que no se cumplen con los parámetros de calidad comercial, al igual que cuando la temperatura supera los 26-28°C, ya que la planta cierra sus estomas para evitar la deshidratación y el desarrollo fisiológico se detiene, es por eso que en Andalucía es común ver en veranos los invernaderos “encalados”, técnica que mediante la aplicación de cal en la cubierta de los invernaderos permite disminuir la temperatura que se alcanza en el interior de los mismos durante la época estival.

- Humedad relativa: todos los cultivos que se desarrollan en invernadero necesitan una humedad relativa óptima que oscile entre el 65-70% para que se desarrollen de forma óptima, ya que se favorece la apertura de los estomas y la normal realización de la transpiración y fotosíntesis. A humedades relativas mayores, la planta alcanzará un punto de saturación de agua que hará que los tallos se rompan con facilidad, dificultando las tareas de remetido, además de incrementarse el riesgo de enfermedades como Botrytis ó Roya. A humedades relativas bajas, el cierre de los estomas de la planta para evitar la deshidratación hace que el proceso fisiológico normal de la planta se vea ralentizado, además de incrementarse el riesgo de ataques de ciertas plagas como trips o araña roja.

* Agua:

- Calidad: el principal factor que define la calidad de un agua destinada a riego es la salinidad. La salinidad es la cantidad de sales disueltas en un agua. El parámetro que mide qué cantidad de sales disueltas contiene un agua es la conductividad eléctrica (CE) a 25°C. Éste parámetro se expresa en milimhos en gramos por litro, a razón de 1 mmhos/cm = 0.64 g/l. La clasificación en cuanto a calidad de aguas para el riego, es la siguiente:

- Concentraciones menores de 1.5 mmhos/cm aseguran que el agua es ideal para el riego.
- Concentraciones comprendidas entre 2 – 3 mmhos/cm, indican que se pueden producir pérdidas en la producción de hasta un 20%.
- Concentraciones mayores de 3 mmhos/cm conllevarán problemas de toxicidad.

Aunque el clavel es una planta rústica que tolera bastante la salinidad, en casos donde las concentraciones son muy elevadas o el suelo no posee un buen drenaje pueden aparecer síntomas como quemaduras en los bordes de las hojas, ennegrecimiento de los pétalos, tallos más cortos y con nudos más gruesos que tienen tendencia a reventar y mal aspecto en general de la planta.

El problema de la salinidad es acusado en la zona de la Costa Noroeste, y por tanto debe ser tenido en cuenta.

- Cantidad: las necesidades de agua serán distintas según la zona de cultivo y en función a la evapotranspiración se realizará el cálculo para disponer del agua necesaria en cada fase del

cultivo. Como datos orientativos, sabemos que para el cultivo del clavel se necesitan entre los 800 y 1000 litros/m² y año, dependiendo como es obvio de la zona.

* Abonado y fertilización: el abonado y fertilización del clavel irá orientado a conseguir un rendimiento óptimo del cultivo, y se realizará en función a los resultados de un análisis de suelo previo a su implantación, donde se analizarán tanto parámetros físicos (textura, porosidad, humedad...) como parámetros químicos (pH, salinidad, materia orgánica total, nitrógeno total, calcio, fósforo...).

Los valores para el abonado mineral del clavel, se detallan en la tabla 6, sin definir la tipología de suelo en cuestión, según Rosauro (1983).

Tabla 6. Orientación en cuanto a valores de abonado mineral para el clavel. Fuente: Rosauro (1983).

Nitrógeno	20 a 50 mg / 100 g de suelo
Fosforo asimilable (P₂O₅)	60 a 80 mg / 100 g de suelo
Potasio asimilable (K₂O)	80 a 100 mg / 100 g de suelo

Además para prevenir posibles deficiencias de magnesio y boro se recomienda aportar 10-15 g/m² de sulfato de magnesio y 2-3 g/m² de boro comercial.

A título orientativo, puede aconsejarse las siguientes cantidades de abono comercial (tabla 7), y que tradicionalmente han sido utilizadas por los floricultores de la zona, especialmente recomendadas en el caso de suelos arenosos según Navas (1988).

Tabla 7. Cantidades orientativas de abonos comerciales más utilizados en el caso de suelos arenosos. Fuente: Navas (1988)

Abono Comercial	Cantidad para 1000 m²
Superfosfato de Cal (18%)	200 kilos
Sulfato de Potasio (50%)	50 kilos
Sulfato de Magnesio (20%)	25 kilos
Borax (Boro 12%)	2 kilos
Azufre para espolvoreo, sólo en caso de suelo con pH básico	50 kilos

En cuanto a abonado orgánico, se estima oportuno aportar en torno al 3.5% de materia orgánica para el caso de los suelos arenosos, concretamente en torno a 15-20 kg/m² de estiércol de vacuno en condiciones óptimas de madurez.

Objetivos

3.- OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es la optimización del uso del agua de riego en el cultivo del clavel, evaluando las necesidades hídricas de este cultivo dentro de invernadero en las condiciones climáticas de la “Costa Noroeste de Andalucía”.

Dentro del objetivo general se incluyen los siguientes objetivos específicos:

1. Ajuste del coeficiente de cultivo (K_c) en invernadero.
2. Optimizar el manejo del cultivo para una mayor calidad y producción, ajustando para ello la dosis de riego.
3. Optimizar el uso de los recursos hídricos disponibles.

Material y Métodos

4.- MATERIAL Y MÉTODOS

4.1.- Descripción de la finca

4.1.1- Situación

La comarca de la Costa Noroeste de Cádiz se sitúa al noroeste de la provincia de Cádiz (Figura 5). Los municipios que conforman ésta comarca se agrupan en dos partes: agrupación norte (Chipiona, Sanlúcar y Rota) y agrupación sur (Cádiz, San Fernando, Chiclana y Conil de la Frontera).



Figura 5. Comarcas agrarias de la provincia de Cádiz. Fuente: Fernández et al., (2012).

El ensayo se realiza en una parcela experimental situada en el Centro IFAPA de Chipiona, situado en Camino de Esparragosa s/n, en la localidad de Chipiona, Cádiz (Figura 6). La parcela se encuentra situada a unos 52 Km de la capital de provincia, entre la desembocadura del Río Guadalquivir y el Océano Atlántico, en un entorno agrícola y tradicionalmente ligado a la producción de flor cortada desde la década de los años ochenta.

El acceso se realiza a través de la A-480 Jerez de la Frontera–Chipiona, y posteriormente existen dos opciones de acceso, dependiendo de nuestra procedencia:

1. Camino de la Reyerta, seguido de carretera Pista de Montijo, hasta el cruce con Camino de Esparragosa, si accedemos desde la zona de Sevilla, Jerez o Sanlúcar.
2. Carretera Pista de Montijo hasta cruce con Camino de Esparragosa, si accedemos desde Chipiona o Rota. (Figura 7).

Las coordenadas geográficas que sitúan el invernadero donde se realiza el ensayo, son según el Elipsoide Internacional de Hayford y con Datum WGS84 son 36°44'59.9" N, 6°23'53.38" W. La altitud es de 7m.

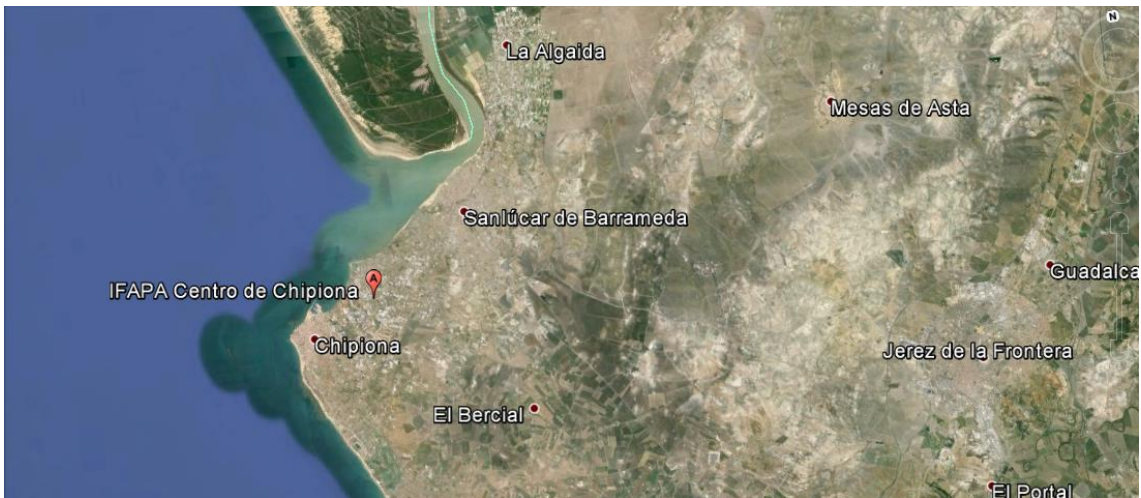


Figura 6. Situación geográfica del Centro IFAPA de Chipiona. Fuente: Google Earth.

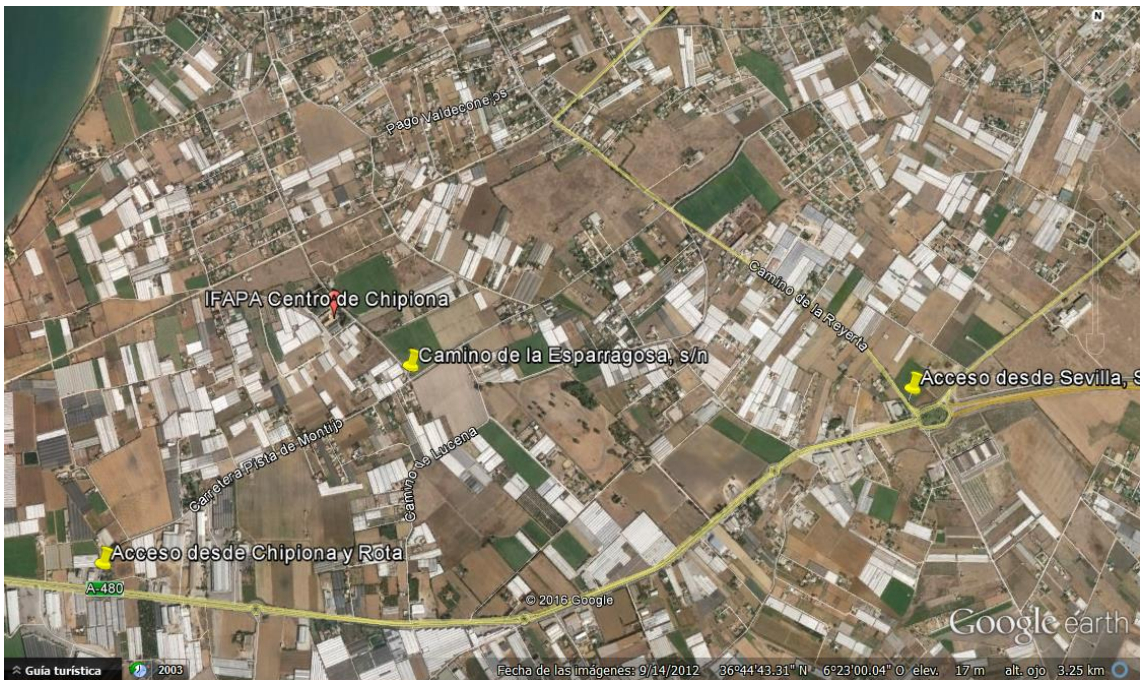


Figura 7. Acceso al Centro IFAPA de Chipiona. Fuente: Google Earth.



Figura 8. Localización de la estación agroclimática de referencia y del invernadero donde se realiza el ensayo. Fuente: Google Earth.

4.1.1.1.- Características del invernadero

El ensayo se realiza en un invernadero semicircular de tres cuerpos, tal y como se muestra en la Imagen 1 y en la Figura 8, con orientación longitudinal Sureste-Noroeste, de dimensiones 27 x 42 m² de superficie construida, de los cuales 840 m² metros útiles se dedican a otros ensayos. El presente trabajo se desarrolla en una superficie de 230 m².

La altura del invernadero es de 4 metros y 5.5 metros de altura de cumbre, con cubiertas y laterales de PE térmico de 2 mm de grosor (800 galgas) transparente y de larga duración. El acceso al invernadero se realiza mediante dos puertas correderas y su estructura es de acero galvanizado, con aleros y cenitales automáticos.



Imagen 1. Invernadero de situación del ensayo.

4.1.2.- Clima

El clima de la zona, según la clasificación climática de Papadakis, usada para los proyectos agronómicos, identifica la zona de la Costa Noroeste de Cádiz como “Mediterráneo marítimo”. Prácticamente en toda la comarca predomina el verano tipo “Oryza” y el invierno tipo “Citrus”. El régimen de humedad de la comarca es el “Mediterráneo húmedo”. La clasificación climática de Papadakis para toda la comarca se puede observar en las figuras 9 y 10.



Figura 9. Clasificación climática de Papadakis para la Comarca Costa Noroeste de Cádiz. Fuente: Fernández et al (2012).

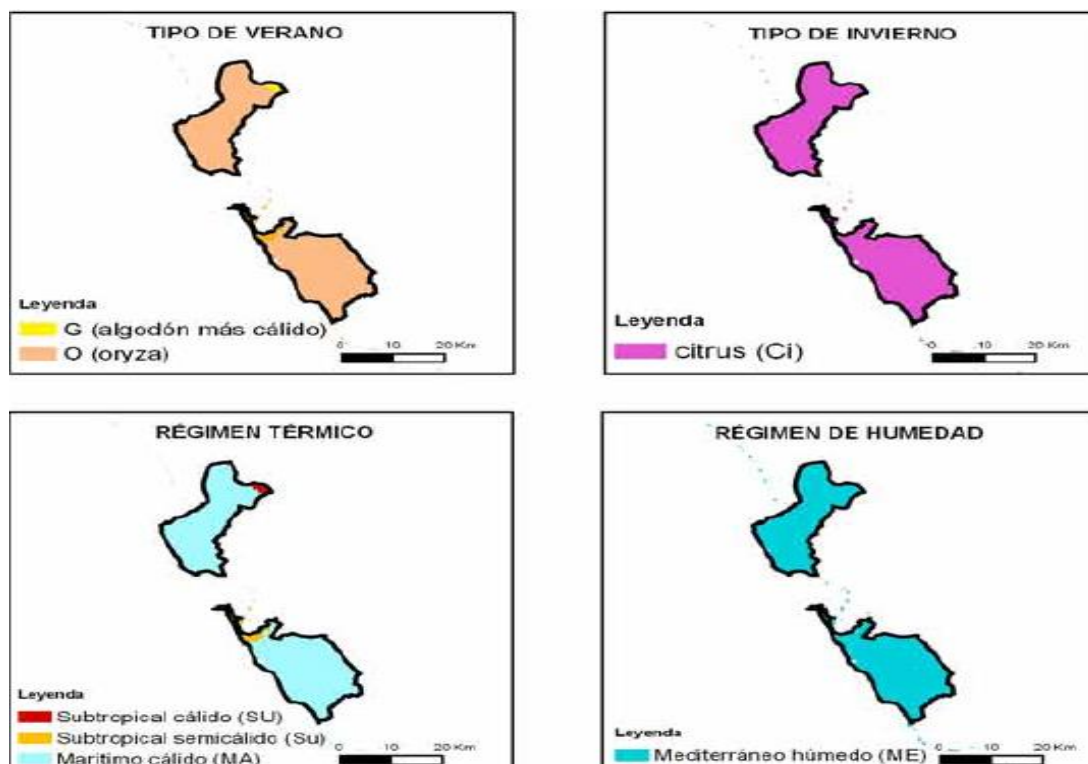


Figura 10. Tipo de invierno, verano, régimen térmico y régimen de humedad, según Papadakis, para la Comarca Costa Noroeste de Cádiz. Fuente: Fernández et al (2012).

La Red de Información Agroclimática (RIA) de la Junta de Andalucía está operativa desde el año 2000, y dispone de alrededor de 100 estaciones repartidas en las zonas regables de Andalucía. Entre estas estaciones se encuentra la situada en el Centro IFAPA de Chipiona, y que según sus datos históricos registra una temperatura media en Chipiona es de 17,3 °C, siendo enero el mes más frío con una media de temperaturas mínimas de 6,3 °C y agosto el mes más caluroso con una media de temperaturas máximas de 29,6 °C. La precipitación media anual en la localidad de Chipiona ronda los 480 mm al año. Además, esta red ofrece diariamente en su Web un dato estimado de ETo aplicando la ecuación de Penman-Monthei FAO 56, y para la situación de la parcela experimental, la ETo media anual acumulada en los últimos 12 años, es de 1192,8 mm/día (Tabla 8).

La estación meteorológica (Imagen 2) perteneciente a la RIA, realiza el registro de los parámetros climáticos cada hora de forma continua y está situada aproximadamente a 250 metros del invernadero donde se realiza el ensayo (Figura 8).

Tabla 8. Temperatura media anual, media mínima y media máxima alcanzadas en Chipiona según histórico disponible (2004-2016) de R.I.A (Red de Información Agroclimática) del IFAPA y situada a 250 m del invernadero donde se realiza el ensayo.

Temperatura media anual, en °C para el periodo 2004-2016	Temperatura media mínima, en °C para el mes de Enero, periodo 2004-2016	Temperatura media máxima, en °C para el mes de Agosto, periodo 2004-2016°C	Precipitación media anual, en mm para el periodo 2004-2016	ETo media anual, según Penman-Monthei FAO 56, en mm/día para el periodo 2004-2016
17,3	6,3	29,6	480	1192,8



Imagen 2. Estación agroclimática de la R.I.A, sita en el Centro IFAPA de Chipiona.

4.1.3- Características del suelo

Pueden realizarse dos tipos de análisis de suelos:

- Análisis de Fertilidad: para conocer el contenido de nitrógeno, fosforo, potasio y oligoelementos que nos permitan calcular el abonado y conocer la fertilidad del suelo.
- Análisis de Extracto de Pasta Saturada (EPS): para conocer los nutrientes a disposición de la planta en un momento determinado, mediante simulación de la solución del suelo. Con este tipo de análisis se miden las formas solubles de los elementos.

En el caso del ensayo que nos ocupa, se realiza un análisis de fertilidad, cuyos valores obtenidos se reflejan en la Imagen 3a y en la Imagen 3b.

El suelo presenta una textura arenosa (90% arena) y es de pendiente prácticamente nula, lo cual le proporciona buena aireación pero escasa capacidad de retención de agua. Debido a su bajo contenido en arcillas (2%), su capacidad para almacenar nutrientes es también baja.

El pH a 25°C 1/5 es básico (8.1) lo cual favorece la actividad de los microorganismos pero hace que los fosfatos precipiten en forma de fosfatos cálcicos y por tanto no estén disponibles para las plantas.

El contenido en materia orgánica oxidable es medio (1.09 %) y la relación C/N también es baja (8.1%), lo cual indica que existe una liberación media de N, procedente de la descomposición de la materia orgánica.

La conductividad eléctrica del suelo nos indica la salinidad del suelo. Rioja y Molina (2002) clasifica la conductividad eléctrica del suelo, determinada a 25°C 1/5, según lo siguiente:

- Valores menores a 0.35 mS/cm, indican un índice de salinidad inapreciable. Todos los cultivos la soportan.
- Valores comprendidos entre 0.35 y 0.65 mS/cm, indican un índice de salinidad ligera. Sólo afecta a cultivos muy sensibles.
- Valores comprendidos entre 0.65 y 1.15 mS/cm, indican un índice de salinidad media. Tomar precauciones con toda clase de cultivos sensibles.
- Valores superiores a 1.15 mS/cm, indican una salinidad intensa. Sólo apta para el cultivo de especies resistentes.

OPTIMIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE LA FLOR CORTADA EN INVERNADERO.
CASO DEL CULTIVO DEL CLAVEL.




INFORME ANALITICO Nº 000056346

CLIENTE: INS INV Y FOR AGRARIA Y PESQUERA IFAPA CHIPIONA
DIRECCION: Camino de Esparragosa s/n Apdo 51 11.850 Chipiona, CADIZ.
REF. CLIENTE: SUELO CLAVEL. REF: 6
DESCRIPCION: Suelo húmedo en bolsa de plástico cerrado (800 gramos)
FECHA DE MUESTREO: 26/07/2011
MATERIAL: Suelos y sedimentos
MUESTRO: INS INV Y FOR AGRARIA Y PESQUERA IFAPA CHIPIONA
Nº DE MUESTRA: 000053742
ENVASE: Plástico
FECHA RECEPCION: 26/07/2011 12:10:33
INCIDENCIAS: Ninguna
FECHA INICIO: 26/07/2011
ESTADO MUESTRA: Muestra en buen estado
FECHA FINALIZACION: 16/08/2011



Análisis de suelo

Parámetro	Resultado	U	LC	Unidad	PEE/Método	Técnica
PROPIEDADES FISICAS						
* Textura según normas USDA	Arenoso				PEE47	Cálculo
GRANULOMETRÍA						
* Arcilla según clasificación USDA	2			%	PEE47	Densimetría
* Arena según clasificación USDA	90			%	PEE47	Gravimetría
* Limo según clasificación USDA	8			%	PEE47	Cálculo
PROP. SOBRE LA FERTILIDAD						
* Materia orgánica oxidable	1.09			%	PEE48	Espectrofotometría UV-Vis
* Nitrógeno Kjeldahl	784			mg/Kg	PEE61	Digestión Kjeldahl
* Fósforo Ditan	286.8		4	mg/Kg	PEE50/72	Espectrofotometría UV-Vis
Conductividad eléctrica a 25°C 1/5	0.58	1.4% (k=2)	0.05	mS/cm	PEE50/02	Conductimetría
pH a 25° C 1/5	6.1	3.3% (k=2)	2.00		PEE50/01	Potenciometría
* Relación C/N del suelo	8.1				Cálculo	Cálculo
CATIONES ASIMILABLES						
Calcio extraíble con NH ₄ Ac	10.74	7.1% (k=2)	0.75	meq/100 g	PEE50/16	Esp. A. Atómica de llama
Magnesio extraíble con NH ₄ Ac	1.51	15.9% (k=2)	0.12	meq/100 g	PEE50/16	Esp. A. Atómica de llama
Potasio extraíble con NH ₄ Ac	0.19	5.0% (k=2)	0.02	meq/100 g	PEE50/16	Esp. E. Atómica de llama
Sodio extraíble con NH ₄ Ac	1.43	5.6% (k=2)	0.02	meq/100 g	PEE50/16	Esp. E. Atómica de llama



Pag.: 1/3


Imagen 3a. Análisis de suelo de la parcela de ensayo. Fuente: Laboratorio AGRAMA S.L.

INFORME ANALITICO N° 000056346

Análisis de suelo

Parámetro	Resultado	U	LC	Unidad	PEE/Método	Técnica
MICRONUTRIENTES						
* Boro extraíble con CaCl ₂	0,77	17,6% (k=2)	0,20	mg/Kg	PEE50/09	Espectrofotometría UV-Vis
* Carbonatos	1,6			%	PEE46	Calimetría
INDICES						
* Relación Ca/Mg	7,11				Cálculo	Cálculo
* Relación K/Mg	0,13				Cálculo	Cálculo



LABORATORIO AGRAMA, S.L.
Pl. Ind. Nacoya, C/ Carmen Martín, 10-11
41309 La Rinconada (Sevilla)
Telfs.: 954 93 60 43 / 955 11 99 46
Fax: 954 93 49 79
agrama@laboratorioagrama.com
C.I.F.: B-41.894.767

Pag.: 2/3

Imagen 3b. Análisis de suelo de la parcela de ensayo. Fuente: Laboratorio AGRAMA S.L.

OPTIMIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE LA FLOR CORTADA EN INVERNADERO.
CASO DEL CULTIVO DEL CLAVEL.

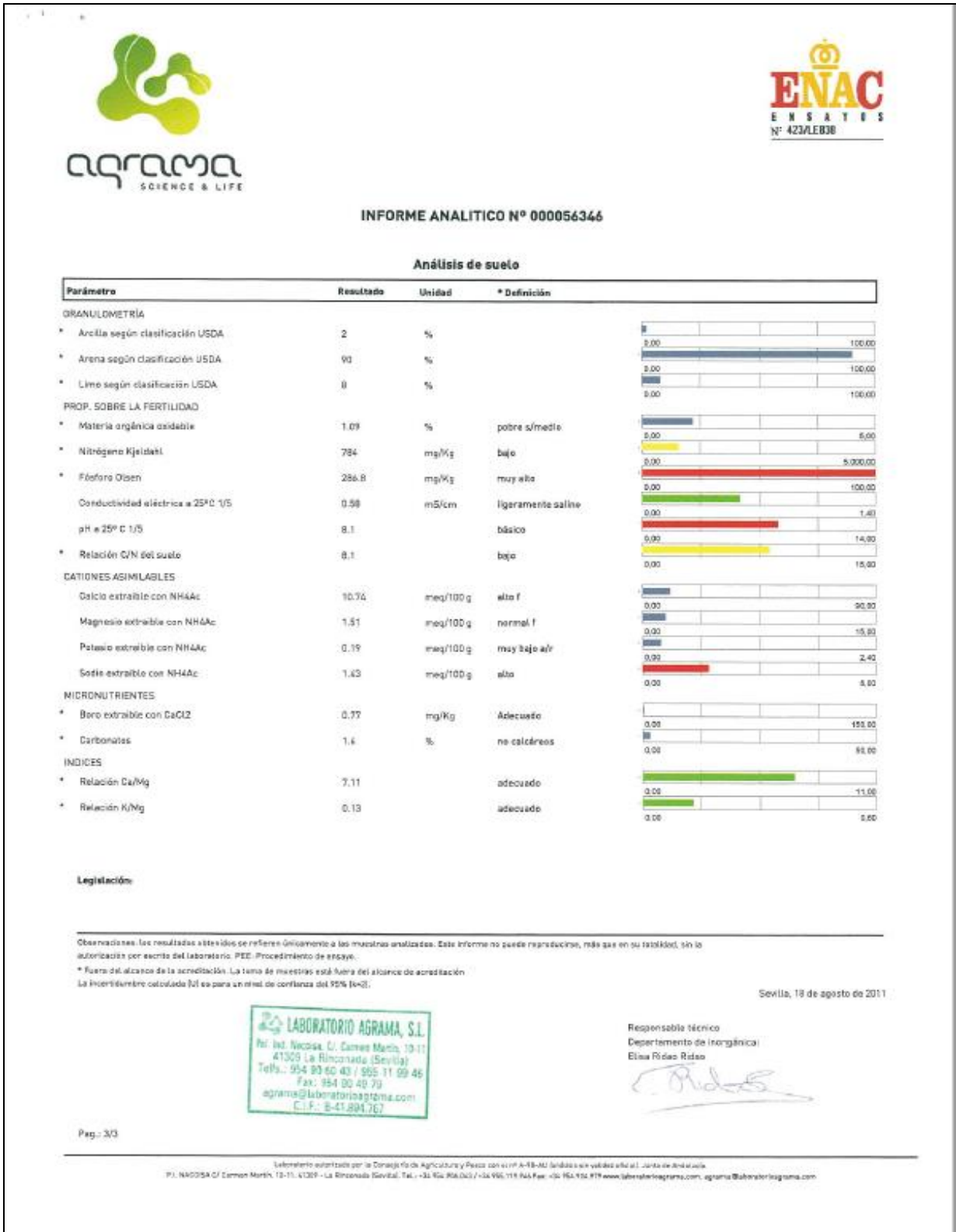


Imagen 4. Interpretación del análisis de suelo reflejado en Imagen 3a y en la Imagen 3b. Fuente: Laboratorio AGRAMA S.L.

El resultado del análisis realizado en la parcela de ensayo, nos indica que la conductividad eléctrica del suelo es de 0.56 mS/cm. Según la interpretación proporcionada por el laboratorio, que se muestra en la Imagen 4, y según Rioja y Molina (2002) estamos ante un suelo ligeramente salino, que puede ser utilizado para el cultivo del clavel ya que por su rusticidad es una planta que tolera relativamente bien la salinidad en suelo (Navas, 1988).

El nivel de fósforo supera con creces los valores que se consideran “muy altos” para el caso de suelos arenosos con manejo de riego intensivo (Cottenie et al., 1980), que oscilan entre 41-64 mg/Kg. Una posible explicación sería un exceso acumulado en el abonado fosfórico, ya que es una parcela históricamente destinada a ensayos de diversa tipología y a la vez el fósforo es un elemento poco móvil.

4.1.4- Características del agua

El agua utilizada en el ensayo es suministrada por la Comunidad de Regantes Costa Noroeste de Cádiz.

La conductividad eléctrica a 25 °C media anual de la comunidad de regantes, tiene un valor aproximado de 1.8 mS/cm. Las oscilaciones que sufre la conductividad de estas aguas en su punto de captación, situado en las zonas más bajas del cauce del Guadalete, se ven afectadas tanto por la recogida de aguas de las cuencas como por las descargas puntuales de los embalses de regulación situados aguas arriba y los aportes de afluentes con mayor o menor salinidad, y hacen que la salinidad en el punto de captación sea variable, alcanzando valores elevados en los meses de verano. En el momento de la toma de la muestra para la realización del presente análisis, se alcanzó una conductividad eléctrica a 25°C de 3.06 mS/cm.

Aunque el valor de dicha conductividad es elevado, las características propias de un suelo con un 90% de arena, unido al correcto manejo del riego que se realiza en la zona y la rusticidad del clavel, así como la época en la que se suelen dar estos valores (meses de verano, justo antes de la siega del cultivo), hacen que la influencia sea mínima en cuanto a producción, y permiten su cultivo en la zona.

Aunque el laboratorio nos proporciona el SAR, podemos recoger parámetros como el SAR corregido (SAR^o), más exacto a la hora de interpretar la calidad de un agua de riego, ya que toma en cuenta los cambios que se producen en la cantidad de calcio, al disolverse o precipitarse éste después de un riego.

Podemos calcular el SAR^o mediante la siguiente expresión y los datos recogidos en la tabla 11 del Estudio FAO de Riego y Drenaje 29, sobre la calidad del agua de en la agricultura.

$$\text{SAR}^{\circ} = \text{Na} / \sqrt{(\text{Ca}^{\circ} + \text{Mg})/2}$$

Donde:

Na= contenido de sodio en el agua del riego, meq/l

Ca°= contenido corregido de calcio en el agua del riego, en meq/l

Mg= contenido de magnesio en el agua del riego, meq/l

Una vez realizado los cálculos con los valores de nuestra analítica, obtenemos un SAR° 3.84. Para la mayoría de las aguas el valor del SAR es igual al SAR corregido $\pm 10\%$ de su valor, de forma que:

$$\text{SAR} = \text{SAR}^\circ \pm 0.1 \text{ SAR}^\circ$$

Los datos obtenidos de SAR° y SAR proporcionado por el laboratorio, cumplen por tanto dicha relación.

La dureza de 84 °F debe ser tenida en cuenta a la hora del mantenimiento de las instalaciones de riego, ya que los carbonatos cálcicos y magnésicos tenderán a precipitar y obturar los emisores. Para corroborar este dato, se utiliza el índice de Langelier.

Aunque éste índice no ha sido proporcionado por el laboratorio, podemos calcularlo a través de las siguientes expresiones:

$$I_s = \text{pH} - \text{pH}_s$$

$$\text{pH}_s = 9.3 + A + B - C - D$$

Donde:

pH_s= pH de saturación

A= (log (total de sólidos disueltos)-1)/ 10

B= -1.32 log (T°C+273)+34.55; siendo la T°C estimada para los análisis de 25°C

C= log (Ca) - 0.4; siendo (Ca) la concentración de ión Calcio con Carbonato Cálcico expresada en mg/l.

D= log (Alcalinidad expresada como Carbonato Cálcico en mg/l)

Total de sólidos disueltos = (0.64xCE)/1000 en mg/l

Realizados los cálculos obtenemos un I_s=Índice de Langelier de 1.04, que supera el valor de 0.5, a partir del cual el riesgo de precipitación debe ser tenido en cuenta en el manejo de la instalación.

Las características del análisis del agua empleada en el ensayo se muestran en la Imagen 5.



GEMASBE ANALÍTICA

Asesoría Agroalimentaria y Ambiental

Laboratorio de Análisis Agroalimentarios, Medio Ambiente y Salud Pública

Informe de Ensayo

Datos de la muestra:	Datos del cliente:
Nº Referencia: 84127 /	IFAPA - CHIPIONA
Fecha Entrada/Inicio: 14/07/2014 - 14/07/2014	Camino Esparragosa s/n
Fecha Finalización/Salida: 17/07/2014 - 17/07/2014	11550 Chipiona
Tipo de muestra: Agua	Cádiz
Cantidad de muestra: 500 ml Tipo de envase: Envase de plástico	
Toma de muestra: Realizada por el interesado	
Denominación de la muestra: Agua de la comunidad 14-07-14	

Resultados analíticos de la muestra:			
Parámetros	Método	Unidades	Resultados
pH	pH_1met	unidad de pH	6,99
Conductividad eléctrica a 25 ºC	Conduc_1met	mS/cm	3,09
Sales totales	Sales_1met	g/l	1,98
Nitratos	Nitrat_1met	mg/l	128
Cloruros	Cloru_1met	mg/l	474
Carbonatos	Carbon_1met	mg/l	No se detecta
Bicarbonatos	Bicarb_1met	mg/l	363
Sulfatos	Sulfat_1met	mg/l	424
Calcio	calcio_1met	mg/l	254
Magnesio	Magnes_1met	mg/l	50
Sodio	Sodio_1met	mg/l	286
Potasio	Potas_1met	mg/l	4
Dureza	Dureza_1met	º Franceses	84,0
SAR	SAR_1met	----	4,3
SAR ajustado	SAR_1met	----	12,4
Carbonato sódico residual	CSR_1met	----	-10,8
Índice de Scott	IScott_1met	----	4,3

Observaciones: Agua muy dura, de calidad mediocre para su uso en la agricultura, no existiendo riesgo de alcalinización del terreno.

Fdo: Rosario García Ruiz
Director técnico

17/07/2014

Los resultados de este informe sólo afectan a la muestra sometida a ensayo.

Cuando pida la reproducción total o parcial de este informe de la autorización por escrito de este laboratorio.

Laboratorio Autorizado por la Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía Nº A-75-411 (análisis instrumentales, sin validez oficial a efectos del control oficial según R.D 1965/2000)

Página 1 de 1.

Laboratorio Agroalimentario Gemasbe Analítica, S.L.P – Apto correos 282. Carretera Sanlúcar Jerez- Km 1, Edif. Gemasbe.

11540 Sanlúcar de Barrameda (Cádiz). Tfno: 956 363 286 – Fax: 956 380 388. www.gemasbe.es; e-mail: gemasbe@gemasbe.es

Imagen 5. Análisis del agua utilizada en el ensayo, procedente de la Comunidad de Regantes Costa Noroeste de Cádiz. Fuente: Laboratorio Gemasbe Analítica S.L.P.

4.2.- Material vegetal y labores realizadas

4.2.1- Material vegetal

En el presente ensayo se utilizó la variedad “Ormea”, de la empresa Selecta One, con las características que se muestran en la Tabla 9. Ésta variedad se encuentra dentro del grupo de “Claveles Standard”, de color rojo, muy apreciado en los mercados nacional e internacional. Ofrece una elevada tolerancia a Fusarium, proporcionar buenos rendimientos y buenas producciones en general.



Imagen 6. Clavel variedad “Ormea”. Fuente www.selectacutflowers.com.

Tabla 9. Características principales de la variedad Ormea, de la casa comercial Selecta One. Fuente www.selectacutflowers.com

VARIEDAD ORMEA	
Color de la flor	Rojo
Productividad	Muy alta
Rendimiento	Alto
Tolerancia a Fusarium Oxysporum	Elevada
Tolerancia a Nematodos género Meloidogyne	Elevada
Duración en florero	Buena

4.2.2- Labores realizadas antes de la siembra

4.2.2.1.- Limpieza y desinfección de la parcela

Se comenzó con la limpieza de la parcela de los restos del cultivo precedente, para posteriormente realizar un pase con escarificador a una profundidad de 35-40 cm, con el objeto de romper la compactación provocada en el cultivo anterior y facilitar el drenaje, seguido de un pase de rotavator a unos 25 cm de profundidad para voltear el terreno.

Para la desinfección de suelo se utilizó el producto comercial Agrocelhone NE (fungicida-nematicida-bactericida a base de Dicloropropeno y Cloropicrina y sustituto del antiguo Bromuro de Metilo), con el objeto de eliminar nematodos, hongos y bacterias, mediante irrigación por goteo (Ajwa et al., 2002), extendiendo las líneas de riego a unos 25 cm de distancia de forma que se cubra la mayor parte de la parcela usando para ello un sistema de inyección tipo Venturi en una tubería con corriente de agua a las dosis recomendadas por el producto comercial. Se realizaron riegos durante los 3-4 días previos al tratamiento hasta alcanzar el 60% de la capacidad de campo del terreno. Tras la aplicación, se realizó un riego para el lavado de tuberías y se procedió al sellado de la parcela con plástico transparente de polietileno.

Transcurridos aproximadamente 30 días, se levantó el plástico, y se realizó un pase con escarificador para airear el terreno antes de realizar el abonado de fondo con abono complejo NPK (Mg-S).

4.2.2.2.- Abonado de fondo

Se retira el plástico y las líneas de goteo transcurridos 30 días y se realiza un pase con el escarificador antes de realizar el abonado de fondo con 25 Kg de "Premium Azul" abono complejo con elementos secundarios NPK (Mg-S) de características 10-12-20 (2-25) y pobre en cloruro, a razón de 0.1086 Kg/m² de dicho preparado comercial, que aportan 0.011 Kg/m² de N, 0.013 Kg/m² de P y 0.021 Kg/m² de K.

Finalmente, con la ayuda de un pase de rotavator se incorpora de forma óptima el abono al terreno.

4.2.2.3.- Preparación de las banquetas y elementos de soporte

Las banquetas para la siembra del cultivo se construyeron con orientación Sureste-Noroeste y con unas dimensiones de 0.80 m de ancho, 10 m de largo y 25 cm de altura para facilitar el drenaje, separadas unas de otras a 50 cm (Imagen 7). Se instalaron soportes esquineros de hierro anclados mediante soportes de hormigón. Entre los soportes esquineros se colocaron elementos de espaldera para anclar las mallas de cada banqueta normalmente de hierro recubiertas con viejas líneas de goteo para más comodidad a la hora de su desplazamiento vertical, el cual se realizará a medida que el cultivo va aumentando en altura, y evitar también los daños que el hierro puede provocar en las manos de los floricultores (Imagen 9). La malla de siembra es de plástico, y está formada por cuadros de 7.5 x 7.5 centímetros de lado (14 cuadros). Se mantienen tensas mediante la colocación a tresbolillo de cabillas de hierro, a una distancia aproximada de 2 metros entre cabillas.



Imagen 7. Preparación de las banquetas.

4.2.2.4.- Construcción de los lisímetros de drenaje

Se construyeron lisímetros de drenaje por gravedad (Imagen 8) con el objeto de recoger el agua sobrante que pierde el suelo por percolación profunda para posteriormente medir el volumen de agua de los distintos tratamientos de riego que se llevaron a cabo en el ensayo.



Imagen 8. Lisímetros de drenaje por gravedad, fabricados con plástico transparente, tubos corrugados de PVC y tubos de PVC para conducir el agua recogida hasta los colectores de lixiviados situados al final de cada banqueta.

Para la construcción de los lisímetros de drenaje se usó una lámina de plástico transparente de 200 micras de espesor (800 galgas), un tubo corrugado de PVC perforado de 4 pulgadas de diámetro y otro tubo de PVC de 50 mm de diámetro para conducir el agua hasta el colector de lixiviados, fabricados con cubos de plástico colocados en el suelo de los cuales con ayuda de una probeta y otros cubos de plástico se procedía a la medida diaria de los lixiviados.

Las dimensiones de los lisímetros de drenaje fueron de 0.80 x 2 x 0.15 metros, siendo los 15 cm de profundidad por debajo de la rasante del terreno y la capacidad de los cubos colectores de aproximadamente 10 litros (Imagen 9).

En la Imagen 10 se aprecia una vista general del ensayo y se aprecian detalles como banquetas, líneas de goteo, líneas de microaspersores, cabillas de hierro, lisímetros, soportes esquineros, malla de plantación y esquejes tras los primeros días de plantación.



Imagen 9. Cubos colectores de lixiviados situados al final de cada banqueta.



Imagen 10. Detalle de las banquetas, líneas de goteo, líneas con microaspersores, cabillas de hierro, lisímetros, soportes esquineros y malla de plantación.

4.2.2.5.- Instalación del sistema de riego

El ensayo se realizó instalando en la parcela un sistema de riego localizado, a través del cual se proporcionó el agua y abonado al cultivo.

Para ello se utilizaron dos líneas de goteo por banqueta con goteros integrados de 4 litros/hora, separados 0.33 metros dentro de la misma línea y 0.3 metros de la otra línea de goteo. Las tuberías laterales de PEBD 16 mm de diámetro se conectaron a los portilaterales de PEAD de 32 mm de diámetro y éstos a su vez se conectaron a la tubería principal de PVC de 75 mm, a través de un colector de distribución, controlándose mediante electroválvulas, que se activan según el tiempo establecido en el programador de riego (Imagen 11).

Se instaló también un conjunto de microaspersores que fueron utilizados durante los primeros 30 días desde la implantación del cultivo, para facilitar el enraizamiento y evitar la deshidratación del mismo. El sistema de microaspersión constó de 5 líneas colgadas transversalmente sobre las banquetas de cultivo, con marco 2 x 2 m², y del tipo bailarina.

El tiempo de riego que se establece semanalmente en el programador de riegos para cada estrategia de riego estudiada en el presente ensayo se calcula mediante las necesidades brutas del cultivo, calculadas y descritas más adelante.



Imagen 11. En la imagen se aprecia el sistema de riego localizado utilizado en el ensayo: laterales, portilaterales, microaspersores, mallas de siembra y entutorado, electroválvulas y programador de riegos.

4.2.2.6.- Instalación de sensores

- Sondas de humedad del suelo ECH2O

Para el monitoreo de la humedad del suelo se utilizaron sondas ECH2O de DECAGON DEVICES Inc. (Imagen 12). Estas sondas de tipo capacitivas (FDR), miden la permisividad dieléctrica del suelo para calcular el contenido volumétrico de agua (VWC) y son ampliamente utilizadas en todo el mundo para apoyo en las decisiones de riego, estudios de balance de agua, movimiento de agua en el suelo, monitorización de la humedad del suelo y programación de riegos en agricultura.

Algunas de las ventajas que presentan estos sensores son: bajo coste, diseño robusto y de larga duración, instalación sencilla a cualquier profundidad y capacidad para proporcionar medidas reales del perfil del suelo, entre otras.

Concretamente, el modelo utilizado en el ensayo fue ECH2O EC-5, para medida de humedad del suelo (VWC) en un área de influencia pequeña. Se colocaron a unas profundidades de 10, 20, 30, 40 centímetros respectivamente, en una de las repeticiones del tratamiento del 100% del total de las necesidades hídricas del cultivo y sus datos se almacenaron en un Dataloguer hasta su recogida con un equipo informático portátil.



Imagen 12. Sondas de humedad del suelo ECH2O colocadas a 10, 20, 30 y 40 cm.

OPTIMIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE LA FLOR CORTADA EN INVERNADERO.
CASO DEL CULTIVO DEL CLAVEL.

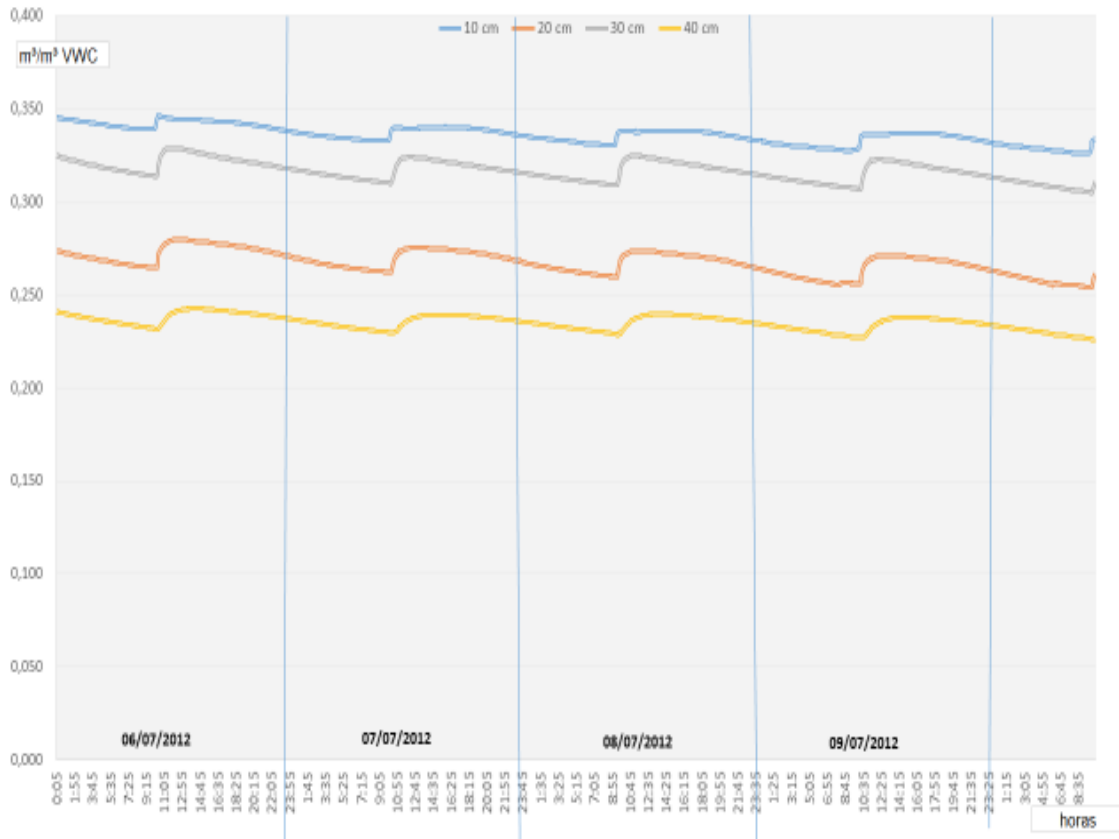


Figura 11. Evolución de la humedad del suelo, proporcionados por las sondas de humedad del suelo ECH2O colocadas a 10, 20, 30 y 40 cm respectivamente, donde se muestra un intervalo de 4 días.

- Piranómetros Campbell LP02

Se colocaron dos piranómetros Campbell LP02 (Imagen 13), conectados directamente al Dataloguer Campbell CR 100 Scientific, para medir la radiación solar global en todo su espectro, en la zona de máxima y mínima radiación del invernadero respectivamente.



Imagen 13. Detalle de uno de los piranómetros instalados en el invernadero.

4.2.3- Siembra

Los esquejes de clavel de la variedad Ormea se colocaron con una densidad de siembra de 32 plantas/m² sobre la malla de siembra, siguiendo el modelo tradicional de los floricultores de la zona, y sin que el cuello de la planta esté en contacto con el terreno, para evitar infecciones por hongos (Imagen 14).

La siembra se realizó en el mes de junio, para obtener los primeros cortes comerciales a finales de septiembre o principios de octubre, con el suelo a capacidad de campo y en las horas más frescas del día, sacando los esquejes de la cámara frigorífica aproximadamente 24 horas antes de ser plantados en el invernadero, para favorecer la aclimatación y con ella la mejor implantación del cultivo.

Tras la siembra de los esquejes y en los días posteriores, se realizaron riegos por microaspersión de corta dotación y alta frecuencia para asentar el terreno y evitar la deshidratación de las plantas.

Transcurridos 30 días desde la siembra se procede al riego a través de las líneas de goteo instaladas, eliminando progresivamente el riego por microaspersión.



Imagen 14. Detalle de los plantones recién sembrados, según el modelo tradicional de la zona.

4.2.4- Operaciones realizadas tras la siembra

4.2.4.1.- Fertirrigación

En terrenos arenosos, como es el caso, es conveniente repartir las dosis de abonado en todos los riegos, ya que la retención de los nutrientes en este tipo de suelo es baja.

Los elementos que inciden en el desarrollo de las plantas de clavel son Nitrógeno, Fósforo y Potasio, además otros elementos como el Calcio, Magnesio y en menor medida Boro y Manganeso, son indispensables para alcanzar un buen desarrollo del cultivo. Según Navas (1988) y así queda recogido también en el Reglamento Específico de Producción Integrada de Flor Cortada: Clavel y Miniclavel Bajo Abrigo, de 13 de diciembre de 2004, la programación de la fertirrigación para el cultivo del clavel se diferencia en dos épocas:

- Primera época: de marzo/abril a septiembre/octubre el equilibrio NPK será 1-0.5-1
- Segunda época: de septiembre/octubre a marzo/abril el equilibrio NPK será 1-0.5-(1.5-2)

Para las épocas anteriormente descritas, se establecen las siguientes unidades fertilizantes (U.F):

Épocas	N (gr/m ² /mes)	P ₂ O ₅ (gr/m ² /mes)	K ₂ O (gr/m ² /mes)
marzo/abril-sept/octubre	20	10	20
sept/octubre-marzo/abril	12	6	18

Fuente: Elaboración propia a partir de Navas (1888) y del Reglamento Especifico de Producción Integrada de Flor Cortada: Clavel y Miniclavel Bajo Abrigo de 13 de diciembre de 2004.

Las necesidades para la fertirrigación suelen cubrirse con los siguientes abonos:

- Nitrato potásico 13-0-46 para nitrógeno y potasio
- Acido fosfórico P₂O₅
- Solubor 21% para boro

4.2.4.2.- Pinzado

La operación de pinzado se realiza para escalonar más o menos la producción y consiste básicamente en una poda de formación. Es fundamental en el cultivo ya que así podemos ajustar y escalonar la producción al periodo comercial que más nos interese. De los tres tipos de pinzado que se pueden realizar y que a continuación se describen, en el ensayo se llevó a cabo la técnica del pinzado y medio (Figura 12). La operación de pinzado se realiza a mano, y en las primeras horas del día ya que los tallos se encuentran más turgentes.

- a) Un sólo pinzado: consiste en despuntar el tallo principal, una vez que se ha producido la inducción floral, por la zona donde comienzan a alargarse los entrenudos, entre el 5º y el 7º entrenudo.
- b) Dos pinzados: consiste en despuntar todos los brotes procedentes del primer pinzado, pero en este caso se realizará sobre el 2º o 3º nudo.
- c) Pinzado y medio: consiste en despuntar la mitad de los brotes procedentes del primer pinzado.

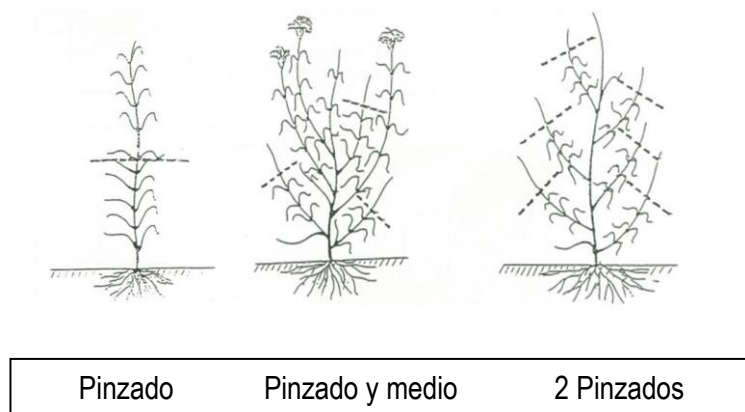


Figura 12. Tipos de pinzamientos en clavel. Fuente: Navas et al 1997.

4.2.4.3.- Entutorado

Tras la operación de pinzado, se colocan superpuestas 3 mallas de entutorado, que se irán elevando hasta alcanzar la altura definitiva del cultivo, quedando en su posición definitiva colocadas a unos 20 centímetros de distancia unas de otras (Imagen 11).

Las mallas de entutorado son del mismo material plástico que las mallas de siembra.

4.2.4.4.- Remetido

Durante todo el cultivo, pero sobre todo en las primeras fases hasta que la planta alcance su altura definitiva, es necesario dirigir los brotes que sobresalen de las mallas de entutorado por los laterales.

Esta operación se realiza a mano y en las horas más calurosas del día ya que los brotes se encuentran flácidos y se evitan rotura de los mismos cuando se reconducen al interior de la malla.

4.2.4.5.- Desbotonado

Con la operación de desbotonado se anulan las flores y brotes que no son comerciales. En el caso del cultivo del clavel se eliminan todos los botones laterales, permitiendo sólo el desarrollo del botón principal. Esta operación se realiza en las horas más frescas del día, de forma manual.

4.3.- Diseño experimental.

La unidad experimental fue una parcela con un total de 15 banquetas, de las cuales se utilizaron 9 para llevar a cabo un ensayo de bloques completos al azar, con tres repeticiones, tal y como puede observarse con detalle en la figura 13.

En el experimento se ensayaron tres niveles de riego, tal y como se aprecia en la tabla 9.

El calendario y dosis de abonado de fertirrigación queda reflejado en la tabla 10, resaltando que se utilizó la misma dosis y composición en las tres estrategias de riego estudiadas, ya que no era objeto de ensayo la fertirrigación del cultivo.

La solución nutritiva se incorpora por igual en los tres tratamientos, concretamente durante los dos últimos minutos de riego programados del T1 (80% de las necesidades totales del cultivo). Se supone que las plantas absorben estos nutrientes de forma diaria. La dosificación del abono ha sido muy escalonada para evitar acumulaciones excesivas en el suelo que puedan alterar la salinidad, con lo cual se produce una leve diferencia y que en última instancia es un factor más para calibrar el Kc.

En cada una de las banquetas correspondientes a cada estrategia de riego ensayada, se colocan longitudinalmente unas varillas de plástico de color blanco a modo de marcadores, para delimitar la zona en la cual se procederá al conteo de tallos cortados en cada operación de cosecha realizada, según los parámetros de calidad establecidos en el ensayo. La superficie que delimitan estos marcadores es de 1 m².

Tabla 9. Tratamientos de riego utilizados en el ensayo.

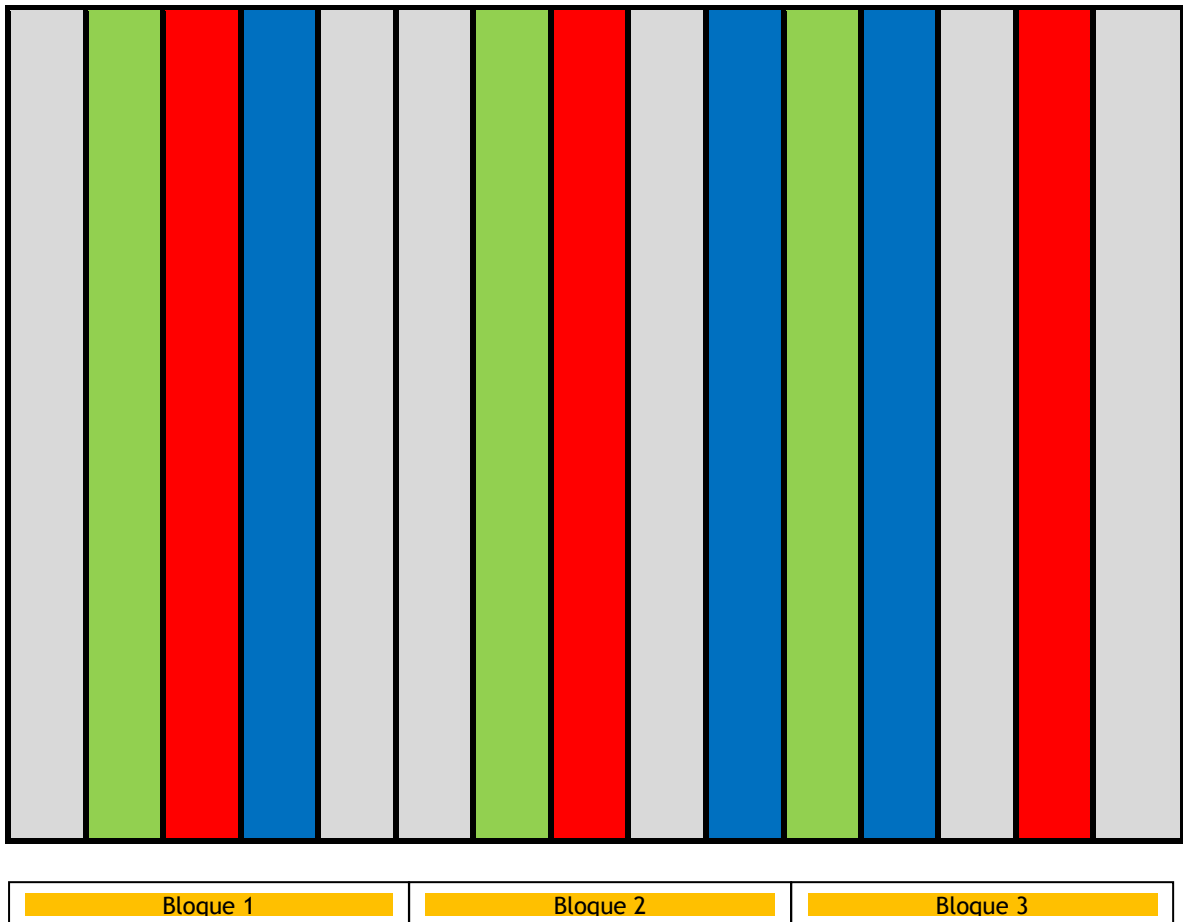
TRATAMIENTO DE RIEGO	CARACTERISTICA
Tratamiento 1 (T1)	80 % <u>de las necesidades totales del cultivo</u>
Tratamiento 2 (T2)	100 % <u>de las necesidades totales del cultivo</u>
Tratamiento 3 (T3)	120% <u>de las necesidades totales del cultivo</u>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Dosis y distribución del fertirriego.

EPOCA	UF / DIA		
marzo/abril-sept/octubre	0.66 gr/m ² /día de Nitrógeno	0.33 gr/m ² /día de P ₂ O ₅	0.66 gr/m ² /día de K ₂ O
sept/octubre-marzo/abril	0.4 gr/m ² /día de Nitrógeno	0.2 gr/m ² /día de P ₂ O ₅	0.6 gr/m ² /día de K ₂ O

Fuente: Elaboración propia



80% de las necesidades totales del cultivo T1
100% de las necesidades totales del cultivo T2
120% de las necesidades totales del cultivo T3
Sin objeto de estudio

Figura 13. Disposición del diseño experimental en campo

4.3.1- Riego y fertirrigación.

Utilizando la información proporcionada por la estación agroclimática situada en el Centro IFAPA de Chipiona, situada a escasos metros de la parcela de ensayo y perteneciente a la Red de Información Agroclimática de Andalucía, se calculó la dosis bruta diaria de agua para cada estrategia de riego del ensayo.

Estas dosis brutas de riego se introducen en forma de tiempo riego (minutos) en el programador colocado dentro del invernadero de ensayo. El programador, a través de electroválvulas designadas para cada estrategia de riego, gestiona la dosis de riego y abonado diario necesario para el cultivo.

A modo de ejemplo, se detallan en la Figura 14 las necesidades de riego diarias para el cultivo en una semana determinada.

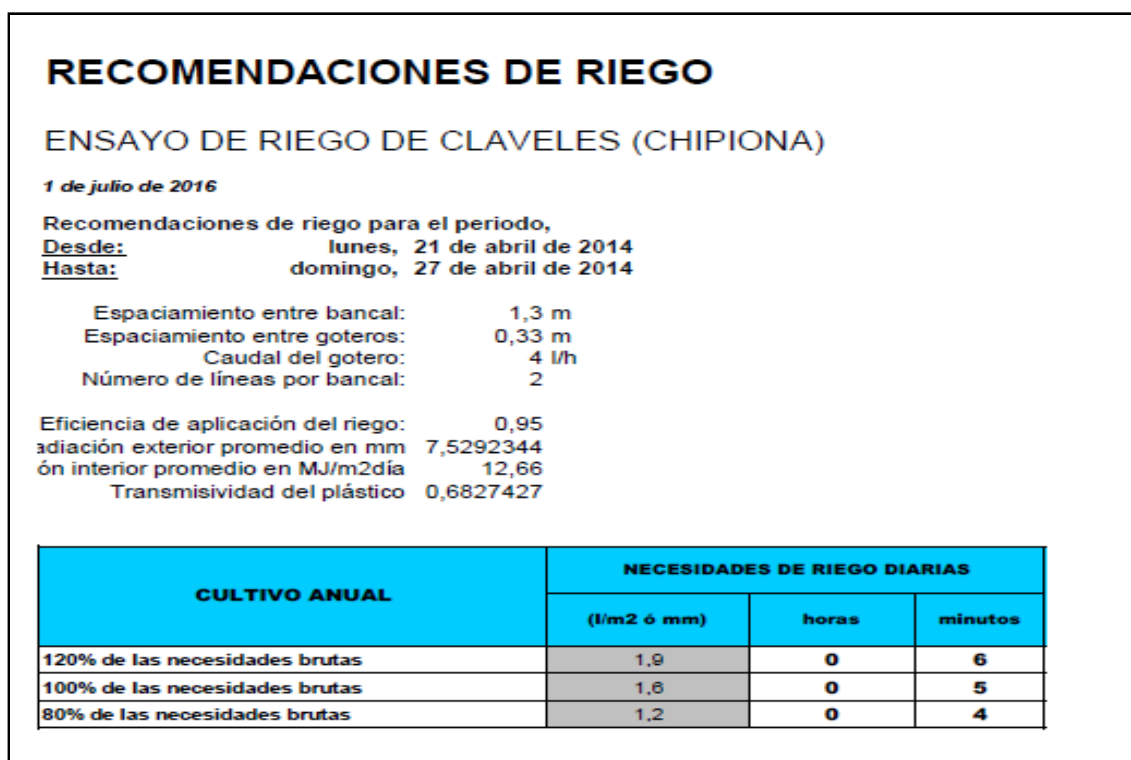


Figura 14. Recomendación de riego semanal, con dosis brutas de riego calculadas para cada estrategia de riego.

4.3.2- Metodología y evaluación del ensayo.

Los valores a medir en este ensayo fueron:

- Número de tallos en parámetros de producción y calidad (medidas comerciales de 70, 60 y 50 centímetros, además del destrío) obtenidos en cada corte o cosecha
- Datos diarios de lixiviados de cada una de las estrategias de riego, recogidos mediante los lisímetros de drenaje.
- Dosis bruta semanal de riego para el cultivo de clavel en invernadero.

La metodología consistió en la determinación semanal de la Evapotranspiración de referencia para cultivos dentro de invernadero, según Fernández et al., (2001) a través del cálculo de la radiación interna y que se relaciona con la radiación externa mediante la siguiente expresión:

$$R_{s \text{ int}} = R_{s \text{ ext}} \times T$$

Donde:

$R_{s \text{ int}}$ = Radiación Solar Interna

$R_{s \text{ ext}}$ = Radiación Solar Externa

T = Transmisividad

E_{to} = Evapotranspiración

DJ = Día Juliano

K_c = Coeficiente de cultivo

E_{tc} = Evapotranspiración del cultivo

Conocido el dato del Día Juliano, puede relacionarse la Radiación Solar Interna (R_s) con la Evapotranspiración de Referencia (E_{To}), mediante la siguiente expresión:

$$\text{Si } DJ < 220 \quad E_{To} = (0.228 + 0.0019 \times DJ) \times R_{s \text{ int}}$$

$$\text{Si } DJ > 220 \quad E_{To} = (1.339 - 0.00288 \times DJ) \times R_{s \text{ int}}$$

El coeficiente de cultivo (Kc) es un factor que incluye los efectos propios del cultivo sobre la evapotranspiración, como puede ser el área foliar, la altura, el porcentaje de suelo cubierto, etc. En cultivos regados, el Kc depende sobre todo del porcentaje de cobertura, y si éste último es bajo, depende del contenido de agua en la superficie del suelo. (Villalobos, F.J et al., 2002). Teniendo en cuenta la metodología de Doorembos, J y Pruittt, W.O (1977):

$$Kc = ETc / ET0$$

El valor de Kc para el cultivo del clavel, definido por Navas (1988) y recogido en la tabla 11, registra un valor de 0.5 hasta el pinzado del cultivo y posteriormente un valor unitario para el resto del ciclo de cultivo.

Al ser ésta la única bibliografía existente y poco adaptada a la evolución del cultivo, se planteó un ensayo previo al actual, donde se partió de dicho Kc, y mediante la instalación de un tanque evaporímetro en el interior del invernadero además de un pequeño lisímetro de drenaje, se obtiene una variación del Kc definido por Navas y que será el utilizado en el presente ensayo como hipótesis a contrastar mediante el seguimiento y monitoreo del cultivo. La evolución a lo largo del ciclo de cultivo de ambos coeficientes, se muestra de forma gráfica en la Figura 15.

Tabla 11. Coeficiente de cultivo propuesto por Navas (1988) y Kc ensayo preliminar IFAPA.

MES	Kc Navas (1988)	Kc IFAPA
junio	0.5	0.5
julio	0.5	0.7
agosto	0.5	0.9
septiembre	1	0.9
octubre	1	1
noviembre	1	1
diciembre	1	0.9
enero	1	0.9
febrero	1	1
marzo	1	1
abril	1	1.1
mayo	1	1.1
junio	1	1.1
julio	1	1.1
agosto	1	1.1
septiembre	1	1.1
octubre	1	1
noviembre	1	1
diciembre	1	0.9

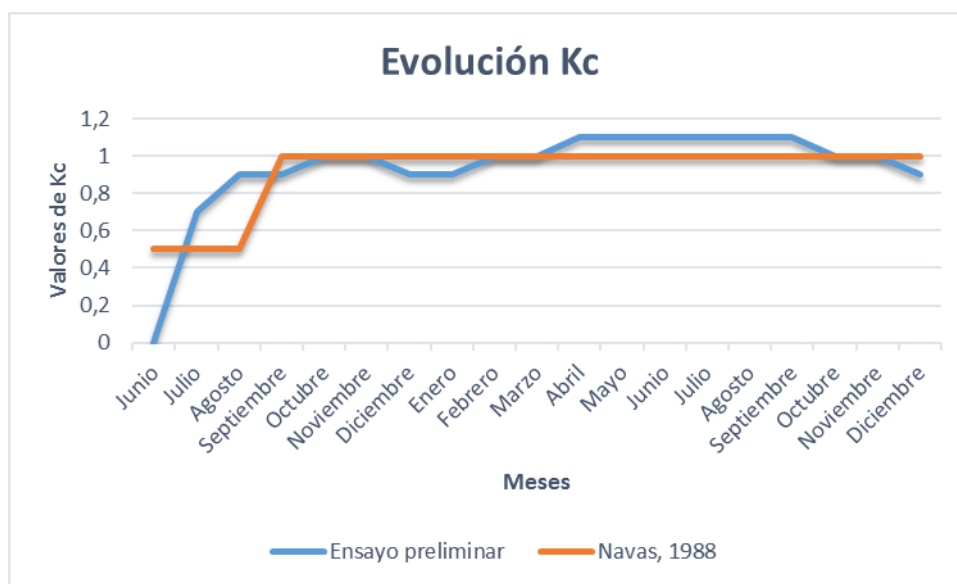


Figura 15. Evolución del coeficiente de cultivo propuesto por Navas (1988), y del coeficiente de cultivo del ensayo preliminar realizado en el Centro IFAPA de Chipiona, y que será utilizado como hipótesis a contrastar en el presente ensayo.

De esta forma, la dosis neta de agua para el cultivo es el resultado de aplicar la siguiente expresión:

$$Dn = ETo \times Kc \text{ (ensayo preliminar IFAPA)}$$

Se determinaron la dosis de agua semanales necesarias para el cultivo del clavel y se midieron diariamente los lixiviados recogidos en los colectores, además de realizar mediciones cuantitativas y cualitativas de la producción obtenida con las diferentes estrategias de riego y proceder a la descarga de los datos del monitoreo, realizado con los sensores de humedad en continuo, colocados en el tratamiento del 100 % de las necesidades máximas de agua para el cultivo. El seguimiento con los sensores de humedad irá verificando aspectos como el momento óptimo del riego y la tendencia de las curvas de humedad en el suelo a distintas profundidades

Los ramales tienen una longitud de 10 metros, el caudal con el que se realizan las tres estrategias de riego (80% de las necesidades totales del cultivo, 100% de las necesidades totales del cultivo y 120% de las necesidades totales del cultivo) es muy pequeño ya que circula por circuitos independientes, y se han tenido en cuenta las posibles pérdidas de carga al realizarse una prueba de evaluación de la instalación y obtener un dato de uniformidad del 90 %.

Al recoger los lixiviados y asumir que no hay otras pérdidas (escorrentía y uniformidad), se define la dosis bruta (Db) como:

$$Db = Dn + \text{lixiviados}$$

Teniendo en cuenta a su vez, que la Eficiencia y la Fracción de lavado suman la unidad, consideramos la siguiente expresión:

$$1 = \text{Eficiencia} + \text{FL} \quad ; \quad \text{Eficiencia} = 1 - \text{FL}$$

De esta forma, las dosis brutas se calcularon mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Db} = \text{Dn} / \text{Eficiencia}$$

Donde:

Db = Dosis bruta

Dn = Dosis neta

Eficiencia = Eficiencia de aplicación

FL = Fracción de lavado

Kc = coeficiente de cultivo

ETo = Evapotranspiración de referencia

Para terminar, y como objeto principal de este trabajo, se obtuvo el Kc para el cultivo del clavel, a través de la siguiente expresión:

$$\text{Kc} = \text{Dn} / \text{ETo}$$

4.3.3- Metodología del análisis de los datos obtenidos.

El análisis estadístico de los datos obtenidos en el presente ensayo se realizará por semanas, utilizándose para ello los datos de los lixiviados diarios procedentes de cada estrategia de riego y recogidos en los lisímetros, así como los datos de producción obtenidos en cada corte o cosecha.

El presente ensayo tiene una duración en campo de 38 semanas. Los datos obtenidos en estas semanas se dividirán en dos bloques, según lo siguiente:

- a) 12 semanas en las que no se obtuvo producción de tallos.
- b) 26 semanas en las que se obtuvo producción de tallos.

4.3.3.1- Semanas sin producción de tallos.

Para el grupo que comprende las 12 semanas en las que no se obtuvo producción. Se realizará análisis de varianza (ANOVA) utilizando el software Statistix 9.1 para la variable independiente “dosis de riego” y para la variable dependiente “lixiviado” y se tendrá en cuenta para este bloque la ausencia de la variable “producción”. En caso de que no hubiese significación entre las variables “lixiviado” y “dosis de riego”, se aplicarán los siguientes criterios alternativos para la elección del Kc óptimo:

- Que el promedio de los lixiviados obtenidos en las repeticiones de cada estrategia de riego sea superior a 0,1 mm/semana. Se considera 0.1 mm para compensar los errores obtenidos por condensación dentro del invernadero (rociada) y las posibles histéresis de drenaje en los lisímetros.
- Que al menos dos de los tres datos de lixiviados obtenidos en las repeticiones de cada estrategia de riego sea distinto de cero.

4.3.3.2- Semanas con producción de tallos.

Para el grupo que comprende las semanas en las que sí se obtuvo producción, concretamente las 26 semanas restantes hasta la finalización del ensayo, el análisis tiene en cuenta dos fases:

1. Análisis de la varianza (ANOVA) con disposición en bloques, utilizando el software Statistix 9.1, con un nivel de significación de 5 % y realizando el Test de Tukey. Las variables estudiadas son “dosis riego” como variable independiente y “producción acumulada” como variable dependiente. Para la variable “producción acumulada” se utiliza los datos ponderados de los tallos cosechados en el periodo de un mes, ya que se estima que es éste el periodo medio (en condiciones de cultivo en invernadero de la zona) en el que el agua aportada puede influir en la formación de un tallo. Este criterio se apoya en las encuestas realizadas a los floricultores y técnicos de la zona y en la experiencia obtenida en nuestro ensayo (se realiza el primer pinzado a los 20-25 días de la siembra).
2. Las variables comparadas en esta segunda fase son, “dosis riego” como variable independiente y “lixiviado” como variable dependiente. En el caso de existir grupos homogéneos de producción, se utilizará el mismo criterio que en el apartado correspondiente a las semanas en las que no se obtuvo producción de tallos, para determinar el Kc a través del lixiviado obtenido, prevaleciendo dentro de esos grupos homogéneos aquellos que consumen menos agua y de los que se obtiene la máxima producción.

Los resultados finales del ensayo serán la nube de puntos correspondiente al Kc resultante según todo el análisis anterior, que se representará en grafico de dispersión y que incluirá la ecuación de ajuste que más se adapte a esos resultados.

Resultados y discusión

5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1.- Datos obtenidos.

Durante las 48 semanas de duración del ensayo en campo, se recogieron una gran cantidad de datos.

En el Anexo 1, a modo de ejemplo, se muestran los datos obtenidos en dos de esas semanas, una con producción y otra sin producción.

5.2.- Resultados obtenidos en las semanas sin producción de tallos.

Tras realizar análisis de la varianza para el caso de las semanas en las que no se obtuvo producción de tallos, se obtiene como conclusión la falta de significación estadística entre las variables “dosis de riego” y “lixiviado”, por lo que se aplican los criterios alternativos para la elección del Kc óptimo descritos en la metodología de análisis para las semanas en las que no se obtuvo producción de tallos

En la Tabla 12 se muestra un ejemplo del análisis realizado para la semana tres del ciclo de cultivo, en la que aún no se obtenían producción de tallos, y donde se aplicó el criterio alternativo para la elección del Kc óptimo, siendo:

Tratamiento 1: tratamiento al 80 % de las necesidades totales del cultivo

Tratamiento 2: tratamiento al 100% de las necesidades totales del cultivo

Tratamiento 3: tratamiento al 120% de las necesidades totales del cultivo

Tabla 12. Análisis realizado para la semana tres del ciclo de cultivo desde la siembra, para la elección del Kc correspondiente, según el criterio anteriormente descrito.

Tratamiento	Repetición	Riego aplicado (mm/día)	Lixiviados diario (mm/día)	Kc ajustado	Media lixiviados (mm)	Lixiviados Máximos (mm)	Kc promedio elegido
1	1	8,702409	0	0,56	0	0	0,56
1	2	8,702409	0	0,56			
1	3	8,702409	0	0,56			
2	1	10,87801	0	0,7	0,929182	2,787546	0,633563
2	2	10,87801	2,787546	0,50069			
2	3	10,87801	0	0,7			
3	1	13,05361	5,007326	0,481976	3,347985	5,03663	<u>0,600619</u>
3	2	13,05361	5,03663	0,479881			
3	3	13,05361	0	0,84			

5.3.- Resultados obtenidos en las semanas con producción de tallos.

Para la primera de las dos fases del análisis descrito en la metodología en el caso de las semanas en las que sí se obtuvo producción de tallos, el análisis estadístico de las variables “dosis de riego” y “producción acumulada”, arroja diferencias significativas, obteniéndose el Kc con mayor productividad en el caso de grupos totalmente heterogéneos.

Con los datos que se muestran en la Tabla 13, se realiza un ejemplo para el análisis de la semana 19 del ciclo de cultivo, tal y como se describe en la metodología, que da los resultados que se recogen en Figuras 16 y Figura 17. Como se aprecia en dichas figuras, para esta semana en concreto, la mejor producción se obtuvo con el tratamiento correspondiente al 100% de las necesidades totales del cultivo.

Tabla 13. Datos correspondientes a la semana 19 y utilizados para aplicar el primer criterio descrito anteriormente en las semanas en las cuales sí se obtuvo producción.

Tratamiento	Repetición	Riego aplicado (mm/día)	Producción mensual acumulada (nº tallos / m ²)
1	1	6,96192696	28,7065334
1	2	6,96192696	28,7586426
1	3	6,96192696	29,371451
2	1	8,7024087	67,1781011
2	2	8,7024087	70,9205303
2	3	8,7024087	74,7631797
3	1	10,4428904	63,3999312
3	2	10,4428904	64,802226
3	3	10,4428904	68,3572232

OPTIMIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE LA FLOR CORTADA EN INVERNADERO.
CASO DEL CULTIVO DEL CLAVEL.

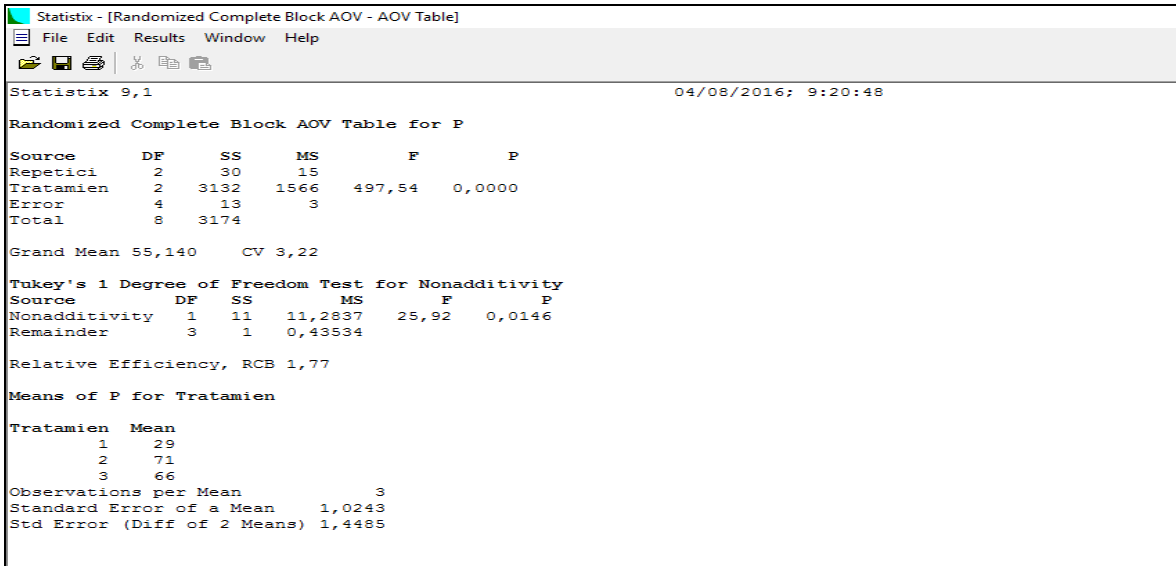


Figura 16. ANOVA aplicado mediante Statistix 9.1 para la semana 19 del cultivo, en la cual se obtuvo producción, con los datos mostrados en la Tabla 13.

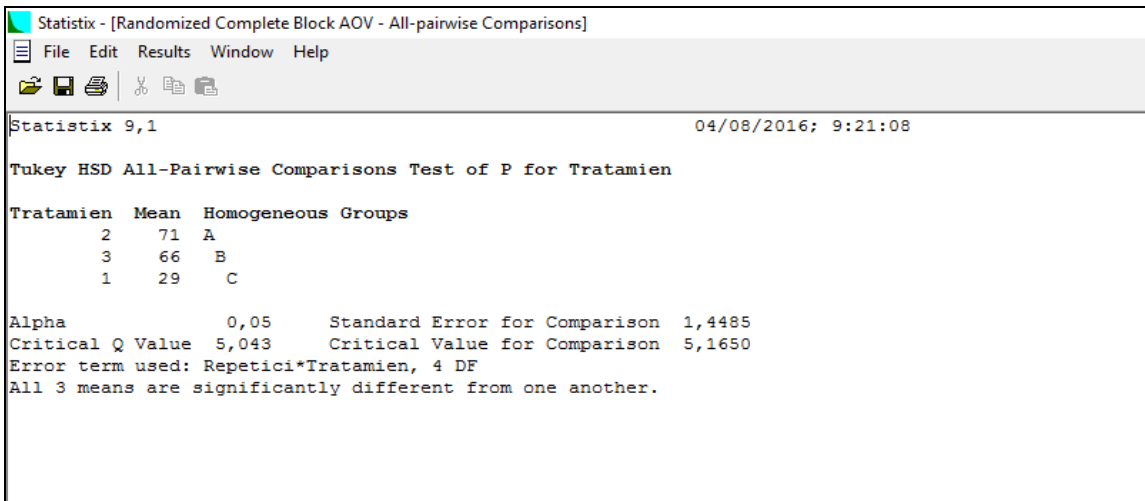


Figura 17. Resultado de aplicar el Test de Tukey a la semana 19 del cultivo, en la que se aprecia que la mejor producción se obtuvo con el tratamiento 2, correspondiente a la estrategia del 100% de las necesidades totales del cultivo.

Para la segunda de las fases del análisis descrito en la metodología en el caso de las semanas en las que sí se obtuvo producción de tallos, y tras comparar las variables “dosis de riego” como variable independiente y “lixiviado” como variable dependiente, el análisis estadístico arroja que son grupos homogéneos de producción y por lo tanto se aplica el mismo criterio que en las semanas en las que no se obtuvo producción de tallos.

En la Tabla 14, se muestra el ejemplo de la segunda fase del análisis para la semana 19 del ciclo de cultivo.

Tabla 14. A Datos correspondientes a la semana 19 y utilizados para aplicar el segundo criterio descrito anteriormente en las semanas en las cuales si se obtuvo producción.

Tratamiento	Repetición	Riego aplicado (mm/día)	Lixiviados diario (mm/día)	Kc ajustado	Media lixiviados (mm)	Lixiviados Máximos (mm)	Kc promedio elegido
1	1	6,96192696	0	0,800	0	0	0,8
1	2	6,96192696	0	0,800			
1	3	6,96192696	0	0,800			
2	1	8,7024087	0	1,000	0,16727717	0,32344322	<u>0,97864229</u>
2	2	8,7024087	2,787546	0,959			
2	3	8,7024087	0	0,977			
3	1	10,4428904	5,007326	1,163	0,12612943	0,28681319	1,18389598
3	2	10,4428904	5,03663	1,188			
3	3	10,4428904	0	1,200			

5.4- Coeficiente de cultivo.

Tras aplicar la metodología descrita para el total de semanas de las que consta el ensayo, se obtienen unos valores de Kc semanales que se muestran en la Tabla 15, y que son depurados para eliminar aquellos datos discordantes provocados por razones externas al ensayo, que se producen en momentos puntuales, como pueden ser la no recogida de lixiviado en periodos vacacionales o la falta de personal en días concretos.

Con los valores de Kc obtenidos, se eligen los modelos que representarán la evolución del coeficiente a lo largo del ciclo de cultivo del clavel, y cuyas ecuaciones se adaptan mejor a dichos resultados.

Los modelos que mejor se adaptan a dichos resultados son:

- Modelo polinómico de grado 3.
- Modelo potencial.

En la figura 18 se muestra el modelo polinómico de orden 3 para la evolución del Kc, con su correspondiente ecuación de ajuste, con un valor de R² de 0.9123.

En la figura 19 se muestra el modelo potencial para la evolución del Kc, con su correspondiente ecuación de ajuste y un valor de R² de 0.8827.

Tabla 15. Kc resultante del análisis de los datos obtenidos en el ensayo.

Semana	Kc	Semana	Kc
1	0,376842404	25	0,95369898
2	0,419939768	26	0,86393424
3	0,600619048	27	0,921574074
4	0,582197421	28	0,933733938
5	0,624520503	29	0,874940476
6	0,807043651	30	0,927227891
7	0,719606414	31	0,926430893
8	0,734722342	32	0,990320295
9	0,694639942	33	0,91574425
10	1,077661565	34	0,91574425
11	1,08	35	0,935334467
12	1,073312075	36	0,903451751
13	0,779336735	37	1,2
14	0,79	38	0,970551304
15	0,865540816	39	0,982113568
16	0,988401361	40	0,818537415
17	0,571390779	41	0,812535431
18	0,964455782	42	0,98050907
19	0,97864229	43	1,151563366
20	0,897191988	44	1,163757874
21	0,917520786	45	0,747004186
22	0,976553288	46	0,753241213
23	0,873412698	47	1,152331066
24	0,681972789	48	1,161290391

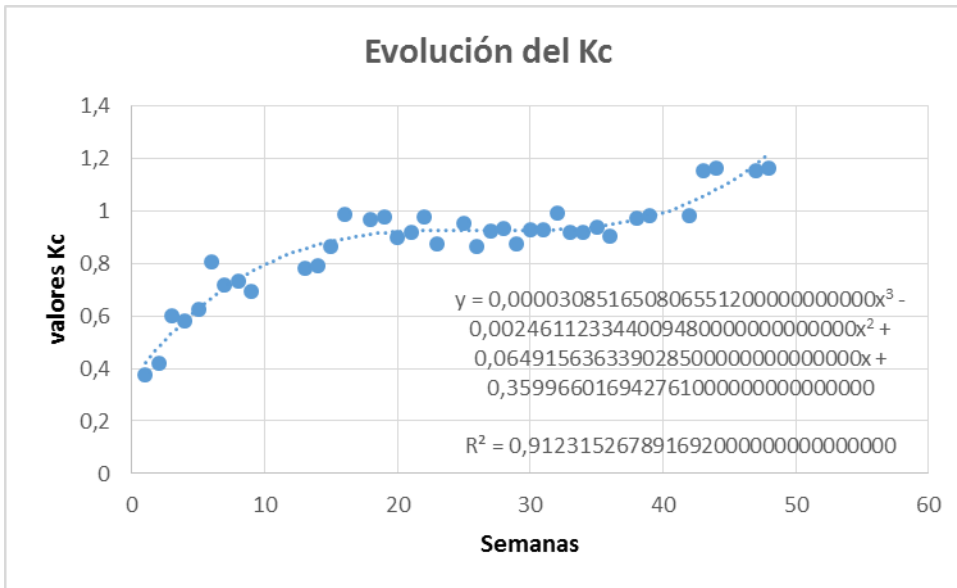


Figura 18. Evolución del Kc según el modelo polinómico de orden 3.

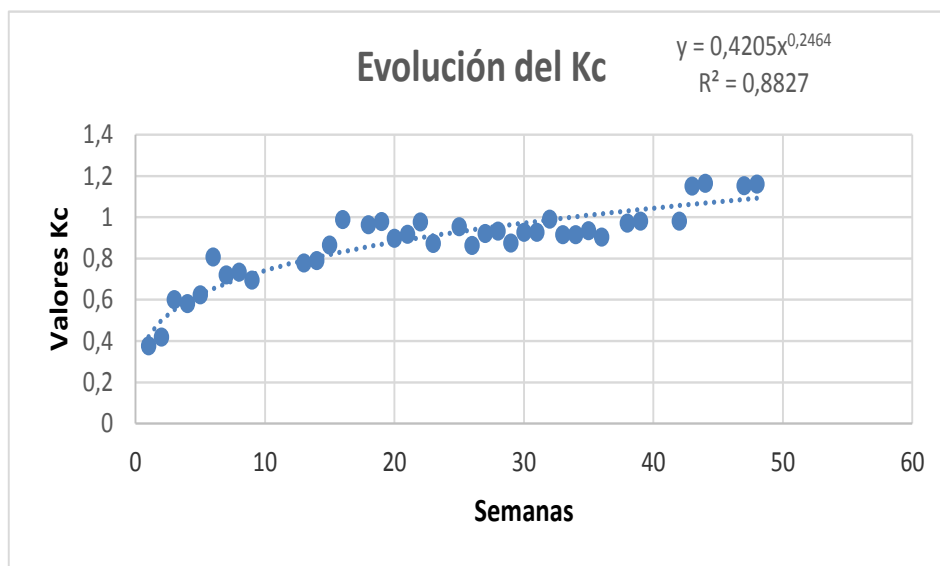


Figura 19. Evolución del Kc según el modelo potencial.

En la Figura 20 se muestra el cálculo de la ecuación de ajuste por regresión para las variables independiente "semana" y dependiente "Kc". En esta figura, se observan los datos obtenidos correspondientes a R y R², así como el resultado de análisis de la varianza, que muestra una P=0,0000. Podemos afirmar que la probabilidad de que ese ajuste sea una casualidad es bajísima, menor del uno por mil, y por tanto el ajuste es altamente significativo (P<0.001).

OPTIMIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE LA FLOR CORTADA EN INVERNADERO.
CASO DEL CULTIVO DEL CLAVEL.

Statistix 9,1 01/09/2016; 11:21:29

Polynomial Regression of Kc

Differenced Scale (i.e., Xi - Xbar)

Predictor	Coefficient	Std Error	T	P	VIF
Constant	0,92672	0,01325	69,93	0,0000	
semanas	3,563E-04	1,665E-03	0,21	0,8318	6,2
semanas^2	-2,861E-04	5,241E-05	-5,46	0,0000	1,0
semanas^3	3,085E-05	4,305E-06	7,17	0,0000	6,3

Original Scale

Predictor	Coefficient	Std Error
Constant	0,35997	0,03563
semanas	0,06492	6,630E-03
semanas^2	-2,461E-03	3,190E-04
semanas^3	3,085E-05	4,305E-06

R-Squared 0,9123 Resid. Mean Square (MSE) 3,119E-03
Adjusted R-Squared 0,9046 Standard Deviation 0,05585
AICc -211,62
PRESS 0,1372

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	1,10343	0,36781	117,92	0,0000
Residual	34	0,10605	3,119E-03		
Total	37	1,20948			

Cases Included 38 Missing Cases 0

Figura 20. Cálculo de la ecuación de ajuste por regresión, para la variable independiente “semana” y la variable dependiente “Kc”, con el programa Statistix 9.1

Se elige como resultado final del presente ensayo el **modelo polinómico de orden 3**, cuya ecuación se detalla a continuación, por ser su R^2 el más alto.

$$y = 0,00003085165080655120x^3 - 0,00246112334400948000x^2 + 0,06491563633902850000x + 0,3599660169427610000$$

$$R^2 = 0.9123 ; R = 0.9046^{***} ; P < 0.001$$

En la tabla 16 se muestran los Kc resultantes de desarrollar la ecuación del modelo polinómico obtenido para cada semana del ciclo de cultivo, objetivo principal del presente TFG.

Tabla 16. Kc semanales resultantes de desarrollar la ecuación del modelo polinómico de orden 3.

Semana	Kc	Semana	Kc	Semana	Kc
1	0,422451	17	0,903841	33	0,930734
2	0,4802	18	0,91097	34	0,934632
3	0,533396	19	0,916509	35	0,939902
4	0,582225	20	0,920643	36	0,946728
5	0,626873	21	0,923556	37	0,955295
6	0,667523	22	0,925435	38	0,96579
7	0,704363	23	0,926463	39	0,978396
8	0,737575	24	0,926827	40	0,9933
9	0,767347	25	0,926712	41	1,010685
10	0,793862	26	0,926302	42	1,030738
11	0,817306	27	0,925782	43	1,053644
12	0,837864	28	0,925339	44	1,079586
13	0,855721	29	0,925156	45	1,108752
14	0,871062	30	0,925419	46	1,141325
15	0,884072	31	0,926313	47	1,17749
16	0,894937	32	0,928023	48	1,217434

5.5- Producción

Las producciones obtenidas, a lo largo del ciclo de cultivo, con cada estrategia de riego ensayada, se muestran en las Figuras 21 y 22. Ésta figura contempla se las semanas en las que se obtuvo producción de tallos en cada una de las repeticiones de las tres estrategias de datos ensayadas durante el ensayo, que abarcan la semana 13 (mediados de Octubre) hasta la semana 48 (mediados de Junio).

Destaca, en la mayoría de las semanas, como estrategia más productiva, la estrategia del 100 % de las necesidades totales del cultivo.

Cuantitativamente, la producción aumenta en todas las estrategias a partir de la semana 23 (mes de Diciembre) cuando el cultivo se encuentra en su máximo desarrollo.

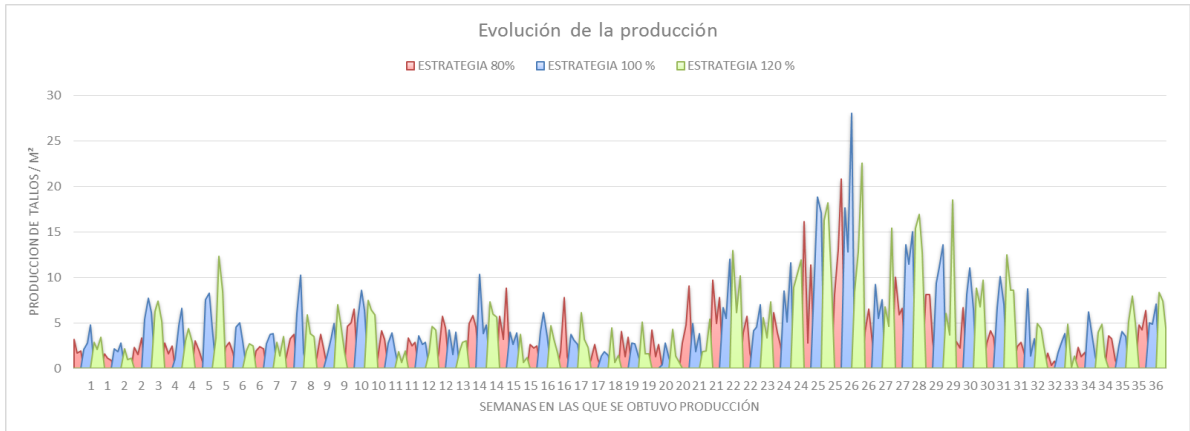


Figura 21. Evolución de la producción (número de tallos / m²) en las semanas en las que si se obtuvo producción, para cada estrategia de riego.

El análisis de los datos estadísticos que se muestra en la Figura 22 de las variables “tratamiento de riego” y “producción”, arroja que las producciones máximas semanales se alcanzan con el tratamiento de riego del 100 % de las necesidades totales del cultivo, lo que corrobora los datos que se muestran en la Figura 21.



Figura 22. Producciones máximas semanales, fruto del análisis estadístico de las variables “tratamiento de riego” y “producción”.

Conclusiones

6.- CONCLUSIONES

Los datos obtenidos en este trabajo proporcionan un coeficiente de cultivo semanal que parte del coeficiente de cultivo recogido en la única bibliografía existente hasta el presente trabajo (Navas, 1988).

Fruto del presente ensayo, se obtiene como resultado final un coeficiente de cultivo semanal que se adapta en cada momento a la demanda del cultivo, con objeto de obtener una mayor producción y un óptimo aprovechamiento del agua.

En la mayoría de las semanas, el Kc resultante de las operaciones matemáticas y del estudio estadístico realizado, correspondía a la estrategia de riego del 100% de las necesidades totales del cultivo.

En la mayoría de las semanas en las que se obtuvo producción, las mayores producciones de tallos cosechados se obtuvieron con la estrategia de riego del 100% de las necesidades totales del cultivo.

Una aportación ajustada del riego no sólo optimiza el agua sino que hará un uso más racional del abonado a través de la fertirrigación.

Un factor a tener en cuenta, será la frecuencia del riego diario aplicado, que dependerá del tipo de suelo y época del año, pudiendo ser necesario en determinados casos utilizar una frecuencia de dos riegos diarios.

Con la determinación semanal del Kc se consigue optimizar el uso de los recursos hídricos disponibles, ajustando la dosis de riego, además de optimizar el manejo del cultivo para una cantidad y calidad de cosecha óptimas que garantizan al agricultor la sostenibilidad y rentabilidad de la explotación.

Bibliografía

7.- BIBLIOGRAFIA

- **Ajwa, H.A., Trout, T., Mueller, J., Wilhelm, S., Nelson, S.D., Soppe, R. & Shatley, D. 2002.** Application of alternative fumigants through drip irrigation systems. *Phytopathology* 92: 1349-1355.
- **Alvarez, S., Navarro, A., Banon, S., Sanchez-Blanco, M.J., 2009.** Regulated deficit irrigation in potted *Dianthus* plants: Effects of severe and moderate water stress on growth and physiological responses. *Scientia Horticulturae* 122:579-585.
- **Ayers, R.S., Westcot, D.W. 1987.** La calidad del agua en la agricultura. Estudio FAO Riego y Drenaje 29.
- **Bianchini, Francesco; Carrara Pantano, Azurra. 1975.** Guía de Plantas y Flores (4ª edición). Barcelona, España: Grijalbo. pp. 333-334.
- **Cottenie, A. 1980.** FAO Soils Bulletin 38/2. Soils and Plant Testing as a basis of fertilizer recommendations.
- **Department of Health and Ageing (DHA). 2006.** The Biology and ecology of *Dianthus Caryophyllus* L (Carnation). Department of Health and Ageing, Office of the Gene Technology Regulator. 24.
- **Doorembos, J., Kassam, A., Bentvelsen, C., Branscheid, V., Plusjé, J., Smith, M., Uittenbogaard, G.O., Van der Val, H. 1980.** Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje 33.
- **Doorembos, J. Pruitt, W.O 1977.** Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje. 24
- **Fernandez, J., Curt, M.D., Aguado, P.L., Esteban, B., Sánchez, J., Checa, M., Mosquera, F., Romero, L. 2012.** Caracterización de las Comarcas Agrarias de España. Tomo 13, provincia de Cádiz. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- **Fernández, R., Yruela, M.C., Milla, M., Garcia, J.P., Oyonarte, N., Ávila, R., Gavilán, P. 2010.** Manual de Riego para Agricultores. Módulo 4. Riego Localizado. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- **Galbally, J., Galbally, E. 1997.** Do inefficient selfing and inbreeding depression challenge the persistence of the rare *Dianthus guliae* janka (Caryophyllaceae)? Influence of reproductive traits on a plant's proneness to extinction. *Plant Species Biology* 24: 69-79.
- **Guerrero, I., 1987.** El cultivo rentable de las flores. Editorial De Vecchi, S.A. ISBN 84-315-0487-0 pp.18-20.
- **Lamborn, L., 1901.** American Carnation Culture. The evolution of *Dianthus caryophyllus* sempler florens. Applewood books. (4) 13-30.

- **Molina, A., 1987.** Consideraciones sobre las normas de calidad en la flor cortada. Serie de Monografías – Nº 6 – Año 1987. Dirección General de Investigación y Extensión Agrarias. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- **Molina, A., 1988.** Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros, ISSN 1132-2950, Nº 42, 1988, 82-96.
- **Navas Becerra, J.A, López Rodríguez, M, Ortiz Berrocal, F, Gil Sánchez, C, Lirola Peralta, J, González Vizcaino, A, Aguilar Pérez M.I, Fernández Fernández, M., 1997.** Cultivos Hortícolas I, técnicas de cultivo, 33-38. ISBN Volumen: 4-922623-6-2. Junta de Andalucía.
- **Navas Becerra, J.A., 1998.** El cultivo del clavel. Colección Divulgación Nº 2. Consejería de Agricultura y Pesca. Dirección General de Investigación y Extensión Agrarias. Junta de Andalucía.
- **Plaza, B.M., Jiménez, S., Vela, M.D., Pérez, M & Lao, M.T. 2008.** El sector ornamental en Andalucía. Horticultura 204: 12-19.
- **Rallo Romero, L.; Fernández Escobar, L. (1998).** Diccionario de ciencias hortícolas. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. P. 115. ISBN 84-7114-818-8.
- **Rioja Molina, A (2002).** “Apuntes de Fitotecnia General, E.U.I.T.A Ciudad Real”.
- **Rosauero, J. 1983.** Hojas Divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Núm. 4/83 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- **Tutin, T.G., Walter, S.M. 1993.** Dianthus L. In: Tutin, T.G., Burges N.A., Chater A.O., Edmondson J.R., Heywood V.H., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., Webb D.A., eds. Flora Europea, Edition 2, Volume 1 Psilotaceae to Platanaceae. Cambridge University Press Cambridge. 227-246.
- **Villalobos, F.J., Mateos, L., Orgaz, F., Fereres, E. 2002.** FITOTECNIA: Bases y tecnologías de la producción agrícola. Ediciones Mundi-Prensa.

ANEXOS

PTIMIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE LA FLOR CORTADA EN INVERNADERO.
CASO DEL CULTIVO DEL CLAVEL.

1. EJEMPLO DE LOS DATOS CORRESPONDIENTES A DOS DE LAS 48 SEMANAS DE LAS QUE CONSTA EL ENSAYO.

- Semana 3: Sin producción de tallos
- Semana 19: Con producción de tallos.

SEMANA	TRATAMIENTO	Repetición	Tratamiento	T riego Diario (min)	Q gotero (l/h)	Marco 2 (m2/got)	Nº got/m2	Pluviometría estándar (mm)	Dosis Bruta (mm) semanal	CU	Dosis Neta (mm) semanal	Kc ensayo previo	Kc Navas 1988	Eto mm semanal	LIXIVIADOS ml semanales	LIXIVIADOS (mm) semanal	LIXIVIADO DIARIO ML
3	B1-80	1	80	4	4	0,429	2,33100233	18,6480186	8,702408702	0,9	7,832167832	0,7	0,5	13,98601399	0	0	0
3	B2-80	2	80	4	4	0,429	2,33100233	18,6480186	8,702408702	0,9	7,832167832	0,7	0,5	13,98601399	0	0	0
3	B3-80	3	80	4	4	0,429	2,33100233	18,6480186	8,702408702	0,9	7,832167832	0,7	0,5	13,98601399	0	0	0
3	B1-100	1	100	5	4	0,429	2,33100233	18,6480186	10,87801088	0,9	9,79020979	0,7	0,5	13,98601399	0	0	0
3	B2-100	2	100	5	4	0,429	2,33100233	18,6480186	10,87801088	0,9	9,79020979	0,7	0,5	13,98601399	7610	2,787545788	1087,142857
3	B3-100	3	100	5	4	0,429	2,33100233	18,6480186	10,87801088	0,9	9,79020979	0,7	0,5	13,98601399	0	0	0
3	B1-120	1	120	6	4	0,429	2,33100233	18,6480186	13,05361305	0,9	11,74825175	0,7	0,5	13,98601399	13670	5,007326007	1952,857143
3	B2-120	2	120	6	4	0,429	2,33100233	18,6480186	13,05361305	0,9	11,74825175	0,7	0,5	13,98601399	13750	5,036630037	1964,285714
3	B3-120	3	120	6	4	0,429	2,33100233	18,6480186	13,05361305	0,9	11,74825175	0,7	0,5	13,98601399	0	0	0
19	B1-80	1	80	3,2	4	0,429	2,33100233	18,6480186	6,961926962	0,9	6,265734266	1	1	7,832167832	0	0	0
19	B2-80	2	80	3,2	4	0,429	2,33100233	18,6480186	6,961926962	0,9	6,265734266	1	1	7,832167832	0	0	0
19	B3-80	3	80	3,2	4	0,429	2,33100233	18,6480186	6,961926962	0,9	6,265734266	1	1	7,832167832	0	0	0
19	B1-100	1	100	4	4	0,429	2,33100233	18,6480186	8,702408702	0,9	7,832167832	1	1	7,832167832	0	0	0
19	B2-100	2	100	4	4	0,429	2,33100233	18,6480186	8,702408702	0,9	7,832167832	1	1	7,832167832	883	0,323443223	0
19	B3-100	3	100	4	4	0,429	2,33100233	18,6480186	8,702408702	0,9	7,832167832	1	1	7,832167832	487	0,178388278	0
19	B1-120	1	120	4,8	4	0,429	2,33100233	18,6480186	10,44289044	0,9	9,398601399	1	1	7,832167832	783	0,286813187	0
19	B2-120	2	120	4,8	4	0,429	2,33100233	18,6480186	10,44289044	0,9	9,398601399	1	1	7,832167832	250	0,091575092	0
19	B3-120	3	120	4,8	4	0,429	2,33100233	18,6480186	10,44289044	0,9	9,398601399	1	1	7,832167832	0	0	0

PTIMIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE LA FLOR CORTADA EN INVERNADERO.
CASO DEL CULTIVO DEL CLAVEL.

- EJEMPLO DE LOS DATOS CORRESPONDIENTES A DOS DE LAS 48 SEMANAS DE LAS QUE CONSTA EL ENSAYO (CONTINUACIÓN)

SEMANA	TRATAMIENTO	Repetición	Tratamiento	Dosis neta aprovechada (mm) semanal	Max lixiviado por tratamiento\$	Media lixiviado por tratamiento\$	Kc ajustado formula revisada	Kc promedio para elegir, según criterio	% Percolación	Ea	Producción 80 % necesidades	Producción 100 % necesidades	Producción 120% necesidades	PRODUCCIÓN INSTANTÁNEA	ZONA 1 + ZONA 2 70	ZONA 1+ ZONA 2 60	ZONA 1+ ZONA2 50	ZONA 1+ ZONA 2 DESTRIO
3	B1-80	1	80	7,83216783			0,56	0,56	0	0,9				0	0	0	0	0
3	B2-80	2	80	7,83216783			0,56		0	0,9				0	0	0	0	0
3	B3-80	3	80	7,83216783	0	0	0,56		0	0,9				0	0	0	0	0
3	B1-100	1	100	9,79020979			0,7	0,63356349	0	0,9				0	0	0	0	0
3	B2-100	2	100	7,002664			0,50069048		25,6255102	0,6437449				0	0	0	0	0
3	B3-100	3	100	9,79020979	2,78754579	0,92918193	0,7		0	0,9				0	0	0	0	0
3	B1-120	1	120	6,74092574			0,48197619	0,60061905	38,3596939	0,51640306				0	0	0	0	0
3	B2-120	2	120	6,71162171			0,47988095		38,5841837	0,51415816				0	0	0	0	0
3	B3-120	3	120	11,7482517	5,03663004	3,34798535	0,84		0	0,9				0	0	0	0	0
19	B1-80	1	80	6,26573427			0,8	0,8	0	0,9	28,7065334			1,93487285	1,36054422	1,36054422	10,8127462	0
19	B2-80	2	80	6,26573427			0,8		0	0,9	28,7586426			2,39051571	2,72108844	1,05820106	8,01209373	0
19	B3-80	3	80	6,26573427	0	0	0,8		0	0,9	29,371451			2,13893968	0	5,41549953	6,59819483	0
19	B1-100	1	100	7,83216783			1	0,97864229	0	0,9		67,1781011		2,6981092	0	5,95238095	8,49206349	3,65079365
19	B2-100	2	100	7,50872461			0,95870323		3,71670918	0,86283291		70,9205303		3,74242916	0	10,5042017	5,88235294	1,19047619
19	B3-100	3	100	7,65377955	0,32344322	0,16727717	0,97722364		2,04987245	0,87950128		74,7631797		3,84264939	3,17460317	4,76190476	8,86243386	0
19	B1-120	1	120	9,11178821			1,1633801	1,18389598	2,74649235	0,87253508			63,3999312	2,89754276	3,57142857	2,24089636	3,43137255	0
19	B2-120	2	120	9,30702631			1,18830782		0,87691327	0,89123087			64,802226	1,40229485	0	2,85714286	7,33893557	0
19	B3-120	3	120	9,3986014	0,28681319	0,12612943	1,2		0	0,9			68,3572232	3,5549972	2,24089636	7,53190165	0	0

OPTIMIZACIÓN DE LAS NECESIDADES DE AGUA DE LA FLOR CORTADA EN INVERNADERO.
CASO DEL CULTIVO DEL CLAVEL.