

UNIVERSIDAD DE ALMERIA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Efecto de la aplicación de estrés hídrico y de déficit de fósforo (P) sobre el crecimiento y tamaño de *Pelargonium x hortorum*

Effect of the application of hydric stress and phosphorus (P) deficit on the growth and size of *Pelargonium x hortorum*

Curso 2021/2022

Modalidad: trabajo de investigación

Alumno/a:

Cristóbal Granados Nicolás

Director/es:
Silvia Jiménez Becker

INDICE

A. INTERESES Y OBJETIVOS	5
B. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	6
B.1. Situación económica del sector ornamental.	6
B.2. El geranio	8
B.2.1. Origen y taxonomía.....	9
B.2.2. Descripción botánica.....	9
B.2.3. Necesidades edafoclimáticas.....	10
B.2.4. Plagas y enfermedades	10
B.3. Técnicas de regulación del crecimiento	10
B.3.1. Control químico.....	11
B.3.2. Control biológico	13
B.3.3. Control físico	14
C. CRONOGRAMA.....	18
D. MATERIAL Y MÉTODOS	20
D.1. Localización del ensayo e instalaciones.....	20
D.2. Material vegetal y medio de cultivo	23
D.3. Diseño experimental	26
D.3.1. Soluciones nutritivas	26
D.3.2. Riego	29
D.4. Mediciones.....	30
D.4.1. Parámetros ambientales	30
D.4.2. Parámetros de riego	31
D.4.3. Parámetros de crecimiento de la planta.....	32
D.5. Análisis estadístico	35
E. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
E.1. Altura de la planta	36
E.2. Diámetro de la planta	39
E.3. Distancia de los entrenudos.....	40
E.4. Número de brotes.....	41
E.5. % de plantas con inflorescencias	42
E.6. Área Foliar.....	43
E.7. Número de hojas	44
E.8. Peso fresco y seco hojas.....	45
E.9. Peso fresco y seco de inflorescencias.....	46
E.10. Peso fresco y seco de los tallos.....	47

E.11. Peso fresco y seco raíces	48
E.12. Color de las hojas	49
E.12.1. Rojo.....	49
E.12.2. Verde	50
E.12.3. Azul.....	50
F. CONCLUSIONES.....	51
G. BIBLIOGRAFÍA.....	52

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la aplicación de estrés hídrico y de déficit de fósforo (P) en el crecimiento y el tamaño del geranio (*Pelargonium x hortorum*). Se aplicaron 5 tratamientos: T.Control con aporte del 100% de P (1,2 mmol L⁻¹ de H₂PO₄) y lixiviación del 20%; T1 con aporte 50% de P con respecto de T.Control (T1 0,6 mmol L⁻¹ de H₂PO₄) y lixiviación del 20%; T2: aporte 0% de P y lixiviación del 20%; T3: aporte del 80% de la dosis de T. Control (solución estándar con 1,2 mmol L⁻¹ de H₂PO₄) y T4: aporte del 60% de la dosis de T. Control (solución estándar con 1,2 mmol L⁻¹ de H₂PO₄). Para ello se estudió el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento y desarrollo de la planta: altura de la planta, color de hoja, diámetro de la planta, distancia entrenudos, n° de inflorescencias, superficie foliar, peso fresco y seco (de inflorescencias, tallos, hojas y raíces) y contenido en agua. El déficit hídrico de T4 produjo una reducción del tamaño de las plantas y distancia del entrenudo, área foliar, n° de hojas, y peso seco en tallos y raíz, sin repercutir en la calidad estética de ésta. Aunque no se observó diferencias significadas en el número de brotes e inflorescencias, diámetro de la planta, color de hoja y peso seco de hojas e inflorescencia con respecto al control. Al reducir totalmente el aporte de P (T2) se obtuvo plantas pequeñas con distancia de entrenudos más cortos, menor área foliar y peso seco del tallo y raíz, sin embargo, no hubo diferencias en el número de hojas y brotes, diámetro de la planta, color de hoja y peso seco de hoja e inflorescencia. Para los tratamientos intermedios con una aplicación del 80 % de dosis de riego y la reducción de P del 50 % (T1 y T3, respectivamente) no se redujo la altura de la planta ni de la distancia del entrenudo.

A. INTERESES Y OBJETIVOS

Dentro del sector hortofrutícola se encuentra el subsector ornamental de la flor cortada y planta en maceta (planta viva). Como su nombre indica, una planta ornamental es aquella que es cultivada y comercializada con la finalidad de adornar u ornamentar (Fernández-Zamudio, et al., 2010).

Tradicionalmente se ha considerado que el subsector agrícola de las plantas ornamentales aporta poco al sector agrícola en general, sin embargo, presenta una alta participación agrícola final gracias a la gran producción que posee, a la exportación, y a la generación de multitud de puestos de trabajo (Fepex, 2020).

Este subsector ha incrementado su importancia en los últimos años debido al desarrollo económico de la sociedad, la evolución del estilo de vida moderna, desarrollo de viveros especializados en la producción de estos cultivos, avances tecnológicos, etc., (Plantilandia, 2011).

Además de tener función estética y decorativa, está demostrado sus efectos beneficiosos para la salud, ya que pueden repercutir sobre el estado de ánimo de las personas (Infocampo, 2020).

Una de las cosas que busca el consumidor es que las plantas sean compactas y no crezcan mucho, por eso, el control del tamaño y altura de las plantas ornamentales es necesario con fines estéticos y de comercialización (Alonso Gómez, 2012).

Existen varias técnicas para reducir el crecimiento de las plantas y que se pueden clasificar en control químico, biológico y físico (Bailey & Whipker, 1998). Decidir qué método aplicar dependerá entre otras cosas del coste económico (aplicación, producto, mano de obra, etc), impacto sobre el medio ambiente, la respuesta de la planta y de las necesidades de repetición de la aplicación (VanDerZanden, 2012). También, se debe estudiar cómo afectará a la calidad de la planta (Bailey & Whipker, 1998) y cuál de estas técnicas pueden ser efectivas para algunas especies, pero no para otras (Currey & López, 2010). Está muy extendido en la producción de plantas ornamentales la aplicación de regulación del crecimiento con la finalidad de obtener plantas pequeñas, compactas, comercializables y que sean atractivas para el consumidor (Currey, et al., 2010).

Debido al uso intensivo de agua y fertilizantes, al gran poder contaminante de los fitoreguladores como el paclobutrazol y a la tendencia creciente del respeto al medio ambiente, actualmente se trabaja en la búsqueda y desarrollo de nuevas técnicas y fitosanitarios más respetuosos con el medio ambiente, y en concienciar y mejorar el conocimiento sobre su uso (Blanchard & Lopez, 2006). Hay estudios que se ha comprobado que productos como el paclobutrazol permanecen años en el suelo generando una gran contaminación (Desta & Amare, 2021)

Debido al incremento del precio y a la contaminación ambiental que puede provocar el uso de reguladores de crecimiento, se hace necesaria la búsqueda

de métodos alternativos que controlen la altura de la planta. El estrés por sequía y la reducción de la aplicación de fósforo (P) se pueden utilizar para limitar el alargamiento y es una alternativa ecológica a los reguladores del crecimiento de las plantas. Por ello, el objetivo de este trabajo será evaluar el efecto de la fertilización (fosforo) y riego, en el control del crecimiento y desarrollo de *Pelargonium x hortorum*.

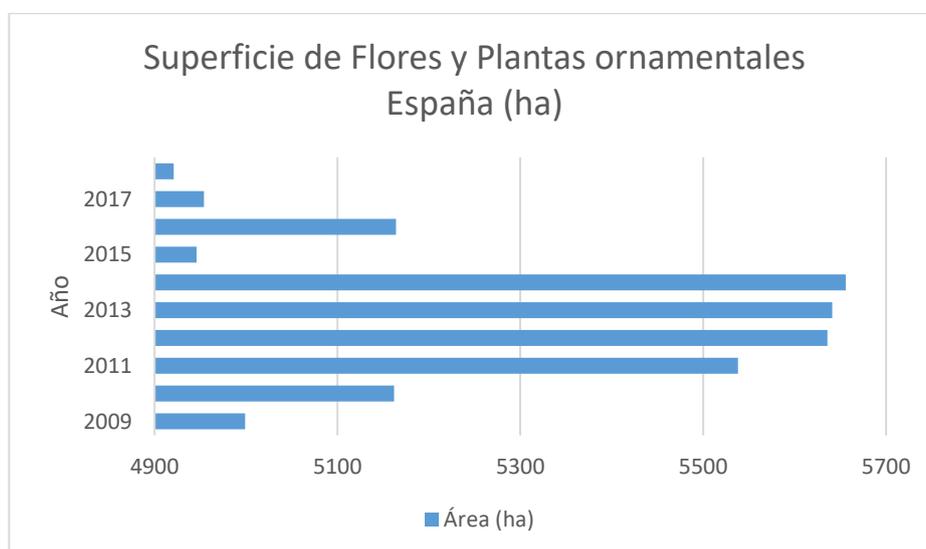
B. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

B.1. Situación económica del sector ornamental.

En el mundo hay aproximadamente 745.000 ha dedicadas a la producción de flores y plantas ornamentales, siendo los principales países en superficie: India (313.000 ha), China (184.586 ha), EEUU (28.155 ha), Japón (18.159 ha), Brasil (15.600 ha) y Méjico (14.964 ha) (AIPH, 2020).

En cuanto a España, presentó en el año 2018 una superficie de 4.921 ha. Como podemos observar a continuación en la gráfica 1, la superficie fue creciendo rápidamente hasta el año 2012, pasando de 4.999 ha en 2009 a 5.636 ha en 2012. Posteriormente siguió creciendo lentamente hasta un punto de inflexión en 2014, con una superficie de 5.656 ha (MAPA, 2020).

Gráfica 1. Evolución superficie de plantas ornamentales en España. Fuente: MAPA2019.



Sin embargo, a partir de ese año la superficie experimentó un decrecimiento muy fuerte alcanzando una superficie menor que en el año 2009. Posteriormente, hacia 2016 hubo una leve recuperación, pero nuevamente la superficie comenzó a reducirse hasta las 4.921 ha mencionadas anteriormente en 2018 (AIPH, 2020).

La superficie se distribuye principalmente entre la Comunidad Valenciana, Cataluña, Galicia, Andalucía, Canarias y Región de Murcia.

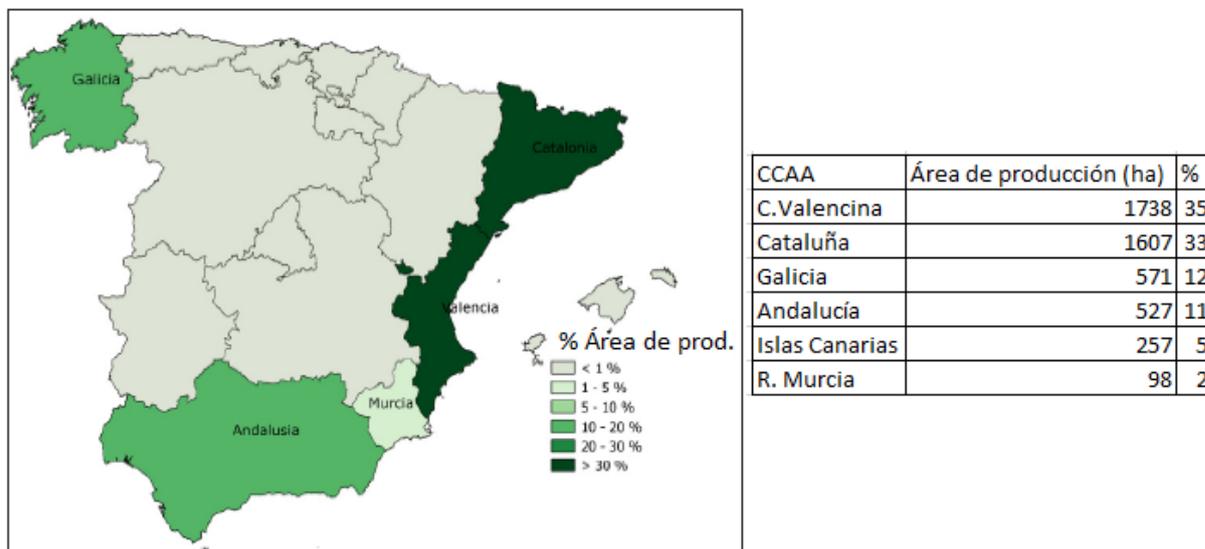
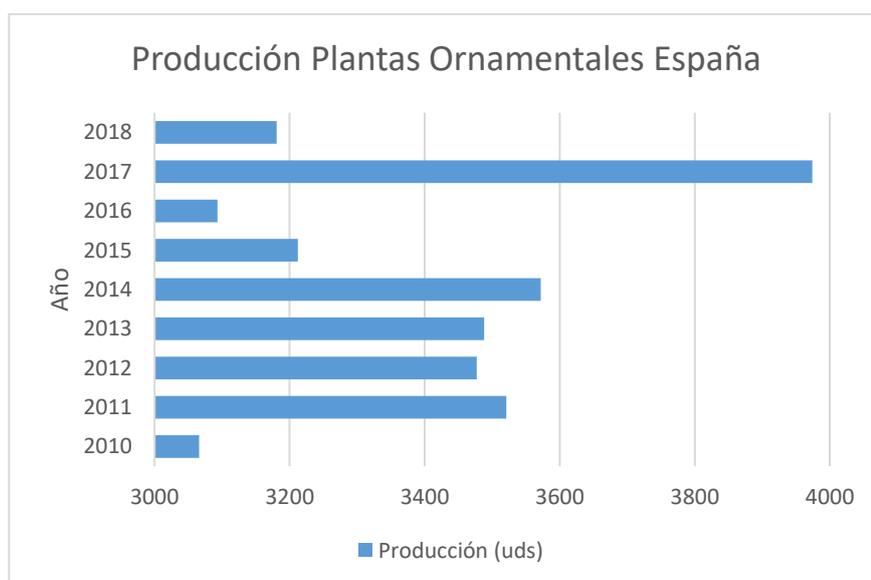


Figura 1. Principales regiones españolas en superficie (%) Ornamentales. Fuente: MAPA 2019.

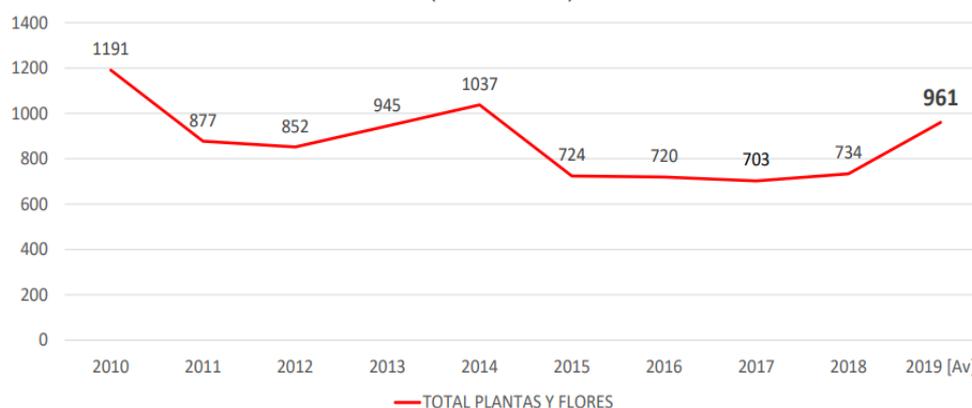
Como podemos ver en la gráfica 2, la producción ha experimentado la misma evolución que la superficie, coincidiendo los años en los que menor superficie hubo en España con los años en los que menor producción de planta hubo, presentando una producción en 2018 de 3.181 millones de unidades.

Gráfica 2. Evolución Producción Plantas Ornamentales España (Mill. Uds). Fuente: MAPA 2019.



A pesar de estos datos tan desfavorables, en España son más de 600 empresas las que se dedican a estos cultivos con una producción que supone el 3.2% de la producción vegetal final española. El valor de la producción total nacional se estima en 961 millones de euros, generando más de 50 mil empleos (MAPA, 2020).

Gráfica 3. Evolución del valor de producción ornamental en España (millones de euros). Fuente: MAPA 2020.



En cuanto a Almería, nuestra ciudad supone el motor económico de este subsector en Andalucía, sumando una producción de casi 27.972 miles de plantas en el año 2018, siendo el 94% destinadas a la exportación a países como Holanda, Francia y Alemania (FloraQueen, 2015). El valor de las exportaciones en Almería fue de 46 millones de euros en el año 2020, siendo la segunda ciudad con mayor valor detrás de Valencia (56 millones de euros) (FEPEX, 2021).

En Almería este sector nació en la década de los 80, y ha ido creciendo poco a poco en superficie, nº de productores registrados, especies, variedades, etc. Actualmente son más de 34 empresas las que se dedican al cultivo ornamental distribuidas aproximadamente en 450 ha. La especie más producida en Almería es la Dipladenia (*Mandevilla sanderi*) seguido del pascuero o Poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*). También destacan los hibiscus, plantas tropicales, crasas y otras especies (FEPEX, 2021).

B.2. El geranio

En cuanto al geranio (*Pelargonium x hortorum*), se trata de una de las plantas ornamentales más producidas en Europa, donde se superan los 600 millones de plantas producidas anualmente (InfoAgro, 2018). En Almería la empresa Plantas de Andalucía S.L. es la más importante en la producción de geranio ya que produce anualmente más de 24 millones de esquejes (nuestro material vegetal procede de allí) cuya mayoría van para exportación (Muyor, 2015).

Se trata de una planta muy extendida por el mundo que destaca por su variedad de colores, fácil mantenimiento, rusticidad y su floración, siendo muy utilizada en jardinería y para adornar terrazas y balcones. El geranio suele ser

cultivado como planta anual, normalmente en macetas, aunque también en cama (Alonso Gómez, 2012).

B.2.1. Origen y taxonomía

El geranio tiene su origen en Sudáfrica y llegó a Europa en el Siglo XVII. Desde el Siglo XVIII se fueron realizando cruces e hibridaciones hasta generar una amplia gama de material vegetal (Alonso Gómez, 2012).

Hoy día existen más de 300 especies dentro de este género siendo los geranios más cultivados: *Pelargonium x hortorum* (geranio común), *Pelargonium x peltatum* y *Pelargonium x grandiflorum* (AbcAgro, 2018).

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Geraniales
Familia: Geraniaceae
Género: <i>Pelargonium</i>
Especie: <i>Pelargonium x hortorum</i>

Figura 2. Clasificación taxonómica. Fuente: InfoAgro 2018.



Ilustración 1. *P x hortorum* (izquierda), *P x peltatum* (centro) y *P x grandiflorum* (derecha). (Fuente: Delgado Sánchez, 2020)

B.2.2. Descripción botánica

Se trata de una planta herbácea que en zonas climáticas cálidas puede tomar porte arbustivo y ser perenne. En las zonas más frías se considera una planta de temporada (Delgado Sánchez, 2020).

El tallo es grueso y al cabo de un tiempo se lignifica, aunque los nuevos brotes son herbáceos (Neshman, 1998). Sus hojas son palmeadas, con hasta 5 lóbulos, que crecen de forma alterna sobre largos peciolo. La planta en su conjunto emite un olor muy característico debido a los terpenos que posee y, además, presenta vellosidades en tallos y hojas (InfoAgro 2018).

Las flores son hermafroditas y existen de diversos colores como el rojo, el rosa y el blanco, aunque en la actualidad se han obtenido variedades de flor naranja y amarilla. Estas consisten en una inflorescencia que se desarrolla sobre un rígido pedúnculo que emerge desde la axila de la hoja, destacando la inflorescencia por encima del follaje. Forman una estructura en racimo o umbela, en la que parten de un único pedúnculo y se extienden formando una especie de abanico (Universidad Pública de Navarra, 2018). Son pentámeras, es decir, poseen 5 sépalos y el mismo número de pétalos, con un ovario súpero y con multitud de estambres y 3 estaminodios (Wikiwand, 2017).

B.2.3. Necesidades edafoclimáticas

El geranio es una planta que requiere de muchas horas de luz, pudiéndose poner bajo el sol directo o en semisombra. Si la planta no recibe suficiente luz no producirá muchas flores. Por el contrario, un exceso de luz provocará un desarrollo vegetativo mayor y un retraso en la floración. Si se coloca en una zona de interior es necesario ubicarla cerca de una ventana. (Jardinatis, 2015). En cuanto a la humedad ambiental, se requiere entre un 60% y 80% (InfoAgro, 2018).

En cuanto a las necesidades térmicas, se trata de una planta que puede crecer en climas cálidos y resistente altas temperaturas (30°C), aunque no es tan resistente al frío (10°C) ni a las heladas por periodos prolongados. (Jardinatis, 2015).

En cuanto a las necesidades hídricas, dependerá de muchos factores como la temperatura, la época del año, el sol, etc. Generalmente se debe regar mínimo 2-3 veces a la semana en verano y 1 vez por semana en épocas frías. Es importante evitar la generación de encharcamiento (Naturaleza Tropical, 2020).

En cuanto al suelo, lo ideal sería un sustrato suelto que permita mantener un buen drenaje y un pH de entre 6-7. Se recomiendan sustratos como la arcilla, perlita, turba (InfoAgro, 2018).

B.2.4. Plagas y enfermedades

Las plagas más importantes que afectan al geranio son la araña roja (*Tetranychus urticae*), el pulgón (*Myzus sp.*, *Aphis sp.*, etc), el taladro o mariposa africana (*Cacyreus marshalli*), cochinilla (*Planococcus citri* y *Dysmicoccus grassi*) y la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) (Naturaleza Tropical, 2020).

Las principales enfermedades y virus que se manifiestan en el geranio son la arternaria (*Alternaria alternata*), que provoca manchas foliares, la podredumbre gris (*Botrytis cinerea*), la roya del geranio (*Puccinia pelargonii-zonalis*), verticilosis (*Verticillium albo-atrum*), el "pie negro" (provocado por *Pythium sp.*), *xanthomonas campestris* pv. *Pelargonii*, el virus del arrugado del geranio (PLCV) y el virus del variegado floral del geranio (PFBV) (Flores y Plantas, 2020).

B.3. Técnicas de regulación del crecimiento

Como hemos mencionado anteriormente, existen 3 estrategias de control del crecimiento:

El control químico se basa en la aplicación de sustancias químicas que ralentizan el crecimiento de las plantas, y que principalmente consisten en la inhibición de la síntesis de giberelinas, retrasando la división celular y la elongación de los tallos (Bailey & Whipker, 1998).

El biológico está basado en controlar la altura de la planta mediante la genética y la mejora vegetal, esto nos permite directamente cultivar plantas de menor tamaño desde el comienzo, lo cual permite a su vez ahorrar en productos fitosanitarios y mano de obra (Currey, et al., 2010).

Por otro lado, el control físico consiste en aplicar prácticas culturales como son la reducción del tamaño de la maceta, producir situaciones de estrés hídrico, estrés salino, estrés nutricional, control de la luz, pinzamiento, poda, etc., que van a provocar la reducción del crecimiento de las plantas (Gutzeit, 2014).

B.3.1. Control químico

Consiste en la aplicación de retardantes del crecimiento, denominados comúnmente fitorreguladores. Estos retardantes son una herramienta de ayuda en el sistema moderno de producción de plantas ornamentales (Sajjad & Jaskani, 2017).

Estos consisten en una serie de sustancias que pueden ser naturales o sintéticas (Sajjad & Jaskani, 2017) que afectan al desarrollo de las células, concretamente, afectan sobre el crecimiento del tallo en la región subapical, que es donde se produce la división celular y en menor medida, la elongación celular (Barret, 2010).

Los reguladores naturales consisten principalmente en fitohormonas naturales de las plantas (VanDerZanden, 2012), como:

- **Auxinas:** su función es la elongación de los tallos y se utiliza para estimular el enraizamiento y para la formación de flores. Las que más se emplean en ornamentales son el ácido indolbutírico y el ácido naftalenacético (San-Martin, et al., 2006).
- **Giberelinas:** estimulan la división y elongación celular. Se emplean para incrementar el largo de los tallos, el número de flores y tamaño de los frutos, inducción floral, acortar tiempo hasta la floración (Ramírez, et al., 2005).
- **Citoquininas:** estimulan la división celular. Permiten alargar la vida de conservación de flores y vegetales, rotura de las yemas y crecimiento de las raíces, además de estimular la brotación lateral reduciendo la dominancia apical. En los cultivos ornamentales se emplea la benziladenina (Martinez, et al., 2012).
- **Ácido abscísico:** el ABA participa procesos fisiológicos de la planta, como la maduración del embrión, dormancia de la semilla, crecimiento vegetativo, tolerancia al estreses abiótico y/o biótico, etc (Ortiz & Flórez, 2008).
- **Etileno:** facilita la salida del reposo, inducción floral, abscisión de hojas, germinación, maduración, brotación lateral, para la maduración uniforme de frutas y vegetales, etc (Ortiz & Flórez, 2008).

- A parte de estas hormonas, se han identificado otras sustancias vegetales que influyen en el crecimiento de las plantas como los jasmonatos, brasinosteroides y el ácido salicílico (Jordán & Casaretto, 2006).

Para el control de la altura, lo que más se utiliza son sustancias que inhiben a síntesis de giberelinas o antigiberélicos. En ausencia de giberelinas no se produce la elongación celular y, por tanto, las plantas no crecen de forma normal (Basra, 2000).

Ejemplos de antigiberélicos son triazoles como el paclobutrazol, propiconazol, tebuconazol y los uniconazoles. El Paclobutrazol actualmente está prohibido en cultivos destinados para el consumo humano, aunque es muy eficiente tanto como antifúngico como para la regulación del crecimiento de las plantas, modificando el crecimiento vegetativo y promoviendo el retraso del crecimiento, el compactado y la inducción floral (Gent, 2004). Aunque se puede aplicar de diversas formas, ya sea vía foliar o directamente aportado al sustrato, hay estudios que indican que es mejor aportarlo directamente en el sustrato (Bañón-Arias & Martín-López, 2010).

Los triazoles son una serie de compuestos químicos que poseen un anillo que presenta 2 átomos de carbono y 3 de nitrógeno (Merriam-Webster, 2020), y consisten en unas sustancias muy selectivas y con elevada translocación en la planta, con movimiento acrópeto y con apenas movimiento basípeto. La ventaja que presentan es que una vez se encuentran dentro de la planta, no se ven afectados por la lixiviación o la degradación solar (Fox, et al., 2007).

Hay una serie de estudios que se hicieron en soja aplicando diferentes dosis de tebuconazol y se observaron diferencias en los parámetros de crecimiento, como la distancia de los entrenudos, la materia seca, el rendimiento y la absorción de nutrientes. Se observó que, a mayor concentración, más se disminuían tales parámetros. Esta reducción pudo deberse a una menor fijación de nitrógeno (Munees, 2012)

Otros químicos son el etefón, que libera etileno y reduce la longitud de los entrenudos y estimula la brotación lateral; la prohexadiona, que acorta los entrenudos y que se suele aplicar en frutales (pulverizado) ya que inhibe la ruta de las giberelinas; el mepicuat, que se emplea mediante aplicación foliar, y la hidracida (Bañón-Arias & Martín-López, 2010).

Estas sustancias pueden aplicarse de diversas formas, como en aplicaciones foliares pulverizadas, directamente en el sustrato o mediante el riego (Currey, et al., 2010). La forma de aplicación va a repercutir en la eficacia y en la respuesta de la planta (Sajjad & Jaskani, 2017). Las giberelinas, citoquininas y auxinas aplican normalmente de forma foliar, aunque en el caso de las auxinas hay formulados en polvo para el enraizamiento de esquejes (Bañón-Arias & Martín-López, 2010).

También influyen en la eficacia de estas materias activas otros factores como son: el pH del agua, que afecta a la acción de estas sustancias negativamente en el caso de aguas alcalinas (pH >7); la solubilidad en agua, siendo los más solubles más lentos de actuar ya que tardan más en ser

absorbidos en las hojas, y los menos solubles se asimilan antes (Lopez, et al., 2009).

El momento de aplicación dependerá del estado fisiológico de la planta, no de su edad cronológica, es decir, del número de hojas, longitud de los brotes, diámetro de la planta, altura de la planta, número de flores, etc (Bañón-Arias & Martín-López, 2010). Las recomendaciones comerciales basadas en edades cronológicas se basan en la correlación aproximada con el estado fisiológico de la planta (Hammer, 2010).

Si se aplican tarde los retardantes esto va a repercutir directamente en el tamaño de las flores, obteniendo plantas con flores pequeñas o cuya aparición puede retrasarse, como sucede en el caso del pascuero (*Poinsettia*) cuando se aplica tarde formulados como Cycocel® (Karunananda & Peiris, 2010) o Bonzi® que provocan una reducción del tamaño de las brácteas (Buyatti, 2012).

Además, es importante aplicar cuando las temperaturas son más frescas, por la mañana temprano o al atardecer, ya que la efectividad de los retardantes se ve afectada por las temperaturas altas (Gibson & Whipker, 2003). Otros factores importantes son el nivel de iluminación (preferiblemente poca luz) y la HR (mejor alta) (Boldt, 2008).

En los experimentos de (Saraiva Grossi, et al., 2005) y (England & Talbot, 2013) se redujo el tamaño de las plantas a medida que se incrementó la dosis de paclobutrazol en plantas de *Eugenia uniflora* y *Dahlia*, respectivamente.

B.3.2. Control biológico

Selección genética: de especies más pequeñas, compactas o enanas (Karl-Johan, 2017).

Principalmente se aplica la técnica de la mutagénesis para generar nuevas variedades a partir de mutantes. En el año 2017 se registraron más de 600 nuevas variedades en la base de datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Destacó la obtención de 283 variedades nuevas de *Chrysanthemum*, 67 de rosa, 35 de *Dahlia* y 35 de *Alstroemeria* (Hernandez, et al., 2020).

Esta técnica consiste en aplicar mutágenos químicos o físicos sobre los tejidos vegetales para provocar la mutación en los mismos, posteriormente se regenera el tejido mutado in vitro, ya que algunas mutaciones no se transmiten por herencia simple. También se puede aplicar mutágeno sobre semillas y posteriormente germinarlas y cultivarlas para evaluar las mutaciones generadas (Hernandez, et al., 2020).

Por otro lado, también se aplican las técnicas de mejora vegetal tradicionales que implican cruce y selección de líneas hasta lograr el fenotipo deseado (Infoagro, 2019).

Otra técnica de mejora genética es la hibridación somática, que consiste en generar híbridos interespecíficos mediante la fusión de sus protoplastos. Estos híbridos son diferentes a los obtenidos por reproducción sexual. Un ejemplo de hibridación somática es la que se llevó a cabo en especies del género *Dianthus*, que integra muchas especies ornamentales de importancia, como el

clavel (*Dianthus caryophyllus*) y la clavelina (*Dianthus deltoides*). En este género se ha aplicado la fusión de protoplastos obteniendo híbridos entre distintas especies, por ejemplo: *D. chinensis* x *D. barbatus*. El híbrido producido presentaba enanismo y una producción continua de flores (Nimura, et al., 2006).

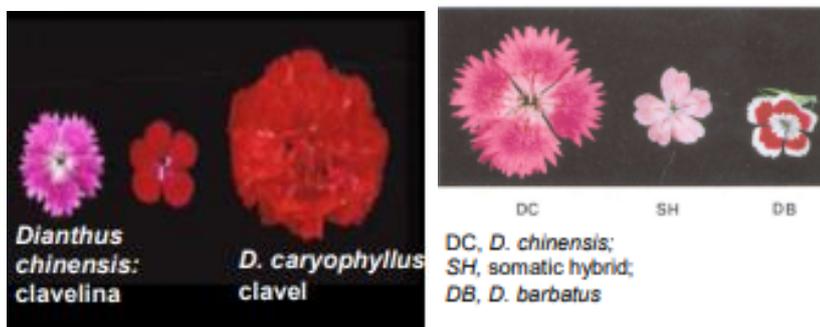


Ilustración 2. Híbridos somáticos. *D. chinensis* x *D. caryophyllus* (izq.) y *D. chinensis* x *D. barbatus* (der).

B.3.3. Control físico

Como hemos mencionado anteriormente, existen diversas técnicas alternativas al control químico como:

- **Tamaño de la maceta:** reducir el tamaño del macetero va a permitir la reducción del crecimiento de la planta. Esto va acompañado de un menor desarrollo radicular. (Blanchard & Lopez, 2006). Estudios como el de (Hendrik, et al., 2012) demostraron duplicar la Peso fresco y seco al duplicar el tamaño del macetero.
- **Fotoperiodo:** reduciendo la duración del fotoperiodo vamos a conseguir plantas más pequeñas, ya que con poca luz las plantas tienden a desarrollarse lentamente (Cockshull, et al., 1995). Esto sucede de forma natural en invierno, momento del año en el cual los días son más cortos y favorecen la reducción del crecimiento y tamaño de las plantas frente a los largos días en verano. A pesar de ello, este método no es utilizado usualmente para regular la altura, ya que puede afectar a la floración, como sucedió en el experimento de (Yang, et al., 2012), donde la planta se redujo, pero también se retrasó la floración.
- **Calidad de la luz:** el alargamiento del tallo está muy influenciado por la calidad de la luz, concretamente es debido a la relación entre la luz roja (R) y la luz roja lejana (FR) (Mortensen & Strømme, 1987). Cuando las plantas se cultivan con una relación baja de R:FR, se produce mayor elongación frente a cuando esta relación es elevada. Por ello, en viveros donde las plantas crecen en espacios reducidos y hay competencia por la luz, la relación R:FR resulta ser baja y las plantas se alargan más (Runkle & Heins, 2001). Por este motivo se debe dejar un espacio suficiente entre maceteros con el objetivo de que más luz roja penetre en la planta, aumente la relación de luz R: FR y se reduzca el alargamiento del tallo (Mata & Botto, 2009). En un experimento se cubrieron plantas de flor de

pascua con una lona negra opaca de forma aérea para que quedasen completamente en la oscuridad desde el atardecer hasta el amanecer para evitar la intercepción de la radiación roja lejana, y se logró una reducción de la altura un 20%. Esto también se comprobó mediante el empleo de plásticos de fotoselectivos o con filtros azules que filtren ciertas longitudes de onda en el experimento de (Karl-Johan, 2017).

- **Pinzamiento:** pinzar la planta es una técnica muy sencilla que complementa a la poda, y que consiste en despuntar o podar el tallo para eliminar la dominancia apical y propiciar el enraizamiento y la brotación lateral de la planta (Yong, 2004). Esto permitirá la reducción de la altura, retraso en la floración y mayor número de flores (Rezazadeh & Harkless, 2015). En su experimento, los citados autores, se comprobó que realizando el pinzamiento, la altura de las plantas de *Odontonema callistachyum* (Purple flame) era menor que la de las no pinzadas.
- **Cepillado:** esta técnica consiste en pasar una barra, cuerda o tela por la parte aérea de las plantas suavemente. Esto se debe a que las plantas pueden reducir el alargamiento del tallo cuando entran en contacto físico con algo. En un experimento con rosas en maceta se descubrió que se podía reemplazar completamente la aplicación de paclobutrazol para reducir la altura con un cepillado diario aplicado sobre el dosel de las plantas (Currey & Lopez, 2010). Esto también se puede lograr mediante la sacudida, vibrado o agitado de plantas, la proyección de agua directamente en las plantas, aplicación de viento, etc. Sin embargo, estas técnicas deben de aplicarse cuidadosamente debido a los daños físicos que podría acarrear en las planta, y no son fáciles de aplicar o automatizar en producciones a gran escala (Bailey & Whipker, 1998). En un experimento de laboratorio se comprobó que al someter a estrés mecánico plantas de *Arabidopsis thaliana* mediante la manipulación del tallo dos veces diarias, se comprobó que estas plantas finalmente fueron más cortas que las no tratadas (CANNA Research, 2014).
- **Temperatura:** el crecimiento de las plantas está directamente influenciado por la diferencia entre la temperatura del aire diurna y nocturna (DIF) (Carvalho, et al., 2002). Este parámetro puede ser positivo (mayor T^a de día que de noche), cero (día = noche) o negativo (día T^a menos que de noche). Los DIF negativos reducen la elongación del tallo, en comparación con los DIF cero y positivos, y pueden usarse para controlar la altura de la planta (Khattak & Pearson, 2006). Un programa DIF sugerido para muchas plantas, como las flores de Pascua y la mayoría de las plantas de cama, sería aplicar una temperatura nocturna de 20 °C y una posterior bajada durante 2 horas hasta los 15 °C, comenzando 30 minutos antes del amanecer (Clifford, et al., 2004). Esto se debe a que las plantas no crecen constantemente durante todo el día, sino que es al final de la noche/madrugada el periodo en el cual las plantas crecen más, siendo más efectivas esas horas para la aplicación de DIF. Sin embargo, no todas los tejidos vegetales responden igual al aplicar DIF, ya que los bulbos no responden a esta técnica, y también influye el estado

fenológico (Ottosen, et al., 2009). Además de que es una técnica costosa, alterar las temperaturas diurna o nocturna puede repercutir sobre la floración llegando a retrasarla cuando baja la temperatura del día, y la adelanta cuando aumenta la nocturna (Cockshull, et al., 1995).

- **Estrés hídrico:** limitar la disponibilidad de agua para las plantas puede ser una herramienta útil para controlar la altura de las plantas. Una planta sometida a estrés hídrico tendrá una tasa de crecimiento y una elongación del tallo más lentas, produciendo plantas de menor tamaño cuanto mayor es el estrés (Álvarez, et al., 2009). Este déficit va a afectar también a la superficie foliar, volumen radicular, etc. El problema de esta técnica es que podría afectar a la calidad de la planta e incluso marchitarla si no se aplica adecuadamente. Si se aplica esta técnica, debe de ser muy controlada para procurar que las plantas no se marchiten en exceso ni afecte a su calidad (Alvarez, et al., 2008).

En el experimento de (Marc & Karishna, 2004) y de (Alvarez, et al., 2012) se redujo el tamaño de las plantas de *Pistacia lentiscus* al someterlas a estrés hídrico, frente a las plantas de tratamiento control.

En otro experimento (Wang Hansen & Koefoed Petersen, 2004) en un cultivo de *Hibiscus rosa-sinensis* (var. Cairo red) también se redujo el tamaño de las plantas en un 32% frente a las regadas sin estrés hídrico.

En el ensayo de geranio de (Sánchez-Blanco, et al., 2009) la exposición estrés hídrico indujo una disminución en el peso seco de los brotes y el área foliar, y un aumento en la relación raíz / brote. Dicho estrés inhibió también significativamente la altura y el ancho de la planta, mientras que los parámetros de color de la flor no se vieron afectados por el tratamiento de déficit. Este estrés produjo un aumento del número de hojas marchitas y amarillas.

En el experimento de Mieszkalska & Lukaszewska, 2011 el estrés hídrico tuvo poco efecto en la altura de la planta, pero disminuyó en un tercio el peso fresco de la planta. El número de flores no se vio afectado, pero el número de botones florales desarrollados se redujo al 30% en las plantas sometidas a estrés en comparación con el control regado.

Al igual que en los ensayos anteriores, en el de (Amiri, et al., 2017) sobre geranio, los resultados también indicaron un efecto adverso del déficit hídrico sobre la Peso fresco y seco total de la planta.

- **Manejo nutricional del cultivo:** la disponibilidad de nutrientes también puede influir en el tamaño y la altura de la planta. Es posible producir plantas compactas limitando la cantidad de fertilizante que se aplica a las plantas jóvenes, particularmente reduciendo la cantidad aportada de nitrógeno y fósforo (Ma, et al., 2003). De forma general, al no aplicar concentraciones máximas de fertilizante se puede reducir el tamaño y el alargamiento del tallo de las plantas. El objetivo es lograr plantas más pequeñas y compactas sin generar síntomas de deficiencia ni prolongar el ciclo de cultivo.

A pesar de que la reducción de la fertilización con N suprimirá el crecimiento general, esto debe hacerse con precaución porque la deficiencia de N se manifiesta en forma de hojas amarillentas cloróticas (Glass, 2003). Esto puede producir cultivos que no luzcan sanos y sean rechazados por el consumidor (Evans, 1993).

El fósforo es un macroelemento indispensable para el crecimiento de las plantas, pues participa en procesos como la fotosíntesis, síntesis y degradación de carbohidratos, etc (Smart Fertilizer, 2020). Por ello, la fertilización con bajo contenido de P es una alternativa viable, ya que las plantas con niveles bajos y controlados de P serán más pequeñas y con el follaje de color intenso (Ticconi & Abel, 2003).

Sin embargo, se debe de tener cuidado de no llevar esta técnica al extremo, ya que ante un fuerte déficit de P las plantas pueden mostrar síntomas de deficiencia como un crecimiento demasiado atrofiado y hojas violáceas. A veces ante un déficit de P se retrasa la floración (James & van Iersel, 2001).

En el ensayo de (Nelson, et al., 2012) se comprobó que al reducir el aporte de N y el aporte de P se obtuvieron plantas más compactas, y en el de (Gibson, et al., 2007) se redujo la altura al reducir el aporte de P.

En otro experimento (Wang Hansen & Koefoed Petersen, 2004) en un cultivo de *Hibiscus rosa-sinensis* (var. Cairo red) también se redujo el tamaño de las plantas en un 15% frente a las regadas con una dosis control de P. En este mismo ensayo se comprobó que no se produjo una mayor reducción al combinar el estrés hídrico con una dosis baja de P.

En ese mismo ensayo se comprobó que la disponibilidad reducida de P durante el ciclo de producción mejoró la tolerancia al estrés en posproducción al reducir significativamente el número de botones florales senescentes, y al aumentar el número de flores abiertas en comparación con las plantas de crecimiento regulado químicamente. Además, tras varios ciclos de sequía, se redujo la calidad de la posproducción en comparación con las plantas de control, pero la mejoraron en comparación con las plantas de crecimiento regulado químicamente.

En otro ensayo de varios genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) (Fageria, 2014) la altura de la planta y el peso seco de los brotes fueron influenciados significativamente ($P < 0.001$) por los tratamientos con mayor dosis de P. Sin embargo, en este ensayo la eficiencia de uso de P fue significativamente diferente entre los genotipos estudiados.

En un experimento de (Zhang, et al., 2019) las dosis de P más altas aumentaron logarímicamente la masa seca de brotes y raíces de plantas de geranio independientemente de la fase de crecimiento, pero la masa seca de flores de plantas reproductoras de geranio aumentó linealmente como resultado del desarrollo acelerado de la flor.

Lo mismo sucedió en los geranios de (Sedibe, 2012) en el que los rendimientos foliares de masa seca aumentaron a medida que aumentaron las concentraciones de P.

C. CRONOGRAMA

El ensayo comenzó el día 22 de marzo de 2021 y finalizó del día 7 de junio del mismo año, tras 11 semanas.

El día 21 de marzo, que fue el día de antes de la recogida de los esquejes, se procedió a preparar en el invernadero los maceteros. Para ello se prepararon 50 maceteros que fueron lavados en la pila para eliminar cualquier resto salino o impureza. También se prepararon los lisímetros y se colocó el HOB0. Ese día también se prepararon las 3 garrafas de 20 litros con las que se regó durante todo el ensayo.

El día 22 de marzo se recogieron los esquejes y se procedió a preparar el sustrato y a realizar la plantación.

A los 15 Días Después del Trasplante se pinzaron las plantas para eliminar la dominancia apical y favorecer el enraizamiento.

Semanalmente las plantas fueron cambiadas de sitio y rotadas en la mesa de cultivo con la finalidad de que crecieran bajo las mismas condiciones de radiación y clima y no se vieran influenciadas por irregularidades en determinados puntos del invernadero.

A los 14 DDT (05/04/21) comienzo a medir semanalmente la altura de todas las plantas cada lunes.

A los 30 DDT (21/04/21) se procedió a regar con 90 mL todos los tratamientos para el lavado de sales.

Desde los 67 DDT (28/05/21) se riegan bajo las mismas condiciones de abono y dosis todos los tratamientos. En total se realizaron 5 riegos bajo estas condiciones hasta el fin del ensayo.

Al final del ensayo, el día 7 de junio, se procedió a dismantelar el ensayo y comenzó todo el proceso experimental de laboratorio que transcurrió a lo largo de 3 intensos días.

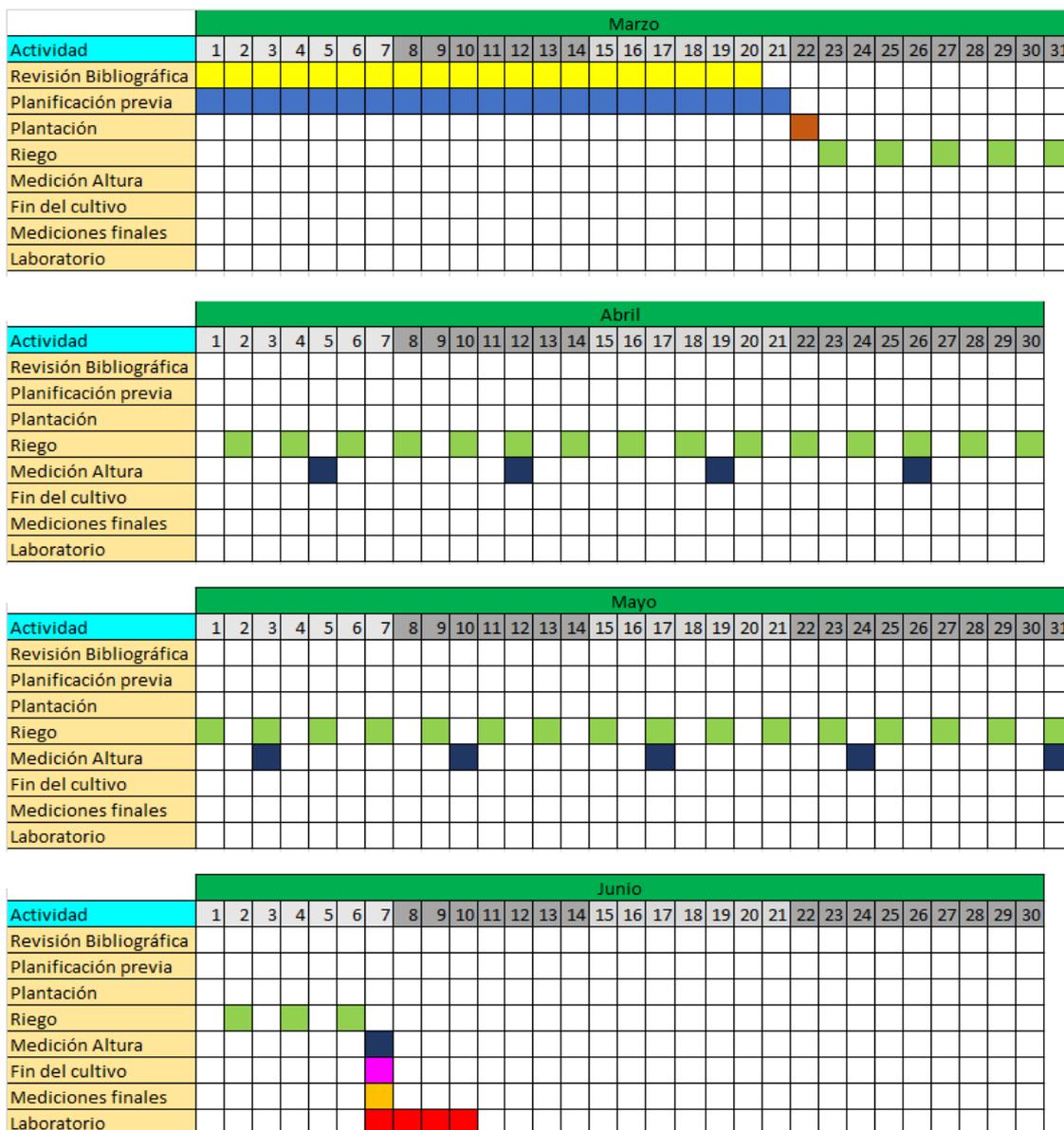


Figura 3. Cronograma del ensayo. ■ Revisión Bibliográfica, ■ Planificación previa, ■ Plantación, ■ Riego, ■ Medición altura, ■ Fin del cultivo, ■ Mediciones finales, ■ Laboratorio.

D. MATERIAL Y MÉTODOS

D.1. Localización del ensayo e instalaciones

El ensayo se realizó en un invernadero de la Universidad de Almería situado en el campus de la misma, en la localidad almeriense de La Cañada de San Urbano, cuya dirección es carretera Sacramento, s/n, 04120 La Cañada, Almería (Figura 3). El procesamiento y análisis de las muestra se realizó en el laboratorio nº 0.81 del Edificio Central.



Ilustración 3 Ubicación del invernadero. Fuente: Google Earth..

El invernadero fue de tipo multitúnel con una superficie de 170 m² y una altura máxima de 4,3 m. El material de la cubierta consistía en policarbonato con fibra de vidrio y a su vez recubierto por una malla exterior de sombreado. Los laterales del invernadero consistieron en paneles metálicos opacos, a excepción de la pared norte, la cual era del mismo material que la cubierta.



Ilustración 4. Puerta principal de acceso, situada en el lado SE del invernadero.



Ilustración 5. Vista general interior del invernadero.

El invernadero contaba con 4 mesas de cultivo, llevándose a cabo el ensayo únicamente en 1 de ellas ya que en las otras se estaban realizando otros experimentos.



Ilustración 6. Mesas de cultivo.

La ventilación del invernadero consistió en un sistema de ventilación forzada compuesto por un extractor sobre la pared norte y una ventana dotada de mosquitera en la pared oeste. El extractor estaba conectado a un controlador que lo activaba cuando la temperatura excedía los 25 °C.



Ilustración 7. Controlador (izquierda), extractor (centro) y ventana lateral (derecha).



Ilustración 8. Armarios de herramientas y de fitosanitarios ubicados en la pared sur.

El invernadero contaba con un cabezal de riego y un sistema de nebulización que no fueron empleados, por tanto, no entraremos en detalles sobre los mismos.

D.2. Material vegetal y medio de cultivo

El material vegetal utilizado fue esquejes de geranio común de flor roja (*Pelargonium x hortorum*) var. Dolce Vita DM, adquiridos en el vivero Plantas de Andalucía S.L, situado en el término municipal de La Mojonera cuya dirección es C/ Cuarta, 04738 La Mojonera, Almería.



Ilustración 9. Material vegetal, esquejes.

Los esquejes fueron trasplantados en macetas de 1 L de capacidad sobre un sustrato elaborado in situ con turba rubia y perlita en una relación 80:20 respectivamente.



Ilustración 10. Perlita (izq.) y turba rubia (der.),

La turba rubia fue de la marca Brill con las siguientes propiedades:

- pH 5,5, volumen total de poros 90%.

La perlita fue de la marca BioFlower con las siguientes propiedades:

- Silicatos de origen volcánico que, tras una exposición a altas temperaturas sufren una expansión que hace que adopten la forma de pequeños gránulos blanquecinos, altamente porosos y de estructura ligera.
- Composición: roca silíceo volcánica expandida, pH: 7, volumen total de poros: 95%, densidad aproximada: 85 kg/m³.

Para preparar el sustrato se utilizó un cubo grande donde se añadían 2 partes de perlita por cada 8 de turba. Posteriormente se fueron rellenando los maceteros individualmente con el mismo volumen de sustrato. Finalmente se introdujeron los esquejes.



Ilustración 11. Proceso de elaboración del sustrato.



Ilustración 12. Trasplante de los esquejes.



Ilustración 13. Identificación de cada tratamiento y repetición.

D.3. Diseño experimental

El ensayo consistió en 5 tratamientos y 10 repeticiones por tratamiento, con un total de 50 plantas. Las plantas se colocaron sobre la mesa de cultivo y se fueron moviendo de posición y rotando semanalmente, con la finalidad de que todas recibieran la misma luz por igual. Los tratamientos fueron:

- **T. Control:** aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de H_2PO_4). Lixiviación del 20%.
- **T1:** aporte 50% de P ($0,6 \text{ mmol L}^{-1}$ de H_2PO_4). Lixiviación del 20%.
- **T2:** aporte 0% de P. Lixiviación del 20%.
- **T3:** aporte del 80% de la dosis de T. Control (solución estándar con $1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de H_2PO_4).
- **T4:** aporte del 60% de la dosis de T. Control (solución estándar con $1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de H_2PO_4).

D.3.1. Soluciones nutritivas

Los requerimientos generales nutricionales fueron los siguientes:

Tabla 1. Solución nutritiva general.

Aniones (mmol l^{-1})					Cationes (mmol l^{-1})				
NO_3^-	H_2PO_4^-	$\text{SO}_4^{=}$	HCO_3^-	Cl^-	NH_4^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+
13	1,2	2	0,5	0	0	6	3,5	2	0

A partir de estos requerimientos se elaboraron 3 soluciones nutritivas diferentes en garrafas de 20 L. Con la solución nutritiva 1 se regó Control, T3 y T4; con la solución nutritiva 2 se regó T1 y con la solución nutritiva 3 se regó T2.

Tabla 2. Ajuste previsto basado en agua de riego y solución ideal para la solución 1.

	Aniones (mmol l ⁻¹)					Cationes (mmol l ⁻¹)				
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
Agua de riego	0	0	1	2	1	0	0	0,5	0,5	1
Solución ideal	13	1,2	2	0,5		0	6	3,5	2	
Aportes previstos	13	1,2	1	-1,5		0	6	3	1,5	

Tabla 3. Ajuste previsto basado en agua de riego y solución ideal para la solución 2.

	Aniones (mmol l ⁻¹)					Cationes (mmol l ⁻¹)				
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
Agua de riego	0	0	1	2	1	0	0	0,5	0,5	1
Solución ideal	13	0,6	2	0,5		0	6	3,5	2	
Aportes previstos	13	0,6	1	-1,5		0	6	3	1,5	

Tabla 4. Ajuste previsto basado en agua de riego y solución ideal para la solución 3.

	Aniones (mmol l ⁻¹)					Cationes (mmol l ⁻¹)				
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺
Agua de riego	0	0	1	2	1	0	0	0,5	0,5	1
Solución ideal	13	0	2	0,5		0	6	3,5	2	
Aportes previstos	13	0	1	-1,5		0	6	3	1,5	

Una vez ajustados los parámetros, las soluciones nutritivas elaboradas fueron las siguientes:

Tabla 5. Composición soluciones nutritivas utilizadas para un volumen final de 20 L por garrafa.

Fertilizante	Unidades	Sol. 1	Sol. 2	Sol. 3
H ₂ PO ₄	ml	2,0	1,0	0
HNO ₃	ml	0,5	1,5	2,5

Ca(NO ₃) ₂	g	11,8	10,9	10,9
KNO ₃	g	10,1	10,1	9,1
Mg(NO ₃) ₂	g	1,7	1,7	1,7
MgSO ₄	g	7,4	7,4	7,4
Microelementos	g	0,6	0,6	0,6
	Riego de:	CONTROL, T3 Y T4	T1	T2

Tabla 6. Fertilizantes utilizados y composición.

Fertilizantes líquidos:	
Acido Nítrico (HNO ₃)	56% de concentración 12,6% p/p de Nítrico Densidad: 1,35 g cm ⁻³
Acido Fosfórico (H ₃ PO ₄)	72% de concentración 51% de Óxido de fósforo Densidad: 1,6 g cm ⁻³
Fertilizantes sólidos:	
Nitrato Cálcico (Ca(NO ₃) ₂)	15,5% de Nitrógeno total 14,4% de Nítrico 1,1% de Amoníaco 26,5% de Óxido de calcio
Nitrato Potásico (KNO ₃)	13% de Nitrógeno total 13% de Nítrico 46% de Óxido de potasio
Sulfato Potásico (K ₂ SO ₄)	54,4% de K ₂ O 45,8 % de SO ₃
Microelementos (Nutrex soil B)	0,3% de Molibdeno 0,5% de Magnesio 7% de Hierro (EDDHA 0,75%, EDTA 6,25%) 0,2% de Cobre 0,2% de Zinc 0,2% de Boro

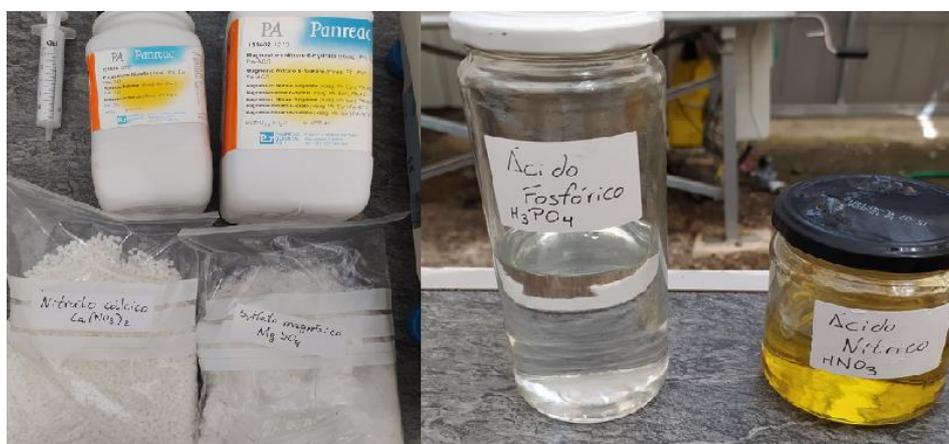


Ilustración 14. Fertilizantes utilizados.



Ilustración 15. Elaboración de las soluciones en cada garrafa.

Cada vez que se agotaba una garrafa se elaboraba de nuevo. Al final de la elaboración se medía CE y pH para verificar su idoneidad para riego.

D.3.2. Riego

Se regó cada 2 días de forma manual, es decir, día sí, día no. Para el riego se utilizó una probeta aforada y la dosis fue para los tratamientos Control, T1 y T2 la necesaria para lograr un 20% de lixiviación. El tratamiento T3 se regó con un 80% de la dosis de Control y T4 con un 60%. Siempre se regaba a las 8 de la mañana.

Para conocer la dosis a aportar en cada riego se procedía a regar primero la planta que disponía de recipiente para recoger los lixiviados (una por tratamiento) y se iba ajustando la dosis hasta lograr un 20% de lixiviado (control, T1 y T2). Una vez conocía la dosis, regaba el resto de las repeticiones. Se iba cambiando periódicamente el recipiente de recogida de lixiviados dentro de cada tratamiento. Una vez conocida la dosis de control, se aplicaba el 80% de esa dosis a T3 y el 60% a T4.



Ilustración 16. Riego manual con probeta.

En total se realizaron 38 riegos durante todo el ensayo.

D.4. Mediciones

D.4.1. Parámetros ambientales

Los parámetros ambientales fueron registrados con una frecuencia de 15 minutos hasta el fin del experimento mediante un registrador de datos “Hobo Shuttle” situado en la mesa de cultivo.

Los datos obtenidos de temperatura (T) y humedad relativa (HR) se clasificaron en temperatura máxima (T_{máx}), temperatura media (T_{med}) y temperatura mínima (T_{mín}), ídem para HR (HR_{máx}, HR_{med} y HR_{mín}, respectivamente), y se realizaron las medias quincenales para tales parámetros, los cuales quedan recogidos en la tabla número 6:

Tabla 7. Datos climáticos por quincenas.

Días	Mes	T _{máx} (°C)	T _{med} (°C)	T _{mín} (°C)	HR _{máx} (%)	HR _{med} (%)	HR _{mín} (%)
22 al 31	Marzo	23,38	16,88	11,96	77,38	67,04	53,93
1 al 15	Abril	24,34	17,73	13,51	80,03	71,41	54,89
16 al 30	Abril	24,39	18,18	13,86	79,68	70,09	53,97
1 al 15	Mayo	23,81	18,81	13,48	80,05	71,23	54,92
16 al 31	Mayo	25,25	20,49	16,21	82,46	71,54	55,81
1 al 7	Junio	27,02	22,21	18,37	83,13	72,68	56,57

Para los datos sobre la radiación se tomaron los datos de la estación agrometeorológica de Almería para dicho periodo. Multiplicando por el coeficiente de transmisión de la cubierta (7,19%), la radiación interior fue-se recoge en la tabla número 7:

Tabla 8. Datos de la radiación interior.

Días	Mes	Rad. Máx (MJ/m ²)	Rad. Med (MJ/m ²)	Rad. Min (MJ/m ²)
22 al 31	Marzo	1,6	1,5	0,6
1 al 15	Abril	1,8	1,6	0,6
16 al 30	Abril	1,8	1,5	0,7
1 al 15	Mayo	2,1	1,7	0,7
16 al 31	Mayo	2,0	1,8	0,8
1 al 7	Junio	2,1	1,7	1,1

D.4.2. Parámetros de riego

En cada riego se registró el volumen aportado, el lixiviado, y la CE del mismo mediante la recogida del lixiviado de las plantas con lisímetros.

Para medir el volumen se transfería la solución presente en el lisímetro a una probeta y se anotaba el valor. Posteriormente transfería el lixiviado a un vaso de precipitados e introducía el conductivímetro para conocer la CE del lixiviado.



Ilustración 17. Conductivímetro. Marca EC Waterpool, mod. C66.

D.4.3. Parámetros de crecimiento de la planta

- Altura de la planta.
- Color de hoja.
- Diámetro de la planta. Para evaluar el diámetro de la planta se realizó dos mediciones longitudinales, una perpendicular de la otra.
- Distancia entrenudos
- N° de inflorescencias.
- Superficie foliar.
- Peso fresco y seco de inflorescencias, tallos, hojas y raíces.
- Contenido en agua.

Para conocer el contenido en agua se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso fresco} - \text{Peso seco}}{\text{Peso fresco}}$$

La altura de la planta se midió cada lunes desde el primer día después del trasplante hasta el último día del experimento, los demás parámetros fueron medidos únicamente el último día.

Para las distancias, a excepción de la altura de la planta (con regla), se empleó un pie de rey digital.



Ilustración 18. Pie de rey digital.

Para los pesajes se utilizó una balanza COBOS serie CB-MAX, mod. M5-1000, y para secar las muestras se utilizó una estufa Nuve, mod. NU-FN500.



Ilustración 19. Estufa (izq.) y balanza (der.).

Para medir el área foliar de cada planta, se clasificaron las hojas en 3 tamaños: grandes, medianas y pequeñas. Posteriormente se contó el nº de cada tipo para aplicar la siguiente fórmula (Giuffrida, et al., 2011):

$$\text{Superficie foliar} = \text{n}^{\circ} \text{ de hojas} \times (0,07 + 0,68 \times \text{Ancho} \times \text{Largo}).$$



Ilustración 20. Clasificación foliar por tamaños.

Para obtener el peso seco se colocaron las muestras de raíces, tallos, hojas e inflorescencias en sobres realizados con papel de filtro. Posteriormente se dejaron durante 72h a 65°C en la estufa. Finalmente se pesó cada muestra.



Ilustración 213. Pesaje de inflorescencias frescas (izq.) y secas (der.).



Ilustración 22. Separación de órganos de una planta para secar.

Para determinar el color de las hojas se cogieron aleatoriamente 4 hojas por tratamiento (de diferentes plantas), se escanearon y se analizaron con el programa ImageJ, este programa separa las imágenes en tres canales, azul, verde y rojo. El color es indicador del estado nutricional del cultivo, sanidad y senescencia de las hojas.

Las ventajas de utilizar la fotografía digital y software especializados, como ImageJ, son que las condiciones requeridas para operar una cámara digital imponen menos restricciones a las condiciones de radiación, es un método asequible, fácil de aplicar con una formación mínima y las imágenes grabadas se pueden almacenar en un ordenador para su posterior revisión. Esto permite una adquisición más intensiva de información de cultivos en el espacio y el tiempo (Bappadas, et al., 2016).



Ilustración 23. Escaneado y procesado del color de la hoja.

Una imagen digital se compone de píxeles, y cada píxel consiste en un punto con un valor de intensidad los colores primarios, que conforman los canales denominados RGB: rojo (red), verde (green) y azul (blue). Mediante la combinación de estos píxeles podemos obtener el color deseado (Sauceda, et al., 2017).

Cada píxel puede oscilar entre un valor de 0 a 255, estando las zonas más oscuras de la imagen representadas por píxeles con valores cercanos a 0 mientras que las zonas más claras con píxeles cercanos a 255. Así, mediante el análisis de los canales RGB podemos contar cuántos píxeles con cada valor de color (entre 0 y 255) hay para cada canal (Caraballo, 2011).

El programa ImageJ realiza este análisis directamente seleccionando la región y después presionando en el menú Analyze>Histogram. El programa abrirá una nueva ventana donde visualizaremos un histograma de todos los canales (Sauceda, et al., 2017).

D.5. Análisis estadístico

Los parámetros evaluados en el ensayo se analizaron utilizando el software SRARGRAPHICS CENTURION v.16.1. Posteriormente se representaron gráficamente los resultados mediante el software Excel de Microsoft v.2016.

Primeramente, se realizó el análisis de la varianza de factor simple (ANOVA), aplicando un rango de confianza del 95%, es decir, con un máximo de error de 0,05.

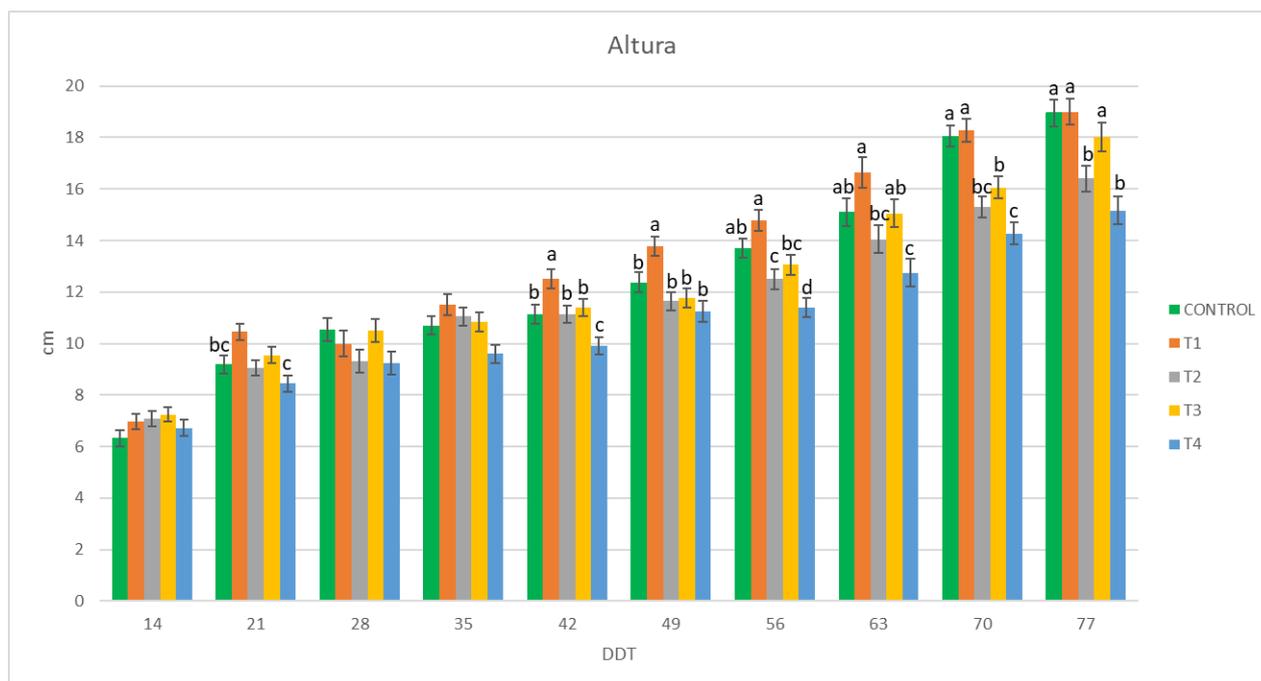
Se realizó una prueba de rango múltiple para comparar las múltiples variables y así conocer qué medias fueron significativamente iguales o diferentes entre sí. Se estableció un patrón por el cual los tratamientos sin diferencias significativas fueron identificados con la misma letra, mientras que los que sí eran significativamente distintos, con un 95% de confianza, fueron identificados bajo letras distintas, presentando ambas letras simultáneamente en el caso de ser rangos intermedios.

La varianza se verificó mediante la hipótesis nula de las desviaciones típicas estándar entre las muestras que fueron similares. Según ANOVA, si el

valor de P es igual o mayor al 5%, no existe diferencia estadísticamente demostrativa en las desviaciones, así se establece un nivel de confianza del 95%.

E. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

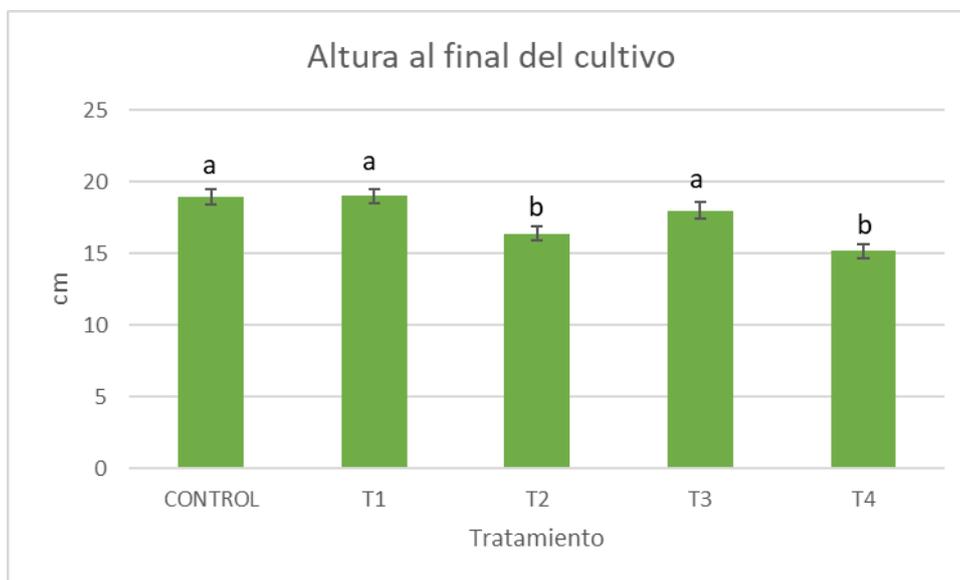
E.1. Altura de la planta



Gráfica 4. Evolución de la altura de la planta. Los tratamientos son: CONTROL - aporte del 100% de P (1,2 mmol L⁻¹ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T1 - aporte del 50% de P (0,6 mmol L⁻¹ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T2 – sin aporte de P (0 mmol L⁻¹ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T3 - aporte del 100% de P (1,2 mmol L⁻¹ de P). Con estrés hídrico (80% dosis de riego de CONTROL); T4 - aporte del 100% de P (1,2 mmol L⁻¹ de P). Con estrés hídrico (60% dosis de riego de CONTROL). Diferentes letras muestran diferencias significativas entre los tratamientos (P<0,05). Las barras verticales indican el error estándar. Las siglas DDT significan Días Después del Trasplante.

En la gráfica número 4 se representa la evolución semanal de la altura de las plantas. Únicamente no hubo diferencias significativas entre tratamientos a los 14, 28 y 35 DDT, en el resto de las mediciones si hubo diferencias significativas hasta finalizar el ensayo. Desde los 42 DDT hasta el final, T1 siempre ha mostrado mayor tamaño con respecto a los otros tratamientos, mostrando la mayor altura en cada medición, pero sin diferencias significativas con el control y T3 a los 63 y 77 DDT. A partir de los 56 días después del

trasplante se observa realmente una diferencia significativa entre el control y T2 y T4, la cual se mantiene hasta el final de cultivo 77 DDT



Gráfica 5. Altura final de la planta. Los tratamientos son: CONTROL - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T1 - aporte del 50% de P ($0,6 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T2 – sin aporte de P (0 mmol L^{-1} de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T3 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (80% dosis de riego de CONTROL); T4 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (60% dosis de riego de CONTROL). Diferentes letras muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar.

Como podemos ver en la gráfica número 5 que se corresponde con la altura al final del ensayo, observamos que no hubo diferencias significativas entre control, T1 y T3. La altura en estos tratamientos fue de 19.94, 19 y 18 cm para control, T1 y T3 respectivamente, sin embargo, si presentaron diferencias significativas con respecto de T2 (16,4 cm) y T4 (15,17 cm) que fue donde se aplicó mayor déficit de P y estrés hídrico respectivamente.

Una reducción del 50 % de fosforo no fue suficiente para reducir la altura de la planta. Sin embargo, (Gibson, et al., 2007) observo una reducción de la altura de las plantas de *Osteospermum* progresivamente al reducir el aporte de P en cada tratamiento.

Sin embargo, T4 cumplió las expectativas de ser el tratamiento cuya altura fue la menor, en concordancia el experimento (Wang Hansen & Koefoed Petersen, 2004) en un cultivo de *Hibiscus rosa-sinensis* (var. Cairo red) también se redujo el tamaño de las plantas en un 32% frente a las regadas sin estrés hídrico. También se redujo la altura de los geranios al aplicar estrés hídrico en los ensayos de (Álvarez, et al., 2015) y de (Alvarez, et al., 2008) en geranio, y en el de (Marc & Karishna, 2004) en *Calendula officinalis*.

Por otro lado, hay otros autores que no experimentaron reducción de la altura al aplicar estrés hídrico (Mieszkalska & Lukaszewska, 2011).

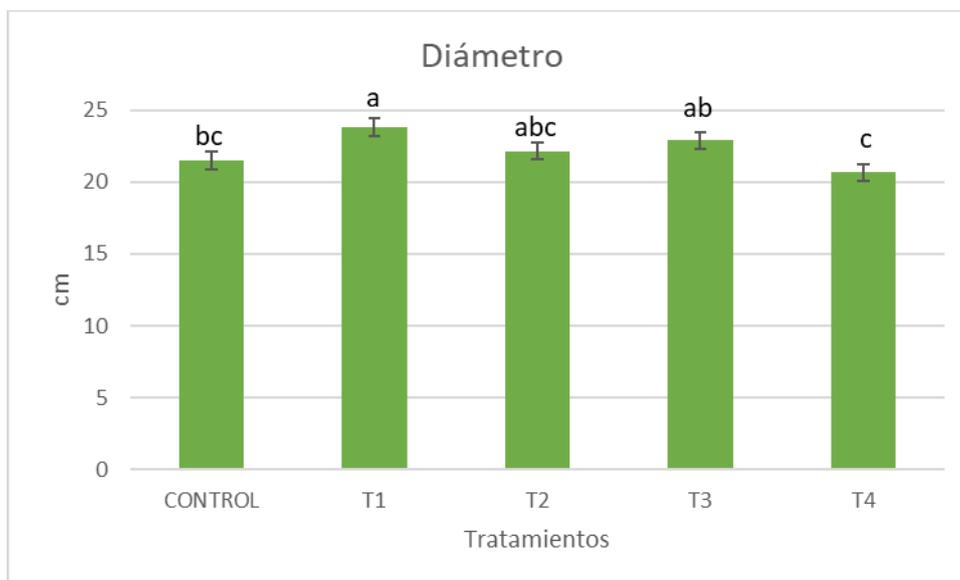


Ilustración 24. Plantas a los 56 DDT ordenadas de mayor altura a menor altura.



Ilustración 25. Plantas a los 77 DDT.

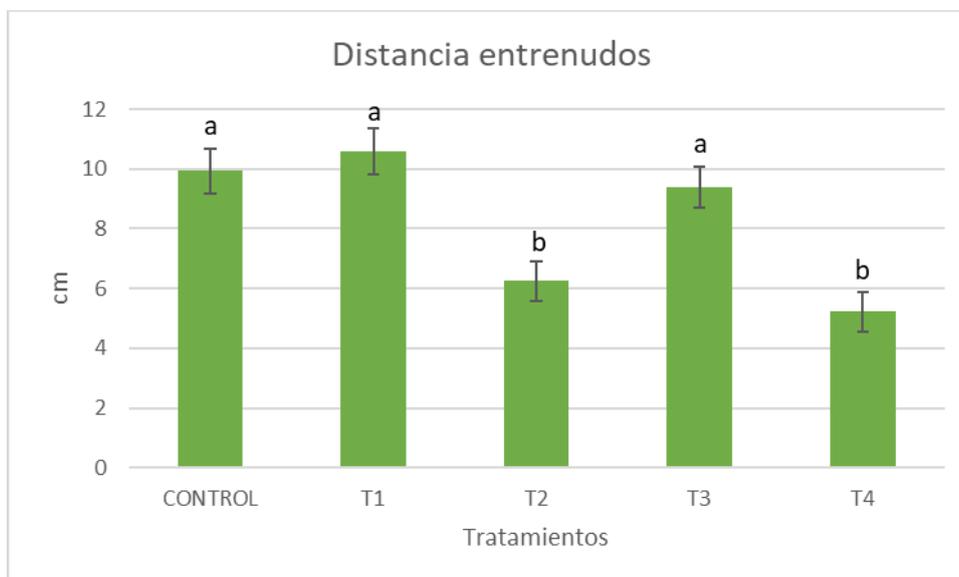
E.2. Diámetro de la planta



Gráfica 6. Diámetro de la planta. Los tratamientos son: CONTROL - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T1 - aporte del 50% de P ($0,6 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T2 - sin aporte de P (0 mmol L^{-1} de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T3 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (80% dosis de riego de CONTROL); T4 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (60% dosis de riego de CONTROL). Diferentes letras muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar.

En la gráfica número 6 se representa el diámetro final de las plantas. Podemos observar 2 tratamientos claramente diferenciados que se corresponden con los diámetros de planta máximo (T1 con 23,81 cm) y mínimo (T4 con 20,65 cm). Sin embargo, los otros tratamientos intermedios apenas han mostrado diferencias significativas entre sí.

E.3. Distancia de los entrenudos



Gráfica 7. Distancia entrenudos. Los tratamientos son: CONTROL - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T1 - aporte del 50% de P ($0,6 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T2 - sin aporte de P (0 mmol L^{-1} de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T3 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (80% dosis de riego de CONTROL); T4 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (60% dosis de riego de CONTROL). Diferentes letras muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar.

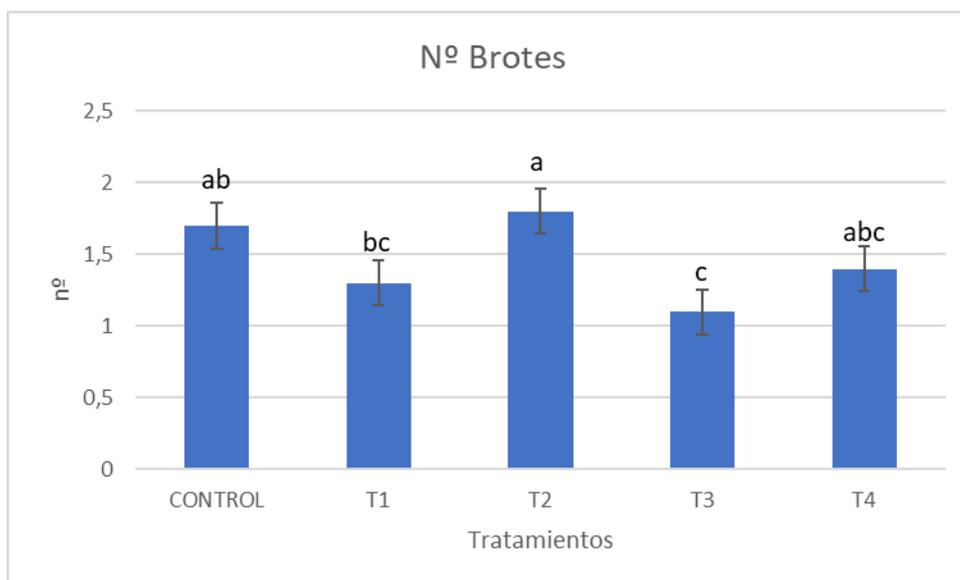
Como podemos ver en la gráfica número 7, que se corresponde con la altura distancia de los entrenudos, se han producido diferencias significativas entre control, T1 y T3 con respecto de T2 y T4. La mayor distancia se produjo en T1 (10,59 cm) y la menor en T4 (5,22 cm).

Estos resultados demuestran que apenas hubo diferencias entre los tratamientos intermedios y control, y que si las hubo para los tratamientos más intensos. Esto se debe a que el estrés hídrico reduce la altura de las plantas y, por tanto, acorta la distancia de los entrenudos como sucedió en los ensayos de (Wang Hansen & Koefoed Petersen, 2004) en *Hibiscus rosa-sinensis* (var. Cairo red), (Marc & Karishna, 2004) en *Calendula officinalis* y de (Alvarez, et al., 2012) en geranio, donde se redujo la distancia de los entrenudos al someterlas a estrés hídrico, frente a las plantas de T. control.

Por otro lado, al reducir el aporte de P, que es un macronutriente indispensable para el crecimiento de las plantas (Smart Fertilizer, 2020) ya que influye en la elongación y división celular (Kavanová, et al., 2006), se acortan los entrenudos. Nuestros datos van en concordancia con el experimento de (Ma, et al., 2003) donde se redujo el alargamiento de los entrenudos al no aplicar concentraciones máximas de P.

El mismo efecto de reducción de la distancia de los entrenudos también sucedió en el ensayo de (Nelson, et al., 2012), se comprobó que al reducir el aporte de P se obtuvieron plantas con entrenudos más cortos, y en el de (Gibson, et al., 2007) donde sucedió lo mismo al reducir el aporte de P.

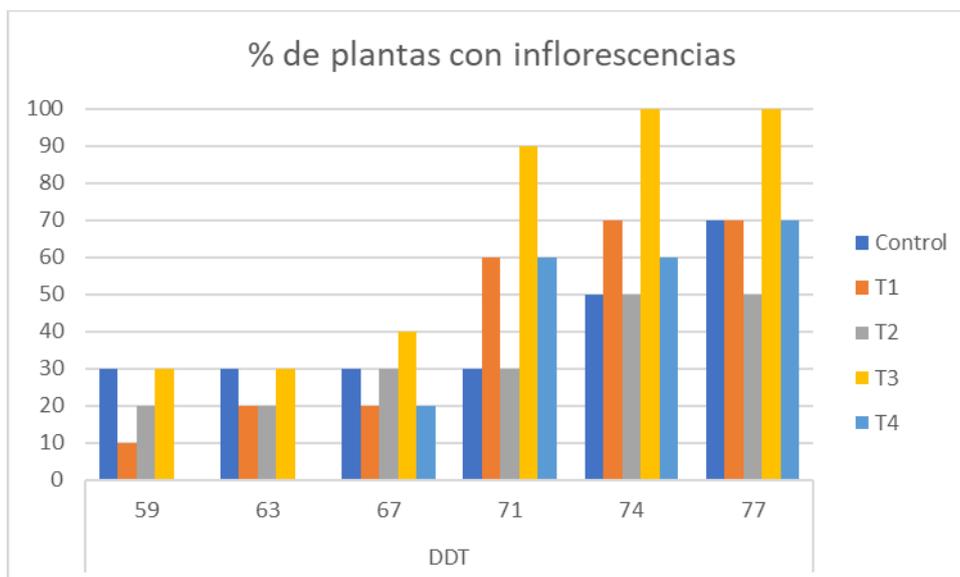
E.4. Número de brotes



Gráfica 8. Número de brotes. Los tratamientos son: CONTROL - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T1 - aporte del 50% de P ($0,6 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T2 - sin aporte de P (0 mmol L^{-1} de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T3 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (80% dosis de riego de CONTROL); T4 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (60% dosis de riego de CONTROL). Diferentes letras muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar.

En cuanto al número de brotes gráfica número 8, el tratamiento que más brotes presentó fue T2 con una media de 1,8 brotes por planta y el que menos T3 con 1,1-brote por planta. No hubo diferencias significativas entre T1, T2, T4 y control.

E.5. % de plantas con inflorescencias



Gráfica 9. Porcentaje de plantas con inflorescencias. Los tratamientos son: CONTROL - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T1 - aporte del 50% de P ($0,6 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T2 – sin aporte de P (0 mmol L^{-1} de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T3 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (80% dosis de riego de CONTROL); T4 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (60% dosis de riego de CONTROL). Diferentes letras muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$). Las siglas DDT significan Días Después del Trasplante.

En el gráfico número 9 se muestra la evolución del % de plantas con al menos una flor hasta el final del cultivo. T3 fue el tratamiento en que todas las plantas desarrollaron al menos 1 inflorescencia, sin embargo, el resultado más desfavorable al final del ensayo se produjo en T2, que apenas alcanzó un 50% de plantas con al menos una inflorescencia.

A pesar de que T3 no es el tratamiento con mayor estrés hídrico aplicado, si podemos observar las consecuencias típicas del estrés hídrico que son el adelanto de la floración y el aumento del n° de flores.

Sin embargo, al aplicar un estrés hídrico más intenso y en concordancia a nuestros datos, en T4 se reduce el n° de flores como sucedió en el ensayo de geranio de (Álvarez, et al., 2008) y en el de (Álvarez, et al., 2015), donde un intenso estrés hídrico comprometió la floración. También sucedió lo mismo en el ensayo de geranio de (Sánchez-Blanco, et al., 2009) donde se observó una reducción en el número de flores por planta al aplicar mayor estrés (40% de la dosis control).

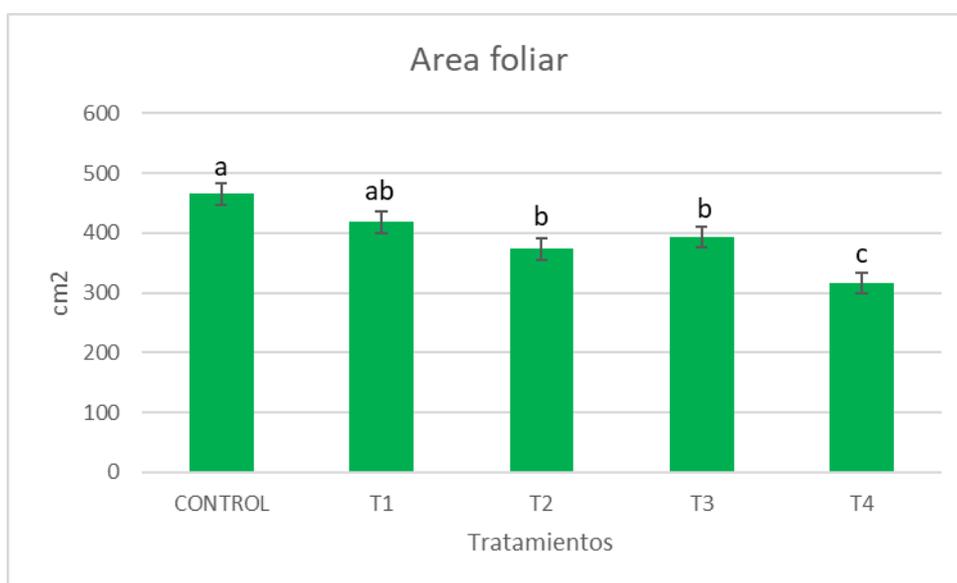
De igual forma, T2 que es donde no se aplica nada de P, se reduce la floración, ya que es un nutriente indispensable para estimular la floración. Nuestros resultados concuerdan con el ensayo de (Menary & Staden, 1976), donde al reducir el aporte de P redujo el número de flores en un cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Lo mismo sucedió en un cultivo de uva (*Vitis*

vinifera L.) donde el déficit de P redujo el nº de panículas (Skinner & Matthews, 1989).

El retraso en la floración en los tratamientos con menos P también fue experimentado en el ensayo de (Ye, et al., 2019) en un cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). En este ensayo se adelantó la floración del arroz en los tratamientos con mayor dosis de P.

Por otro lado, en el ensayo de geranio de (Gaber, 2019) aumentó el número de inflorescencias, número de floretes por inflorescencias y la duración de la inflorescencia, al aplicar mayores dosis de P.

E.6. Área Foliar



Gráfica 10. Área foliar. Los tratamientos son: CONTROL - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T1 - aporte del 50% de P ($0,6 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T2 - sin aporte de P (0 mmol L^{-1} de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T3 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (80% dosis de riego de CONTROL); T4 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (60% dosis de riego de CONTROL). Diferentes letras muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar.

Como podemos ver en la gráfica número 10 sobre el área foliar, se han producido diferencias significativas entre los tratamientos. Podemos distinguir principalmente entre los tratamientos con una mayor superficie foliar: control y T1 ($465,46$ y $418,35 \text{ cm}^2$ respectivamente); con un área foliar intermedia en T2 y T3 ($373,72$ y $393,24 \text{ cm}^2$ respectivamente) y, finalmente, con un área menor que el resto en T4 con $316,39 \text{ cm}^2$.

Estos datos concuerdan con la altura, diámetro de la planta y la distancia de los entrenudos, que es menor en aquellos tratamientos donde se aplica mayor estrés hídrico y déficit de P, produciendo plantas más pequeñas y compactas.

En concordancia a nuestros datos, en el ensayo de geranio de (Alvarez, et al., 2008) y en el de (Álvarez, et al., 2015) se obtuvo un menor área foliar en aquellos tratamientos donde se regó menos. Esto puede deberse a un mecanismo de las plantas a modo adaptativo que reduce la superficie foliar para reducir las pérdidas de agua por transpiración (Metwally, et al., 1970).

Por otro lado, lo mismo sucedió en el ensayo de (Hye-Ji & Xinxin, 2016) en un cultivo de (*Lantana cámara*), donde el efecto de aplicar dosis reducidas de P fue similar al nuestro, es decir, se redujo el nº de hojas y el área foliar. Lo mismo sucedió en un ensayo de cebada (*Hordeum vulgare*) donde aumentó el área foliar progresivamente a mayor dosis aplicada de P (Chapin & Bieleski, 1982).

(Kavanová, et al., 2006) también observó bajo una deficiencia de fosforo una reducción de la tasa de elongación de la hoja en un 39% debido a la disminución de la tasa de producción celular (219%) y la longitud celular final (220%). La deficiencia de fósforo no afectó los controles generales de la morfogénesis celular, pero, al ralentizar las tasas de división y expansión celular, ralentizó su ritmo.

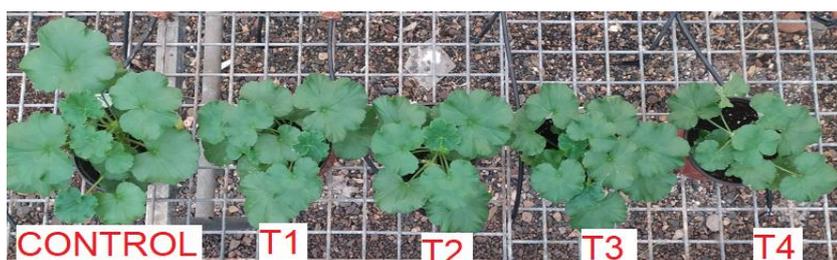
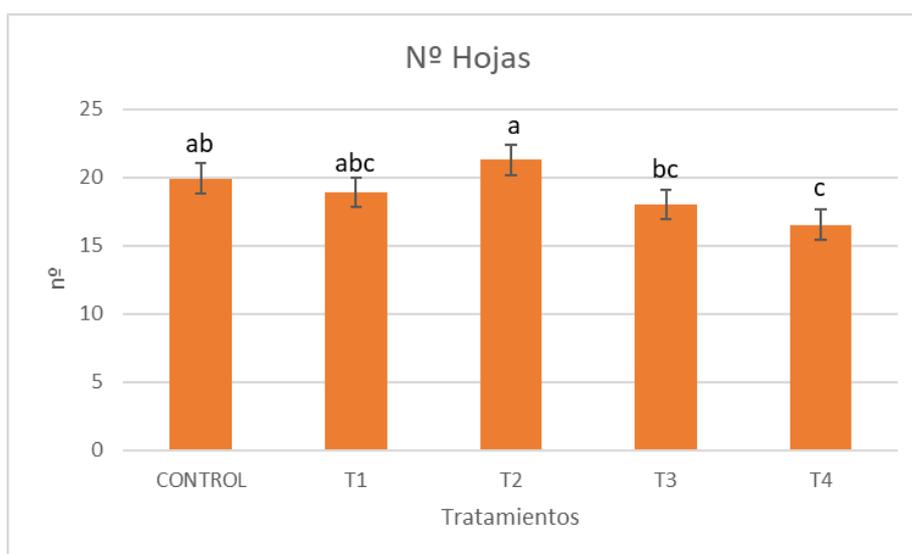


Ilustración 26. Detalle superficie foliar a los 77 DDT (final del ensayo).

E.7. Número de hojas



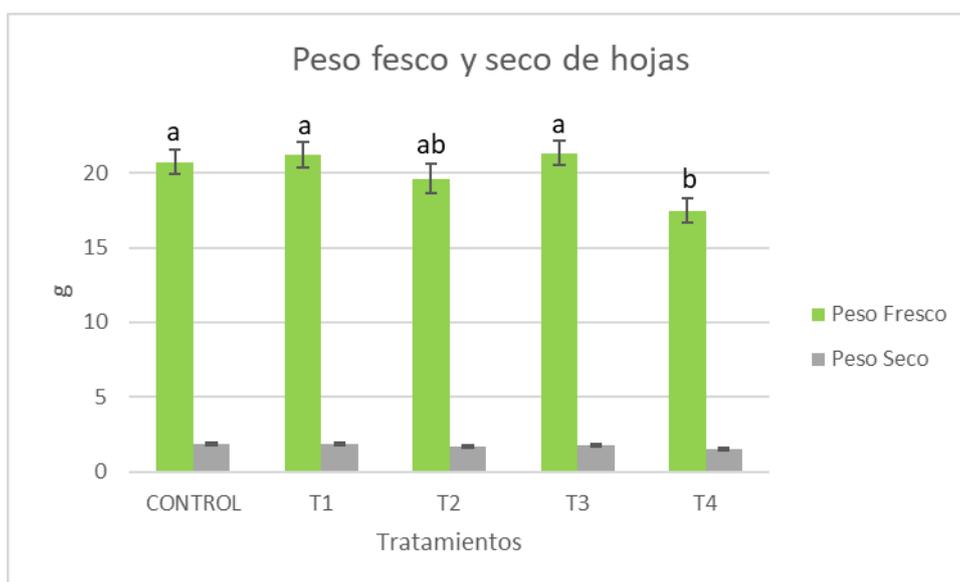
Gráfica 11. Número de hojas. Los tratamientos son: CONTROL - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T1 -

aporte del 50% de P ($0,6 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T2 – sin aporte de P (0 mmol L^{-1} de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T3 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (80% dosis de riego de CONTROL); T4 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (60% dosis de riego de CONTROL). Diferentes letras muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar.

En la gráfica número 11 observamos el nº de hojas al final del ensayo. Podemos identificar a T2 como el tratamiento con una mayor producción de hojas, con una media de 21,3 hojas por planta, y a T4 como tratamiento con una producción más reducida de hojas con 16,5 hojas por planta.

Como hemos observado en el gráfico de la superficie foliar, a pesar de ser T2 el tratamiento con una mayor producción foliar, presenta una superficie foliar media, por tanto, ha producido más hojas que el resto, pero de menor tamaño.

E.8. Peso fresco y seco hojas



Gráfica 12. Peso fresco y seco de las hojas. Los tratamientos son: CONTROL - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T1 - aporte del 50% de P ($0,6 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T2 – sin aporte de P (0 mmol L^{-1} de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T3 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (80% dosis de riego de CONTROL); T4 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (60% dosis de riego de CONTROL). Diferentes letras muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar.

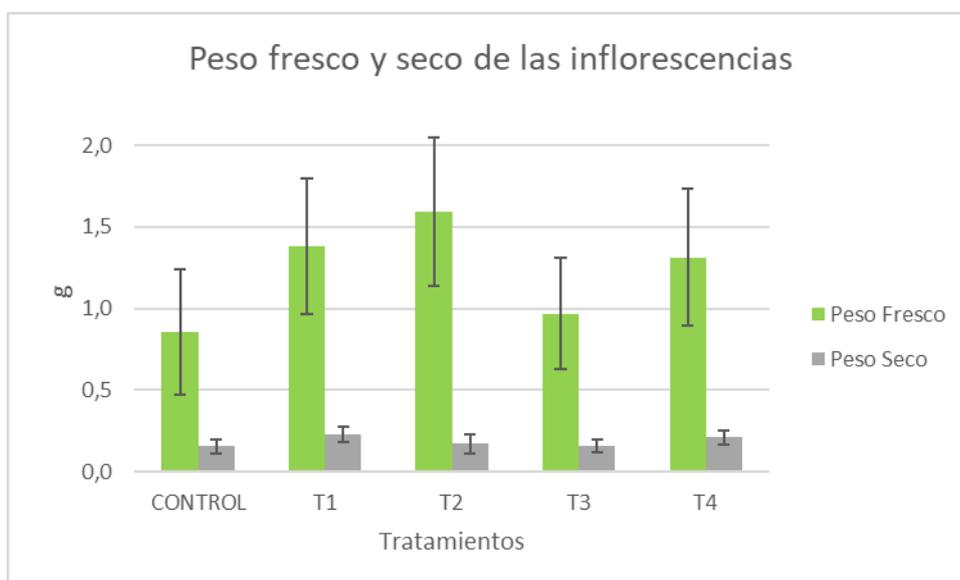
En la gráfica número 12 observamos la Peso fresco y seco producida en las hojas. Para el peso seco no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, para el peso fresco si hubo diferencias significativas que las podemos agrupar por un lado en Control, T1 y T3; y por otro lado está T4 con el menor peso fresco. El mayor peso fresco fue 21,20 g (T1) y el menor fue 17,47 g (T4). El mayor peso seco fue 1,82 (T1) y el menor 1,51 g (T4).

Concorde a nuestros resultados, en el ensayo de geranio de (Sánchez-Blanco, et al., 2009) la exposición estrés hídrico (dosis control, 60% de control y 40% de control) durante 2 meses también indujo una disminución del peso fresco foliar, aunque en su ensayo este estrés produjo un aumento del número de hojas marchitas y amarillas, mientras que el nuestro no. Esta reducción del peso fresco foliar pudo deberse a que en condiciones de estrés hídrico la planta absorbe menos agua y por eso tiene menos peso fresco.

Sin embargo, no hemos experimentado una reducción del peso seco al aplicar estrés hídrico, como sucedió en los ensayos de (Álvarez, et al., 2015) y de (Alvarez, et al., 2008) en geranio, ni en el de (Marc & Karishna, 2004) en *Calendula officinalis*, donde se redujo el peso seco de las hojas al aplicar estrés hídrico.

Por otro lado, en nuestro ensayo la reducción del P apenas ha mostrado diferencias significativas en el peso fresco entre tratamientos, contrario a lo que sucedió a (Sedibe, 2012) en el cultivo de geranio en el que los rendimientos foliares de masa seca decrecieron a medida que se redujo las concentraciones de P. También sucedió lo mismo en el ensayo de vid de (Skinner & Matthews, 1989), en el que hay una correlación entre menor aporte de P y menor peso seco foliar.

E.9. Peso fresco y seco de inflorescencias



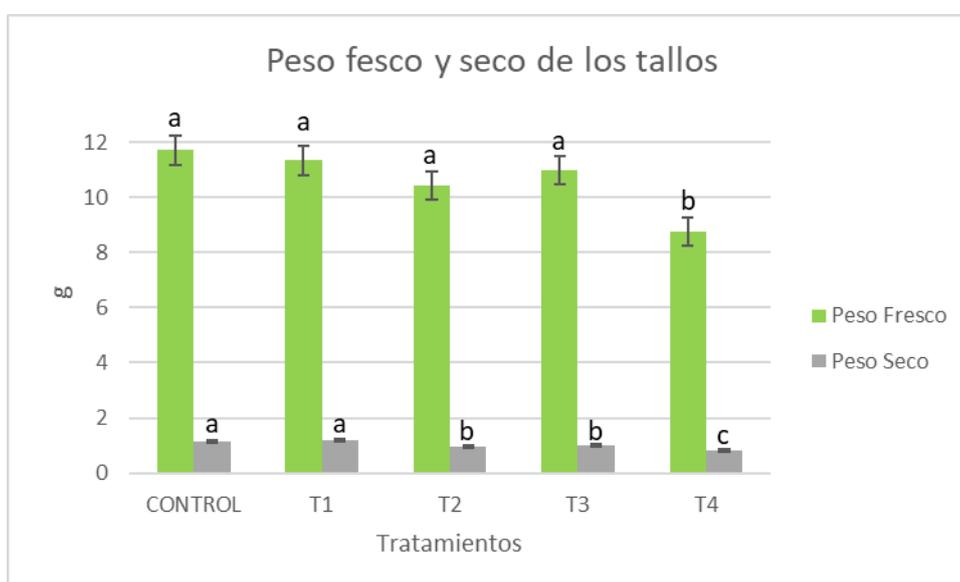
Gráfica 13. Peso fresco y seco de las inflorescencias. Los tratamientos son: CONTROL - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T1 - aporte del 50% de P ($0,6 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T2 - sin aporte de P (0 mmol L^{-1} de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T3 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (80% dosis de riego de CONTROL); T4 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (60% dosis de riego de CONTROL). Diferentes letras muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar.

La gráfica número 13 se corresponde con la Peso fresco y seco de las inflorescencias. Como podemos observar no ha habido diferencias significativas entre tratamientos ni para el peso fresco ni para el peso seco.

En cuanto al peso fresco, el mayor fue 1,59 g (T3) y el menor 0,85 g (control). En cuanto al peso seco, el mayor fue 0,22 g (T1) y el menor 0,15 g (control).

En contraposición a nuestros resultados, en el experimento de (Zhang, et al., 2019) en un cultivo de arroz, las dosis de P se correspondieron con un mayor peso seco de inflorescencias.

E.10. Peso fresco y seco de los tallos



Gráfica 14. Peso fresco y seco de los tallos. Los tratamientos son: CONTROL - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T1 - aporte del 50% de P ($0,6 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T2 - sin aporte de P (0 mmol L^{-1} de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T3 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (80% dosis de riego de CONTROL); T4 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (60% dosis de riego de CONTROL). Diferentes letras muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar.

En la gráfica número 14 podemos observar la Peso fresco y seco de los brotes. Para el peso fresco no ha habido diferencias significativas entre los tratamientos de reducción de P, pero si lo ha habido para la aplicación de estrés hídrico T4, donde se ha reducido el peso fresco en los brotes con respecto al resto de tratamientos.

El peso fresco mayor fue 11,70 g (control) y el menor 8,57 g (T4). En cuanto al peso seco, se han producido diferencias significativas entre los tratamientos. El mayor peso seco se corresponde con tratamiento control (0,54 g), y el menor para T4 (0,51g).

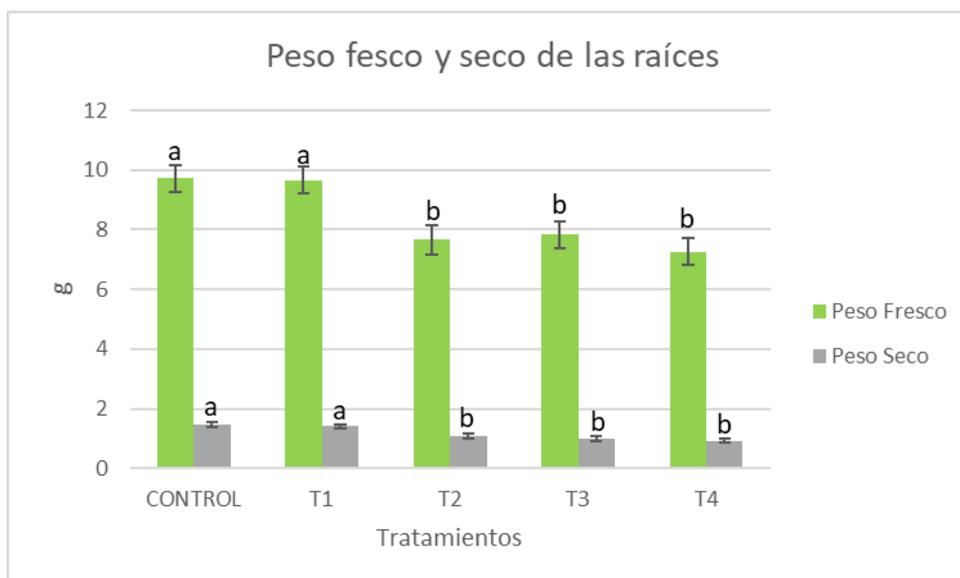
El peso fresco fue el mayor fue 1,59 g (T3) y el menor 0,85 g (control). En cuanto al peso seco, el mayor fue 0,22 g (T1) y el menor 0,15 g (control).

En concordancia a nuestros datos, en el ensayo de geranio de (Sánchez-Blanco, et al., 2009) la exposición estrés hídrico indujo una disminución en el peso seco de los brotes, al igual que en el ensayo (Álvarez, et al., 2015), de (Alvarez, et al., 2008) y de (Mieszkalska & Lukaszewska, 2011) también en geranio, y en el de (Bayer, et al., 2016) en *Calendula officinalis*.

Al igual que en los ensayos anteriores, en el de (Amiri, et al., 2017) sobre geranio, los resultados también indicaron un efecto adverso del déficit hídrico sobre la Peso fresco y seco total de la planta.

En cuanto a la reducción de P y su efecto sobre el peso fresco y seco, nuestros datos no concuerdan con los ensayos de (Fageria, 2014) en arroz, ni con el de (Zhang, et al., 2019) en geranio, donde al reducir la dosis de P se redujo tanto el peso fresco como el peso seco de los tallos.

E.11. Peso fresco y seco raíces



Gráfica 15. Peso fresco y seco de las raíces. Los tratamientos son: CONTROL - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T1 - aporte del 50% de P ($0,6 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T2 – sin aporte de P (0 mmol L^{-1} de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T3 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (80% dosis de riego de CONTROL); T4 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (60% dosis de riego de CONTROL). Diferentes letras muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar.

En el gráfico número 15 se representa la Peso fresco y seco en raíces, como podemos observar hay diferencias significativas entre tratamientos. El mayor peso fresco fue de 9,71 g (control) y el menor 7,26 g (T4). El mayor peso seco fue 1,47 g (control) y el menor 0,92 (T4).

Los tratamientos con mayor P presentaron mayor peso fresco y seco en raíces, como sucedió en el ensayo de geranio de (Zhang, et al., 2019).

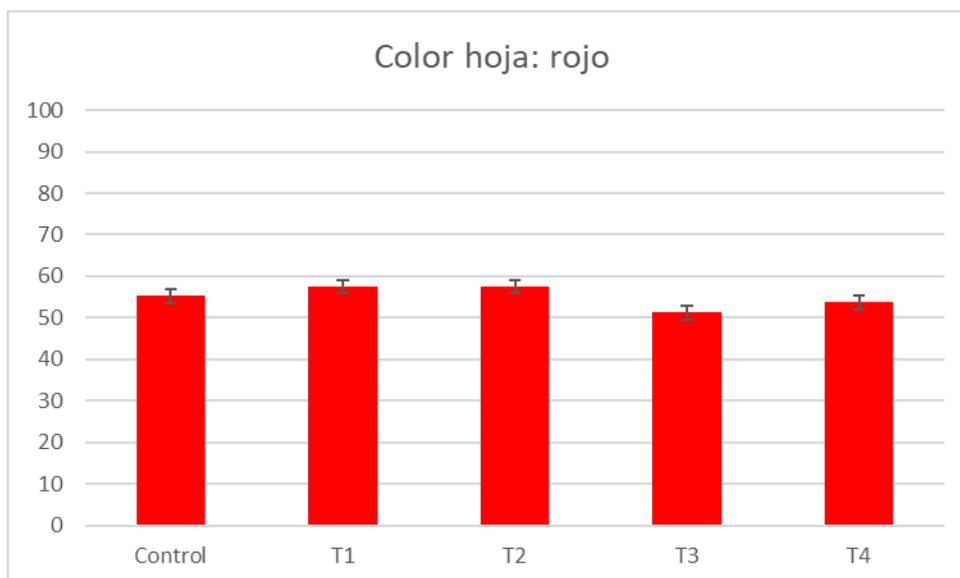
Bajos niveles de P provocan una disminución tanto en la tasa de división celular como en la longitud celular (Eiser & Blom, 2016). (Nelson, et al., 2012) reporta que la inhibición del crecimiento por deficiencia de P es selectiva, afectando más a los brotes que a las raíces, lo que resulta en una mayor proporción de raíz /brote. En nuestro caso no ocurre. La reducción es muy importante en raíz.

Por otro lado, en nuestros tratamientos de estrés hídrico (T3 y T4) no hubo diferencias significativas entre sí, pero si las hubo con respecto control.

En condiciones de estrés por sequía leve o moderada, las raíces pueden cambiar su arquitectura y asignación de recursos (agua y nutrientes) para evitar la deshidratación. Cuando las plantas están expuestas a un estrés por sequía a largo plazo, se produce un alargamiento continuo de las raíces, lo que puede explicarse por la necesidad de la planta de llegar al agua subterránea (Ying, et al., 2020).

E.12. Color de las hojas

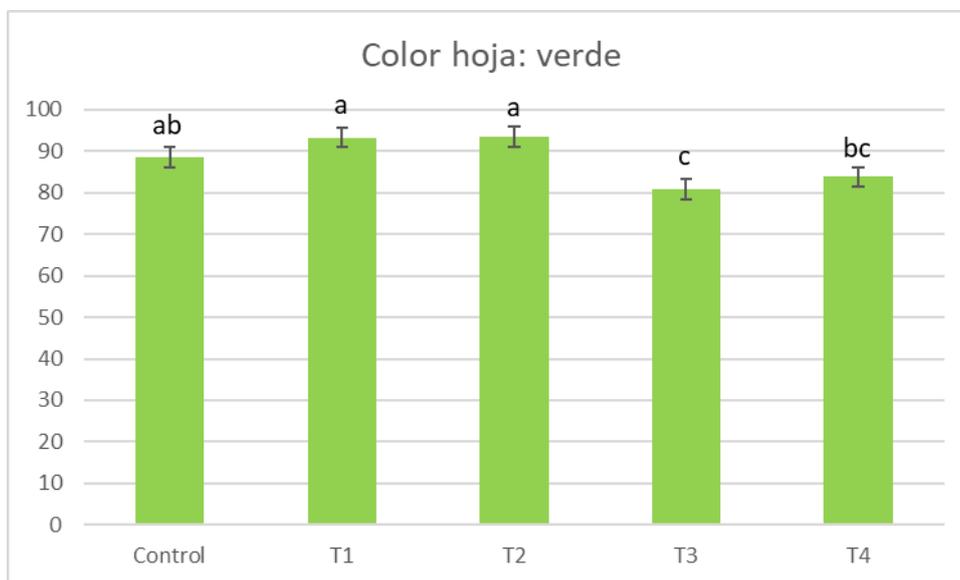
E.12.1. Rojo



Gráfica 16. Color de hoja rojo. Los tratamientos son: CONTROL - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T1 - aporte del 50% de P ($0,6 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T2 - sin aporte de P (0 mmol L^{-1} de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T3 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (80% dosis de riego de CONTROL); T4 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (60% dosis de riego de CONTROL). Diferentes letras muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar.

Como podemos observar en la gráfica 16, no ha habido diferencias significativas entre tratamientos para el color rojo.

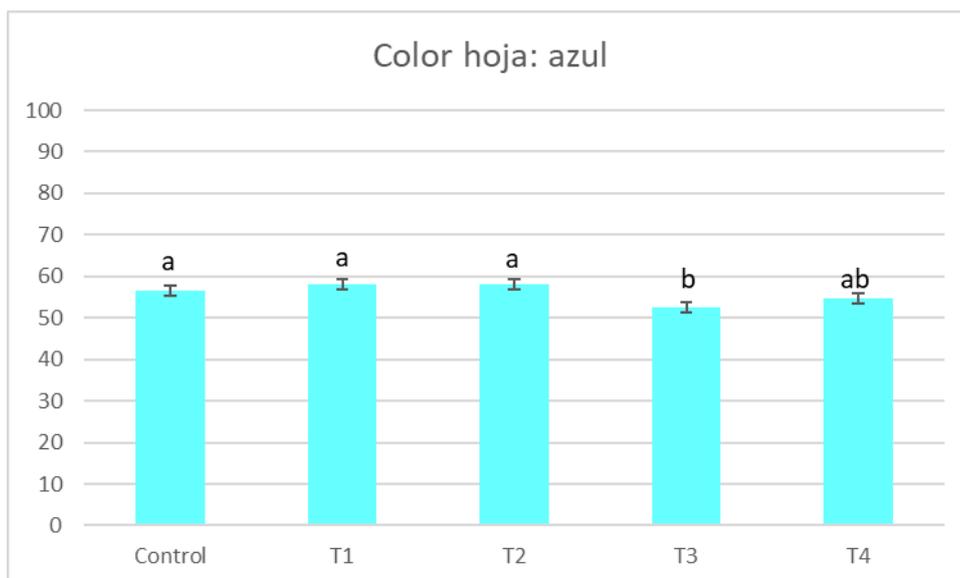
E.12.2. Verde



Gráfica 17. Color de hoja verde. Los tratamientos son: CONTROL - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T1 - aporte del 50% de P ($0,6 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T2 - sin aporte de P (0 mmol L^{-1} de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T3 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (80% dosis de riego de CONTROL); T4 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (60% dosis de riego de CONTROL). Diferentes letras muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar.

En la gráfica 17 se presenta el color de hoja verde. Se puede ver que aplicar estrés del 80 % ha provocado una reducción del color. Mira bibliografía seguro que hay. Sin embargo, con un 60 % no hay diferencias con respecto al control.

E.12.3. Azul



Gráfica 18. Color de hoja azul. Los tratamientos son: CONTROL - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T1 - aporte del 50% de P ($0,6 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T2 - sin aporte de P (0 mmol L^{-1} de P). Sin estrés hídrico. Lixiviación del 20%; T3 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (80% dosis de riego de CONTROL); T4 - aporte del 100% de P ($1,2 \text{ mmol L}^{-1}$ de P). Con estrés hídrico (60% dosis de riego de CONTROL). Diferentes letras muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$). Las barras verticales indican el error estándar.

Como podemos observar en el gráfico 18, los tratamientos control, T1 y T2 presentan más color azul en las hojas (sin diferencias significativas entre dichos tratamientos), que T3 y T4.

F. CONCLUSIONES

Tras el análisis de los datos obtenidos en este estudio, puede concluirse que:

Una aplicación del 60% de dosis de riego ha provocado una reducción del tamaño de las plantas y distancia del entrenudo con respecto al control. No se observó diferencias significadas en el número de brotes e inflorescencia, diámetro de la planta, color de hoja y peso seco de hojas e inflorescencia con respecto al control. Sin embargo, sí provocó una reducción del área foliar, nº de hojas, peso seco tallos y raíz, sin repercutir en la calidad estética de ésta.

Una reducción de P del 100% originó plantas pequeñas y distancia de entrenudos más cortos comparado con el control. Pero también hubo una reducción del área foliar y peso seco del tallo y raíz comparado con el control. Sin embargo, no hubo diferencias en el número de hojas y brotes, diámetro de la planta, color de hoja y peso seco de hoja e inflorescencia.

Una aplicación del 80 % de dosis de riego y la reducción de P del 50 % no logró reducir la altura de la planta ni de la distancia del entrenudo.

G. BIBLIOGRAFÍA

AbcAgro, 2018. *AbcAgro*. [En línea] Available at: <http://www.abcagro.com/flores/flores/geranio.asp> [Último acceso: 13 09 2021].

AIPH, 2020. *International Statistics Flower and Plants 2020*. Alemania: International Association of Horticultural Producers.

Alonso Gómez, M., 2012. *Biotecnología aplicada a la mejora de Pelargonium*. Madrid: UCM.

Álvarez, S., Navarro, A., Bañón, S. & Sánchez-Blanco, M., 2009. Regulated deficit irrigation in potted *Dianthus* plants: Effects of severe and moderate water stress on growth and physiological responses. *Sci. Hortic*, Volumen 122, pp. 579-585.

Álvarez, S., Navarro, A. & Sánchez-Blanco, M., 2015. *Crecimiento, floración y estado hídrico de geranio regadas en condiciones deficitarias en distintos momentos fenológicos*. Departamento de Riego ed. Murcia: CEBAS-CSIC.

Alvarez, S. y otros, 2008. Aspectos fisiológicos y ornamentales de plantas de geranio en. *Actas de Horticultura*, Volumen 52.

Alvarez, S., Rodriguez, P., Broetto, F. & Snachez-Blanco, M., 2012. Long term responses and adaptive strategies of *Pistacia lentiscus* under moderate and severe deficit irrigation and salinity: Osmotic and elastic adjustment, growth, ion uptake and photosynthetic activity. *Agricultural Water Management*, Volumen 54, pp. 150-160.

Amiri, R., Nikbakht, A., Etemadi, N. & Sabzalian, M. R., 2017. Nutritional status, essential oil changes and water-use efficiency of rose geranium in response to arbuscular mycorrhizal fungi and water deficiency stress. *Symbiosis*, Volumen 73, pp. 15-25.

Bailey, D. A. & Whipker, B. E., 1998. *Management Practices for Plant Growth Regulators*. North Carolina: Extension Horticulture Information.

Bailey, D. & Whipker, B., 1998. Height control of commercial greenhouse flowers. *Horticulture Information Leaflet*, Volumen 528.

Bañón-Arias, S. & Martín-López, J. A., 2010. *Interempresas*. [En línea] Available at: <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/45284-Control-del-crecimiento-y-desarrollo-de-plantas-ornamentales.html> [Último acceso: 17 09 2021].

Bappadas, R., Sourabh, P., Gopal, K. & Gupta, V., 2016. Measuring leaf area index from colour digital image of wheat crop. *Journal of Agrometeorology*, 18(1), pp. 22-28.

Barret, J., 2010. *Mechanisms of Action*. Tips on Regulating Growth of Floriculture ed. Gaston: Colombus.

Basra, A. S., 2000. Plant growth regulators in agriculture and horticulture: Their role and commercial uses. *Haworth Press Binghamton*.

Bayer, A., Ruter, J. & van Iersel, M., 2016. Elongation of Hibiscus acetosella Under Well-watered and Drought-stressed Conditions. *Hortscience*, 51(11), pp. 1384-1388.

Blanchard, M. & Lopez, R., 2006. *Nonchemical height control strategies for freenhouse crops*. Michigan: Michigan University.

Boldt, J. L., 2008. *Whole plant responde of chrysanthemum to paclobutrazol, chlormequat chloride, and (s)-abscisic acid as a fuction of exposure time using a split-root system*. Florida: University of Florida.

Buyatti, M., 2012. *Técnicas para regular el crecimiento de platines florales*. Buenos Aires: Universidad del Litoral.

CANNA Research, 2014. *Las formas más frecuentes de estrés en las plantas*. [En línea] Available at: [https://www.canna.es/las formas mas frecuentes estres en las plantas](https://www.canna.es/las-formas-mas-frecuentes-estres-en-las-plantas) [Último acceso: 28 09 2021].

Carvalho, S., Heuvelink, E., Cascais, R. & Van Kooten, O., 2002. Effect of day and night temperature on internode and stem length in chrysanthemum: is everything explained by DIF?. *Ann. Bot*, Volumen 90, pp. 111-118.

Chapin, F. & Bieleski, R., 1982. Mild phosphorus stress in barley and a related low-phosphorus-adapted barleygrass: Phosphorus fractions and phosphate absorption in relation to growth. *Physiologia Plantarum*, 54(3), pp. 309-317.

Clifford, S. y otros, 2004. Height control of poinsettia using photosensitive filters. *HortScience*, Volumen 39, pp. 383-387.

Cockshull, K., Langton, F. & Cave, C., 1995. Differential effects of different DIF treatments on Chrysanthemum and poinsettia. *Acta Hort.*, Volumen 378, pp. 15-25.

Currey, C., Camberato, D., Torres, A. & López, R., 2010. Plant Growth Retardant Drench Efficacy Is Not Affected by Substrate Containing Parboiled Rice Hulls. *HortTechnology*, 20(5), p. 863-866.

Currey, C. & López, R., 2010. Applying Plant Growth Retardants. *Perdue*.

Currey, C. & Lopez, R., 2010. Non-Chemical height control. *Greenhouse Grower*.

Curtis, R. y otros, 2017. ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data. *BMC Bioinformatics*, 18(529).

Delgado Sánchez, A., 2020. *Diversidad Biológica*. [En línea] Available at: <https://diversidadbiologica1upn.wordpress.com/2020/07/22/biota-vegetal-barrios-unidos/> [Último acceso: 14 09 2021].

Desta, B. & Amare, G., 2021. Paclobutrazol as a plant growth regulator. *Chem. Biol. Technol. Agric*, Volumen 8.

Eiser, L. & Blom, T., 2016. The Effect of Nitrogen and Phosphorus Ratios and Electrical Conductivity on Plant Growth. *American Journal of Plant Sciences*, 7(12), pp. 249-253.

England, J. & Talbot, D., 2013. Ornamental plant production: the use of chemical plant growth regulators on protected crops. *Protected Ornamentals*.

Evans, J., 1993. Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat (*Triticum eastivum* L.). *Plant Physiology*, Volumen 72, pp. 297-302.

Fageria, N., 2014. Phosphorus Use Efficiency of Lowland Rice Genotypes. *Journal of Plant Nutrition*, 34(7), pp. 979-989.

Fepex, 2020. *Fepex*. [En línea]
Available at: <https://www.fepex.es/ext/sector-flores-plantas-vivas.aspx>
[Último acceso: 08 09 2021].

FEPEX, 2021. *FEPEX*. [En línea]
Available at: <https://www.fepex.es/noticias/detalle/crece-produccion-planta-ornamental-Almeria>
[Último acceso: 08 09 2021].

Fernández-Zamudio, M. A. y otros, 2010. Los cultivos ornamentales en el mediterráneo español. *Horticultura Global*, Volumen 291, pp. 26-31.

FloraQueen, 2015. *FloraQueen*. [En línea]
Available at: <https://www.floraqueen.es/blog/sabes-quienes-son-los-europeos-que-mas-flores-compran/>
[Último acceso: 08 09 2021].

Flores y Plantas, 2020. *Plagas y enfermedades del geranio*. [En línea]
Available at: <https://www.floresyplantas.net/plagas-y-enfermedades-del-geranio/>
[Último acceso: 14 09 2021].

Fox, J. E. y otros, 2007. *Pesticides reduce symbiotic efficiency of nitrogen-fixing rhizobia and host plants*. EE.UU: s.n.

Gaber, M., 2019. Vegetative and flowering growth of geranium as affected by mineral fertilization. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 9(1), pp. 220-230.

Gent, M. P. N., 2004. Efficacy and persistence of paclobutrazol applied to rooted cuttings of rhododendron before transplant. *HortScience*, Volumen 39, pp. 242-243.

Gibson, J. L. & Whipker, B. E., 2003. Efficacy of plant growth regulators on the growth of vigorous *Osteospermum* cultivars. *HorTechnology*, Volumen 13, pp. 132-135.

Gibson, J. y otros, 2007. *Nutrient deficiencies in bedding plants*. Batavia: Ball Publishing.

Giuffrida, F. y otros, 2011. A simple model for nondestructive leaf area estimation in bedding plants.. *Photosynthetica*, 49(3), pp. 380-388.

Glass, A., 2003. Nitrogen use efficiency of crop plants: physiological constraints upon nitrogen absorption. *Plant Sciences*, Volumen 22, pp. 453-470.

Gutzeit, X., 2014. *Reguladores de crecimiento*. West Lafayette: Universidad Purdue.

Hammer, A., 2010. *Tips on Regulating Growth of Floriculture Crops*. Gaston: O.FA Services.

Hendrik, P., Jonas, B., Dagmar, v. D. & ClimentBand, J., 2012. Pot size matters: a meta-analysis of the effects of rootingvolume on plant growth. *Functional Plant Biology*, Volumen 39, pp. 839-850.

Hernandez, S., Pedraza, M., Lopez, P. & Morales, J., 2020. La mutagénesis en el mejoramiento de plantas ornamentales. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 25(3).

Hye-Ji, K. & Xinxin, L., 2016. Effects of Phosphorus on Shoot and Root Growth, Partitioning, and Phosphorus Utilization Efficiency in Lantana. *HortScience*, 51(8).

InfoAgro, 2018. *InfoAgro*. [En línea] Available at: <https://infoagro.com/flores/flores/geranio.htm> [Último acceso: 13 09 2021].

Infoagro, 2019. *Mejoramiento genético en plantas*. [En línea] Available at: https://www.infoagro.com/documentos/mejoramiento_genetico_plantas.asp [Último acceso: 28 09 2021].

Infocampo, 2020. *Cuáles son las plantas ornamentales más recomendables y qué beneficios aportan a la salud*. [En línea] Available at: <https://www.infocampo.com.ar/cuales-son-las-plantas-ornamentales-mas-recomendables-y-que-beneficios-aportan-a-la-salud/> [Último acceso: 15 10 2021].

James, E. & van Iersel, M., 2001. Fertilizer concentration affects growth and flowerinf of subirrigated petunias and begonias. *HortScience*, Volumen 36, pp. 40-44.

Jardinatis, 2015. *Hogarmania*. [En línea] Available at: <https://www.hogarmania.com/jardinaria/fichas/plantas/geranio-5123.html#situacion-geranio> [Último acceso: 14 09 2021].

Jordán, M. & Casaretto, J., 2006. *Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Etileno, Ácido Abscísico, Brasinoesteroides, Poliaminas, Ácido Salicílico y Ácido Jasmónico*. Fisiología Vegetal ed. La Serena, Chile: F.A. Squeo & L. Cardemil, eds.

Karl-Johan, B., 2017. Methods for growth regulation of greenhouse producedornamental pot - and bedding plants – a current review. *Folia Horticulturae*, 29(1), pp. 63-74.

Karunananda, D. P. & Peiris, S. E., 2010. Effects of pinching, cycocel and B-Nicne treatments on branching habit of pot poinsettia. *Trop. Agr. Res*, Volumen 21, pp. 284-292.

Kavanová, M., Lattanzi, F., Grimoldi, A. & Schnyder, H., 2006. Phosphorus deficiency decreases cell division and elongation in grass leaves. *Plant Physiology*, 141(2), pp. 766-775.

Kavanová, M., Lattanzi, F., Grimoldi, A. & Schnyder, H., 2006. Phosphorus Deficiency Decreases Cell Division and Elongation in Grass Leaves. *Plant Physiol*, Volumen 141.

Khattak, A. & Pearson, S., 2006. Spectral filters and temperature effects on the growth and development of chrysanthemums under low light integral. *Plant Growth Regulation*, Volumen 49, pp. 61-68.

Lopez, R., Blanchard, M. & Runkle, E., 2009. Comparing PGRs. *Greenhouse Grower*, Volumen 13.

MAPA, 2020. *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. [En línea] Available at: https://www.mapa.gob.es/estadistica/pags/anuario/2019/CAPITULOSPDF/CAPITULO07/pdfc07_7.5.1.pdf [Último acceso: 08 09 2021].

Marc, v. I. & Karishna, N., 2004. Drought Stress Can Produce Small but not Compact Marigolds. *HortScience*, 39(6), pp. 1298-1301.

Martinez, S. y otros, 2012. Effect of two cytokinin, ascorbic acid and sucrose to obtain in vitro shoots of sorghum for callus formation. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14(2), pp. 101-110.

Mata, D. & Botto, J., 2009. Manipulation of light environment to produce high-quality Poinsettia plants. *HortScience*, Volumen 44, pp. 702-706.

Ma, Z., Baskin, T., Brown, K. & Lynch, J., 2003. Regulation of root elongation under phosphorus stress involves changes in ethylene responsiveness.. *Plant Physiology*, Volumen 131, pp. 1381-1390.

Menary, R. & Staden, J., 1976. Effect of Phosphorus Nutrition and Cytokinins on Flowering in the Tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Australian Journal of Plant Physiology*, 3(2), pp. 201-205.

Merriam-Webster, 2020. *Merriam-Webster*. [En línea] Available at: <https://www.merriam-webster.com/medical/triazole> [Último acceso: 2021 09 16].

Metwally, A., Struckmeyer, B. & Beck, G., 1970. Effect of three soil moisture regimes on the growth and anatomy of *Pelargonium hortorum*.. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 95(15), pp. 803-808.

Mieszkalska, K. & Lukaszewska, A., 2011. EFFECT OF THE SILICON AND PHOSPHORUS-CONTAINING FERTILIZER ON GERANIUM (*Pelargonium hortorum* L.H. Bailey) RESPONSE TO WATER STRESS. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 10(3), pp. 113-121.

Mortensen, L. & Strømme, E., 1987. Effects of light quality on some greenhouse crops. *Sci. Hortic.*, Volumen 33, pp. 27-36.

Munees, A., 2012. A comparative analysis of tebuconazol mediated phytotoxicity to legumes. *Journal of Environmental Science and Technology*, Volumen 45, pp. 630-647.

Muyor, F., 2015. *Diario de Almería*. [En línea] Available at: https://www.diariodealmeria.es/agriculturadealmeria/Geranos-primera-surtir-Europa_0_885511468.html [Último acceso: 13 09 2021].

Naturaleza Tropical, 2020. *Manual para el cultivo de Geranios en casa*. [En línea] Available at: <https://naturalezatropical.com/manual-cultivo-geranos-pelargonium/> [Último acceso: 14 09 2021].

Nelson, P. y otros, 2012. Relative effects of fertilizer nitrogen form and phosphate level on control of bedding plant growth. *Hortscience*, 47(2), pp. 249-253.

Neshman, P., 1998. *Jardins d'interieur. Plantes d'appartement*. Francia: Bradel.

Nimura, M., Kato, J. & Mii, M., 2006. Interspecific hybrid production by reciprocal crosses between *Dianthus caryophyllus* L. and *Dianthus x isensis* Hirahata et Kitamura. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81(6).

Ortiz, L. Y. & Flórez, V., 2008. Comparative quantification of abscisic acid and cytokinins on tuberization process in *Solanum tuberosum* L. and *Solanum phureja* Juz. et Buk. *Agronomía Colombiana*, 26(1), pp. 32-39.

Ottosen, C., Rosenqvist, E., Aaslyng, J. & Jakobsen, L., 2009. Dynamic climate control in combination with average temperature control saves energy in ornamentals. *Acta Hort*, Volumen 691, pp. 133-140.

Plantilandia, 2011. *Plantas Ornamentales, importancia, tipos y clases representativas*. [En línea] Available at: <http://plantilandia1.blogspot.com/2011/08/plantas-ornamentales-importancia-clases.html> [Último acceso: 15 10 2021].

Ramírez, H. y otros, 2005. Effects of prohexadione-Ca on tomatoes as related to variation in the concentration of gibberellins and cytokinins. *Chapingo Serie Horticultura*, 11(2), pp. 283-290.

Rezazadeh, A. & Harkless, R., 2015. Effects of Pinching, Number of Cuttings per Pot, and Plant Growth Regulators on Height Control of Purple Firespike. *HortTechnology*, 25(1).

Runkle, E. & Heins, R., 2001. Specific functions of red, far red, and blue light in flowering and stem extension of long-day plants. *Hort. Scie*, Volumen 126, pp. 275-282.

Sajjad, Y. & Jaskani, M., 2017. Application of plant growth regulators in ornamental plants: A review. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 54(2), pp. 327-333.

Sánchez-Blanco, M. J., Álvarez, S., Navarro, A. & Bañón, S., 2009. Changes in leaf water relations, gas exchange, growth and flowering quality in potted geranium plants irrigated with different water regimes. *Journal of Plant Physiology*, 166(5), pp. 467-476.

Sánchez-Blanco, M. J., Álvarez, S., Navarro, A. & Bañón, S., 2009. Changes in leaf water relations, gas exchange, growth and flowering quality in potted geranium plants irrigated with different water regimes. *Journal of Plant Physiology*, 166(5), pp. 467-476.

San-Martin, B., Zimmerman, M., Casaretto, J. & Leon, H., 2006. *Hormonas y Reguladores del Crecimiento*. XV ed. La Serena, Chile: Ediciones Universidad de La Serena.

Saraiva Grossi, J. y otros, 2005. Effects of Paclobutrazol on Growth and Fruiting Characteristics of 'Pitanga' Ornamental Pepper. *Acta Horticulturae*, Volumen 683.

Sedibe, M. M., 2012. *Yield and quality response of hydroponically grown rose geranium (Pelargonium SP.) to changes in the nutrient solution and shading*. Bloemfontein: University of the Free State.

Skinner, P. & Matthews, M., 1989. Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.) under phosphorus-limited conditions. *Scientia Horticulturae*, 38(1-2), pp. 49-60.

Smart Fertilizer, 2020. *El fósforo en suelo y agua*. [En línea] Available at: <https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/phosphorus/> [Último acceso: 22 09 2021].

Ticconi, C. & Abel, S., 2003. Short on phosphate: plant surveillance and countermeasures. *Plant Sciences*, Volumen 9, pp. 548-553.

Universidad Pública de Navarra, 2018. *Unavarra*. [En línea] Available at: <https://www.unavarra.es/herbario/htm/infloroscencia.htm> [Último acceso: 14 09 2021].

VanDerZanden, A. M., 2012. *How hormones and growth regulators affect your plants*. [En línea] Available at: <https://extension.oregonstate.edu/gardening/techniques/how-hormones-growth-regulators-affect-your-plants> [Último acceso: 15 09 2021].

Wang Hansen, C. & Koefoed Petersen, K., 2004. Reduced nutrient and water availability to *Hibiscus rosa-sinensis* 'Cairo red' as a method to regulate

growth and improve post-production quality. *European Journal of Horticultural Science*, 69(4), pp. 159-166.

Wikiwand, 2017. *Wikiwand*. [En línea]
Available at: https://www.wikiwand.com/es/Pelargonium_hortorum
[Último acceso: 14 09 2021].

Yang, C., Kubota, C., Chia, L. & Kacira, M., 2012. Effect of end-of-day far red light from a movable LED fixture on squash rootstock hypocotyl elongation. *Science Horticulture*, Volumen 136, pp. 81-86.

Ye, T. y otros, 2019. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization affects the flowering time of rice (*Oryza sativa* L.). *Global Ecology and Conservation*, Volumen 20.

Ying, M., Celeste-Dias, M. & Freitas, H., 2020. Drought and Salinity Stress Responses and Microbe-Induced Tolerance in Plants. *Frontiers in Plant Science*, Volumen 11.

Yong, A., 2004. Técnicas de formación y manejo del rosal. *Cultivos Tropicales*, 25(4), pp. 53-60.

Zhang, J., Choi, S., Fan, J. & Kim, H.-J., 2019. Biomass and Phosphorus Accumulation and Partitioning of Geranium and Coleus in Response to Phosphorus Availability and Growth Phase. *Agronomy*, 9(12), p. 813.

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la aplicación de estrés hídrico y de déficit de fósforo (P) en el crecimiento y el tamaño del geranio (*Pelargonium x hortorum*). Se aplicaron 5 tratamientos: T.Control con aporte del 100% de P (1,2 mmol L⁻¹ de H₂PO₄) y lixiviación del 20%; T1 con aporte 50% de P con respecto de T.Control (T1 0,6 mmol L⁻¹ de H₂PO₄) y lixiviación del 20%; T2: aporte 0% de P y lixiviación del 20%; T3: aporte del 80% de la dosis de T. Control (solución estándar con 1,2 mmol L⁻¹ de H₂PO₄) y T4: aporte del 60% de la dosis de T. Control (solución estándar con 1,2 mmol L⁻¹ de H₂PO₄). Para ello se estudió el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento y desarrollo de la planta: altura de la planta, color de hoja, diámetro de la planta, distancia entrenudos, n^o de inflorescencias, superficie foliar, peso fresco y seco (de inflorescencias, tallos, hojas y raíces) y contenido en agua. El déficit hídrico de T4 produjo una reducción del tamaño de las plantas y distancia del entrenudo, área foliar, n^o de hojas, y peso seco en tallos y raíz, sin repercutir en la calidad estética de ésta. Aunque no se observó diferencias significadas en el número de brotes e inflorescencias, diámetro de la planta, color de hoja y peso seco de hojas e inflorescencia con respecto al control. Al reducir totalmente el aporte de P (T2) se obtuvo plantas pequeñas con distancia de entrenudos más cortos, menor área foliar y peso seco del tallo y raíz, sin embargo, no hubo diferencias en el número de hojas y brotes, diámetro de la planta, color de hoja y peso seco de hoja e inflorescencia. Para los tratamientos intermedios con una aplicación del 80 % de dosis de riego y la reducción de P del 50 % (T1 y T3, respectivamente) no se redujo la altura de la planta ni de la distancia del entrenudo.

