

UNIVERSIDAD DE ALMERIA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

“Evaluación de la salinidad de la disolución nutritiva en la producción de semillas de borraja (*Borago officinalis* L.)”

Curso 2016/2017

**Alumno/a:**

Francisca Carrillo Ferrón

**Director/es:**

Dr. Miguel Urrestarazu Gavilán  
MSc. Victor Manuel Gallegos Cedillo



## *AGRADECIMIENTOS*

Es momento de agradecimientos, los sustituyo por felicitaciones, a los docentes, a los compañeros y a mis padres, por darme la mano en suspenso y aprobado.

Agradecemos al Ministerio de Educación y Ciencia por la financiación parcial de este trabajo (FEDER AGL2015-67528-R).

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	2
1. INTERÉS Y OBJETIVOS .....	5
1.1. INTERÉS DEL PROYECTO .....	5
1.2. OBJETIVOS .....	5
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. SALUD HUMANA .....	7
2.2. BORAGO OFFICINALIS.....	8
2.2.2. SEMILLAS DE BORRAJA.....	15
2.3. SALINIDAD Y PRODUCTIVIDAD .....	15
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	19
3.1. LOCALIZACIÓN .....	19
3.2. MATERIAL VEGETAL.....	19
3.3. PARÁMETROS EVALUADOS .....	21
3.4. MANEJO CULTURAL Y TRATAMIENTOS DE FERTIRRIEGO .....	22
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	23
3.6. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	26
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	29
4.1. DESARROLLO VEGETATIVO.....	29
4.2. FLORACIÓN.....	31
4.3. PRODUCCIÓN DE SEMILLAS.....	32
4.3.1. CALIDAD Y MORFOLOGÍA DE LAS SEMILLAS .....	33
5. CONCLUSIONES.....	34
6. BIBLIOGRAFÍA .....	37

# 1. INTERÉS Y OBJETIVOS

# 1. INTERÉS Y OBJETIVOS

## 1.1. INTERÉS DEL PROYECTO

La borraja (*Borago officinalis* L.) es nativa de la región mediterránea y pertenece a la familia Boraginaceae (Baubaire y Simon, 1987).

Las semillas de borraja contienen una gran cantidad de ácido gamma linolénico conjugado (del 30 al 40%) (Asadi-Samani *et al.*, 2014).

En el entorno natural, diferentes factores, como la salinidad y la sequía afectan a la germinación de la planta, crecimiento y rendimiento (Chen *et al.*, 1993).

Según (Guil-Guerrero *et al.*, 2016), las especies endémicas de borraja son ricas en ácido gamma linolénico, encontrándose éstas en peligro de extinción, lo cual explica la importancia de la preservación de nuestro ecosistema, tanto para el cuidado del medio ambiente como para el de la salud humana.

Se utiliza para el tratamiento de diversas enfermedades como esclerosis múltiple, diabetes, enfermedades del corazón, artritis y eczema. Por estas razones su cultivo se ha llevado a cabo recientemente. Los ácidos grasos poliinsaturados no son sintetizados por el cuerpo humano y deben ser suministrados por dietas especiales. Son el precursor más importante para los compuestos fisiológicos activos como prostaglandina, tromboxanos y leucotrienos. La piel del cuerpo humano no puede biosintetizar ácido gamma linolénico o precursor de ácido araquidónico. Así que el consumo diario de aceite de semilla de borraja mejora la condición de la piel. Después de usar este aceite, la sequedad de la piel y la picazón disminuyen (Asadi-Samani *et al.*, 2014).

En España, según los datos de cultivos del Anuario de Estadística del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente (MAGRAMA, 2016) en 2016 el cultivo de borraja alcanzó una superficie de 129 ha y una producción de 6212 toneladas. El cultivo de borraja en regadío al aire libre alcanza las 102 ha, mientras que en cultivo protegido apenas llega a las 21 ha, en secano al aire libre la cifra es de 48549 ha y como cultivo protegido se registran 58762 ha.

## 1.2. OBJETIVOS

El principal objetivo de este proyecto es evaluar el efecto del incremento de la conductividad eléctrica consecuencia de un aumento de la concentración de los nutrientes de la disolución nutritiva de riego en el crecimiento y desarrollo de la borraja (*Borago officinalis* L.) y producción de sus semillas en cultivo sin suelo.

Los objetivos específicos son la evaluación del incremento de las conductividades eléctricas de la disolución nutritiva sobre:

- N° de semillas m<sup>-2</sup>
- Cantidad de semillas (g planta<sup>-1</sup>)
- Morfología y peso de semillas
- Crecimiento vegetativo

# **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. SALUD HUMANA

Es bien conocido que la alimentación es una preocupación creciente entre la población respecto a la salud. La borraja, *Borago officinalis* L., se define como un cultivo prometedor a nivel mundial ya que de sus semillas se extrae un aceite que contiene ácido gamma linolénico que se emplea como suplemento dietético. Para obtener aceite con alto contenido en ácido gamma linolénico, la borraja deberá cultivarse en latitudes no inferiores a los -38 ° de latitud. Fuera de ese entorno, aparecen áreas apropiadas con limitaciones por deficiencia de humedad que podrían ser regadas con fines alimenticios (Falasca y Bernabé, 2012).

Melífera, ornamental, medicinal, ya era muy conocida por los griegos, y los romanos la expandieron. Pero posiblemente fueron los árabes quienes la volvieron a introducir, pues tuvo sus épocas de esplendor y de olvido. Actualmente, salvo en Navarra, Aragón, en La Rioja y Cataluña se cultiva como verdura (Barasoain y Olmo, 2007).

En Mallorca, con las mismas hojas, recién arrancadas y bien lavadas, hacen unos buñuelos de viento de muy agradable sabor. Se prepara con huevos batidos y un poco de harina de trigo candéal, que sirve para embadurnar las hojas, una a una, por ambas caras, cogiéndolas por el pecíolo; se echan así embadurnadas en una sartén con abundante aceite bien caliente, y el aire que las hojas retiene aprisionado entre sus bollos y rugosidades, dilatándose súbitamente, forma ampulosos buñuelos de color tostado o rubios, dentro de los cuales, la borraja, queda como una delgada película verdinegra. Se espolvorean con azúcar bien molida y canela, a gusto de cada cual (Font-Quer, 1992).

Se le atribuyen propiedades medicinales porque la borraja aporta una cantidad importante de provitamina A y vitamina C, y entre sus minerales destacan el hierro, el calcio y el potasio. Las sales minerales son abundantes, siendo el nitrato potásico el principal responsable de su actividad diurética, tónica cardíaca y sudorífica, si bien dichas acciones se ven favorecidas por otros compuestos como los taninos. Debido a su contenido en mucílagos, posee propiedades emolientes, antitusígenas y antiinflamatorias, por lo que se utiliza en el tratamiento de infecciones de las vías respiratorias altas (Falasca y Bernabé, 2012).

Los productores principales de semilla de borraja son Canadá, Reino Unido, Nueva Zelanda, los Países Bajos y Estados Unidos (Nicholls, 1996).

El mercado internacional de aceite de borraja fluctúa con los años, algunos con exceso de producción y otros con producción baja. La causa principal se debe a que el primer productor mundial es Canadá, donde puede producir semilla con bajo coste, pero donde existe alto riesgo de fracaso debido a heladas tempranas. Por consiguiente el volumen comercializado cada año no es constante, fluctuando entre 500 y 2000 toneladas (Falasca y Bernabé, 2012).

En España, se produce principalmente para su consumo como hortaliza en el Valle del Ebro, en dos comunidades productoras, Navarra con 70 hectáreas y Aragón con 350 hectáreas. En la actualidad, también se está cultivando en Almería, Córdoba y Murcia (Calvillo *et al.*, 2004).

## 2.2. BORAGO OFFICINALIS

Algunos autores atribuyen una etimología latina (*borra*=pelo rígido, por la porosidad característica de la planta) y otros mantienen una etimología árabe (*Abu*= padre y *rash*= sudor, por la propiedad sudorífica de sus flores). Esta planta es conocida por distintos nombres comunes como lo es borraja, borracha, bora, corrago, alcoholero pero en la mayor parte de España es más conocida como borraja. Esta planta no tiene un origen preciso como hortaliza (Villa y Álvarez, 2000).

Actualmente se estima que el origen de la borraja es atlántico, hispano-marroquí. No se cree originaria de Siria, ni que se hubiese difundido desde remotos tiempos como mala hierba o como adventicia por los cultivos del Antiguo Mundo.

La borraja se parece al verbasco, diferenciándose de éste en que produce las hojas extendidas por tierra y ásperas; resultando ser además, más negras, más pequeñas, semejantes a la lengua del buey. La borraja produce primero sus hojas (aunque más negras) semejantes por sus lineamientos y por su figura al verbasco, y las hojas están siempre extendidas sobre la tierra y son ásperas y semejantes a las lenguas de los bueyes (Font-Quer, 1992).

Una gran mayoría de los investigadores mencionan que esta planta es de origen Mediterráneo, sin embargo no hay duda que la planta es nativa de España (El Hafid *et al.*, 2002).

### Clasificación taxonómica

- Dominio: Eucaria
- Reino: Plantae (Linnaei, 1753).
- Subreino: Tracheobionta (Noorul *et al.*, 2013).
- Superdivisión: Spermatophyta (Noorul *et al.*, 2013).
- Filo o división: Magnoliophyta (Linnaei, 1753).
- Clase: Magnoliopsida (Linnaei, 1753).
- Subclase: Asteridae (Noorul *et al.*, 2013).
- Orden: Lamiales (Linnaei, 1753).
- Familia: Boraginaceae (Linnaei, 1753).
- Género: *Borago* L.
- Especie: *officinalis*





**Figura 1.** Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz (Otto Wilhelm Thomé, 1885).

#### Descripción botánica:

La raíz es pivotante (Villa y Álvarez, 2000). Cuenta con un tallo grueso y carnoso, hueco, con tonalidad verde intenso, muy ramificado y cubierto de fibras duras (Khan y Abourashed, 2009). Las hojas son simples, alternas, sin estipulas, oblongas u ovals y cubiertas como toda la planta por pelos o tricomas, estas de manera silvestre pueden tener pinchos (Villa y Álvarez, 2000).

De inflorescencias ramificadas, paniculiformes, con cimas simples o geminadas, pucifloras, laxas en la floración y fructificación, flores actimorfas péndulas. Cáliz con 5 sépalos gamosépalo, dividido casi hasta la base con lóbulos homomorfos, enteros, hirsuto, con pelos rectos. Corola tubular rotácea, glabra por la cara externa, de un color azul, rosada o blanca, con los lóbulos, en forma de estrella de 5 puntas (Gusuleac, 1928).

El fruto es pétreo, en tetranúcula, arrugado ovalado y pardo, las núculas maduras son oscuras y sin albúmina (Zargari, 1997).

Las semillas son grandes, de un color pardo negruzco y se desprenden con suma facilidad. En las semillas se observa una zona blanca, más o menos esférica que es una masa de tejido rica en grasas y proteínas (carúncula) apetecida por las hormigas, las cuales así dispersan las semillas. El número de semillas por gramo es de 50 a 55 (Villa y Álvarez, 2000).

De acuerdo con la Universidad de Helsinki en 2017, la familia de Boraginaceae es bastante grande, ya que posee alrededor de 150 géneros y casi 2,500 especies en todo el mundo. De los datos estadísticos que han obtenido en esta casa de estudios, describen 15 géneros y alrededor de 30 especies, todas ellas plantas de floración de tallos herbáceos, pero a escala mundial la familia también incluye arbustos y árboles.

La planta se adapta a todo tipo de suelos, si bien crece mejor en los próximos a la textura franca, ricos en materia orgánica. Es una especie con buena resistencia al frío, y puede soportar temperaturas de hasta  $-30^{\circ}\text{C}$ , rebrotando al subir la temperatura, pero ya a temperaturas por debajo de los  $3^{\circ}\text{C}$  bajo cero se produce una separación de la epidermis del pecíolo, ennegreciéndose posteriormente el tejido afectado lo que la inutiliza para el consumo. Esta es una de las razones que indujo al cultivo de esta especie en invernadero (Villa y Álvarez, 2000).

La borraja es una especie alógama, es decir, que necesita polen de otras plantas para que la fecundación se verifique correctamente. Esta polinización es llevada a cabo por insectos, principalmente por abejas. La alogamia al igual que la autogamia no es estricta en el caso de la borraja, de forma que siempre existe un cierto grado de autogamia que permite la obtención de alguna semilla forzando la autofecundación (Villa y Alvarez, 2000). Tradicionalmente ha sido un cultivo que se ha realizado en siembra directa, aunque en la actualidad, una importante superficie de invernadero y algo de cultivo al aire libre se hace con trasplante en cepellón, manual o mecánico (Villa y Alvarez, 2000).

El sistema de producción bajo invernadero comienza con las semillas, en la cámara de germinación pueden permanecer durante unos 4 días, debiendo sacar las bandejas en el momento que se vea la primera plántula nacida, ya que si no, se produce ahilamiento. De aquí se pasan las bandejas a un invernadero de producción de planta, que si es frío (sin calefacción), debe estar muy bien aislado en épocas invernales. Seguidamente se introducen en cámara de germinación. La temperatura de la cámara debe situarse entre  $20$  y  $22^{\circ}\text{C}$  con una humedad relativa alta (mayor del 70-75%). Con relación a la fuente de calor, es importante que tenga capacidad de remoción del aire simultánea a la calefacción (Villa y Álvarez, 2000).

Tras retirar los restos del cultivo anterior, conviene realizar una labor de subsolado. Adición de estiércol bien hecho a razón de  $5-8\text{ kg m}^{-2}$ , o bien compost a razón de  $2-3\text{ kg m}^{-2}$ . Como abonado mineral de fondo se vienen a utilizar de  $60$  a  $100\text{ g m}^{-2}$  de un complejo (9-18-27) complementando la formulación en cobertera con  $30-60\text{ g m}^{-2}$  de Nitrato Amónico del 33,5% en la mayor parte de los invernaderos, ya que su riego es a pie. Una mezcla que da buenos resultados es la que utiliza sustrato comercial fertilizado (80%), mezclado con humus de lombriz (15%) y con arena lavada (5%).

De este modo se consigue mejorar el proceso de asimilación de nutrientes, la permeabilidad y el poder tampón del sustrato (Villa y Álvarez, 2000).

Para cada sistema de cultivo (siembra directa de precisión o plantación) se pueden estudiar dos densidades diferentes en función de la separación entre líneas (a 30 y 40 cm) y en plantación se pueden emplear cepellones con 2 plantas a una distancia de 10 cm (Calado *et al.*, 2004).

-Densidad de Plantación = 50 plantas  $m^{-2}$  (líneas a 40 cm y cepellones a 10 cm, con 2 plantas cepellón<sup>-1</sup>).

-Densidad de Plantación 2 = 67 plantas  $m^{-2}$  (líneas a 30 cm y cepellones a 10 cm, con 2 plantas cepellón<sup>-1</sup>).

En el caso de siembra directa se pueden sembrar 26 semillas por metro lineal, con la idea de que queden 20 semillas por metro lineal con lo que puede quedar una densidad de:

-Densidad de Siembra Directa 1=50 plantas  $m^{-2}$

-Densidad de Siembra Directa 2=67 plantas  $m^{-2}$

En la práctica bajo invernadero, según (Villa y Alvarez, 2000) se hace de forma manual, estando muy difundido el uso de un tubo plantador, bien sobre un pequeño caballón, plantándolo a las dos caras, si el riego es a pie, o en llano, si el riego es gota a gota. Con riego por goteo, con los ramales a 60 cm entre sí, colocando 2 líneas de plantas en cada uno separadas unos 30 cm dentro de la línea obtenemos una densidad de unas 11 plantas  $m^{-2}$ .

De acuerdo con (Chardoli *et al.*, 2015), para la polinización de las anteras, se debe de tener las siguientes condiciones en el medio: los botones florales deben de tener de 5 a 7 mm de longitud para la recolección de las microsporas, las yemas deben de ser esterilizadas con etanol al 70% y después lavadas con hipoclorito de sodio al 2,5% por 10 min y después enjuagadas 3 veces con agua destilada.

Nutrición y riego:

En cuanto a fertirrigación se aportará en todos los riegos desde el estado de 5-6 hojas hasta unos 8-10 días antes del corte. Si se realiza abonado de fondo, puede añadirse únicamente solución nitrogenada del 32%, en caso contrario se debe aportar nitrato potásico (Villa y Álvarez, 2000).

La recolección se realiza hasta el estado fenológico de yema floral compacta e indefinida, sin haber iniciado la elongación del pedúnculo de las flores (Villa y Alvarez, 2000).

La semilla contiene 50-55 unidades por gramo. A medida que avanza en edad, disminuye notablemente su vigor, poder germinativo y porcentaje de plántulas normales. La cantidad de semilla a utilizar es variable y oscila entre los 6,5 y 13 Kg  $Ha^{-1}$  según el método de siembra utilizado. La profundidad de siembra será de entre 2-4 cm, según tipo de riego. A partir de que brote la planta, las labores de mantenimiento de cultivo consistirán en riegos, binas (1 ó 2), eliminación de malas hierbas y abonado de cobertera después del aclareo, que suele ser de unos 150 UF  $Ha^{-1}$  de Nitrógeno, aportadas generalmente en una sola vez (Villa y Álvarez, 2000).

Para la polinización se han podido establecer algunas condiciones óptimas durante la polinización, para el desarrollo adecuado de la semilla de la borraja. Estas condiciones son: temperaturas del cultivo alrededor de los 27°C y un pH del medio de 5,8 (Gamborg *et al.*, 1968).

El ciclo vegetativo oscila entre 60 y 130 días. La recolección se realiza a mano. Cada planta tiene un peso de 500-1,000 gramos y se obtienen unas producciones entre 60 y 100 toneladas por hectárea. Por ejemplo, la borraja al aire libre sembrada a primeros de septiembre es normal cogerla a primeros de enero (Villa y Alvarez, 1994).

La recolección se efectúa cuando la planta presenta escapos florales bien formados, es decir, se espera a que la planta alcance su peso máximo. La productividad de estas parcelas es alta (80-100 Tn Ha<sup>-1</sup>).

Las enfermedades más importantes de este cultivo son:

*Entyloma*, enfermedad denominada carbón o mancha blanca de la borraja, ocasionada por este hongo *Entyloma serotinum*, tiene una gran incidencia en los cultivos de invernadero, produce pequeñas manchas circulares blancas en los limbos foliares que se diseminan por toda la hoja, llegando a cubrir prácticamente toda la superficie.

La necrosis foliares están causadas, en ocasiones, por el hongo *Alternaria alternata*, (Dal Bello y Perello, 1988), afectan el follaje y tallos de la borraja necrosando las puntas y los bordes de las hojas.

El oídio provoca manchas blancas redondeadas de aspecto polvoriento que aparecen aisladas sobre el limbo, aunque en ocasiones también pueden aparecer en tallo y pecíolos, enfermedades de cuello y podredumbres de cuello están causadas fundamentalmente por especies de los géneros *Sclerotinia* y *Botrytis*.

## 2.2.1. FLORES DE BORRAJA

En las flores de esta planta se encuentran varias sustancias flavonoides, además de alcaloides como la alantoína y alcaloides pirrolizidínicos, los cuales pueden generar efectos negativos en el hígado (Larsen *et al.*, 1984).

La flor, que contiene un alcaloide derivado de la pirrolizidina, la thesinina, tiene un sabor dulce como la miel y es una de las pocas cosas comestibles realmente de color azul; se utiliza para decorar postres (Falasca y Bernabé, 2012).

Las flores forman ramilletes también muy erizados de pelos; son de un hermoso color azul, o, raras veces, blancas o violáceas; el cáliz hace una estrella de cinco puntas y la corola es de una sola pieza, con el tubo cortísimo, también extendida a manera de estrella, dividida en cinco gajos profundos.

En el centro de la flor se levantan cinco piezas cortas, truncadas o escoltadas y entre dichas piezas, otras 5 que rematan en una punta negra, y en el interior, cinco estambres, puntiagudos y también negros. Desprendida la corola, en el centro del cáliz, que persiste, se ven cuatro glóbulos verdes, que más tarde forman los cuatro granos del fruto, cada uno de los cuales, llegando a la madurez, imita la figura de una cabeza de víbora.

Florece al comenzar la primavera, previamente en los sitios de temperaturas más altas; más tarde en las tierras elevadas del interior (Font-Quer, 1992).

Respecto a la recolección, las hojas se recolectan antes de entallecer la planta, en primavera o a finales de invierno. Las flores, cortándolas una a una, con unas tijeras o, más comúnmente, con las uñas, un día despejado y seco, cuando el rocío ya se ha desvanecido por completo.

La desecación, ha de ser rápida, para lo cual se esparcen las flores sobre una sábana extendida y bien limpia sobre papeles, a la sombra y en un lugar ventilado, con objeto de que no pierdan su color. No deben cortarse los ramilletes o sumidades floridas, sino únicamente las flores, por la parte superior del cáliz.

Se utilizan como sudoríficas, las flores de borraja se toman en infusión. Por ejemplo, ½ onza de dichas flores en 0,5 l. de agua hirviendo; se deja enfriar un poco la infusión, y se toma un bol lo más lleno posible, endulzada con azúcar o miel.

Con las cuatro flores cordiales antes mencionadas se prepara la infusión de la misma manera, empleando la misma cantidad de ½ onza por 0,5 l. de agua hirviendo (Font-Quer, 1992).

La inflorescencia es una cima monocasial con flores actinomorfas y entomófilas. Cáliz con cinco sépalos, y corola tubular, quinquelobulada de un color blanco, y azulado, o violeta, en los genotipos silvestres, los pétalos están soldados y las anteras, que son cinco, forman un cono a través del cual pasa el estilo cuando la flor alcanza su madurez.

El ovario es súpero, con dos carpelos soldados, cada uno de ellos dividido en dos lóbulos, que proporcionan cuatro nuececillas monospermas, que rodean al estilo central. El nectario está



constituido por cuatro masas salientes y opuestas a las cuatro partes del ovario y a su base (Villa y Álvarez, 1999).

La infusión de flores de borraja se prepara con un par de cucharadas de la mezcla por cada 0,5 litros de agua, y se administra como se ha indicado para la infusión de flor de borraja.

Los cataplasmas para la maduración de furúnculos y diviesos se hacen con las hojas de borraja escaldadas con muy poca agua, y colocadas después sobre ellos, lo más calientes que se puedan resistir, y sostenidas con una venda de gasa y una torunda de algodón. Las flores de borraja, frescas, se mezclan en las ensaladas para darles una mejor presentación y darles mejor gusto.

En muchas comarcas de nuestro país, las hojas de borraja se dan a los enfermos, a los convalecientes y personas delicadas, simplemente hervidas con agua y sal, como si fueran espinacas, aderezadas con un poco de aceite de olivas del más fino. Tomadas así, tienen buen sabor, son de fácil digestión y ligeramente laxantes; procúrese dejar un poco de caldo que forman, para afianzar también sus facultades diuréticas.

En la región española de Lérida es costumbre tomarlas de ésta forma, y en toda su huerta; pero escogiendo las mejores hojas, las de la base de la planta, que descansan sobre el suelo, por lo cual es necesario lavarlas antes de usarlas.

## 2.2.2. SEMILLAS DE BORRAJA

La producción en gran escala de semilla de borraja está limitada por un largo periodo de formación y maduración de semillas y por la fuerte dehiscencia de los frutos, lo que hace que gran parte de la semilla producida caiga al suelo y se pierda antes de ser cosechada (Janick *et al.*, 1989).

Los frutos están formados por cuatro aquenios corrugados, oblongo-ovoidales, erectos, cóncavos y con un anillo engrosado cerca de la base; tienen la superficie rugosa y son de color pardo. La borraja crece rápidamente y está lista para cosechar entre los 50-120 días después de la siembra (Berti *et al.*, 2010).

El principal inconveniente que presenta el cultivo es que la mayoría de los cultivares disponibles producen frutos dehiscentes, es decir que se desgranar con facilidad, de modo que sólo un 20% de las semillas pueden ser cosechadas por medios convencionales, aunque en Europa ya existen variedades no dehiscentes.

Cuando se hace en buenas tierras, la borraja es una planta robusta, que puede llegar a más de 3 metros de altura, de gruesa y prolongada raíz, la cual, naciendo en otoño, florece, fructifica y muere en la primavera y verano del año próximo.

Toda la planta está recubierta de gran aspereza de pelos blancos, muy tiesos, casi punzantes, y las hojas, de color oscuro y muy rugosas, como abolladas, están sostenidas por un largo y grueso pecíolo, las inferiores, y muestran en el envés nervios de notable relieve, al paso que las de la parte alta del tallo, rollizo y hueco, acortan el pecíolo hasta perderlo por completo (Font-Quer, 1992).

Se cría en las huertas, en los barbechos y baldíos no demasiado secos, en los ribazos, etcétera, de todo o de casi todo el país, de preferencia en tierra baja.

En cuanto al cultivo la borraja se cultiva con mucha facilidad. Por su natural, nace después de las primeras lluvias otoñales, y por Semana Santa, si no antes, suelen cortarse las hojas basales para utilizarlas como verdura. Las flores se cogen más adelante. En las huertas donde ha sido cultivada y se ha dejado granar, ella misma se siembra (Font-Quer, 1992).

## 2.3. SALINIDAD Y PRODUCTIVIDAD

Existe poca información sobre los efectos de la conductividad eléctrica de la disolución nutritiva en los distintos estados fenológicos de la borraja.

La borraja puede crecer con una CE hasta de 15 dS m<sup>-1</sup> (Naghdi Badi *et al.*, 2011).

Un adecuado manejo de la fertirrigación y la salinidad (expresada como la composición iónica de la solución nutritiva) es una herramienta útil para poder conseguir una alta producción, una mejora en las cualidades de fruto y calidad de las semillas; con el mínimo impacto ambiental en los

cultivos hortícolas (Mosler, 2005; Urrestarazu *et al.*, 2008; Massa *et al.*, 2010; Morales y Urrestarazu, 2013).

La salinidad afecta negativamente a la germinación de semillas de borraja (Sajirani *et al.*, 2011). El peso fresco y peso seco en hojas, disminuyen con el incremento de la CE (Naghdi-Badi *et al.*, 2011). También afecta al crecimiento de la planta y al rendimiento de la semilla (Jaffel-Hamza *et al.*, 2013). La borraja puede crecer con una CE hasta de  $15 \text{ dSm}^{-1}$  (Naghdi Badi *et al.*, 2011). Un adecuado manejo de la fertirrigación y la salinidad (expresada cómo la composición iónica de la solución nutritiva) es una herramienta útil para poder conseguir una alta producción, una mejora en las cualidades de fruto y calidad de la semilla; con el mínimo impacto ambiental en los cultivos hortícolas (Mosler, 2005; Urrestarazu *et al.*, 2008; Massa *et al.*, 2010; Morales y Urrestarazu, 2013).

En los estudios de los efectos de la salinidad sobre los cultivos se deben distinguir los efectos osmóticos y los efectos específicos (Hayward y Long, 1940; Bernstein, 1976). En esta clasificación los efectos osmóticos se determinan por la presión osmótica de la disolución. Estos efectos son independientes del tipo de partículas de soluto que provocan la osmosis, y generalmente no afecta a la absorción de iones o su removilización en la planta. Con la relación a los efectos específicos de la salinidad se pueden establecer dos grupos, los efectos a través de la nutrición mineral y los efectos por toxicidad. Los efectos específicos de la salinidad debido a la nutrición mineral implican que el crecimiento de los cultivos se ve afectado por desórdenes en la absorción o distribución posterior de los iones esenciales para el desarrollo de la planta. El efecto tóxico de la salinidad tiene lugar por el exceso de absorción de un ion osmóticamente activo. Esto significa que la toxicidad debida a los microelementos como B, Mn, F, Li, Se, etc., no está aquí considerada.

El efecto mejor conocido es el marchitamiento del cultivo cuando se incrementa rápidamente la salinidad, debido a la pérdida o reducción del gradiente de potencial osmótico del agua absorbida por las plantas. Éste, sin embargo, no es el más común de los síntomas. En la práctica, con la salinidad el potencial osmótico de la solución en la rizosfera disminuye lentamente y las plantas pueden adaptarse a ello (Bernstein, 1961; Bernstein, 1963; Van den Ende *et al.*, 1975; Nukaya, 1983).

La absorción de nutrientes es muy diferente entre los distintos cultivos y la afectan, además: la composición iónica de la solución externa, el estado de desarrollo, las condiciones climáticas y el rendimiento del propio cultivo. En el estado vegetativo más que en ninguna otra fase de la planta la absorción total es mayor (Voogt, 1993). Las hortalizas aprovechables por sus frutos son un claro ejemplo de cómo se ve afectada la absorción en función del estado de desarrollo. Con respecto a las condiciones climáticas, es evidente que la radiación global es el principal factor determinante en la absorción de nutrientes (Schacht y Schenk, 1990), porque por su efecto las plantas crecen y tienen requerimientos nutritivos. La composición de la rizosfera afecta a la absorción de nutrientes de los cultivos principalmente a bajo o subóptimo aporte de nutrientes, en estas condiciones las plantas tienen escasa concentración de nutrientes. Con un suministro óptimo o superior (concentración que da lugar al llamado *consumo de lujo*) y dentro de una amplia variación de la disolución externa se obtienen generalmente concentraciones en plantas más constantes que las



existentes en propia disolución externa. En los cultivos en sustratos y en suelo en los invernaderos, generalmente, las concentraciones de nutrientes en la solución externa están en niveles óptimos o *de lujo*. Así, en la industria de los invernaderos la absorción global de nutrientes depende principalmente del cultivar y de los niveles de rendimiento (Urrestarazu, 2004).

Un elemento fundamental en el manejo de invernaderos es el equipo de fertirrigación que permite aportar el agua y los nutrientes a las plantas, cuyo control permite ajustar la dosificación a las necesidades del cultivo (Burt *et al.*, 1998; Valera *et al.*, 2008). Hay una amplia variedad de métodos de fertirrigación para suministrar la disolución nutritiva a los cultivos (Urrestarazu, 2004; Van Os *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2015; Steidle *et al.*, 2014).

# 3. MATERIAL Y MÉTODOS

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN

El experimento se realizó en un invernadero tipo “raspa y amagado”, situado en el campo experimental de la Universidad de Almería. El invernadero está constituido por un sólo módulo de 1800 m<sup>2</sup> y una altura de 3,5 m al canal de recogida de aguas. Está provisto de un cabezal de riego automatizado.



**Fotografía 1.** Invernadero de la Universidad de Almería donde se ha realizado el ensayo.

#### 3.2. MATERIAL VEGETAL

Se han utilizado plantas de borraja (*Borago officinalis* L.). Esta variedad de borraja es robusta, de unos 30-130 cm de altura, con tallos cubiertos de pelos rígidos. Sus hojas son ovaladas u oblongas, de unos 10 a 12 cm de largo. Las flores son azules o púrpuras.

Las semillas se han recibido del vivero y se han plantado en macetas 50 cm diámetro, de 20 litros de capacidad con fibra de coco. Este tipo de sustrato es un excelente material para el desarrollo radicular, es posible plantar directamente en ella sin necesidad de emplear tratamientos o agentes especiales.

A diferencia de otros tipos de medio de cultivo, este sustrato mantiene una elevada capacidad de aireación incluso cuando está completamente saturado.



**Fotografía 2.** Flor de borraja del ensayo. Universidad de Almería.



**Fotografía 3.** Flores de borraja en plena producción de polen.

### 3.3. PARÁMETROS EVALUADOS

La toma de datos se llevó a cabo en un laboratorio el cual se encuentra en la Universidad de Almería a temperatura constante. Los parámetros de calidad de la planta a medir fueron: diámetro del tallo, longitud de la raíz, área foliar, peso fresco y peso seco de raíz, tallo y hojas, morfología y peso de semillas,  $g\ planta^{-1}$  y  $semillas\ m^{-2}$ .

*Diámetro del tallo:* El diámetro del tallo se determinó con un pie de rey digital de la marca Stainless Hardened, con una longitud de medición de 150 mm y una exactitud de 0,01mm.

El pie de rey se colocaba justo en la base del tallo, lo más aproximado al cuello radical.

Se cortaron las plantas a la altura de la base éste, con el fin de separar la parte aérea de la radical y así medirlas por separado.

*Longitud de la raíz:* Se separó la raíz del tallo y se procedió a la limpieza de la raíz. Para ello se sumergieron las raíces en agua, para eliminar todos los restos del sustrato de la raíz. Una vez lavada, se secaron y se pusieron en posición para medir. Se utilizó una regla milimetrada para su medición.

*Área foliar:* Se calculó el área de las hojas mediante la utilización de una cámara réflex Canon EOS 550 manteniendo la cámara a la misma distancia y ángulo para la toma de las fotografías. El procesamiento de las imágenes se realizó mediante el programa AutoCad 2016.

*Peso fresco de raíz, tallo y hoja:* Se separaron las diferentes partes de la planta (raíz, tallo y hoja), se pesó por separado en una balanza de precisión Radwag modelo PS 2100  $c1^{-1}$  de sensibilidad 0,01 g.

*Peso seco de raíz, tallo y hoja:* El material vegetal separado se ordenó por repetición y por tratamiento. Se colocaron en sobres de papel filtro y se diferenciaron por etiquetas. La raíz, tallo y hojas se secaron en un horno de convección forzada (Thermo Scientific) a 85° C. Finalmente, se sacó el material del horno y se pesaron de nuevo en una balanza electrónica marca (OHAUS Adventurer), con una precisión de 0,001 g.

*Morfología y peso de semillas:* Se realizó un muestreo de semillas con una muestra de 100 semillas de cada tratamiento, se ha obtenido una media ponderada del peso por planta, utilizando una balanza calibrada Radwag modelo PS 2100  $c1^{-1}$  de sensibilidad 0,01 g.

De igual forma, se le ha realizado un muestreo de las semillas con una muestra de 50 semillas de cada tratamiento, se ha obtenido la media ponderada del largo y ancho por planta, con la utilización del pie de rey del de la marca Stainless Hardened.

*Semillas  $m^{-2}$  y  $g\ planta^{-1}$ :* Se han recolectado las semillas producidas (de forma manual y diariamente) por cada planta, además, éstas han sido pesadas en una balanza electrónica marca (OHAUS Adventurer), con una precisión de 0,001 g.

### 3.4. MANEJO CULTURAL Y TRATAMIENTOS DE FERTIRRIEGO

El manejo cultural se ha realizado de acuerdo al comercial de la zona y ha sido el mismo en los tres tratamientos.

Como se observa en la Tabla 1, los tratamientos a ensayar han consistido en tres disoluciones nutritivas a tres concentraciones diferentes de la disolución nutritiva (conductividades de 2,20, 3,35 y 4,50 dS m<sup>-1</sup>).

Se han utilizado 3 plantas por repetición. Para las macetas de los tratamientos 2,20 dS m<sup>-1</sup> y 4,50 dS m<sup>-1</sup> se colocará 1 emisor por maceta con caudal de 4 litros por hora y para las macetas del tratamiento 3,35 dS m<sup>-1</sup>, 2 emisores por maceta con caudal de 2 litros por hora.

**Tabla 1.** Soluciones nutritivas utilizadas el cultivo.

CE dS m <sup>-1</sup>	pH	Macronutrientes mM							Micronutrientes μM				
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe	Mn	Cu	Zn	B	M
2,20 <sup>(a)</sup>	5,80	10,25	1,50	1,75	4,75	5,00	1,51	15	10	0,75	5	30	0,5
3,35	5,80	12,81	1,88	2,19	5,95	6,25	1,89	15	10	0,75	5	30	0,5
4,50	5,80	15,38	2,25	2,63	7,13	7,50	2,27	22	15	1,13	7	45	0,7

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

La disolución nutritiva utilizada fue parecida a la recomendada por (Sonneveld y Straver, 1994), (Tabla 1) para el tratamiento T0; para los tratamientos de 3,35 y 4,50 (dS m<sup>-1</sup>) se procedió a un ajuste a través de disoluciones madre concentradas de los macronutrientes.

El pH de la solución nutritiva se mantendrá en 5,8 (esto se consigue mediante ácido nítrico diluido) y su CE variará dependiendo de cada tratamiento. Para ello se instalarán 3 sectores independientes de riego, uno para cada solución nutritiva.

Los tratamientos evaluados fueron:

T0: Disolución nutritiva a 2,20 dS m<sup>-1</sup>

T1: Disolución nutritiva a 3,35 dS m<sup>-1</sup>

T2: Disolución nutritiva a 4,50 dS m<sup>-1</sup>

La polinización de las flores se realizaba con una frecuencia de una vez diariamente (cada mañana antes de las 12:00 horas, normalmente a las 9:00 a.m., para evitar el desprendimiento de la corola de las flores debido a temperaturas más altas) y de forma manual con pincel para cada una de las flores de las tres repeticiones de cada tratamiento.

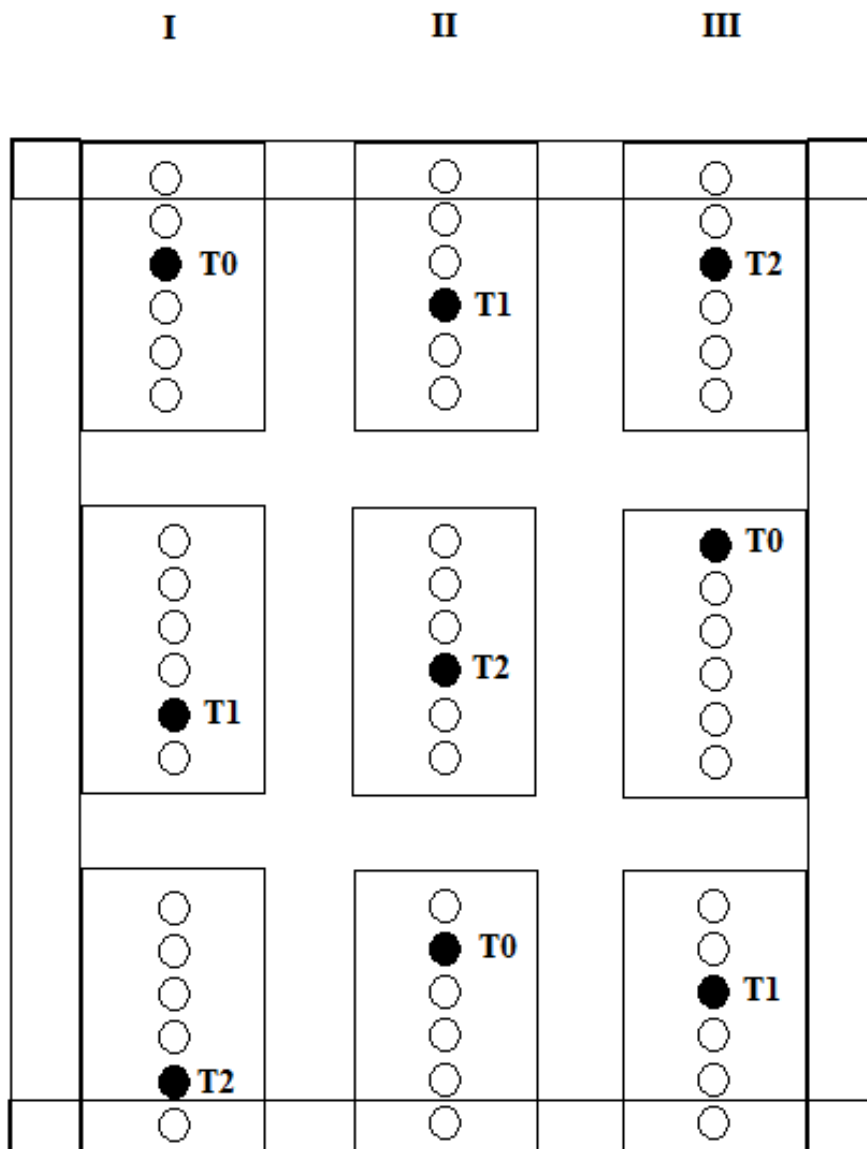




**Fotografía 4.** Momento de la Polinización manual de las flores de borraja.

### **3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se ha realizado un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento (Little y Hill, 1987); la unidad experimental ha constado de 9 plantas ( $2,134 \text{ plantas m}^{-2}$ ), divididas según los tres tratamientos:  $T_0 = 2,20 \text{ dS m}^{-1}$ ;  $T_1 = 3,35 \text{ dS m}^{-1}$  y  $T_2 = 4,50 \text{ dS m}^{-1}$ .



**Figura 2.** Croquis del diseño experimental del cultivo. ● Corresponde a las unidades muestreadas, ○ corresponde a las unidades del cultivo.





**Fotografía 5.** Imagen frontal del experimento en el desarrollo de flores.



**Fotografía 6.** Detalle de la floración en el ensayo realizado en la Universidad.



**Fotografía 7.** Semilla de borraja caída del cáliz, el cual no se desprende del tallo una vez finalizada la maduración de las núculas.



**Fotografía 8.** Formación de semillas de borraja.

### **3.6. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Los resultados de los diferentes parámetros vegetativos, se han sometido a un análisis de varianza y prueba de comparación de medias (Tukey  $P \leq 0,05$ ) para observar el efecto de los factores en los diferentes tratamientos. El tratamiento matemático de los datos se ha realizado utilizando Statgraphics Centurion XVII y Microsoft Office 2007.

Además, se ha realizado un análisis de varianza para  $n=50$ , con una prueba de múltiples rangos sobre las medias ponderadas de la morfología de semillas para cada tratamiento.

# 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

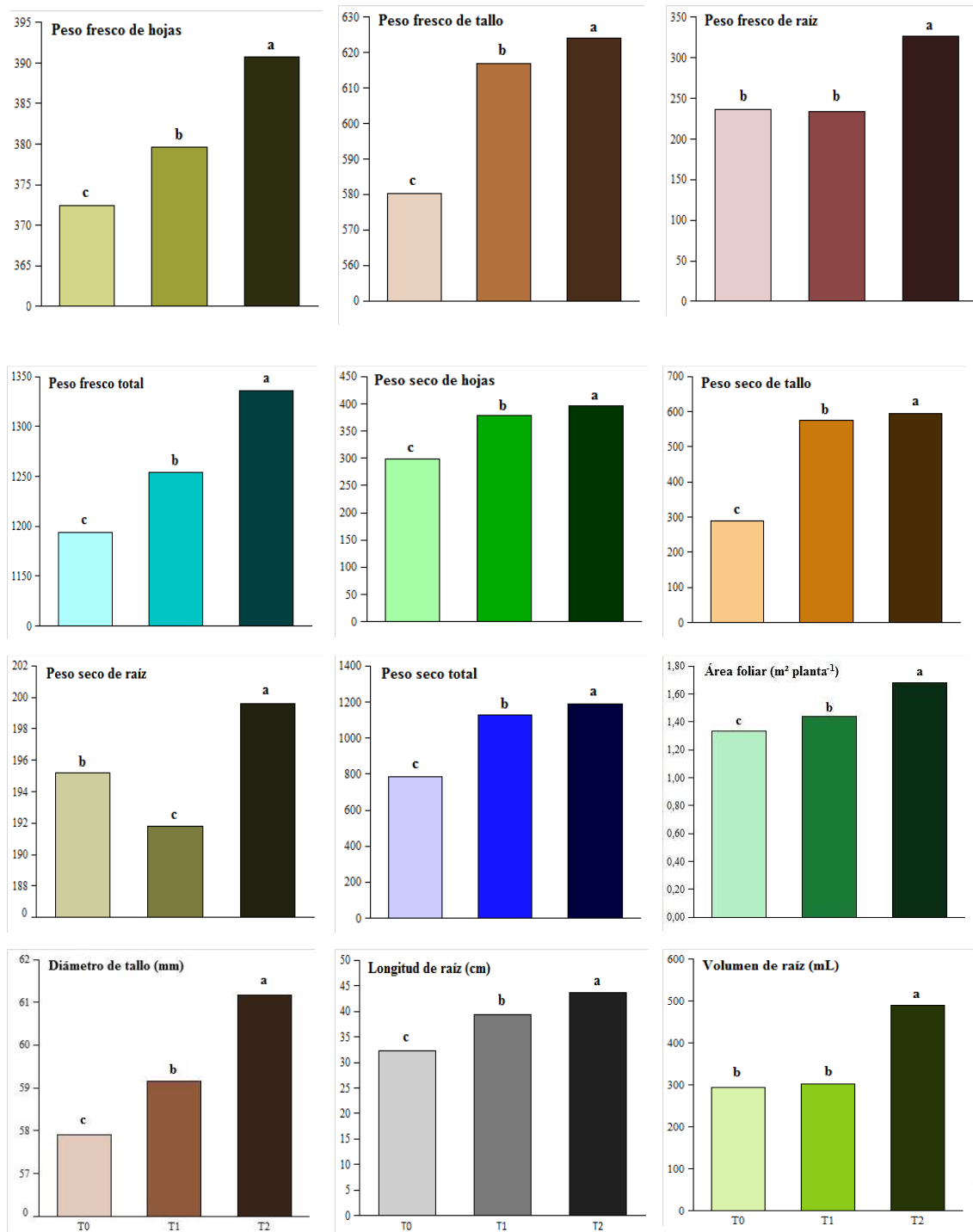
### 4.1. DESARROLLO VEGETATIVO

Todos los parámetros del desarrollo vegetativo se vieron afectados amplia y significativamente por la CE de la disolución nutritiva evaluada (Figura 3). Al aumentar la salinidad de 2,20 hasta 3,35 dS m<sup>-1</sup> (T1) se registraba un incremento del desarrollo vegetativo, salvo el volumen y peso fresco de la raíz. El parámetro que mayor incremento mostraba con el aumento de la salinidad fue el diámetro del tallo (en un 37,60%). El tratamiento que mayor crecimiento vegetativo ha obtenido ha sido de 4,50 dS m<sup>-1</sup>, aumentando un 33,17% el peso fresco total respecto al resto de tratamientos. (Figura 3).

Estos datos obtenidos no coinciden con la tendencia general de la disminución del crecimiento vegetal con el incremento de la salinidad. Se trata de que la tolerancia a la salinidad es muy alta en la borraja común, por tanto muchos autores llegan a la conclusión de que disminuye su crecimiento porque alcanzan conductividades eléctricas mucho más alta que las que nosotros usamos aquí. Por ejemplo: los resultados de algunos autores como los trabajos de Naghdi Badi *et al.*, (2011) (aunque ellos trabajaban a CE de 5 y 15 dS m<sup>-1</sup>); u otras borragináceas Talebi *et al.*, (2012), quienes observaron una disminución significativa los parámetros de crecimiento o en el peso fresco de la planta con el incremento de la conductividad eléctrica, o efectos negativos similares sobre su efecto sobre la germinación de las semillas como los de Shekari *et al.*, (2015).

El área foliar también presentó el mismo comportamiento que el resto de parámetros vegetativos.

El parámetro vegetativo más afectado por el aumento de la CE ha sido el de volumen de raíz, que presenta un aumento del 55% con respecto a los dos tratamientos de menor CE de la disolución nutritiva (Figura 3).



**Figura 3.** Parámetros de crecimiento vegetativo (g planta<sup>-1</sup>), en función de los tratamientos. T0, T1 y T2 corresponde a las CE de la solución nutritiva a 2,20, 3,35 y 4,50 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente.

El tratamiento de mayor conductividad eléctrica presenta un mayor rendimiento en la obtención del peso seco total, contrario a las demostraciones de que con el aumento de la conductividad eléctrica, decrece significativamente el peso seco de la plántula como observa Shekari *et al.*, (2015) y también es contrario al estudio sobre el peso seco de la planta de borraja en el que se

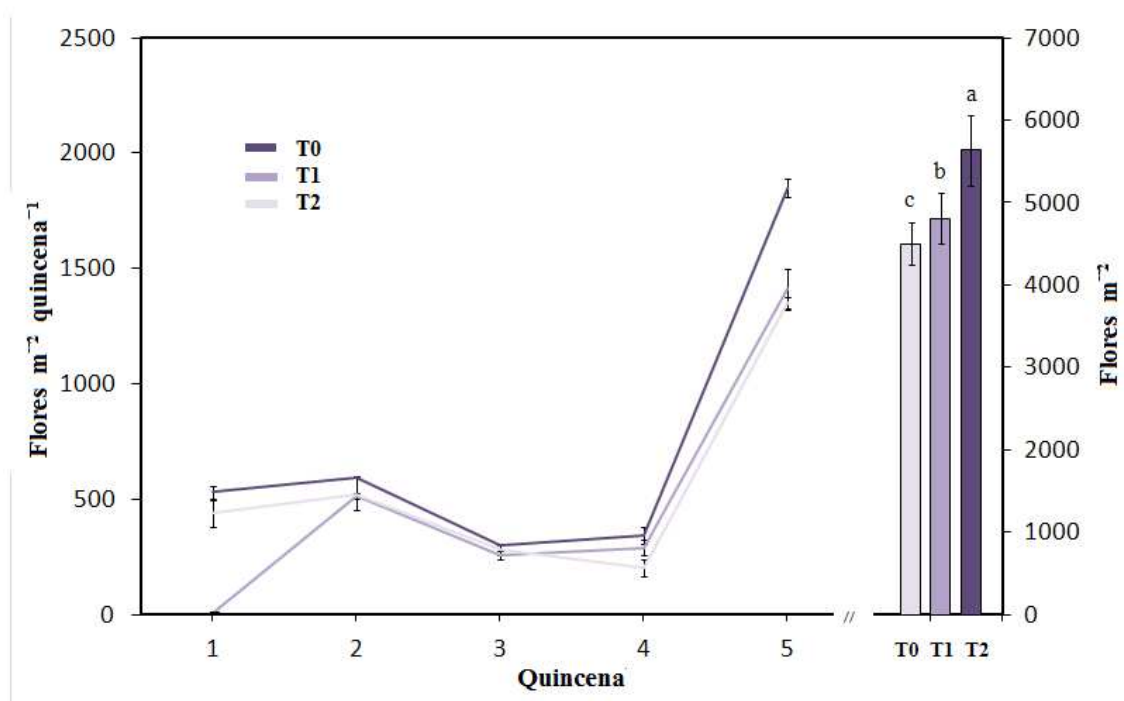
muestran resultados en los cuales el peso seco disminuyó constantemente con el incremento de la conductividad eléctrica (Naghdi-badi *et al.*, 2011).

Existen diferencias significativas cuando se realiza la comparación de los tratamientos para el diámetro del tallo de 2,20 y 4,50  $\text{dS m}^{-1}$ , se observa que con el aumento de la conductividad eléctrica, se obtienen diámetros de tallos mayores.

Contrario a lo que muestran los resultados de Jaffel *et al.*, (2011), que con un aumento de los niveles de NaCl el diámetro de tallo disminuye significativamente en el cultivo de borraja (Figura 3).

## 4.2. FLORACIÓN

La figura 4 muestra como en la floración sigue una misma tendencia descrita para el desarrollo vegetativo.



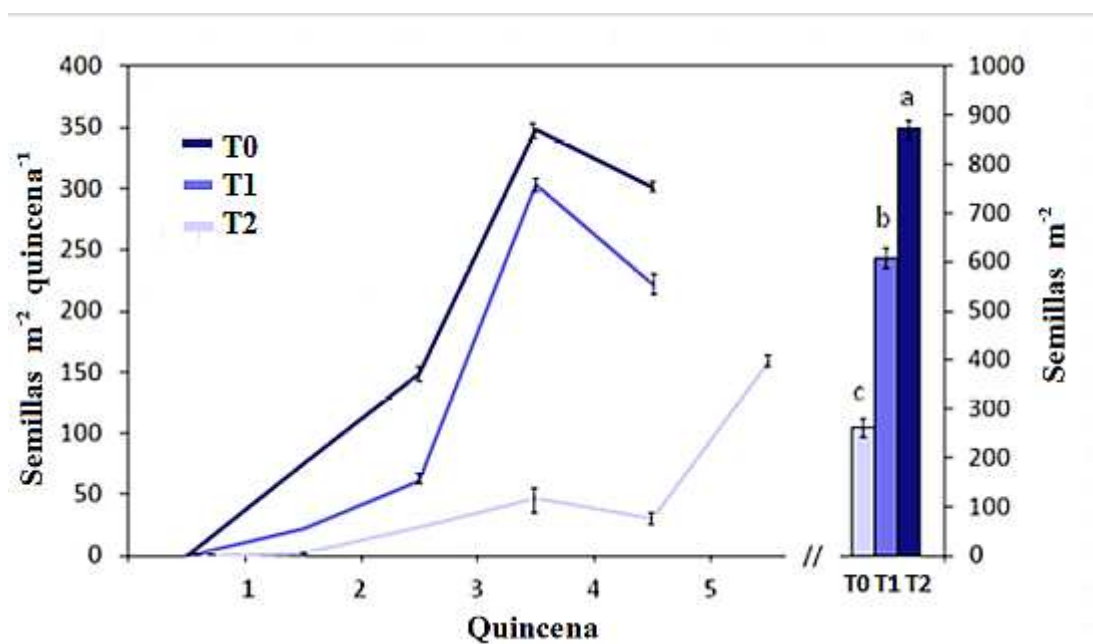
**Figura 4.** Evolución de la producción de flores en borraja por quincenas en función de los tratamientos y el total del ciclo de cultivo. T0, T1 y T2 corresponde a las CE de la solución nutritiva a 2,20, 3,35 y 4,50  $\text{dS m}^{-1}$ , respectivamente.

El tratamiento que destaca notablemente en la producción de flores ha sido el de 4,50  $\text{dS m}^{-1}$ , seguido por los tratamientos de 3,35 y 2,20  $\text{dS m}^{-1}$  respectivamente. Los tratamientos de 4,50 y 3,35  $\text{dS m}^{-1}$  comenzaron antes la producción de flores y con la obtención de un mayor número de éstas.

La mayor producción floral se ha registrado al final del ciclo de cultivo para los tres tratamientos (Figura 4).

### 4.3. PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

Puede observarse como el tratamiento que mayor producción de semillas ha obtenido ha sido de  $4,50 \text{ dS m}^{-1}$ , seguido del tratamiento de  $3,35 \text{ dS m}^{-1}$  a pesar de haber diferencias significativas, pues no ha conseguido alcanzar la producción del primer tratamiento, y el tratamiento de menor producción de semillas ha sido de  $2,20 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 5).



**Figura 5.** Evolución de la producción de semillas en borraja por quincenas en función de los tratamientos y el total del ciclo de cultivo. T0, T1 y T2 corresponde a las CE de la solución nutritiva a  $2,20$ ,  $3,35$  y  $4,50 \text{ dS m}^{-1}$ , respectivamente.

Para los dos primeros tratamientos, la máxima producción de semillas ha ocurrido a las 4 semanas de comenzar la producción en el cultivo, en cambio para el tercer tratamiento, ha tardado dos semanas más, para todos ellos, la evolución ha sido progresiva.



### 4.3.1. CALIDAD Y MORFOLOGÍA DE LAS SEMILLAS

La tabla 2 muestra algunos resultados de la calidad de la producción de semillas. La salinidad de la disolución nutritiva afectó muy notablemente (entre el 31,4 % y 25,3%) de una forma estadísticamente muy significativa. El valor menor de salinidad (2,20 dS m<sup>-1</sup>) tuvo los resultados más bajos en los parámetros de calidad.

**Tabla 2.** Parámetros de calidad de la semilla e índice de cosecha en diferentes tratamientos de las CEs (*Borago officinalis* L.).

CE (dS m <sup>-1</sup> )	Peso de 100 semillas (g)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Índice de Cosecha
2,20	2,04 <b>c</b>	3,84 <b>c</b>	7,60 <b>c</b>	0,020 <b>b</b>
3,35	2,21 <b>b</b>	4,86 <b>b</b>	8,60 <b>b</b>	0,032 <b>a</b>
4,50	2,97 <b>a</b>	5,89 <b>a</b>	9,59 <b>a</b>	0,035 <b>a</b>

El peso unitario de las semillas de borraja común que estos ensayos producían se mostraron de un mayor tamaño que referencias comerciales como la cv. Movera (1,80 g por cada 100 semillas), o los 1,54 g por cada 100 semillas que presentaban Falasca y Bernabé (2012).

El índice de cosecha a medida que se incrementaban los niveles de salinidad -con un incremento más moderado (28,57%) o algo más severos (85,71%)- se mejoraba significativamente los resultados. El tratamiento de 4,50 dS m<sup>-1</sup> incrementa de forma muy significativa en un 25,3 % el peso de las unidades de semilla, respecto al tratamiento de 2,20 dS m<sup>-1</sup>.

Por tanto, la mayor CE no solo producía más sino que las semillas individuales son de mayor tamaño (31,4%).

# 5. CONCLUSIONES

## 5. CONCLUSIONES

- El tratamiento que mayor crecimiento vegetativo ha presentado en *Borago officinalis* L. ha sido el de 4,50 dS m<sup>-1</sup>.
- El tratamiento de mayor CE en la solución nutritiva, 4,50 dS m<sup>-1</sup>, ha sido el que mayor número de semillas ha producido.
- La mejor calidad de semilla se produjo con la mayor salinidad de la solución nutritiva evaluada, obteniendo 29,7 g cada mil semillas.
- La mayor salinidad tuvo el mayor índice de cosecha.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Asadi-Samani, M., Bahmani, M., Rafieian-Kopaei, M. (2014). The chemical composition, botanical characteristic and biological activities of *Borago officinalis* L.: a review. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine. 7:22-29.

Baubaire, N.A., Simon, J.E. (1987). Production potential of borage (*Borago officinalis* L.). Acta Horticulturae. 208:101-101.

Barasoain, R., Olmo, D. (2007). La olvidada Borraja. La Fertilidad de la Tierra. 30:66-68. Consultado 24-5-2017.

Bernstein, L., Francois. L.E. (1975). Effects of frequency of sprinkling with saline waters compared with daily drip irrigation. Agronomy Journal. 67:185-190.

Bernstein, L. (1976). Physiological basis of salt tolerance in plants. Proc. Intern. Symp. Genetic Control Diversity in Plants. Lahore, Pakistan, March, 1976. Plenum Press. 283-290.

Berti, M., Fischer, S.U., Wilckens, R.L., Hevia, M.F., Johnson, B.L. (2010). Borage (*Borago officinalis* L.) response to N, P, K, and S fertilization in South Central Chile. Chilean Journal of Agricultural Research. 70:228-236.

Burt, C., O'connor, K., Ruehr, T. (1998). Fertigation. The irrigation training and research center. California polytechnic state university, San Luis Obispo, CA. 326.

Calado, S., Lahoz García, I., Macúa González, J.I. Urmeneta, I. (2004). Estudio comparativo del sistema de cultivo en borraja. Seminario de Especialistas en Horticultura. 12:69-75. Consultado 29-05-2017.

Calvillo, S., Lahoz, G.I., Macúa, G.J.I., Urmeneta, I. (2004). Estudio comparativo del sistema de cultivo en borraja. Seminario de Especialistas en Horticultura. 12:69-75.

Chen Z., Ricigliano, J.W., Klessig D.F. (1993). Proceedings of the National Academy of Science. USA. 90:9533-9537.

Dal Bello, G.M., Perello, A.E. (1998). Necrosis foliar severa de la borraja (*Borago officinalis* L.), una nueva enfermedad causada por *Alternaria alternata*. Fr. Keiss. Revista Investigación Agraria. Producción y Protección vegetales.

El Hafid, R., Blade S.F., Hoyano, Y. (2002). Seeding date and nitrogen fertilization effects on the performance of Borage (*Borago officinalis* L.). Industrial crops and products. 16:193-199.

Jaffel, K., Sai, S., Bouraoui, K., Ammar, R.B., Legendre, L., Lachâal, M. (2011). Influence of salt stress on growth, lipid peroxidation and antioxidative enzyme activity in borage (*Borago officinalis* L.). Diario Oficial de la Societa Italiana Botanica. 145:2-4.

Falasca, S., Bernabé, M.A. (2012). El cultivo de la borraja (*Borago officinalis* L.) como fuente de biodiesel en el sur de Argentina. *Revista Geográfica (México)*. 151:31-46.

Font-Quer, P. (1992). *Plantas Medicinales. El Dioscórides renovado*. Editorial Labor, S.A. 550-552.

Gamborg, O.L., Miller, R.A., Ojima, K. (2002). Nutrient Requirements of Suspension Cultures of Soybean Root Cells. *Experimental Cell Research*. 50:151-158. Consultado 29-05-2017.

Guil-Guerrero, J.L., Gómez-Mercado, F., Ramos-Bueno, R.P. Gonzalez-Fernández, M.J., Urrestarazu, M., Rincón-Cervera, M.A. (2016). Sardinian Boraginaceae are new potential sources of gamma-linolenic acid. *Food Chemistry*. 218:435-439.

Gusuleac, M. (1928). The families and Genera of Vascular Plants. *Flowerin Plants*. 14:80.

Hayward, H.E., Long, E.M. 1941. Anatomical and physiological response of the tomatoe to varying concentrations of sodium clhloride, sodium sulphate, and nutrient solutions. *Botanical Gazette*. 102:437-462.

Jaffel-Hamza, K., Sai-kachout, S., Harrathi, J., Lachaâl, M., Marzouk, B. (2013). Growth and Fatty Acid Composition of Borage (*Borago officinalis* L.) Leaves and Seeds Cultivated in Saline Medium Khaoula. *Journal of Plant Growth Regulation*. 32:200-207.

Janick, J., Simon, J.E., Quinn, J., Beaubaire, N. (1989). Borage: A Source of Gamma Linolenic Acid. *Herbs, spices, and Medicinal Plants. Recent Advances in Botany, Horticulture, and Pharmacology*. Food Products Press. 4:145-168.

Khan, I., Abourashed, E. (2009). *Leung's encyclopedia of common natural ingredients used in food, drugs, and cosmetics*. New York: John Wiley and Sons. 3:110-112.

Larsen, K.M., Roby, M.R., Stermitz, F. (1984). Unsaturated purrolizidines from borage (*Borago officinalis* L.), a common garden herb. *Journal of Natural Productions*. 47:747.

Linnaei, C. (1753). *Species plantarum: exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas*. Tomus I. Holmiae. Impensis laurentii salvii. 1:138.

Little, T.M., Hills, F.J. (1975). *Statistical Methods for Agricultural Research*. New York: John Wiley and Sons.

MAGRAMA. (2016). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *Anuario de Estadística 2016*. Consultado 29-05-2017.

Massa, D., Incrocci, L., Maggini, R., Carmassi, G., Campiotti, C.A., Pardossi, A. (2010). Strategies to decrease water drainage and nitrate emission from soilless cultures of greenhouse tomatoe. *Agricultural water management*. 97:971-980.

- Montgomery, D.C. (2004). Diseño y análisis de experimentos. Segunda edición. Limusa Wiley. Universidad estatal de Arizona. 126-143.
- Morales, I., Urrestarazu, M. (2013). Thermography Study of Moderate Electrical Conductivity and Nutrient Solution Distribution System Effects on Grafted Tomato Soilless Culture. *Hortscience*. 48:1508-1512.
- Mosler, R.F. (2005). Nutrición del aguacate: rendimiento y calidad. Hortalizas, Fruta y Flores. Editorial Agrosintesis, S.A. de C.V. México D.F. 28-34.
- Naghdi Badi, H., Sorooshzadeh, A. (2011). Evaluating potential of borage (*Borago officinalis* L.) in bioremediation of saline soil. Irán, *African Journal of Biotechnology*. 10:146-153
- Nicholls, F. (1996). New crops in the UK: From concept to bottom line profits. Progress in new crops. ASHS Press. Alexandria. 1:21-26.
- Noorul, S.B., Rani, S., Syeda, A.F., Zaman, R. (2013). Review on *Borago officinalis*: a wonder herb. *International Journal of Biological y Pharmaceutical Research*.
- Nukaya, A. (1983). Salt tolerance studies in muskmelons and other vegetables. Technical bulletin, no 8. Department Hort. Faculty Agric., Shizuoka University, Japan.
- Rodríguez, D., Reza, J., Martínez, J., López-Luque, R., Urrestarazu, M. (2015). Development of a new control algorithm for automatic irrigation shed-uling in soilless culture. *Applied Mathematics and Information Sciences*. 9:47-56.
- Sajirani, E.B., Shakouri, M.J., Mafakheri, S. (2011). Borage (*Borago officinalis* L.) Germination under Saline Condition. Irán, Tehran. *Scholars Research Library*. 2:414-416.
- Schacht, H., Schenk, M.K. (1990). Control of nitrogen supply of cucumber (*cucumis sativus*) grown in soilless culture. En: Van Beusichem, M.L. (Ed), *Plant Nutrition-physiology and applications*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 753-758.
- Shekari, F., Asadi-Danalo, A., Hamid-Mustafavi, S. (2015). Exogenous polyamines improve seed germination of borage under salt stress via involvement in antioxidant defenses. *WALIA journal*. 31:57-63.
- Sonneveld, C., Straver, N. (1994). Nutrient Solutions for Vegetables and Flower Grow in Water Substrates. Proefstation voor tuinbouw onder glas te Naaldwijk, The Netherlands. 45.
- Statistical graphics Corp. (1999). *Stratgraphics Centurion*. Statistical Graphics Corp., Rockville.
- Steidle, N.A.J., Zolnier, S., Lopes, D. (2014). Development and evaluation of an automated system for fertigation control in soilless tomato production. *Computer and electronics in agriculture*. 103:17-25.
- Talebi, S., Jafarpour, M., Mohammadkhani, A., Sadeghi, A. (2012). The effect of different concentrations of salicylic acid and sodium chloride on Iranian Borage. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 11:1349-1352.

- Urrestarazu, M., Salas, M.C. (2004). Sistemas con sustratos y recirculación de la disolución nutritiva. En: Tratado de cultivo sin suelo. 3ª Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 369-420.
- Urrestarazu, M., Salas, M.C., Valera, D., Gómez, A., Mazuela, P.C. (2008). Effects of heating nutrient solution on water and mineral uptake and early yield of two cucurbits under soilless culture. *Journal of Plant Nutrition*. 31:527-538.
- Valera, D.L., Molina-Aiz, F.D. (2008). Gestión mecanizada de la fertirrigación, las labores culturales y el clima en invernaderos. *Vida rural*. 269:47-52.
- Van den Ende, J., Kornneef, P., Sonneveld, C. (1975). Osmotic pressure of the soil solution: Determination and effects on some glasshouse crops. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 23:181-190.
- Van Os, E., Gieling, T.H., Lieth, J.H. (2007). Technical equipment in soilless production systems. 157.
- Villa-Gil, F., Alvarez-Alvarez, J.M. (2000). La borraja: cultivo y fenología. Hojas Divulgadoras. Consultado 29-05-2017.
- Villa, F., Álvarez, J.M. (1999). La Borraja: Cultivo, fenología y selección para la resistencia a la subida de la flor. Departamento de Agricultura y Medio Ambiente. Gobierno de Aragón.
- Voogt, W. (1993). Nutrient uptake of year round tomato crops. *Acta Horticulturae*. 339:99-112.
- Wilhelm-Thomé, O. (1885). *Flora von Deutschland Österreich und der Schweiz*.
- Zargari, A. (1997). Medicinal plant. Tehran University Press. 3:925-926.



La producción en gran escala de semilla de borraja está limitada por un largo periodo de formación y maduración de semillas y por la fuerte dehiscencia de los frutos, lo que hace que gran parte de la semilla producida caiga al suelo y se pierda antes de ser cosechada (Janick *et al.*, 1989).

Un adecuado manejo de la fertirrigación y la salinidad (expresada como la composición iónica de la solución nutritiva) es una herramienta útil para poder conseguir una alta producción, una mejora en las cualidades de fruto y calidad de las semillas, con el mínimo impacto ambiental en los cultivos horticolas (Mosler, 2005; Urrestarazu *et al.*, 2008; Massa *et al.*, 2010; Morales y Urrestarazu, 2013).

El principal objetivo de este proyecto es evaluar el efecto del incremento de la conductividad eléctrica consecuencia de un aumento de la concentración de los nutrientes de la disolución nutritiva de riego en el crecimiento y desarrollo de la borraja (*Borago officinalis L.*) y producción de sus semillas en cultivo sin suelo.

El tratamiento de mayor CE en la disolución nutritiva,  $4,50 \text{ dS m}^{-1}$ , ha sido el que mayor número de semillas ha producido.