

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
SECCIÓN INGENIERÍA AGRARIA
GRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y DEL MEDIO RURAL



**VALORACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES TIPOS DE AGUA
SOBRE *BOUGAINVILLEA SPECTABILIS* Y *HEDERA HELIX* CON
DISTINTO GRADO DE RESISTENCIA A LA SALINIDAD**

Luz Solgrecy Armas Palenzuela

San Cristóbal de La Laguna, Septiembre 2021



Universidad
de La Laguna

Escuela Politécnica
Superior de Ingeniería
Sección de Ingeniería Agraria

IMPRESO P05

AUTORIZACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO POR SUS DIRECTORES

CURSO 2020/2021

DIRECTOR – COORDINADOR: María Candelaria Vera Batista

DIRECTOR: Antonio Siverio Núñez

como Director/es/ de la alumna **Luz Solgrecy Armas Palenzuela**

en el TFG titulado: **Valoración del efecto de diferentes tipos de agua sobre *Bougainvillea spectabilis* y *Hedera helix*, con distinto grado de resistencia a la salinidad**

nº de Ref: 2

doy/damos mi/nuestra autorización para la presentación y defensa de dicho TFG, a la vez que confirmo/confirmamos que el alumno ha cumplido con los objetivos generales y particulares que lleva consigo la elaboración del mismo y las normas del Reglamento de Régimen Interno para la realización de TFG de la EPSI, Sección de Ingeniería Agraria.

La Laguna, a 6 de septiembre de 2021.

Fdo:.....

(Firma de los directores)

SR. PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE TRABAJOS FIN DE GRADO

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.
La autenticidad de este documento puede ser comprobada en la dirección: <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 3779935

Código de verificación: NWyAChgJ

Firmado por: María Candelaria Vera Batista
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 07/09/2021 17:11:35

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer, en primer lugar, a mis tutores María Candelaria Vera Batista y Antonio M. Siverio Núñez, por todo el esfuerzo y dedicación que me han transmitido durante estos meses.

A Isidoro Jesús Rodríguez Hernández, por ofrecerme su ayuda y tiempo incluso cuando no tenía obligación.

A María Teresa Ramos Domínguez, que sin disponer de tiempo, sacó un hueco para ayudarnos.

A Graciliano Nicolás Marichal Plasencia, por facilitarnos lo necesario para la realización de este ensayo.

A Jorge Camacho Espino, por aguantar horas con nosotros recogiendo agua y explicándonos todo lo necesario para este proyecto.

Al personal laboral de la escuela, tanto operarios como conserjes siempre dispuesto a ayudarnos. A Fernando, en particular, por ofrecernos su ayuda.

A Canarias Explosivos, S. A. por concedernos poder realizar las oportunas analíticas.

A mis amigos de verdad, los que están lejos, los que están cerca y los que siempre están. En especial, a mi amiga Elena Hernández Armas, por aguantarme durante todos estos años y llegar hasta la recta final juntas.

A mis padres, por su apoyo incondicional, por su sacrificio constante y esfuerzo para que llegara hasta aquí, haciéndome siempre ver el lado positivo a todo. A mi hermana, que con su apoyo sé que puedo llegar hasta el infinito y más allá. Porque con su sentido del humor y tenerla cerca ya me basta. A mi abuela, por desear lo mejor para mí, encendiendo velas para que todo me salga bien y mandándome toda su energía y positividad. A Manuel, por aguantar noches sin dormir, llantos y nervios antes de cualquier examen. Recordándome que rendirme no es una opción. Que suerte la mía tenerlos. A mi familia, porque a pesar de que no se puede elegir, tengo la suerte de tener la mejor. Sin ellos, no hubiera sido posible. A mi familia, le dedico este logro.

VALORACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES TIPOS DE AGUA SOBRE *BOUGAINVILLEA SPECTABILIS* Y *HEDERA HELIX* CON DISTINTO GRADO DE RESISTENCIA A LA SALINIDAD

Autores: Armas-Palenzuela, Luz Solgrecy; Vera-Batista; María Candelaria; Siverio-Núñez; Antonio M.

Palabras clave: efecto salino, plantas ornamentales, agua desalada, osmosis inversa.

RESUMEN

La escasez de agua, unido a su carestía, en Canarias, ha obligado a buscar nuevas soluciones para poder atender la demanda creciente que se ha producido con los años, debido a una sobreexplotación del acuífero, unido a una población creciente junto a una industria turística cada vez más desarrollada, donde se han establecido muchas zonas verdes que hay que mantener y regar con esa agua. También a nivel agrícola, con el desarrollo de unos cultivos más tecnificados que demandan importantes cantidades de agua. Entre estas soluciones, además del uso de aguas depuradas, ha cobrado gran importancia el agua desalada los últimos años. Es interesante conocer cuál es el efecto de estas aguas en el cultivo de plantas ornamentales utilizadas en jardinería. Siento, esta razón por la que se ha planteado este trabajo.

El ensayo se llevó a cabo en la Sección de Ingeniería Agraria, de la EPSI, de la ULL y consistió en la utilización de tres tipos de aguas diferentes: agua desalada de origen marino, agua testigo de galería y pozo y agua de rechazo procedente de galería y pozo obtenida por osmosis inversa. Las especies tratadas fueron *Bougainvillea spectabilis*, resistente a la salinidad y *Hedera helix*, sensible. La experiencia se llevó a cabo, en un invernadero tipo Canario, sobre mesas de cultivo, siguiendo un diseño de bloques al azar, con tres bloques y tres repeticiones. Las plantas se colocaron en macetas de 12 cm de diámetro, por tierra como sustrato para *B. spectabilis* y *H. helix* con un sustrato de tierra-arena-picón 1:1:0'5. En total se trataron 108 plantas, 54 de cada especie. A lo largo del desarrollo del ensayo se fueron tomando las medidas de diferentes parámetros cuantitativos: la altura de la planta, el diámetro,

longitud de un brote y la medida del entrenudo final. A lo largo de la experiencia aparecieron algunas plagas y enfermedades, las cuales fueron identificadas en laboratorio y se les aplicó los tratamientos correspondientes.

Al finalizar el estudio, se analizaron los datos en el programa IBM SPSS, y en las condiciones en las que se ha realizado el ensayo, ambas especies tratadas no se vieron afectadas, ni en su crecimiento, ni en su aspecto ornamental por los diferentes tipos de aguas aplicadas.

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF DIFFERENT TYPES OF WATER ON *BOUGAINVILLEA SPECTABILIS* Y *HEDERA HELIX* WITH DIFFERENT DEGREE OF RESISTANCE TO SALINITY

Authors: Armas-Palenzuela, Luz Solgrecy; Vera-Batista; María Candelaria; Siverio-Núñez; Antonio M.

Keywords: saline effect, ornamental plants, desalinated water, inverse osmosis.

ABSTRACT

The scarcity of water in the Canary Islands, has forced to seek new solutions to be able to meet the growing demand that has occurred over the years, due to an overexploitation of the aquifer, together with a growing population together with a tourist industry increasingly developed, where many green areas have been established that must be maintained and irrigated with that water. Also at the agricultural level, with the development of more technical crops that demand significant amounts of water. Among these solutions, in addition to the use of treated water, desalinated water has gained great importance in recent years. It is interesting to know what is the effect of these waters in the cultivation of ornamental plants used in gardening. Sorry, this reason why this job has been raised.

The test was carried out in the Section of Agricultural Engineering, EPSI, and ULL and consisted of the use of three different types of water: desalinated water of marine origin, gallery and well test water and rejection water from gallery and well obtained by reverse osmosis. The species treated were *Bougainvillea spectabilis*, resistant to salinity, and *Hedera helix*, sensitive. The experiment was carried out in a Canary-type greenhouse, on cultivation tables, following a random block design, with three blocks and three repetitions. The plants were placed in 12 cm diameter pots, by soil as a substrate for *B. spectabilis* and *H. helix* with a 1: 1: 0.5 soil-sand-picon substrate. In total, 108 plants were treated, 54 of each species. Throughout the development of the trial, measurements of different quantitative parameters were taken: the height of the plant, the diameter, length of a shoot and the measurement of the final internode.

Throughout the experience, some pests and diseases appeared which were identified in the laboratory and the corresponding treatments were applied.

At the end of the study, the data were analyzed in the IBM SPSS program, and under the conditions in which the test was carried out, both treated species were not affected, neither in their growth, nor in their ornamental appearance by the different types of applied waters.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. OBJETIVO | 4 |
| 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 6 |
| 3.1. Salinidad: Concepto, historia y evolución..... | 7 |
| 3.1.1. Efecto de la salinidad en las plantas..... | 17 |
| 3.1.2. Tolerancia a la salinidad | 36 |
| 3.1.3. Agua desalada..... | 42 |
| 3.1.4. Aguas subterráneas..... | 51 |
| 3.2. <i>Bougainvillea spectabilis Willd.</i> | 53 |
| 3.2.1. Encuadramiento taxonómico | 53 |
| 3.2.2. Morfología..... | 54 |
| 3.2.3. Requerimientos..... | 55 |
| 3.2.4. Plagas y enfermedades | 55 |
| 3.2.5. Propagación | 58 |
| 3.2.6. Salinidad..... | 58 |
| 3.3. <i>Hedera helix L.</i> | 59 |
| 3.3.1. Encuadramiento taxonómico | 59 |
| 3.3.2. Morfología..... | 60 |
| 3.3.3. Requerimientos..... | 61 |
| 3.3.4. Plagas y enfermedades | 61 |
| 3.3.5. Propagación | 63 |
| 3.3.6. Salinidad..... | 63 |
| 4. MATERIAL Y MÉTODOS | 64 |
| 4.1. Situación | 65 |
| 4.2. Material vegetal..... | 65 |
| 4.3. Tipos de tratamientos..... | 67 |
| 4.4. Procedimiento | 71 |
| 5. OBSERVACIONES DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO..... | 74 |
| 5.1. Tratamientos para el control de plagas y enfermedades..... | 75 |
| 5.2. Datos climáticos | 77 |
| 5.2.1. Temperatura | 77 |
| 5.2.2. Humedad relativa..... | 81 |

| | |
|--|-----|
| 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 85 |
| 6.1. Influencia de los distintos tratamientos en el desarrollo de <i>Bougainvillea spectabilis</i> | 86 |
| 6.1.1. Medias de altura en cada tratamiento..... | 86 |
| 6.1.2. Medias de diámetro en cada tratamiento..... | 90 |
| 6.1.3. Medias de la longitud del brote marcado en cada tratamiento | 93 |
| 6.1.4. Medias del entrenudo final en cada tratamiento | 97 |
| 6.2. Influencia de los distintos tratamientos en el desarrollo de <i>Hedera helix</i> | 100 |
| 6.2.1. Medias de altura en cada tratamiento..... | 100 |
| 6.2.2. Medias del diámetro en cada tratamiento..... | 104 |
| 6.2.3. Medias de la longitud del brote marcado en cada tratamiento ... | 107 |
| 6.2.4. Medias del entrenudo final en cada tratamiento | 111 |
| 7. CONCLUSIONES | 115 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA..... | 120 |
| 9. ANEXOS O APÉNDICE | 131 |

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un problema a escala mundial debido a su escasez. De forma que, actualmente, hay muchos países que tienen carencias importantes, ya sea por no tener agua suficiente o porque esta agua está contaminada. La FAO considera que en países como Egipto, Argentina o Irán existen estos problemas y especialmente graves en aquellos países donde el suelo está salinizado. Y considera que hay un 20% de los suelos mundiales afectados. Además, este problema está en España especialmente en el sureste español y Canarias.

El agua en Canarias es un bien escaso y caro, que ha ido disminuyendo de forma notable a causa del incremento de la población y la sobreexplotación del acuífero a partir de mediados del siglo XX. Por esta causa, ha sido necesario buscar métodos alternativos para la obtención de agua utilizable en las Islas. Además, en muchos casos a la sobreexplotación del acuífero se ha unido la contaminación de las aguas subterráneas, ya sea por la acción del hombre, por la propia naturaleza de los materiales volcánicos, o por la intrusión de agua marina en muchos pozos del litoral que provoca la salinización del agua dulce.

La intrusión marina en el Archipiélago ha sido citada como responsable de la salinización de acuíferos costeros en Tenerife, La Palma, La Gomera, El Hierro y Gran Canaria (Soler, 1988; Farrujia, Delgado Melian, & Fernandez Bethencourt, 1994; La Moneda & Olmedo, 1988; Cabrera, 1995).

En la actualidad, contamos con más de 300 plantas desaladoras en toda Canarias, consiguiendo una producción anual aproximada de 243 millones de m³/año. La desalación de agua es importantísima en este Archipiélago de manera que en el caso de Lanzarote y Fuerteventura, el 100% de su agua potable viene de agua desalada. En las Islas más occidentales sin embargo, es menor este porcentaje, al tener otros recursos hídricos como las galerías o pozos.

Existen varios métodos para la desalinización de agua de mar, siendo el más utilizado en España y en Canarias el de ósmosis inversa. Esta desalación tiene un coste que deriva sobretudo de la energía que se consume en el proceso de obtención.

Por otro lado la salinidad del agua, tiene efectos negativos sobre las plantas en general y sobre las ornamentales en particular, que van desde la reducción del crecimiento que afecta tanto al desarrollo aéreo, como radicular de la plantas, pasando por la aparición de daños foliares con necrosis en las hojas hasta la muerte definitiva de la planta debido a la imposibilidad de absorción de agua, a carencias nutricionales y a problemas de toxicidad. En el caso de las plantas ornamentales además hay que tener en cuenta, la afección que produce en la calidad visual de éstas, que constituye la principal característica por la que son usadas.

No todas las especies de plantas ornamentales presentan la misma resistencia a la salinidad, por lo que esta característica permite que puedan ser elegidas, en cada caso, según las condiciones que les rodea. A veces incluso, puede ser interesante, dentro de unos límites, que el crecimiento no sea excesivo.

Pocos estudios se han ocupado específicamente de las plantas ornamentales utilizadas en jardines y paisajes, a pesar de que el estrés salino causa graves daños en estas especies (Cassaniti, Leonardi, & Flowers, 2009; Marosz, 2004).

Por todas estas razones, es interesante llevar a cabo ensayos, donde se estudie el uso de aguas con diferentes concentraciones salinas en especies con distinto grado de resistencia, buscando la solución más adecuada, de forma que se pueda usar estas aguas y con el mínimo coste posible, en el riego de jardines, parques, zonas recreativas, etc.

Este trabajo, se enmarca dentro del proyecto de investigación E5 DES que pertenece al Programa de Cooperación Territorial INTERREG V A España-Portugal MAC 2014-2020.

2. OBJETIVO

El objetivo consiste en realizar un ensayo comparativo con dos especies ornamentales, la *Hedera helix*, planta sensible a la salinidad y la *Bougainvillea spectabilis*, planta resistente a la salinidad. Aplicando tres tipos de aguas con diferentes concentraciones salinas. Para ver si es factible el uso de estas aguas en jardinería sin que las plantas se vean gravemente afectadas.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Salinidad: Concepto, historia y evolución.

Por salinidad se entiende como la cantidad de sal disuelta en el agua. En el océano, el porcentaje que hay de sales es de 35 gramos por cada litro de agua.

También se usa la palabra salinidad para referirse al contenido de sales solubles que existen en los suelos. Los principales aniones y cationes que componen estas sales que producen la salinidad del suelo son:

- Aniones: cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), nitrato (NO_3^-), bicarbonato (HCO_3^-).
- Cationes: sodio (Na^+), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+).

Según la FAO (1992), en la siguiente tabla se puede observar la clasificación de las aguas dependiendo del tipo y la concentración de sales en éstas:

Tabla 1. Clasificación de las aguas.

| Clase de agua | CE (dS/m) | Concentración (mg/L) | Tipo de agua |
|----------------------|-----------|----------------------|-----------------------------|
| No salina | <0.7 | <500 | Bebida y riego |
| Ligeramente salina | 0.7–2 | 500-1500 | Riego |
| Moderadamente salina | 2–10 | 1500-7000 | Subterránea y drenaje |
| Altamente salina | 10–25 | 7000-15000 | Segundo drenaje subterránea |
| Muy salina | 25–45 | 500-1500 | Subterránea muy salina |
| Salmuera | >45 | >35000 | Agua del mar |

Fuente: FAO, 1992.

Según Rozema (1996), citado por Fernández Ruíz (2012), un suelo salino para ser considerado como tal, tiene que tener más del 0.1% del peso seco total de sales.

Por otro lado, Flowers & Yeo, (1995) y Ravindran, *et al.*, (2007) citados por Cassaniti, *et al.*, (2012), un tercio de los suelos regados en el mundo se ven afectados por la salinidad, lo que conduce a una disminución significativa de la

producción agrícola, que puede llegar a ser muy grave en los países en desarrollo. Se estima que un 25% de los suelos regados, de estas zonas están salinizados, frente a un 8%, de los suelos en general.

Concretando más, otros autores como (Wicke, et al., 2011) afirmaban, la última década de este siglo, que el número de hectáreas afectadas ascendía a 1.128 millones en el mundo (Tabla 2). Esta situación es especialmente grave en zonas áridas o semiáridas del planeta, donde la escasez de agua impide además que esas sales se laven y percolen a capas más profundas del suelo, donde las raíces de las plantas ya no pueden llegar. Si se hace una mirada retrospectiva hacia atrás en el tiempo, se verá que este proceso no es nuevo en la historia del planeta. Viene sucediendo desde épocas muy antiguas, lo cual ha provocado cambios importantes en la cultura y en el desarrollo de distintas civilizaciones a lo largo de los siglos. Civilizaciones como la del pueblo sumerio, en Mesopotamia, donde en ocasiones, abandonaban sus terrenos, como consecuencia del riego de los cultivos y la salinización del suelo. Se enmendaban con estiércol de oveja o vaca de forma natural, después de la cosecha. Aunque además, otra opción era dejar en barbecho los terrenos, y si era necesario se realizaba lavado del suelo con el agua de los canales para eliminar el exceso de sal en el terreno.

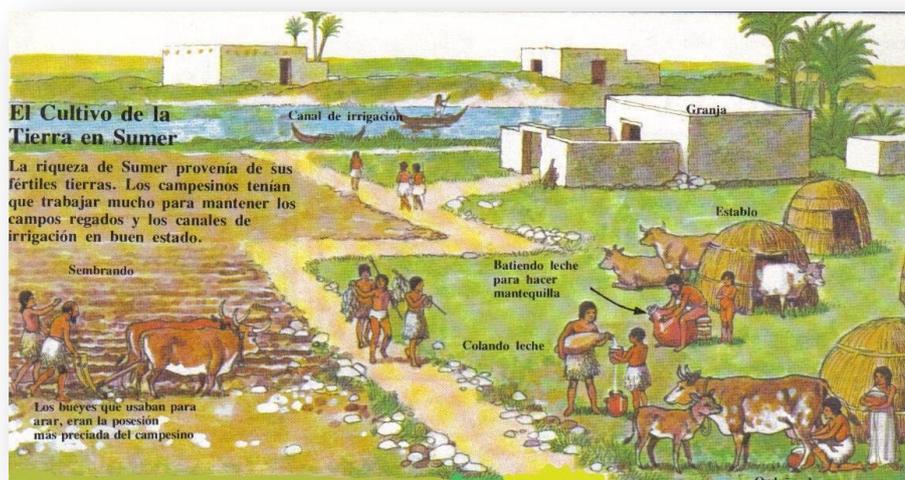


Figura 1. Representación de la agricultura del pueblo Sumerio, en Mesopotamia

En el caso de Mesopotamia, la salinización en el suelo se dio por dos motivos. En primer lugar, por las malas prácticas del riego en la agricultura, realizando lo mencionado anteriormente; y en segundo lugar, de forma natural, por desbordamiento de los ríos Tigris y Éufrates, inundando sus aguas salinas los terrenos de cultivos.

Por esto, la agricultura se basaba fundamentalmente en cereales, palmeras y huertos. La influencia de la salinización hizo que cambiaran del trigo a la cebada, siendo un cereal más resistente a la salinidad. El cultivo de la palmera datilera, permitió además, la utilización de los suelos salinos puesto que son resistentes a elevadas concentraciones de sal, y sirvieron para la protección de los cultivos y tormentas.



Figura 2. Otra representación de Mesopotamia.

Tabla 2. Extensión de los suelos afectados por salinidad a escala mundial.

| Región | Superficie afectada por salinidad. (Millones, ha) | Superficie afectada por salinidad, excluyendo humedales y otras tierras naturales. (Millones, ha) |
|------------|---|---|
| Canadá | 7 | 5 |
| USA | 77 | 58 |
| América | 5 | 4 |
| Sudamérica | 87 | 57 |

| | | |
|----------------|------|-----|
| África | | |
| Norte | 161 | 157 |
| Oeste | 83 | 76 |
| Este | 56 | 43 |
| Sur | 22 | 19 |
| Europa | | |
| Oeste | 1 | 1 |
| Este | 2 | 1 |
| USSR | 126 | 117 |
| Medio Este | 176 | 158 |
| Asia | | |
| Sur | 52 | 45 |
| Este | 98 | 83 |
| Sureste | 6 | 5 |
| Oceanía | 169 | 144 |
| Japón | 0 | 0 |
| MUNDIAL | 1128 | 971 |

Fuente: (Wicke B., 2011)

En la Tabla 3 se puede observar la distribución mundial de suelos salinos y sódicos en millones de hectáreas.

Tabla 3. Distribución mundial de suelos salinos y sódicos en millones de hectáreas.

| Continente | Suelos salinos | Suelos sódicos | Total |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|
| Norteamérica | 6.2 | 9.6 | 15.8 |
| Centroamérica | 2 | - | 2 |
| Sudamérica | 69.4 | 59.6 | 129 |
| África | 53.5 | 27 | 80.5 |
| Asia | | | |
| Sur | 83.3 | 1.8 | 85.1 |
| Norte y centro | 91.6 | 120.1 | 211.7 |
| Sudeste | 20 | - | 20 |

| | | | |
|----------------------------------|-------|-------|-------|
| Europa | 7.8 | 22.9 | 30.7 |
| Australia | 17.4 | 340 | 357.4 |
| TOTAL | 351.5 | 581 | 932 |
| Porcentaje sobre el total | 37.7% | 62.3% | |

Fuente: (Szabolcs, Salt-affected soils., 1989).

Pero el daño no sólo se produce de forma directa por el riego con aguas salinas, sino que se puede producir una afección indirecta, debido a la contaminación de las aguas dulces subterráneas de estas zonas. Como consecuencia se ve afectada el agua de pozos o galerías, ya sea por la acción directa humana, por la propia naturaleza de los materiales geológicos, o por la intrusión de agua marina en muchos pozos de las zonas costeras.

Un ejemplo cercano, es el caso de las Islas Canarias, donde la rotura del equilibrio hidrodinámico agua dulce-agua salada suele generarse por la explotación a la que están sometidos los acuíferos costeros, acto generalizado en Canarias. La intrusión marina en el Archipiélago ha sido citada como responsable de la salinización de acuíferos costeros en Tenerife, La Palma, La Gomera, El Hierro y Gran Canaria (Soler, 1988; Farrujia, Delgado Melian, & Fernandez Bethencourt, 1994; La Moneda & Olmedo, 1988; Cabrera, 1995).

Tabla 4. Estimaciones de la salinización inducida por el hombre en las tierras de regadío a nivel mundial en el año 1987.

| País | Área cultivada (Mill, ha) | Área regada (Mill, ha) | Porcentaje del área cultivada bajo regadío (%) | Área afectada por las sales (Mill, ha) | Porcentaje del regadío afectado por sales (%) |
|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---|---|--|
| China | 96.67 | 44.83 | 46.2 | 6.7 | 15 |
| India | 168.99 | 42.1 | 24.9 | 7 | 16.6 |
| Países independientes | 232.57 | 20.48 | 8.8 | 3.7 | 18.1 |

| | | | | | |
|---|--------|--------|------|-------|------|
| Commonwealth (Rusia, Ucrania, Bielorrusia, etc.) | | | | | |
| USA | 189.91 | 18.1 | 9.5 | 4.16 | 23 |
| Pakistán | 20.76 | 16.08 | 9.5 | 4.16 | 23 |
| Irán | 14.83 | 5.74 | 39.7 | 1.72 | 30 |
| Tailandia | 20.05 | 4 | 19.9 | 0.4 | 10 |
| Egipto | 2.69 | 2.69 | 100 | 0.88 | 33 |
| Australia | 47.11 | 1.83 | 3.9 | 0.16 | 8.7 |
| Argentina | 35.75 | 1.72 | 4.8 | 0.58 | 33.7 |
| Sudáfrica | 13.17 | 1.13 | 8.6 | 0.1 | 8.9 |
| Subtotal | 842.8 | 158.7 | 18.8 | 29.62 | 20 |
| Total Mundial | 1473.7 | 227.11 | 15.4 | 45.4 | 20 |

Fuente: FAO (1989).

La FAO considera que existen dos tipos de salinización, la primaria o natural, producida por procesos naturales como el contenido de sal del material de origen, aguas subterráneas o la acumulación de las sales contenidas en el agua de lluvia a largo plazo, y la secundaria o inducida, producida por la acción humana. También puede ser ocasionada por los cambios climáticos (Szabolcs, 1996) y la elevación del nivel del mar.

Esta situación es grave en todo el planeta, pero mayor en unas zonas que en otras. En concreto es un problema muy grave en Asia Central. En el caso de Europa, se estima que hay unas 50 millones de ha afectadas. Hungría, España, Rusia y Ucrania concentran más de las tres cuartas partes de los suelos afectados por sales, de todo el territorio europeo (Szabolcs, 1996). La FAO incluye también a Turquía, entre los países altamente afectados.

Según Szabolcs (1989) en España, a finales de la década de los 80 existían unas 840.000 ha afectadas por procesos de salinización. En 2002, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación clasificó en grados de afectación según se observa en la Figura 2.

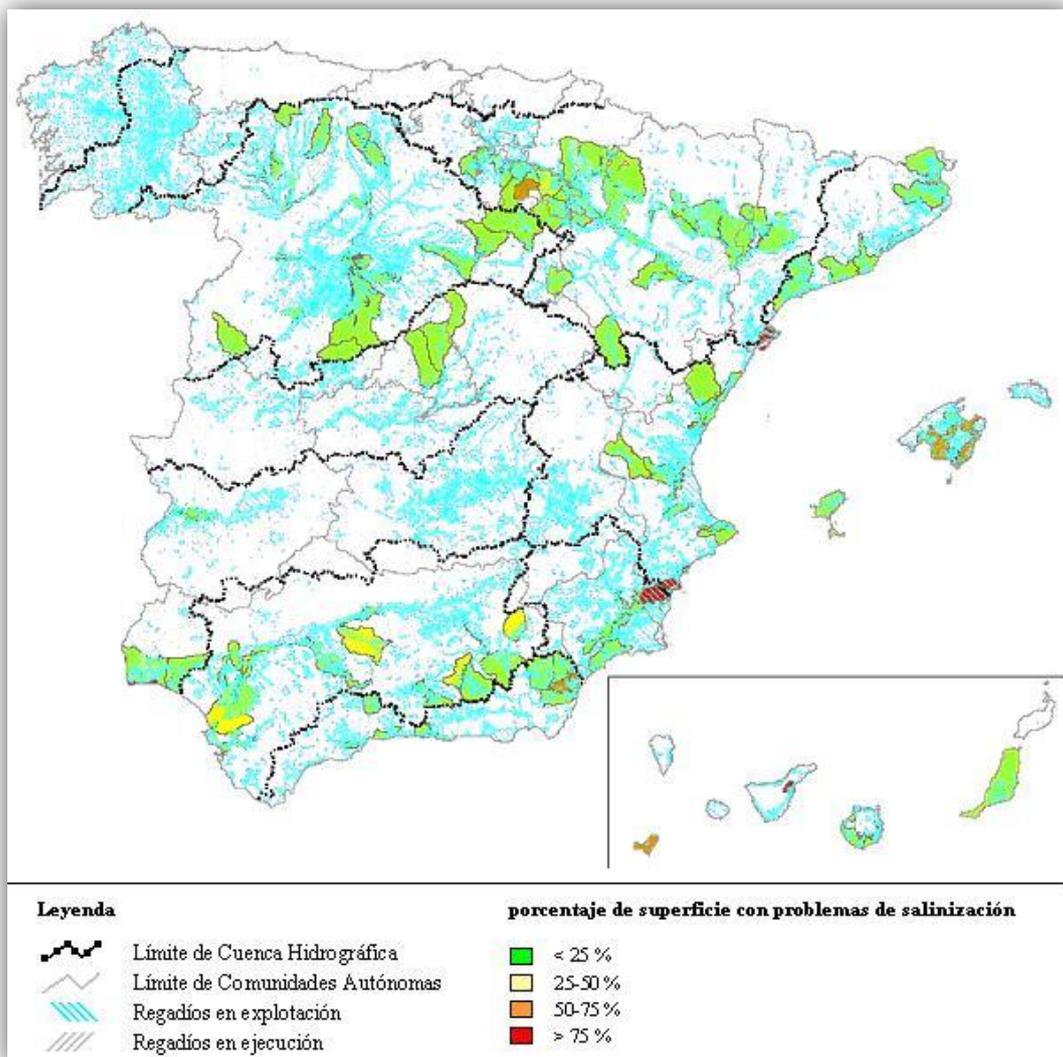


Figura 2: Distribución de la superficie de regadío con problemas de salinización en España. Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2002).

Como se observa en el mapa de la figura 3 la zona más afectada por la salinización de los suelos en España, se encuentra en el Sureste, en la región de Murcia. Concretamente en el Valle del Segura (Cánovas y Cerdá, citado por Fernández Ruíz, 2012). Pero como señala Gisbert (1991), no es la única zona, hay otras afectadas como: el Valle del Ebro, el curso medio y bajo del río Guadalquivir, el Valle de Guadalentín, varias zonas costeras mediterráneas y las regiones insulares, como es el caso de los municipios de Candelaria y Güimar en la isla de Tenerife.

Si se hace referencia al problema de la salinidad en el Archipiélago Canario, hay que tener en cuenta los dos tipos de salinización (González, *et al*, 1991), por lo tanto hay que considerar además de las causas naturales, el riego continuado con agua salina de escasa calidad.

En Canarias, según Gisbert (1991), la superficie afectada por la salinidad también es importante, llegando en el caso de Fuerteventura a ser de un 54% el territorio afectado, en Lanzarote un 30%, en Gran Canaria un 12%, en La Gomera un 10% y en Tenerife un 9%.

Muchas de estas sales también se encuentran naturalmente en el suelo, dependiendo de la cercanía o altura sobre el nivel del mar, que también son necesarias para el desarrollo de las plantas. En cambio, muchas aguas y suelos contienen excesivas sales que no son beneficiosas para algunas especies de plantas, variando mucho esta concentración entre especies.

La cantidad de sales en el terreno también puede depender de propiedades del suelo, como la textura, estructura, porosidad, permeabilidad, drenaje, etc. También las condiciones climáticas pueden influir, donde la presencia de periodos secos largos produce procesos de salinización.



Figura 3: Estado actual de degradación de los suelos por salinización. Fuente: Morales Matos & Pérez González (2000).

En la Figura 3, vemos el estado actual de degradación de los suelos por salinidad en Canarias, donde se puede observar la afeción de las sales que

tenían nuestros suelos a principios de este siglo, expresado en función de la concentración de sales, medida en dSm/m (Morales Matos & Pérez González, 2000).

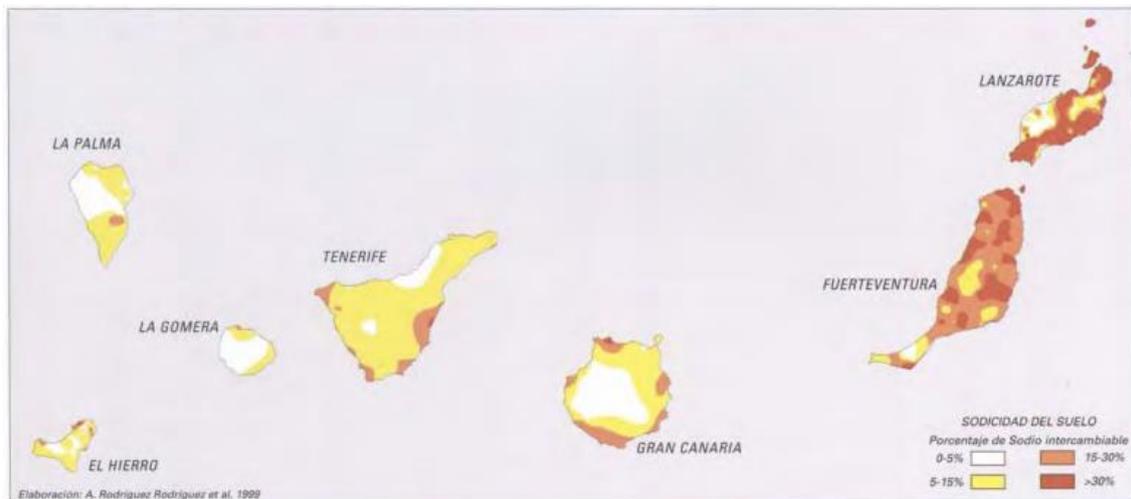


Figura 4: Estado actual de degradación de los suelos por sodificación. Fuente: Morales Matos & Pérez González (2000).

Igualmente en la Figura 4, se ve el estado de degradación de los suelos por sodificación, expresado en porcentaje de sodio intercambiable (Morales Matos & Pérez González, 2000).

Para intentar solucionar los problemas que genera la escasez de agua, en diversas partes del Mundo, se ha recurrido a utilizar aguas depuradas o aguas desalinizadas, principalmente en agricultura.

Ante todo, hay que decir que la única forma de eliminar las sales, es mediante la práctica del lavado del suelo, haciéndose con dosis altas de riego.

Para evitar el efecto de la salinidad sobre las plantas, hoy en día existen diversos métodos como el uso de especies o variedades que presenten distinto grado de tolerancia a la salinidad, en aquellas zonas con problemas. También se puede recurrir a la reducción del contenido, mediante procedimientos fisicoquímicos de desalinización de las aguas marinas, de forma que se obtenga un agua apta para uso doméstico, especialmente para su empleo en agricultura.

En este sentido, hay que decir que la desalinización del agua marina está empezando a adquirir cierta relevancia, en países desertizados o con amplias zonas áridas y con una agricultura tecnificada importante, como es el caso de Israel, España, Australia o los Emiratos Árabes Unidos (Martínez Beltran & Koo Oshima, 2006; Ghermandi & Messalem, 2009 citado por Martínez Álvarez & Martín Górriz, 2014), incluso en algunos en vías de desarrollo como puede ser el caso de Marruecos.

Como se ha mencionado anteriormente, uno de los países pioneros es Israel, el cual utiliza desde hace años aguas salobres para el riego y a partir de 2006, el uso de estas aguas se ha extendido bastante. Es el único país con unas recomendaciones específicas sobre la composición que debe tener el agua marina desalinizada (AMD) para uso doméstico y agrícola (Lahav & Bimhack, 2007 citado por Martínez Álvarez & Martín Górriz, 2014).

Si se habla de España, es el primer país de Europa y el tercero del mundo en capacidad instalada para la producción de agua desalinizada de mar y es pionera en la gestión de ésta. Especialmente en dos zonas: El Sureste Peninsular y las Islas Canarias.

Marruecos, se encuentra en una fase temprana en este sector, donde se está empezando a utilizar agua salobre obtenida por ósmosis inversa (ROBW) (El Harrak et al., 2013 citado por Martínez Álvarez & Martín Górriz, 2014).

Lo contrario ocurre con EEUU, donde existe ya una larga tradición en el uso de ROBW, especialmente en California y en otros estados sureños. En este país existen buenas expectativas de cara al futuro, donde se piensa continuar incrementando el uso de este tipo de aguas (Martínez Álvarez & Martín Górriz, 2014).

En Australia, debido a los problemas generados por el cambio climático, está empezando a apostar por el uso de agua desalinizada por ósmosis inversa y remineralizada (DSW). Por ahora, en agricultura, es todavía un proyecto (Martínez Álvarez & Martín Górriz, 2014).

Otra de las zonas donde se está apostando por el empleo de aguas desalinizada es el Golfo Pérsico, países con una alta renta per cápita, como

Arabia Saudí, tiende a su empleo aunque aún no se tiene ninguna experiencia en el uso de agua desalada obtenida por ósmosis inversa (ROSW), pero se está investigando sobre nuevas membranas de nanofiltración, que reduzcan los costes energéticos de producción (Martínez Álvarez & Martín Górriz, 2014). En otro país de la zona, Kuwait, La FAO, menciona en su informe de Martínez Beltran & Koo Oshima (2006), citado por Martínez Álvarez & Martín Górriz, 2014, que están desalinizando aguas residuales recicladas para uso agrario, pero no se menciona que ya se esté regando con estas aguas.

3.1.1. Efecto de la salinidad en las plantas

El contenido de sal en el agua o en los suelos provocado por la salinidad puede ser favorable o no en las plantas. Generalmente, la sal afecta en la germinación de las semillas y por tanto, en la densidad de los cultivos. La sal limita la absorción de nutrientes y reduce la calidad del agua disponible. Viéndose afectado en el crecimiento y desarrollo vegetativo normal, reduciendo la productividad en algunas especies, siendo para algunas de ellas tan perjudicial provocando la muerte de dicha planta.

Pocos estudios se han ocupado específicamente de las plantas ornamentales utilizadas en jardines y paisajes, a pesar de que el estrés salino causa graves daños en estas especies (Cassaniti, Leonardi, & Flowers, 2009; Marosz, 2004).

Las sales provocan diferentes efectos en las plantas. Según Munns, et al. (1995) citado por Fernández Ruiz (2012) actúan en dos fases. En la primera fase podemos apreciar la aparición de estrés hídrico a causa de un descenso del potencial hídrico de las raíces, si esta primera fase se manifiesta en corto periodo de tiempo, no suele aparecer la segunda (Alarcón, Sánchez Blanco, Bolarín, & Torrecillas, 1993; Alarcón, et al. 1993; Neumann, et al., 1997, citado por Fernández Ruiz, 2012). No obstante, si la situación se prolonga, puede aparecer toxicidad como consecuencia de la acumulación de iones, que en altas concentraciones pueden ser dañinos para la planta (Munns, et al., 1982, citado por Fernández Ruiz, 2012). Como consecuencia, la planta no pueda absorber el agua, ni los nutrientes necesarios para que el crecimiento y

desarrollo vegetativo sea óptimo (Greenway y Munns, 1980; Tanji, 1990; Neumann 1997, citado por Fernández Ruiz, 2012).

La mayoría de las plantas tienen mecanismos de defensa que poseen la capacidad de soportar la acción de las sales, algunas en gran medida y otras en un grado menor, dependiendo de la aptitud de la planta, para resistir la presión osmótica. Las que son capaces de soportar esa presión sufren menos daño, en comparación con las que no poseen esa condición. Las primeras logran disminuir su potencial hídrico por debajo del potencial hídrico del suelo, disminuyendo su potencial osmótico por la acumulación activa de solutos. Este mecanismo se conoce como ajuste osmótico y consiste en la absorción y acumulación de iones procedentes del medio salino y la síntesis de solutos orgánicos compatibles. Pero este ajuste no asegura que la planta vaya a crecer adecuadamente, debido a que existen otros efectos biológicos o fisiológicos que pueden impedir que esto suceda (Michelena y Boyer, 1982, citado por Fernández Ruíz, 2012).

Por otro lado los efectos de la salinidad en una planta pueden depender de multitud de factores como son: la edad (Ayers et al., 1952; Bernstein y Hayward, 1958, citado por Fernández Ruíz, 2012), la temperatura (Mozafar y Oertli, 1992, citado por Fernández Ruíz, 2012) e irradiación (Meiri et al., 1982, citado por Fernández Ruíz, 2012), la humedad relativa (Hoffman y Jobes, 1978, citado por Fernández Ruíz, 2012), etc.

Los efectos que provoca la salinidad en las plantas se manifiesta en alteraciones del crecimiento y desarrollo. Se produce una disminución del área foliar (Alarcón et al., 1993; Matsuda & Riazzi, 1981; Munns & Tester, 2008, citado por Fernández Ruíz, 2012), además de producir un engrosamiento en las plantas (Ibrahim y col, 1991, citado por Fernández Ruíz, 2012). También afecta a la longitud y masa de las raíces (Shannon & Grieve, 1999).

Además, la salinidad elevada debilita las plantas debido al aumento de la presión osmótica y al efecto tóxico de las sales.

3.1.1.1. Efecto osmótico

La alta concentración de sales en el suelo produce un aumento en el potencial osmótico del agua en el suelo. Por consecuencia, las plantas deben consumir energía extra para absorber los nutrientes necesarios del suelo y esto provoca que la planta pierda agua. Por lo tanto, disminuye la posibilidad de acceder al agua, a través de las raíces, y con ello se ve gravemente afectado el crecimiento y desarrollo vegetativo (Greenway y Muns, 1980; Tanji, 1990, Neumann, 1997, citado por Fernández Ruíz, 2012).

Algunas especies de plantas para adaptarse a los altos contenidos en salinidad y como consecuencia al incremento del potencial osmótico, son capaces de realizar un mecanismo bioquímico, llamado ajuste osmótico (AO), venciendo los obstáculos y absorbiendo el agua con los nutrientes necesarios y así impedir la muerte. Este mecanismo disminuye el potencial de solutos, provocando una reducción en el potencial hídrico, siendo menor que el potencia hídrico del suelo, que permite la entrada de agua hacia la célula, como se comentó anteriormente.

El ajuste osmótico está asociado con el almacenamiento de solutos con función de osmoregulación, conocidos como solutos compatibles. Estos solutos son moléculas producidas como resultado al estrés hídrico que cuando están en gran cantidad, generan presión osmótica para aportar en la función de osmoregulación. Este estrés hídrico asociado a la alta salinidad se manifiesta, también, en la reducción de la apertura estomática de las plantas que crecen en condiciones de salinidad; aumentando así la resistencia al intercambio gaseoso con el fin de evitar las pérdidas de agua a través de la transpiración (Hoffman y Jobes, 1978; Downton et al., 1985, citado por Fernández Ruíz, 2012).

En un ensayo donde se estudió la respuesta a la sequía de 12 especies cultivadas, incluidos raps y trigo, en 24 de 26 casos analizados, se encontró una asociación directa entre el ajuste osmótico y el rendimiento (Blum, 2017).

3.1.1.2. Efecto tóxico

La cantidad de concentración de sales en el agua va a determinar la calidad del agua. Dependiendo de las especies de plantas que se cultiven, puede presentar toxicidades específicas a determinados iones. Esta toxicidad se valora por la presencia y concentraciones de iones fitotóxicos que estén en el agua y que al pasar al suelo actúan como un riesgo grave para el cultivo. No obstante, este valor es diferente para cada cultivo y es influenciado por el riego. En la siguiente tabla 5 se exponen niveles de riesgos generales.

Tabla 5: Riesgo de toxicidad en cultivos en función de la concentración de Na⁺ y Cl⁻ en el agua de riego.

| Ión | Bajo | Medio | Alto |
|----------------------------|--|---|--|
| Sodio (Na ⁺) | < 70 mg L ⁻¹ < 3 meq L ⁻¹ | 70<Na ⁺ <210 mg L ⁻¹ 3<Na ⁺ <9 meq L ⁻¹ | >210 mg L ⁻¹ >9 meq L ⁻¹ |
| Cloruro (Cl ⁻) | <140 mg L ⁻¹ <4 meq L ⁻¹ | 140<Cl ⁻ <350 mg L ⁻¹ 4<Cl ⁻ <10 meq L ⁻¹ | >350 mg L ⁻¹ >10 meq L ⁻¹ |

Fuente: Morris & Devitt (1991).

El efecto tóxico viene dado por la alta presencia de las sales en el suelo que perjudica a las plantas y disminuye el potencial osmótico del suelo. Esta toxicidad sucede por la captación y acumulación en las plantas de iones como el sodio (Na⁺), el cloruro (Cl⁻) y el sulfato (SO₄²⁻). El aumento de sodio en las plantas causa este efecto tóxico en la hora de la germinación de las semillas.

Aunque tanto el sodio como el cloro en altas concentraciones no son beneficiosos para las plantas, algunas especies pueden controlar el transporte de sodio mejor que el del cloro (Munns & Tester, 2008).

Este efecto tóxico es producido por niveles críticos iónicos a nivel celular, que genera una serie de síntomas, de los que se destacan las alteraciones que estos iones provocan en el metabolismo, los daños que realizan sobre las membranas celulares y los distintos orgánulos (Rains et al.,1980, citado por Fernández Ruíz, 2012) y las disminuciones de diversas actividades enzimáticas

(Wyn Jones y Gorham, 1983; Walker et al.,1981, citado por Fernández Ruíz, 2012).

Además, se ha comprobado que la salinidad actúa sobre la fotosíntesis y la respiración (Boyer, 1965, citado por Fernández Ruíz, 2012), la síntesis de proteínas (Kahane y Poljakoff- Mayber, 1968, citado por Fernández Ruíz, 2012) y de ácidos nucleicos (Nieman,1965), las actividades enzimáticas (García et al.,1987; Mengel y Kirkby,1987, citado por Fernández Ruíz, 2012), y el transporte de solutos (Fernández,1990, citado por Fernández Ruíz, 2012).

3.1.1.3. Efecto nutricional

Además de los efectos osmóticos e iónicos, el estrés salino puede inducir desequilibrios nutricionales, entre ellos, deficiencias en la absorción de K^+ y Ca^{2+} (Laüchli, Colmer T., Fan T. W., & Higashi R., 1994). Por otra parte, la consecuencia de nutrientes en los medios salinos condiciona el efecto tóxico el NaCl. En este sentido, es bien conocido que el Ca^{2+} reduce la absorción de Na^+ y Cl^- (Bañuls & Primo Millo, 1992) y restaura los niveles intracelulares de K^+ , lo cual es probablemente consecuencia de interacciones complejas entre estos cationes y sus sistemas de transporte (Epstein, 1998; Liu & Zhu J, 1998).

Los iones que dominan en las condiciones salinas son Na^+ y Cl^- , que se pueden encontrar en concentraciones mayores que los macronutrientes, siendo los responsables de los desequilibrios nutricionales.

Además, los cationes K, Ca, Mg y Na comparten funciones fisiológicas importantes en las plantas. Todos ellos intervienen y controlan el potencial osmótico, y también actúan en la permeabilidad de las membranas, de forma que su absorción no es muy selectiva (Clarkson y Hanson, 1980, citado por Fernández Ruíz, 2012).

En la siguiente Figura 5, se observan los efectos provocados por la salinidad en las plantas.

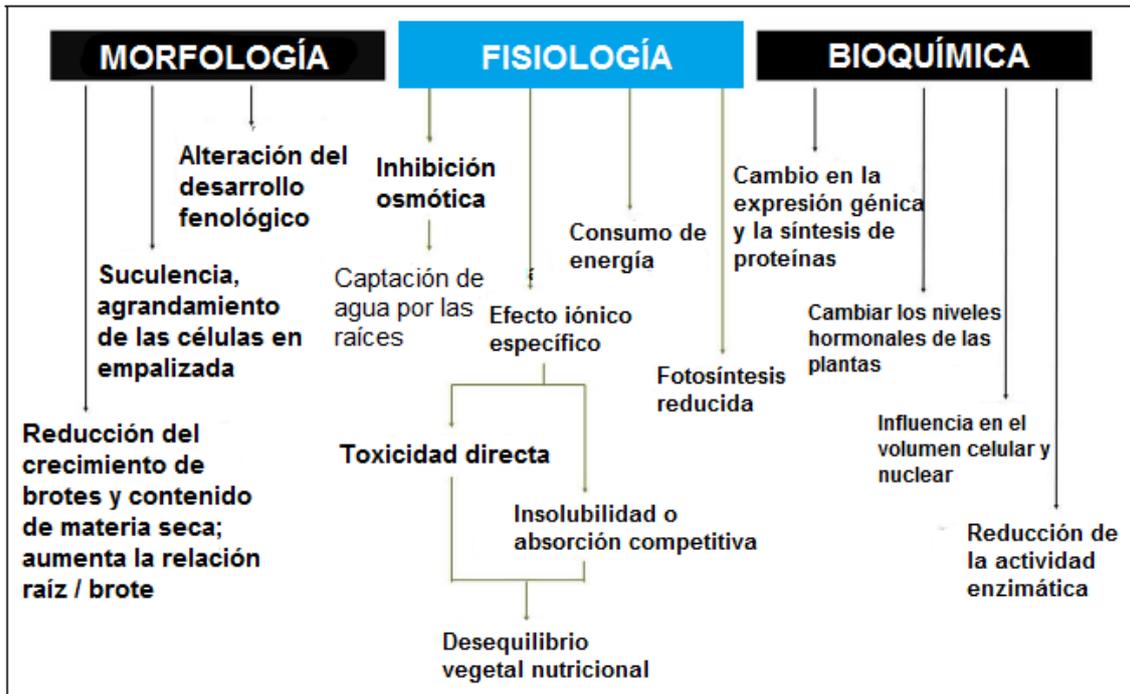


Figura 5: Efectos morfológicos, fisiológicos y bioquímicos provocados por el estrés salino en las plantas. Fuente: Singh & Chatrath (2001).

3.1.1.4. Efecto de la salinidad en las plantas ornamentales

La salinidad tiene una importancia creciente en el paisajismo debido al aumento de áreas verdes en el medio urbano donde la escasez de agua ha propiciado la reutilización de aguas residuales para riego (McCammon et al., 2009; Navarro et al., 2008, citado por Cassaniti, 2012).

Los efectos de la salinidad, en el caso de las plantas ornamentales presentan una característica diferenciadora importante, respecto a otros tipos de plantas, que es la influencia que producen sobre el valor ornamental de las mismas que otras no poseen y que este caso es fundamental (Cassaniti, et al., 2012).

Existe una amplia gama de especies que se usan o pueden usarse con fines ornamentales. También es muy variado el papel que cada una desempeña en la composición de un jardín o un paisaje, y que va desde el simple embellecimiento del entorno, pasando por la restauración de paisajes deteriorados, al control de la erosión de los suelos, o la reducción energética y de consumo de agua para mejorar la calidad estética de paisajes urbanos y

rurales, áreas recreativas, espacios interiores de viviendas y de centros comerciales (Cassaniti, et al., 2012).

Como se ha dicho anteriormente, muchas plantas cumplen estas funciones con comportamientos diferentes frente a la salinidad. Luego, en cada momento hay que elegir la planta adecuada para cada situación, conociendo también cómo va a ser su comportamiento cuando se le aplique un agua salina con el riego.

Para las especies de plantas destinadas a la jardinería, el crecimiento máximo de ellas, a veces, no es esencial, además de que el excesivo vigor de los brotes suele no ser deseable. Para mantener este hábito de crecimiento compacto, las plantas ornamentales a menudo tienen que podarse o darles tratamientos con reguladores de crecimiento (Cameron R. W. F., et al., 2004). Por esta razón, el uso de agua con altas concentraciones en sales puede ser una alternativa ventajosa si el resultado de este estrés salino se traduce en un crecimiento más lento. Sin embargo, para expandir el uso de tales aguas, es necesario determinar la tolerancia a la sal de las plantas ornamentales a utilizar (Niu & Rodriguez, 2006, citado por Cassaniti 2012).

A parte de las características de la especie, también dependerá de la composición del suelo y su drenaje, ya que puede influir en la gravedad del daño a la planta por la solución salina del agua de riego. Un ejemplo es que en los suelos arcillosos y con alto porcentaje en materia orgánica se acumula más rápidamente y mayor la concentración de sodio que en los suelos arenosos (Dirr, 1976).

Uno de los primeros síntomas que aparecen en las plantas, debido al efecto osmótico de las sales en el entorno de las raíces, es la reducción del crecimiento de la hoja, lo cual lleva a una reducción del suministro de agua, a las células de las hojas, (Blum, 1986 citado por Cassaniti, et al., 2012). Las concentraciones elevadas de sales también pueden inhibir el crecimiento de las raíces (Wild, 1988 citado por Cassaniti, et al., 2012), se reduce la longitud y el peso de las raíces así como su función (Shannon & Grieve, 1999 citado por Cassaniti, et al., 2012).

Por otro lado, la reducción del crecimiento de las células y de su división, provoca en hojas, la reducción del área foliar de las mismas (Alarcón, et al., 1993; Matsuda & Riazi, 1981; Munns & Tester, 2008, citado por Cassaniti, et al., 2012). Esta reducción del área foliar también podría deberse a una disminución de la turgencia de las hojas, como consecuencia de cambios en las propiedades de la pared celular o una reducción en la tasa fotosintética (Franco, et al., 1997). Todos estos efectos fueron observados en plantas ornamentales, por Cassaniti, et al. (2009) informando de que la disminución del peso seco del tallo y del área foliar, eran los primeros síntomas en aparecer en especies sensibles a la salinidad y en algunas tolerantes como *Cotoneaster lacteus* y *Eugenia myrtifolia*. Otro efecto que aparece en plantas ornamentales es la disminución del espesor de la hoja, observado en plantas como *Coleus blumei* y *Salvia splendens* Ibrahim, et al., 1991 citado por Cassaniti, et al., 2009)

El crecimiento foliar se puede ver también reducido por las deficiencias en ciertos nutrientes, así como por la presencia de iones que en concentraciones elevadas pueden ser tóxicos para la planta, además de por el estrés hídrico provocado por las sales, debido a la competencia entre cationes y aniones Shannon & Grieve, 1999, citado por Cassaniti, et al., 2012. Cuando los iones tóxicos como Na^+ y Cl^- están presentes en la rizosfera, pueden interrumpir la absorción de nutrientes al interferir con los transportadores en la membrana plasmática de la raíz, como las de K^+ y NO_3^- (Tester & Davenport, 2003). Otra consecuencia de la toxicidad iónica, es la quemadura del ápice y de los márgenes de las hojas, aspecto muy importante en el caso de plantas ornamentales por la afección que produce en la calidad estética de las mismas, (Francois, 1982 citado por Cassaniti et al., 2012). En la siguiente Figura 6, se puede observar el efecto de la sal en algunas plantas de interés ornamental.



Figura 6: Zonas necróticas por efecto del estrés salino sobre algunas especies ornamentales: a) *Cotoneaster lacteus*; b) *Grevillea juniperina* var. *sulphurea*; c) *Pyracantha* "Arlequín"; d) *Teucrium fruticans*. Fuente: Cassaniti, et al. (2009).

La toxicidad por el Cl^- se ve con un bronceado y amarillamiento en la punta de la hoja, seguido de la muerte del ápice; la toxicidad por Na^+ se observa con un amarilleo en los márgenes de la hoja con una necrosis progresiva (Ferguson & Grattan, 2005; Marschner, 1995).

En la tabla 6, se pueden ver algunos baremos que se emplean para evaluar los daños que se producen en las hojas de las plantas.

Tabla 6. Escalas de calificación de calidad visual para evaluar el daño por sal en el follaje.

| Fuente | Clasificación/ Marcas | Características consideradas |
|---------------------|---|---|
| Cassaniti, 2008 | 1= sin área necrótica foliar; 2= área necrótica de la hoja entre 0 y 33%; 3=área necrótica de la hoja entre 33 y 66%; 4=área necrótica entre 66 y 100% | Incidencia de necrosis foliar: porcentaje de área necrótica, bronceado de hojas. |
| Fox y col., 2005 | 1. Planta muerta 2. Daño severo, retraso del crecimiento, tallos muertos; 3. Daño moderado, residuo visible de sal en el follaje, <50% de defoliación, hoja deformada; necrosis. 4. Daño leve, clorosis, quemadura del ápice y de los márgenes de la hoja, spotting. 5. No hay daños, alta calidad. | Enanismo, decoloración, defoliación |
| Jordan y col., 2001 | Cada parámetro se evaluó en una escala del 1 al 9, donde un valor de 1 equivale a una calificación del 10% y un valor de 9 equivale a una calificación del 90% de daño. | Ausencia de muerte regresiva de la corona, decoloración general de la, presencia de hojas muertas, presencia de hojas deformadas, hojas y puntas descoloridas y daño marginal |
| Niu y | 0 = muerto. | Necrosis foliar, |

| | | |
|-------------------------------------|---|--|
| Rodríguez, 2006a, 2006b | <p>1 = crecimiento severamente atrofiado con más de 50% de daño por sal del follaje (necrosis de la hoja, pardeamiento).</p> <p>2 = crecimiento atrofiado con follaje moderado (25-50%) daño por sal.</p> <p>3=calidad media con leve (<25%) daño de la sal del follaje.</p> <p>4 = buena calidad con reducción aceptable del crecimiento y pequeños daños en el follaje.</p> <p>5 = calidad excelente con crecimiento vigoroso sin daño al follaje.</p> | pardeamiento |
| Niu y col., 2007a, 2007b | <p>1 = más del 50% de daño al follaje o planta muerta.</p> <p>2 = daño moderado al follaje (25-50%).</p> <p>3 = leve daño al follaje (<25%).</p> <p>4 = buena calidad con reducción aceptable del crecimiento y poco daño al follaje.</p> <p>5 = excelente sin daño al follaje.</p> | Daño por sal; quemaduras y descoloramiento |
| Valdez – Aguilar et al., 2011 | <p>Escala de 1 a 5.</p> <p>1= mala calidad, bronceado de la hoja superior al 75% o plantas muertas.</p> <p>5 = mejor calidad.</p> | Bronceado de hojas, quemado de hojas, apariencia general |
| Zollinger y col., 2007 | <p>Daños por sal:</p> <p>1 = más de 50% del área foliar dañado.</p> | Daños por sal: quemado/ decoloración, |

| | | |
|--|--|-----------------------|
| | <p>2 = 25% a 50% del área foliar dañada.</p> <p>3 = 5% a 24% del área foliar dañada.</p> <p>4 = menor que 5% del área foliar dañada por quemaduras o decoloración restringida principalmente al daño de las hojas.</p> <p>Marchitez: 1= más del 65% de la planta se marchitó.</p> <p>2 = 35% a 65% de la planta se marchitó.</p> <p>3 = 5% a 34% de la planta estaba marchita; 4= menos del 5% de la planta estaba marchita.</p> | <p>marchitamiento</p> |
|--|--|-----------------------|

A continuación se hace un análisis del comportamiento de las plantas, por grupos. Aunque los mecanismos de defensa sean similares, las plantas herbáceas, anuales y perennes, muestran respuestas diferentes a la salinidad, frente a las leñosas.

Las plantas perennes herbáceas, se caracterizan por un bajo mantenimiento, además de que su uso incrementa la diversidad en el paisaje (Cameron, et al., 2000; Johnson & Whitwell, 1997, citado por Cassaniti, et al., 2012). Sin embargo muestran una respuesta muy variable frente a la salinidad, existiendo plantas halofitas tolerantes y glicofitas sensibles, de forma que esta condición puede influir en la elección de plantas y en el sistema y frecuencia de riego.

En diferentes países del Mundo, se han llevado a cabo diferentes experiencias para ver las plantas que son más idóneas, para su uso en jardinería, en función de las condiciones de cada zona, es el caso de zonas semiáridas de Estados Unidos (Niu & Rodriguez, 2006 citado por Cassaniti, et al., 2012) donde se han

utilizado plantas herbáceas perennes, destacando la calidad visual y la tolerancia a la sal de las mismas a la hora de su aceptabilidad como plantas que van a formar parte de un paisaje (Fox, et al., 2005; Niu & Rodriguez, 2006 citado por Cassaniti, et al., 2012).

En Israel se han realizado diferentes trabajos de investigación en los que se ha determinado que plantas ornamentales son apropiadas para ambientes salinos o se pueden regar con agua salada (Forti, 1986, citado por Cassaniti, et al., 2012).

Por otro lado, (Niu y Rodríguez, 2006, citado por Cassaniti et al., 2012), estudiaron la respuesta al estrés salino de ocho plantas herbáceas perennes: *Penstemon eatonii*, *P. pseudospectabilis*, *P. strictus*, *Ceratostigma plumbaginoides*, *Delosperma cooperi*, *Lavandula angustifolia*, *Teucrium chamaedrys*, *Gazania rigens*. En este ensayo, se aplicaron tres tratamientos salinos diferentes más el control (3.2, 6.4, 12 y 0.8 dS/m). En la especie *Gazania rigens* y en *Ceratostigma plumbaginoides* a medida que ascendía la salinidad disminuía el contenido relativo de agua. *Delosperma cooperi*, mostró un potencial hídrico más alto debido a un aumento en la succulencia de las hojas, que es un mecanismo de tolerancia a la sal (Kozlowski, 1997, citado por Cassaniti et al., 2012).

En *Lavandula angustifolia* y en la mayoría de las especies del género *Penstemon*, los efectos salinos fueron muy negativos, provocando la necrosis de las plantas y finalmente la muerte de éstas cuando la CE era mayor de 3,2 dS/m. La especie *Penstemon strictus* fue la primera en presentar síntomas, probablemente debido a su hábito de crecimiento en roseta, que permite que durante el riego, algunas de sus hojas entren rápidamente en contacto con el agua salina. Sin embargo *Gazania rigens* no manifestó ningún síntoma ni daño visible, ni teniendo los niveles más elevados de sal, aunque el crecimiento no fue vigoroso. Y finalmente *Teucrium chamaedrys* mostró necrosis en algunas de sus hojas, en niveles medio y altos de sal. Del mismo modo, la planta *Ceratostigma plumbaginoides* presentó un pequeño pardeamiento en las hojas con una CE de 3,2 dS/m, daños severos a 6.4 dS/m y la muerte de muchas plantas a 12 dS/m.

Como se ha dicho en varias ocasiones, la calidad visual es un factor importante que puede estar o no vinculada con la producción de la biomasa y con la fotosíntesis (Zollinger, et al., 2007 citado por Cassaniti et al., 2012).

Niu & Rodriguez, 2006, citado por Cassaniti et al., (2012), llegaron a la conclusión de que *Gazania rigens* y *Delosperma cooperi*, pueden ser usadas en jardinería regadas con aguas salinas, a pesar de la disminución de la tasa de crecimiento.

El clima es otro factor a tener en cuenta, al ser las plantas tratadas con agua salinas por la influencia que ejerce en los daños foliares, (Jordan, et al., 2001; Quist, et al., 1999; Wu, et al., 1999, citado por Cassaniti et al., 2012). Se han realizado diversos ensayos, en diferentes años y estaciones, donde se han tomado datos de varios parámetros como, el peso seco, la altura de la planta, el potencial osmótico y la calidad visual observando que en verano el potencial osmótico era menor, lo cual demuestra que las condiciones medioambientales pueden influir en la respuesta al estrés salino. La irradiancia, junto a una temperatura más alta en el verano provoca un mayor estrés que en el otoño. Sin embargo, el peso seco disminuyó, aun así la calidad visual era aceptable. De estos estudios se deduce que, el cambio de la temperatura, y de la intensidad lumínica, entre estaciones y años, influye en la respuesta de diversas especies a la salinidad. Al final se deduce que la calidad visual de las plantas disminuye en los meses de verano.

Otro aspecto a considerar es la absorción foliar de iones, tanto a través del agua de riego como por los aerosoles arrastrados por el viento cuando sopla sobre el agua marina. Las plantas cuyo hábitat son las zonas costeras, se han acostumbrado a vivir en estas zonas y adaptado a esta situación, aunque el crecimiento y la reproducción de éstas se pueden ver afectado, (Cheplick & Demetri, 1999; Hesp, 1991, citado por Cassaniti et al., 2012). Aunque la presencia de tensioactivos puede mejorar la absorción foliar del agua salina a través de la penetración estomática y cuticular (Greene & Bukovac, 1974; Schönherr & Bauer, 1992, citado por Cassaniti et al., 2012).

El daño foliar está directamente relacionado con la absorción foliar, debido a una mayor introducción de iones de la hoja al aumentar la temperatura (Darlington & Cirulis, 1963, citado por Cassaniti et al., 2012).

Al contrario que con las plantas herbáceas, existen pocos estudios sobre el efecto de la sal sobre arbustos, a pesar de su importancia en jardinería (Bernstein, Francois, & Clark, 1972; Bañon, et al., 2005; Cassaniti et al., 2009, Francois y Clark, 1978; Picchioni & Graham, 2001; Valdez Aguilar, et al., 2011, citado por Cassaniti et al., 2012).

No obstante, en plantas leñosas, al igual que en las herbáceas, la salinidad puede afectar al crecimiento reduciéndolo, así como el desarrollo foliar debido a efectos osmóticos y tóxicos por elevadas cantidades de Na^+ y Cl^- (USEPA, 1992, citado por Cassaniti, 2012).

En un ensayo realizado por Cassaniti en 2008, con 15 arbustos ornamentales, donde se tomaron datos de diversos parámetros como, área foliar, número de hojas, peso seco de diferentes órganos, índice de crecimiento, valor estético, etc., después de seis meses de tratamientos con tres concentraciones salinas, 1.8, 4.8 y 7.8 dS/m, respectivamente, se observó que el incremento de la concentración salina aumentaba la necrosis foliar y por lo tanto afectaba al valor estético de la planta en muchas de las analizadas. Igualmente se redujo el peso seco de los brotes, siguiendo el mismo modo que el área foliar. También, el número de hojas se vio perjudicado por la salinidad, por lo que la abscisión de la hoja redujo el área fotosintética (cf. Munns y Termatt, 1986, citado por Cassaniti et al., 2012). El contenido en clorofila y el peso seco de la raíz se vieron menos influenciados que los otros parámetros. Luego basándose en la disminución del peso seco de los brotes se agruparon los arbustos estudiados en cuatro categorías:

1. Especies sensibles a la salinidad, cuando mostraban más de un 75 % de reducción.
2. Especies moderadamente sensibles a la salinidad, mostrando entre un 50 y un 75% de reducción.
3. Especies moderadamente tolerantes a la salinidad, con una reducción del crecimiento entre el 25 y el 50%

4. Especies tolerantes a la salinidad cuando mostraban menos del 25% de reducción.

Como podemos observar en la

7, *Bougainvillea spectabilis*, planta objeto de este estudio, se encuadra dentro del grupo 3, observando que es una especie tolerante a la salinidad.

Lo mismo que se observó en plantas herbáceas, donde la radiación y la temperatura afecta dependiendo de la estación del año. En la estación calurosa, la temperatura produjo cambio en las plantas. Las plantas en esta época permitieron la asignación de Ca^{2+} , Na^+ y Cl^- a las raíces, impidiendo concentraciones acumuladas en las hojas.

Las plantas con mucho peso seco (DW) puede presentar un elevado porcentaje de bronceado foliar, en cambio otras especies con grandes reducciones en el peso de los brotes, pueden no presentar lesión visual (Rodríguez et al., 2005; Sánchez Blanco, et al., 2004, citado por Cassaniti et al., 2012).

En *Hibiscus rosa-sinensis* el crecimiento se vio reducido, cuando se plantaba en la estación calurosa, pero no se producía lesiones en las hojas por el agua salina (Rodríguez et al., 2005; Sánchez-Blanco et al., 2004).

Otros efectos que produce la salinidad en árboles y arbustos son la muerte regresiva de la corona, además, de daños en el tallo o tronco y quemaduras en las hojas (Percival, 2005, citado por Cassaniti et al., 2012). Otra de las consecuencias es que los cogollos no pueden abrirse o desarrollarse y las ramas podrían morir. Los mecanismos de exclusión de la sal pueden ser ramitas lisas, yemas hundidas y una relación superficie-volumen baja. Todo ello afecta a la calidad visual de las plantas (Appleton, Huff, & French, 1999, citado por Cassaniti et al., 2012).

En las coníferas la salinidad actúa sobre los ápices de las hojas más viejas produciendo quemaduras, seguidamente de necrosis, y muerte según (Dobson, 1991, citado por Cassaniti et al. (2012).

El daño provocado por la sal, en árboles perennes, aparece normalmente a finales del invierno, principios de la primavera, pudiendo llegar a ser mayor

durante el periodo de crecimiento (Azza Mazher, Fatma El-Quesni, & Farahat, 2007, citado por Cassaniti et al., 2012).

La acumulación de sales en el suelo provoca un deterioro en la estructura del suelo y lesiones en las raíces. Algunos árboles pueden dañarse más aún por el viento al igual que aquellos que son muy altos y no están protegidos del todo (Appleton et al., 1999, citado por Cassaniti et al., 2012).

En la Tabla 7, se presenta la respuesta de algunos árboles ornamentales a la presencia de la sal.

Tabla 7. Evaluación del comportamiento de algunos arbustos ornamentales frente a la sal.

| Especies | Clasificación | Respuesta a la sal | Umbral de la salinidad | Referencias |
|---|----------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| <i>Bougainvillea spectabilis</i> , <i>Lantana camara</i> <i>var. aculeata</i> | Tolerante | Mantiene alta calidad visual | 1.94 dS/m | Devitt et al., 2005b |
| <i>Poinciana pulcherrima</i> | Cuestionable | Poco daño foliar | 1.94 dS/m | Devitt et al., 2005b |
| <i>Euonymus japonica</i> , <i>Fraxinus pennsylvanica</i> <i>var. lanceolata</i> , <i>Taxus cuspidata</i> , <i>Tilia europaea</i> | Sensible | Baja calidad visual | 2.1 dS/m | Quist y col., 1999 |
| <i>Gleditsia tricanthos</i> <i>var. inermis</i> , <i>Prunus cerasifera</i> <i>var. atropurpurea</i> , <i>Berberis thunbergii</i> | Tolerante | Alta calidad visual | 2.1 dS/m | Quist y col., 1999 |

| | | | | |
|--|--------------|--|--------------------------------------|--------------------------|
| <i>var. atropurpurea, Pinus nigra, Pyrus calleryan, Picea pungens, Juniperus chinensis var. pfitzeriana</i> | | | | |
| <i>Crataegus opaca</i> | Sensible | Reducción relativa de la tasa de crecimiento (RGR) | 3.15 dS m ⁻¹ ₁ | Picchioni & Graham, 2001 |
| <i>Olea europea 'Swan Hill', Prosopis chilensis, Pinus halepensis, Pinus eldarica, Rhus lancea, Pinus pinea, Fraxinus oxycarpa 'Raywood'</i> | Tolerante | Buena calidad visual | 1.87 dS/m | Jordan y col., 2001 |
| <i>Robinia x ambigua 'Idahoensis', Vitex agnus-castus, Quercus virginiana 'Patrimonio', Albizia julibrissin</i> | Cuestionable | Calidad visual media | 1.87 dS/m | Jordan y col., 2001 |
| <i>Salix matsudana 'Navajo', Prunus cerasifera 'Atropurpurea', Cercidium</i> | Sensible | Baja calidad visual | 1.87dS/m | Jordan y col., 2001 |

| | | | | |
|--|-----------|---|----------|-------------------|
| <i>floridum</i> , <i>Ligustrum japonicum</i> , <i>Chitalpa tashkentensis</i> 'Pink Dawn', <i>Ulmus parvifolia</i> 'Drake', <i>Chilopsis linearis</i> , <i>Pistacia chinensis</i> , <i>Fraxinus velutina</i> var. <i>glabra</i> 'Modesto' | | | | |
| <i>Lantana x hybrida</i> Nuevo oro', <i>Lonicera japónica</i> 'Halliana', <i>Rosmarinus officinalis</i> Humtington Alfombra' | Tolerante | Poca reducción en el crecimiento, buena apariencia estética | 5.4dS/m | Niu y col., 2007a |
| <i>Lantana montevidensis</i> | Sensible | Reducción del crecimiento, baja apariencia estética | 5.4 dS/m | Niu y col., 2007b |
| <i>Potentilla fruticosa</i> 'Longacre', <i>Cotoneaster horizontales</i> | Tolerante | Sin reducción del crecimiento y sin efecto visible | 12 dS/m | Marosz, 2004 |
| <i>Cotoneaster</i> 'Urysnow', | Sensible | Lesiones foliares | 12 dS/m | Marosz, 2004 |

| | | | | |
|-------------------------------|----------|------------------------------------|-----------|----------------------|
| <i>Spiraea</i> 'Grefsheim' | | | | |
| <i>Arbutus unedo</i> | Sensible | Reducción de la biomasa seca total | 5.45 dS/m | Navarro et al., 2007 |

3.1.2. Tolerancia a la salinidad

La tolerancia a la salinidad es la posibilidad que tienen algunas especies de plantas para resistir los efectos de las altas concentraciones de sal en la zona radicular (Shannon & Grieve, 1999). Para clasificar las especies de plantas ornamentales en grupos que dividan la tolerancia a la sal, será necesario realizarlo desde un enfoque basado en su calidad visual.

La evaluación de la tolerancia de las plantas se debe tener en cuenta que son más gravemente dañadas por salinidad por el método de riego de aspersión, que por goteo (Francois, 1982). El agua salina aplicada por aspersores cubre el follaje de la planta quemando y secando las hojas de las especies más sensibles (Fox, et al., 2005), aunque, a veces, una cutícula cerosa en las hojas las puede hacer menos sensibles a la sal aérea que a la sal del suelo.

Se han realizado varias pruebas de campo donde comparan sistemas de riego con rociadores y goteo que son capaces de diferenciar la resistencia a la salinidad entre las especies de jardines basándose en su calidad estética (Miyamoto, et al., 2004; (Wu, et al., 2001a, 2001b). Un estudio hecho en California con 10 especies de plantas ornamentales muy utilizadas en paisajismo (*Pistacia chinensis*, *Nerium oleander*, *Pinus cembroides*, *Buxus microphylla*, *Liquidambar styraciflua*, *Bignonia violacea*, *Ceanothus thyrsiflorus*, *Nandina domestica*, *Rosa sp.*, *Jasminum polyanthum*) corroboró que las especies que mostraron mayor sensibilidad a la sal fueron las regadas mediante aspersión, más que por goteo.

La tolerancia a la salinidad, fue evaluada por Maas & Grattan, 1999, citado por Cassaniti et al. (2012), basándose en el crecimiento de las plantas y las agruparon en 5 ó 6 divisiones. Sin embargo en el caso de las plantas

ornamentales sería mejor tener en cuenta la calidad visual, dado que esta característica prima sobre las demás.

En función del sistema de riego empleado, (Wu & Dodge, 2005, citado por Cassaniti et al., 2012), elaboraron una lista de tolerancia a la sal, de 268 especies (Tabla 8). Y luego agruparon estas especies en cuatro categorías: alta tolerancia, tolerancia, tolerancia media y sensibilidad (Tabla 9).

Tabla 8. Lista de tolerancia a la sal de 38 especies de plantas leñosas de jardinería y 10 especies de gramíneas nativas de California cultivadas bajo riego por aspersion con dos concentraciones de NaCl.

| Nombre científico | Tolerancia a NaCl | | Nombre científico | Tolerancia a NaCl | |
|----------------------------------|-------------------|-----------|----------------------------|-------------------|----------|
| | 500 mg/L | 1500 mg/L | | 500 mg/L | 1500mg/L |
| Plantas de paisaje leñoso | | | <i>Nerium oleander</i> | Alta | Alta |
| <i>Abelia x grandiflora</i> | Baja | Baja | <i>Olea europea</i> | Alta | Alta |
| <i>Acacia redolens</i> | Alta | Alta | <i>Pinus cembroides</i> | Alta | Alta |
| <i>Albizia julibrissin</i> | Moderada | Baja | <i>Pistacia chinensis</i> | Baja | Baja |
| <i>Arbutus unedo</i> | Alta | Moderada | <i>Pittosporum tobira</i> | Baja | Baja |
| <i>Buddleja davidii</i> | Baja | Baja | <i>Plumbago auriculata</i> | Alta | Alta |
| <i>Buxus japónica</i> | Alta | Alta | <i>Prunus caroliniana</i> | Alta | Baja |
| <i>Ceanothus thyrsiflorus</i> | Alta | Moderada | <i>Quercus agrifolia</i> | Alta | Moderada |
| <i>Cedrus deodara</i> | Alta | Alta | <i>Rhaphiolepis indica</i> | Alta | Alta |

| | | | | | |
|-----------------------------------|----------|----------|--------------------------|----------|----------|
| <i>Celtis sinensis</i> | Baja | Baja | Rosa sp. | Baja | Baja |
| <i>Clytostoma callistegioides</i> | Baja | Baja | Sambucus nigra | Moderada | Baja |
| <i>Cornus mas</i> | Baja | Baja | Sapium sebiferum | Alta | Alta |
| <i>Cotoneaster microphyllus</i> | Moderada | Baja | Washingtonia filifera | Alta | Alta |
| <i>Escallonia rubra</i> | Alta | Moderada | | | |
| <i>Euryops pectinatus</i> | Baja | Baja | Plantas herbáceas | | |
| <i>Forsythia x intermedia</i> | Alta | Moderada | Bromus carinatus | Alta | Moderada |
| <i>Fraxinus angustifolia</i> | Moderada | Baja | Deschampsia cespitosa | Moderada | Baja |
| <i>Ginkgo biloba</i> | Baja | Baja | Deschampsia elongata | Alta | Alta |
| <i>Jasminum polyanthum</i> | Alta | Moderada | Elymus glaucus | Alta | Alta |
| <i>Juniperus virginiana</i> | Alta | Alta | Festuca californica | Alta | Alta |
| <i>Koeleria paniculata</i> | Moderada | Baja | Melica californica | Alta | Alta |
| <i>Lantana camara</i> | Alta | Moderada | Muhlenbergia rigens | Alta | Alta |
| <i>Liquidambar styraciflua</i> | Baja | Baja | Poa scabrella | Moderada | Baja |
| <i>Mahonia pinnata</i> | Moderada | Baja | Sporobolus airoides | Alta | Alta |
| <i>Myrtus communis</i> | Alta | Moderada | Stipa pulchra | Alta | Alta |
| <i>Nandina domestica</i> | Moderada | Baja | | | |

Fuente: (Wu L. , et al. (2001b).

Tabla 9. Definiciones de las categorías de tolerancia a la sal para las especies de plantas sujetas a niebla salina y salinidad del suelo.

| Grado de tolerancia | Salinidad | |
|-----------------------------|---|--|
| | Aerosol salino | Suelo |
| Altamente tolerante (H) | No se observaron síntomas aparentes de estrés salino cuando las plantas se regaron con agua que contenía 600 mg / L de sodio y 900 mg / L de cloruro (las concentraciones de sal rara vez alcanzan estos niveles en el agua reciclada). | Conductividad eléctrica aceptable del suelo (CE) superior a 6 dS/m y es posible que las plantas no desarrollen síntomas de estrés por salinidad incluso si la salinidad del suelo supera este nivel permitido. |
| Tolerante (T) | No se observaron síntomas aparentes de estrés salino cuando las plantas se regaron con agua con 200 mg / L de sodio y 400 mg / L de cloruro | CE aceptable superior a 4 y menos de 6 dS/m y las plantas de esta categoría se pueden adaptar a la mayoría de los sistemas de riego con agua regenerada sin una entrada de gestión adicional si se limitan a la aplicación al suelo. |
| Moderadamente tolerante (M) | Se observaron síntomas de estrés salino en el 10% o menos de las hojas cuando las plantas se regaron con agua con 200 mg / L de sodio y 400 mg / L de cloruro | CE aceptable superior a 2 y menos de 4 dS/m, las plantas en esta categoría requieren insumos adicionales de riego y manejo del suelo |

| | | |
|--------------|--|---|
| | en condiciones de clima seco y cálido. | |
| Sensible (S) | Se observaron síntomas de estrés salino en el 20% o más de las hojas cuando las plantas se regaron con agua con 200 mg / L de sodio y 400 mg / L de cloruro. | CE aceptable inferior a 2 dS/m y las plantas de esta categoría son muy sensibles a la salinidad del suelo |

Fuente: Wu & Dodge, (2005).

Se piensa que los métodos de selección y mejora de plantas, para incrementar la tolerancia serían mejores si estuvieran basados en mecanismos fisiológicos o caracteres que confieran tolerancia (Noble y Rogers, 1992, citado por Cassaniti et al., 2012).

Como se ha dicho previamente, algunas plantas desarrollan diversos mecanismos de tolerancia a la salinidad, los cuales les permiten que se adapten y sobreviven en condiciones salinas, siendo las diferencias que existen entre los distintos mecanismos lo que determina su comportamiento frente a estas condiciones (Paranychianakis & Chartzoulakis, 2005, citado por Cassaniti et al., 2012).

Algunos de estos mecanismos de tolerancia a la salinidad según Munns & Tester, 2008 citado por Cassaniti et al (2012), son: la capacidad que tienen las plantas de restringir la entrada de iones a través de las raíces y limitar el transporte de Na^+ y Cl^- a las partes aéreas, reteniendo estos iones en la raíz y en el tallo inferior, es una de las más importantes de todos los rasgos asociados con la tolerancia (Colmer, et al., 2005; (Maathuis & Amtmann, 1999; (Murillo-Amador, et al., 2006, citado por Cassaniti et al., 2012). Aquellas plantas que mantienen una tasa de crecimiento alto, porque tienen los mecanismos necesarios para rechazar el Na^+ y Cl^- de las hojas y raíces son las que luego presentan un buen aspecto y son las ideales para su uso en jardinería.

Sin embargo, la tolerancia a la salinidad puede ser desarrollada por la planta de distinta forma, según (Munns & Tester, 2008), una de estas formas puede ser la tolerancia al estrés osmótico, que provoca un mayor desarrollo en las hojas y en la densidad de las raíces, al poseer suficiente agua, ésta última. Otra mediante la exclusión de Na de las láminas foliares, su toxicidad se expresa con el tiempo y según la especie con la muerte de las hojas viejas. Por último, la tolerancia de los tejidos, se produce por un convenio entre Na^+ y Cl^- a nivel intracelular y celular para así obviar las altas concentraciones. En definitiva, la tolerancia de los tejidos incrementa la longevidad de las hojas más viejas, mientras que la tolerancia osmótica se encarga de la obtención de hojas nuevas.

Un aspecto importante, de la tolerancia a la salinidad, por lo tanto, está conectado con la capacidad que posee la planta para separar los iones tóxicos, el Na^+ y Cl^- (Boursier & Läuchli, 1990, citado por Cassaniti et al., 2012). Según el tipo de planta, pues ser uno u otro más dañino. Así se tiene que en plantas leñosas perennes el Cl^- , es más problemático que el Na^+ . Este último es retenido en las raíces y en el tejido leñoso (Ferguson & Grattan, 2005; Storey & Walker, 1999, citado por Cassaniti et al., 2012), mientras que el Na^+ , parece ser más perjudicial en algunas especies de pasto (Davenport, 2003, citado por Cassaniti et al., 2012).

En un ensayo con plantas ornamentales, se demostró que hay algunas que no tienen este diferenciado rasgo. Un ejemplo es la *Rudbeckia hirta* y *Phlox paniculata* que acumularon altas cantidades de Cl^- en las hojas, que como consecuencia, tuvo reducción del peso seco de aproximadamente un 25% mientras que *Lantana x hybrida* y *Cuphea hyssopifolia* toleraron la salinidad mostrando una baja acumulación de Cl^- (Cabrera, et al., 2006). La poca reducción y ausencia de síntomas de las lesiones por sal en *Eugenia myrtifolia* se asocian con el almacenamiento radicular de Na^+ y Cl^- y a la absorción restringida a medida que aumenta la salinidad (Cassaniti et al., 2009a).

Existen especies de plantas ornamentales como *Bougainvillea glabra*, *Ceanothus thyrsiflorus* y *Leucophyllum frutescens* (Cassaniti et al., 2009a) y

Cistus monspeliensis (Sánchez Blanco, et al., 2004) que acumularon altas cantidades de Na⁺ y Cl⁻ en las hojas sin mostrar ningún síntoma de necrosis.

La adaptabilidad al estrés salino también puede variar entre géneros de una misma familia y entre especies de un mismo género (Cassaniti, et al., 2012).

Este mecanismo de tolerancia al estrés salino también se puede observar diferente entre especies del mismo género. Por ejemplo, Sánchez-Blanco et al. (2004) observó que *Cistus monspeliensis* es más tolerante al tratamiento con agua salina con aerosoles que *Citrus albidus*, mostrando una reducción menor en el crecimiento y en el daño foliar. Estos resultados también los confirmó Torrecillas, et al., (2003), en el que, estas dos especies mostraron diferencias en la resistencia a la salinidad, en cuanto a la reducción del área foliar y el ajuste osmótico, teniendo *Cistus monspeliensis* mayor eficiencia en el uso del agua que *Cistus albidus*.

3.1.3. Agua desalada

Antes de pasar a hablar del agua desalada, parece conveniente realizar algunas puntualizaciones sobre el uso del agua en jardinería, además de definir lo que se entiende por agua de buena calidad, para el riego. Aunque el agua también se utiliza para fines distintos al riego, como expresó Thayer (1976), “un paisaje puede servir como un indicador visual del uso del agua, para el público en general, debido a su exposición visual”.

Mientras que en el pasado, en algunos estados de Estados Unidos, los propietarios de viviendas utilizaban aproximadamente el 60% del agua potable para regar los jardines (División de Agua de Utah Resources, 2003) utilizando el agua de buena calidad para jardinería y/o floricultura (Tabla 10) (Dole & Wilkins, 1999).

Actualmente, la sensibilidad ecológica difundida en la ordenación y planificación del paisaje (Botequilla Leitão & Ahern, 2002) determina la necesidad de explorar fuentes alternativas de agua para el riego de estas plantas. En consecuencia, la conservación del agua del paisaje requiere hacer

elecciones de especies de plantas, que sean capaces de tolerar el estrés salino para permitir el uso de agua de baja calidad con altas concentraciones de sales.

Tabla 10. Características deseables de riego de alta calidad.

| Características | Nivel deseado |
|-----------------------------|---------------|
| Sales solubles | < 0.5 dS/m |
| pH | 5 - 7 |
| Alcalinidad | 40-100 ppm |
| Nitrato (NO ₃) | < 5 ppm |
| Amonio (NH ₄) | < 5 ppm |
| Fósforo (P) | < 5 ppm |
| Potasio (K) | < 10 ppm |
| Calcio (Ca) | < 120 ppm |
| Sulfatos (SO ₄) | < 240 ppm |
| Magnesio (Mg) | < 24 ppm |
| Manganeso (Mn) | < 2 ppm |
| Hierro (Fe) | < 5 ppm |
| Boro (B) | < 0.8 ppm |
| Cobre (Cu) | < 0.2 ppm |
| Zinc (Zn) | < 5 ppm |
| Aluminio (Al) | < 5 ppm |
| Molibdeno (Mo) | < 0.02 ppm |
| Sodio (Na) | < 50 ppm |
| SAR* | < 4ppm |
| Cloro (Cl) | < 140 ppm |
| Flúor (F) | < 1 ppm |

*SAR (Relación de absorción de sodio) relaciona el sodio con los niveles de calcio y magnesio.

Fuente: Dole & Wilkins, (1999), citado por Cassaniti, *et al* (2012).

Tabla 11. Clasificación de las aguas según la salinidad del agua de riego.

| Clase de agua | CE ($\mu\text{S/cm}$) | TDS (mg/l) |
|--------------------|-------------------------|------------|
| Excelente | 250 | 175 |
| Buena | 250-750 | 175-525 |
| Permisible | 750-2000 | 525-1400 |
| Uso dudoso | 2000-3000 | 1400-2100 |
| Inapropiada | 3000 | 2100 |

Fuente: James, *et al* (1982) citado por Dorronsoro (2001).

Hoy en día, se estima que el agua de riego representa aproximadamente el 80% de los recursos hídricos disponibles en algunos países del sur de Europa, llegando hasta el 90% en determinadas cuencas hidrográficas. Por esta razón, la búsqueda de alternativas es un objetivo prioritario para mantener el regadío de la agricultura. Son necesarias las nuevas tecnológicas para aumentar los recursos hídricos, como son los procedimientos para desalinizar el agua del mar, la cual es la principal estrategia recogida en la planificación hídrica en España.

Actualmente, la desalación de agua de mar es muy importante para el suministro de agua potable en el mundo (Duranceau et al., 2011, citado por (Martínez Álvarez & Martín Górriz, 2014)). Muchos países como Israel, Malta, Australia, Estados Unidos, España, etc. están utilizando distintas tecnologías de desalación para garantizar el suministro doméstico de agua a sus habitantes. En las últimas décadas, el mercado de agua desalada de mar se ha ido extendiendo de forma paralela a como se ha ido produciendo la moderación de los costes de desalinización. Hoy en día, la producción de esta agua supera los cien millones de m^3 al día, y se espera que esta cifra se doble en el año 2025 (Lew et al., 2009; IDA, 2013, citado por Martínez Álvarez & Martín Górriz, 2014).

La Osmosis Inversa (OI) se ha generalizado como la tecnología más utilizada para la desalación de agua marina porque su consumo energético y costes de producción son bajos a gran escala (Shaffer, et al., 2012). Para el uso legal de estas aguas, se han establecido normativas nacionales e internaciones para

garantizar un buen producto. En España existe el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero de 2003, donde están aprobados los criterios sanitarios de la calidad del agua para el consumo humano, independientemente de donde sea el origen de esa agua.

Aunque el agua desalada de mar parece ser todo ventajas, hay dos grandes inconvenientes que hace que esta agua sea una alternativa complicada en su utilización. Una de esas desventajas es el alto consumo energético, producir agua desalada consume en torno a 4 kWh m^{-3} , en cambio el consumo en el trasvase Tajo-Segura (obra hidráulica en la que se recoge agua del río Tajo) consume 1.2 kWh m^{-3} (Melgarejo & Montano, 2011). Como consecuencia de este gran consumo, se produce importantes emisiones de gases de efecto invernadero que dificultan la lucha contra el cambio climático (Martin-Gorriz, et al., 2014).

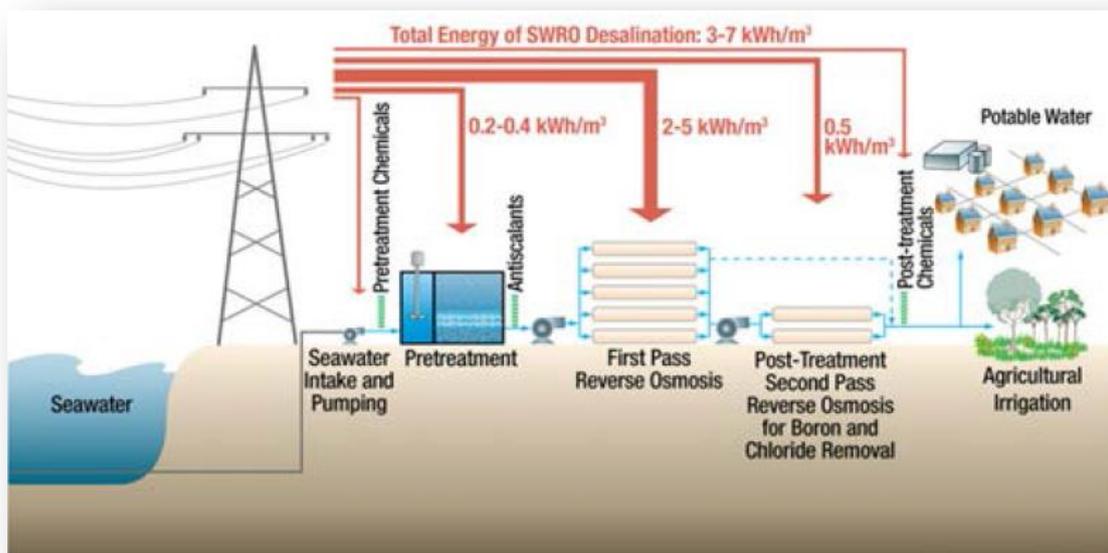


Figura 7. Energía específica consumida (kWh m^{-3}) en una instalación de desalinización de agua marina con doble paso, con el fin de suministrar agua adecuada para riego agrícola. Los rangos dependen de la calidad del agua suministrada, tamaño de la planta, uso de elementos recuperadores de energía y otros factores. Fuente: (Shaffer, et al., 2012).

Al tener unos altos consumos energéticos la producción de agua desalada de mar, los costes de producción son elevados, por lo que esta agua solo es asumible en cultivos con mayor valor añadido. Actualmente, los costes de agua desalada en la Cuenca del Segura están entre 0.60 y 0.69 € m⁻³ (Lapiente, 2012), mientras que el valor del agua en la Cuenca del Segura y el Campo de Cartagena es de 0.59 € m⁻³ y 0.64 € m⁻³ respectivamente (Calatrava & Martínez-Granados, 2012). Por esta razón, el uso del agua desalinizada en esta zona es complicada ya que no resulta económicamente viable para la mayor parte de cultivos. Sin embargo, en las zonas de costa, el valor del agua de riego está entre 0.51 y 1.05 € m⁻³.

Otro gran inconveniente que viene dado por la producción de agua desalada es la salmuera generada y sus impactos ambientales. Estos vertidos de salmuera al mar alteran los ecosistemas marinos afectados, que son difíciles de predecir ya que su peligro en el medio ambiente depende de la temperatura, salinidad y corrientes marinas.

Por otro lado, en las ciudades de interior lejos de la costa con zonas regables el precio del agua de mar desalinizada aumentaría ya que no existen infraestructuras hidráulicas para transportar el agua desalinizada desde la zona costera hasta las zonas de interior porque la distribución del agua de riego convencional se hace desde embalses de cabecera que aprovechan el transporte por gravedad.

Tabla 11. Comparación de los resultados económicos de un ensayo con aguas de diferentes orígenes.

| Origen del agua | Superficial (Tajo-Segura) | Agua salobre de pozos | Ósmosis inversa de agua salobre |
|---|--------------------------------------|----------------------------------|--|
| Precio del agua (€/m³) | 0.1322 | 0.054 | 0.2284 |
| Ingresos (venta de frutas) (€/año) | 15.037 | 7.519 | 16.539 |
| Gastos (€/año) | 3.885 | 3.885 | 4.273 |

| | | | |
|-------------------------------|--------|-------|--------|
| Beneficios (€/año) | 11.152 | 3.634 | 12.268 |
|-------------------------------|--------|-------|--------|

Fuente: Zarzo, et al. (2013).

En cuanto al Archipiélago Canario, por causas de la carencia de agua superficiales en las Islas el uso de agua desalada está muy extendido, tanto para riego agrícola como para uso doméstico. La desaliniación de agua de mar comenzó en Canarias, siendo la primera planta de España y Europa (Palomar P, 2010). En Lanzarote la desalinización de agua es la única opción para tener suministro de agua de riego (Losada, 2010).

La primera planta de agua desalinizada por osmosis inversa de agua salobre se colocó en los años 80 para agua de riego suplementaria y así mejorar la productividad de los cultivos. Además, en el año 1987 se dispuso la primera de agua desalinizada por osmosis inversa de agua marina, y a partir de ese momento se construyeron muchas plantas tanto privadas como públicas. Unos diez años después, se empezó a utilizar para riego también las aguas residuales urbanas regeneradas que vienen a su vez de la desalinización de agua de mar. El agua de riego de la isla de Lanzarote es prácticamente toda de agua desalada de mar (Hernandez-Suárez, 2002; Díaz, et al., 2013).

En un estudio realizado por Díaz, et al., (2013) analizaron el suelo, usando los parámetros de salinidad, SAR, contenido de boro y el estado nutricional de los suelos que fueron regados con agua desalinizada de mar, comparando el suelo de diferentes fincas regadas con esta agua durante periodos de entre 5 y 30 años y otras que no tuvieron riego, para evaluar el efecto y la sostenibilidad en la calidad de los suelos. En definitiva, en los suelos regados con agua desalada de mar se observaba una mayor cantidad de concentración de sales que en los no regados. Aunque los niveles de salinidad son tolerante para muchos cultivos, requiere la adopción de fracciones de lavado para evitar la acumulación de estas sales. También hay aumento en el contenido de boro en los regados. Sin embargo, no hay efectos significativos en el SAR, ni en la materia orgánica, ni en el nitrógeno, pero si en el fósforo.

En los resultados obtenidos en este estudio se observaron diferencias y singularidades respecto a otros ensayos realizados, debido a las prácticas

culturales que tiene la isla de Lanzarote, donde se aplica mulching de piroclastos basálticos, algo característico de esta isla.

En cuanto a otros países, de los más destacados por su desarrollo en tecnologías de plantas desaladoras, es Israel. Es el único país donde aparte de ser muy frecuente el riego con agua desalada, se hacen seguimientos científicos orientados a las consecuencias que pueden ocurrir en la agricultura.

En Israel está la mayor planta desalinizadora del mundo en el momento de su construcción, con una producción anual de $100 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (Tal, 2006; Lahav & Bimhack, 2007). Por esto y por la puesta en marcha de su intensivo programa para la producción de agua desalinizada por osmosis inversa tanto de agua de mar como salobre, este país es el que contiene más conocimiento científico en relación con estos tipos de aguas, tanto para el suministro de riego agrícola como para el suministro doméstico (Lahav & Bimhack, 2007).

En las aguas naturales no es necesaria la fertilización complementaria de elementos como Mg^{2+} , Ca^{2+} y SO_4^{2-} , ya que contienen los suficientes nutrientes básicos (Ben-Gal, et al., 2009). La falta de elementos como el Ca^{2+} y Mg^{2+} puede verse afectado en el desarrollo de los cultivos y la resistencia a enfermedades (Bangerth, 1973; Marcelis & Ho, 1999; Bar-Tal, et al., 2001; White, 2003).

Por el contrario, en ensayos realizados, se ha observado deficiencias de Ca^{2+} , Mg^{2+} y SO_4^{2-} en cultivos como tomate, albahaca y flores, afectando a su producción y calidad (Ben-Gal, et al., 2009) problemas relacionados, con el agua desalinizada de mar (Yermiyahu, et al., 2007). También se observan problemas de toxicidad al boro en los cultivos sensibles por la alta concentración de este elemento en el agua. En los ensayos más frecuentes de Lahav, et al., (2010) se estudiaron la afección de las propiedades físicas del terreno por el elevado SAR del agua, tanto a corto como a largo plazo.

En Israel se han realizado una serie de cumplimientos para incluir postratamientos de remineralización en las plantas de Ashkelon y Palmachim y así el agua que suministran evita los problemas relacionados con la baja concentración de minerales del agua desalinizada de mar.

En definitiva, si al agua desalinizada por osmosis inversa de agua de mar, no se le ha realizado la remineralización, se califica por una baja salinidad y una composición de sales diferente al de las aguas naturales. Suele ser elevada la concentración de Na^+ y Cl^- comparándola con aguas naturales, mientras que la del Ca^{2+} , Mg^{2+} y SO_4^{2-} es mínima (Yermiyahu, et al., 2007).

La carencia de cada uno de estos elementos perjudica las necesidades de las especies de plantas regadas con agua desalinizada de mar sin remineralizar. La ausencia de Ca^{2+} afecta al normal crecimiento y desarrollo de los brotes y del sistema radicular (Yermiyahu, et al., 2007). La falta de Mg^{2+} es perjudicial para la fotosíntesis, ya que es primordial para la formación de proteínas en las plantas. Como consecuencia del déficit de este elemento, se reduce el contenido en hojas que afectan en la producción de clorofila, resultando una peor calidad en los frutos (Birnhack & Lahav, 2007). La insuficiencia en SO_4^{2-} disminuye la fotosíntesis, el peso seco de las plantas, contenido de clorofila y el número total de frutos (Assaf, 1994). De modo que es necesario la remineralización del agua desalinizada de mar (ROSW).

Los problemas que puede producir el ROSW también pueden estar presentes en el agua desalinizada de mar por osmosis inversa remineralizada (DSW) puesto que los procesos de remineralización se realizan para el cumplimiento de requisitos que son exigibles en las aguas de consumo humano (RD 140/2003 en España) y que no son iguales que los requisitos que se exigen para las aguas de riego hacia los cultivos.

La remineralización en el ROSW se puede realizar y corregir sus problemas por tres métodos según Ben-Gal, et al. (2009):

1. La remineralización en postratamientos, se realiza de forma habitual en las plantas desalinizadoras, siendo la mejor elección para grandes plantas desalinizadoras. Con este método se incrementa la dureza y alcalinidad del agua hasta producir un Índice de Langelier (LSI) próximo o igual a cero. Al realizarlo, se consigue aumentar la capacidad tampón del agua para que el calcio, la alcalinidad y el pH no varíen o varíen muy poco cuando está en contacto con la atmósfera. Esta remineralización favorece la calidad del

agua, al aumentar el contenido de calcio sobre el sodio. El tratamiento tiene un alto coste económico cuando se trata de agua utilizada para riego agrícola. Se puede consultar en El Centro Canario del Agua una “Guía para la remineralización de aguas desaladas” (Hernández-Suárez, 2010), con detalles de los efectos de distintas técnicas de remineralización sobre la composición del agua y sus indicadores de la calidad.

2. Otra técnica sería la fertirrigación, agregando a través del riego, los nutrientes necesarios para los cultivos. Es la opción más apropiada para las plantas desaladoras pequeñas utilizadas en el ámbito agrícola. El inconveniente de este método es el coste económico, ya que añadir Ca^{2+} , Mg^{2+} y SO_4^{2-} en Israel supone un coste de hasta $0.5 \text{ \$/m}^3$ (Ben-Gal, et al., 2009), siendo inalcanzable para el Sureste Español.
3. Por medio de la mezcla del ROSW con otras aguas (salobres subterráneas, salobres desalinizadas, recicladas, etc.). Con este método se puede ajustar dicha agua a las necesidades del cultivo. Se disminuye los postratamientos del agua desalada y ahorramos en el coste final que con la aplicación directa de agua desalada. Por otro lado, debemos tener en cuenta los posibles inconvenientes de la mezcla de aguas, ya que, aunque se añaden sales beneficiosas también puede ocurrir lo contrario (Yermiyahu, et al., 2007, citado por Martínez Álvarez & Martín Górriz, 2014).

Al fin y al cabo, se debe tener en cuenta si es necesaria la remineralización o no dependiendo de la utilización de agua, en función de que se trate de suministro de riego agrícola o suministro doméstico.

Como el Real Decreto 1620/2007 de España regula la reutilización de aguas depuradas para el suministro de riego agrícola, el uso ROSW también debe regular su composición. Israel es el único país con normas que regulan el uso de esta agua. En la Tabla 12 se puede observar los parámetros de calidad de DSW para la utilización en Israel.

Tabla 12. Parámetros de calidad del agua después de la desalación.

| Parámetros | Agua de la planta de agua desalada Ashkelon | Recomendación del uso doméstico y agrícola |
|--------------------------------------|---|--|
| CE (dS/m) | 0.2-0.3 | <0.3 |
| Cl ⁻ (mg/l) | 15.20 | <20 |
| Na ⁺ (mg/l) | 9-10 | <20 |
| Ca ²⁺ (mg/l) | 40-46 | 32-48 |
| Mg ²⁺ (mg/l) | 0 | 12-18 |
| SO ₄ ²⁻ (mg/l) | 20-25 | >30 |
| B (mg/l) | 0.2-0.3 | 0.2-0.3 |
| Alcalinidad | 48-52 | >80 |
| CCPP | 0.7-1 | 3-10 |
| pH | 8-8.2 | <8.5 |

Fuente: Yermiyahu, *et al.* (2007) citado por Martínez Álvarez & Martín Górriz, (2014).

3.1.4. Aguas subterráneas

Debajo de los suelos, bajo la superficie de la Tierra se encuentra agua subterránea en depósitos o bolsas de agua infiltradas. El lugar donde se encuentra el agua es conocido como acuífero. Esta agua puede encontrar salida hacia la superficie, tanto de forma natural, por salientes o de manera artificial, en forma de galerías o pozos. La cantidad de agua que se filtra es el recurso del acuífero y la reserva es la cantidad de agua que contiene. Las reservas se van agotando si la extracción del agua es mayor a su filtración. En Canarias, la cantidad de pozos y galerías son cada vez mayores y la extracción del agua a través de ellos ha alcanzado, a veces, niveles extremos, por su sobreexplotación, por lo que el nivel freático ha descendido. Como consecuencia, muchos nacientes naturales se han secado y se han tenido que ahondar más los pozos y galerías y como resultado ha aumentado el peligro de desertización.

Tabla 13. Número de manantiales, pozos y galerías en las Islas Canarias.

| Islas | Manantiales | | Pozos productivos | | Galerías productivas | | Volumen total (Hm ³) |
|----------------------|-------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------------|
| | Nº | Volumen (Hm ³) | Nº | Volumen (Hm ³) | Nº | Volumen (Hm ³) | |
| Gran Canaria | 6 | 0.1 | 2100 | 70 | 80 | 25.4 | 95.5 |
| Fuerteventura | 5 | 0.05 | 37 | 3 | 1 | 0.05 | 3.1 |
| Lanzarote | 8 | 0.01 | - | - | 3 | 0.2 | 0.21 |
| Tenerife | 25 | 0.3 | 275 | 40 | 990 | 160 | 200.3 |
| La Palma | 175 | 9 | 231 | 20 | 80 | 41 | 70 |
| La Gomera | 387 | 6.5 | 100 | 2.5 | 5 | 0.3 | 9.3 |
| El Hierro | 16 | 0.01 | 8 | 1.5 | - | - | 1.51 |
| Total | 622 | 15.97 | 2751 | 137 | 1159 | 226.95 | 379.92 |

Fuente: Plan Hidrológico de Canarias (2000).

Los pozos son perforaciones verticales que se hacen en la tierra hasta encontrar el acuífero. No suelen tener mucha profundidad pero con el tiempo se han ido aumentando. Pero la sobreexplotación de estos, ha perjudicado que se vaya agotando el agua y como consecuencia a estas profundidades, se ve favorecida la cercanía a la costa pudiendo permitir la entrada de agua marina. Como se observa en la Tabla 13, el mayor número de pozos productivos en Canarias se encuentran en la isla de Gran Canaria, aunque la mayoría no están en uso por el bajo nivel de los acuíferos que se comentó anteriormente.

La otra manera de extraer agua es por galerías. Las galerías son túneles que se van profundizando por el interior de la Tierra hasta encontrar el agua del acuífero. El caudal que se puede encontrar en las galerías es variable y a veces, se secan y su caudal es muy bajo como para que sea rentable su explotación. Antiguamente se realizaban con fuerza humana y después del siglo XIX se empezó a utilizar la ayuda de explosivos para la construcción de

estas. Respecto a las galerías en Canarias, la mayoría están situadas en la isla de Tenerife.

Respecto a las características más importantes de las aguas procedentes de galerías, utilizadas para el riego:

- Alta CE y pH (normalmente pH > 8).
- Altas concentraciones en Na⁺, CO₃²⁺ y HCO₃⁻
- Bajas concentraciones de los iones Cl⁻ y K⁺.

En cuanto a las características más frecuente de las aguas de pozo utilizadas para el riego.

- Alta CE y un pH en la neutralidad.
- Altas concentraciones de Cl⁻ y Na⁺.
- Bajas concentraciones de CO₃²⁺ y HCO₃⁻.

3.2. *Bougainvillea spectabilis* Willd.

3.2.1. Encuadramiento taxonómico

La especie *Bougainvillea spectabilis* fue descrita por Carl Ludwig Willdenow. Su nombre genérico *Bougainvillea* es en honor a Louis Antoine de Bougainville, explorador francés que por primera vez llevó esta planta a Europa desde Brasil.

Pertenece a la familia *Nyctaginaceae*, al que pertenecen unas 350 especies con 38 géneros. Principalmente tropical y subtropical, sobretodo ubicada en América.

Tabla 14. Clasificación botánica de la *Bougainvillea spectabilis*.

| | |
|----------|----------------------------------|
| Reino | Plantae |
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Magnoliopsida |
| Orden | Caryophyllales |
| Familia | Nyctaginaceae |
| Género | Bougainvillea |
| Especie | <i>Bougainvillea spectabilis</i> |

Fuente: Willdenow, 1799.

3.2.2. Morfología

Bougainvillea spectabilis se trata de un arbusto con raíces fasciculadas, que se desarrollan fácilmente en cualquier terreno. Es una planta trepadora, aunque sin zarcillos, ya que utiliza sus ramificaciones para apoyarse en otras plantas o vallas, pérgolas o muros. También se usan como cubre suelos, empleándose como tapizantes.

Las hojas son de forma ovalada y crecen de forma alterna en las ramas.

Sus flores son hermafroditas y tubulares, de color blanco. Generalmente, nacen organizadas en grupos de tres, insertadas y cubiertas de hojas modificadas, llamadas brácteas, que pueden variar de color, desde blanco a rojo o naranja, aunque su color característico es el color buganvilla, una mezcla entre fucsia y violeta.

Tiene porte leñoso, pudiendo alcanzar los 10 metros de altura. En su hábitat natural (regiones tropicales) se comporta de forma perenne, manteniendo su follaje y en regiones templadas es caducifolia, perdiendo sus hojas en invierno.

Es utilizada como planta ornamental por sus llamativas inflorescencias, que no destacan por sus flores sino por sus atractivas brácteas comentadas anteriormente.



Figura 8: Grupo de 3 flores cubierto de las brácteas.

3.2.3. Requerimientos.

Respecto a los requerimientos necesarios para *Bougainvillea spectabilis*, referente al terreno, es capaz de crecer en cualquier suelo, aunque los preferes fértiles, no muy arcillosos y con buen drenaje, ya que no soporta los encharcamientos. En los suelos arenosos requerirá riego con mayor frecuencia puesto que almacenan menos la humedad que los arcillosos.

En cuanto al riego, es una planta resistente a la sequía, no obstante, hay que regarla con moderación durante el periodo de crecimiento, dejando que la tierra se seque entre los distintos riegos. Si la planta es joven es recomendable no descuidar su riego y realizarlo con más frecuencia si se trata de una planta cultivada en maceta. Cuando esta especie se siembra en suelo y es adulta aguanta mejor la falta de riego.

Su abonado, debe ser bajo en nitrógeno para potenciar la floración ya que el exceso de este nutriente reduce la cantidad de flores como también la intensidad de sus colores. Se recomiendan fertilizantes tipo 18-12-24, especial para plantas de flor. En épocas de floración es conveniente abonos completos ricos en fósforo que se aplicarán cada 15 días, teniendo en cuenta que esta especie es capaz de florecer 3 veces al año, en primavera, verano y otoño.

En relación a las características climáticas de *Bougainvillea spectabilis* es una especie que necesita climas templados y cálidos, con inviernos no muy fríos y sin heladas. Si está en un clima favorecedor para ella puede llegar a florecer incluso en invierno. Si se cultiva en maceta y está situada en lugares donde son posibles las heladas lo adecuado sería protegerla en zonas de interior.

3.2.4. Plagas y enfermedades

Respecto a las plagas que pueden atacar a esta especie, las principales son: la cochinilla, mosca blanca, pulgón y araña roja.

Phenacoccus sp. (Cockerell, 1902): es una especie de cochinilla que ataca a numerosas plantas ornamentales como a la *Bougainvillea spectabilis*. Es un tipo de cochinilla algodonosa de origen Sudamericano que apareció en Europa por primera vez en el año 1999. Ataca por toda la planta, tanto a las ramas

como a las hojas y flores. Esta plaga hace poco estética a la planta por la excreción de melaza y ennegrecimiento que produce, como también provoca debilidad fisiológica por la succión de savia de la planta.

Para su control biológico, los depredadores que se alimentan de la cochinilla son coccinélidos (mariquitas), *Cecidomidae* (larvas de mosquitos) o *Anthocoridae* (chinchas piratas).

***Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889)**: es una especie de mosca blanca que se encuentra por todo el mundo, originaria de la India. Suele afectar a cultivos herbáceos y en plantas ornamentales ataca mucho a *Bougainvillea spectabilis*. Se encargan de consumir la savia de las partes jóvenes y hacen colonias en el envés de las hojas, produciendo debilitamiento en toda la planta. Además, como en el caso de la cochinilla, segregan melaza y depositan el hongo negrilla.

Para un control biológico de esta plaga, se utilizan parasitoides como *Encarsia Formosa* o depredadores como *Macrolophus caliginosus*. Si el control biológico no funcionara, con el control químico se puede usar insecticidas del grupo de los piretroides, actuando por contacto o también, sistémicos específicos. Se aplica en pulverización, actuando en el envés de las hojas, donde suelen situarse las larvas de esta plaga.

***Aphis gossypii* (Glover, 1877)**: principal especie de pulgones que ataca a *Bougainvillea spectabilis*. Entre los síntomas que produce esta plaga, está la deformación de las hojas y con la succión de la savia produce el debilitamiento de la planta. Como se observa, tanto la cochinilla, la mosca blanca, como los pulgones tienen síntomas parecidos, provocando también la segregación de melaza, haciendo que posteriormente se instale el hongo negrilla en la planta.

Para el control biológico de los pulgones se suele utilizar los coccinélidos (mariquitas) y avispas del género *Aphidius*. Respecto al control químico se recomienda la pulverización de materias activas del grupo de los piretroides.

***Tetranychus urticae* (C. L. Koch, 1836)**: es la araña roja, una especie muy extendida en diversos cultivos. Es una plaga que afecta mucho bajo invernadero. Sus síntomas pueden llegar a ser letales, comienzan con

picaduras en las hojas, decolorándolas y acaban secándose en la zona afectada. Los ataques intensos de esta pequeña araña puede provocar la pérdida de hojas de forma prematura de la planta. Realizan colonias que se pueden observar a la vista, protegidas de las telas de araña.

Para el control biológico de la araña roja hay varios enemigos naturales como ácaros fitoseidos o chinches depredadores. En el control químico utilizamos acaricidas como abamectina o etoxazol, aunque también se puede utilizar el aceite de parafina que actúan asfixiándolas y respetando a los enemigos naturales.

Las enfermedades más extendidas en *Bougainvillea spectabilis* son:

***Agrobacterium tumefaciens* (Smith & Townsend, 1907):** es una bacteria distribuida por todos los continentes, produce tumores en el cuello y en las agallas por causa de la superproducción de auxinas y citoquininas que crean el crecimiento anormal de las células. Los tumores pueden estar situados tanto en la raíz, el cuello como en la parte aérea de la planta ya que la bacteria se transporta de manera sintética. Para su control se utiliza una cepa avirulenta que crea bacteriocina nucleotídica que impide a las agrobacterias patógenas.

***Alternaria sp.* (Keissl, 1912):** esta enfermedad se trata de un hongo que influye en las hojas, tallos, flores y frutos de las plantas. Los síntomas que produce son numerosas formas manchas de color oscuro, formando anillos concéntricos.

***Fusarium sp.* (Schltdl):** es un hongo que reside en el suelo haciendo la infección desde el sistema radicular en el ápice de la raíz. Este hongo causa marchitamiento vascular, pudrición en la zona radicular y en el tallo, produciendo también lesiones en las hojas. Las hojas se van volviendo amarillas hasta marchitarse y los tejidos del xilema se decoloran de color marrón. Para prevenir este tipo de enfermedades hay que tener en cuenta el riego, evitando los encharcamientos y si es posible desinfectar el terreno con fungicidas adecuados.

***Phytophthora parasitica* (Breda de Haan, 1896):** es una de las especies más importantes de *Phytophthora*. Esta enfermedad es de las más complicadas y

resistentes, ya que puede lograr cambiar de comportamiento dependiendo del suelo, temperatura y las condiciones de oxígeno que haya. Los síntomas principales son hojas secas, cambio de color de la planta a colores marrones y amarillos y, en ocasiones, presenta manchas oscuras en el tallo y el cuello de la planta llamadas chancros. Para el control de este tipo de hongos, se recomienda fungicidas, formulaciones como el oxiclورو de cobre y caldo bordelés, utilizados en agricultura ecológica.

3.2.5. Propagación

La propagación de esta especie se puede realizar tanto por semilla como por esqueje, aunque este último es el método más utilizado. Se hace mediante la técnica de esqueje interdonal, usando ramas semileñosas para facilitar su arraigo.

El esqueje se debe escoger de una planta madre. Cuando cortamos sus ramas se hacen estos esquejes interdonales con corte limpio con 1 o 2 cm por debajo de la primera hoja que estará en contacto con el sustrato. Desinfectamos con fungicida, se le aplica hormona de enraizamiento y se plantan en macetas con sustrato tipo semillero. Posteriormente, se ubican en un lugar con iluminación atenuada, temperatura entre 25-30°C y humedad saturada con microaspersión.

3.2.6. Salinidad

La especie *Bougainvillea spectabilis* está clasificada con alta tolerancia al estrés salino por su capacidad para soportar la salinidad del terreno hasta 10 dS/m, acumulando altos contenidos de sodio y cloruro en la parte foliar (Francois, 1980, citado por Carillo, et al., 2019).

Además, la apariencia visual es el criterio más importante a considerar para las plantas ornamentales (Acosta-Motos, et al., 2016, citado por Carillo, et al., 2019). La capacidad de esta especie para mantener una alta calidad visual, sin mostrar síntomas de necrosis, teniendo sistema de riego por aspersión con agua reutilizada, con un nivel de salinidad alrededor de 2,0 dS/m (Devitt, et al., 2005; Cassaniti, et al, 2012, citado por Carillo, et al., 2019) puede hacer de este

arbusto, un candidato potencial en proyectos de vegetación (Navarro, et al, 2007, 2008, citado por Carillo, et al., 2019).

3.3. *Hedera helix* L.

3.3.1. Encuadramiento taxonómico

La especie *Hedera helix* fue descrita por Carlos Linneo. Pertenece a la familia Araliaceae, al que pertenecen unas 1300 especies con 50 géneros. El género *Hedera* tiene doce especies nativas de Europa, Asia y del norte de África. Como dato interesante, también pertenece el género *Panax* al que forma parte el ginseng, muy conocido en la medicina china para tratar trastornos de salud.

Tabla 15. Clasificación botánica de la *Hedera helix*.

| | |
|----------|---------------------|
| Reino | Plantae |
| División | Magnoliophyta |
| Clase | Magnoliopsida |
| Orden | Apiales |
| Familia | <i>Araliaceae</i> |
| Género | <i>Hedera</i> |
| Especie | <i>Hedera helix</i> |

Fuente: Linneo, C.

3.3.2. Morfología



Figura 9. Morfología de la planta. Fuente: Masclef, 1891.

La especie *Hedera helix* es una planta perennifolia, de porte leñoso y trepadora. Es la especie más común, conocida por su rápido crecimiento, pudiendo alcanzar los 30 m.

Esta especie tiene dos tipos de ramas trepadoras y rastreras, unas son jóvenes y estériles más flexibles con raíces aéreas que hacen de sarcillos para treparse, y otras adultas y fértiles más robustas sin raíces.

Asimismo, tienen dos tipos de hojas por cada rama diferente, de color verde y variegadas. Unas hojas lobuladas y palmeadas con nerviación ramificada separadas por entrenudos largos en las ramas estériles y otras hojas enteras y ovaladas con nerviación pinnada separadas por entrenudos más cortos en las ramas fértiles.

En cuanto a la flor de esta especie son pequeñas, hermafroditas, de color verde agrupadas en umbelas. Florecen al final del verano, sin embargo, cuando

tenemos esta planta en interior no llega a florecer. Los frutos son bayas de color negro con 2-5 semillas en su interior. Algo característico, es que estos frutos son venenosos.

3.3.3. Requerimientos

En cuanto a los requerimientos de esta especie, aunque no es estricta a exigencias edáficas, prefiere suelos con buen drenaje y alcalinos.

Respecto a las temperaturas, es aceptable entre 14 y 20°C, resistiendo bien el frío. Siendo tolerante a heladas ocasionales y adaptable a condiciones de contaminación excesiva. Se desarrollan bien en zonas con sombra aunque las variedades con hojas variegadas necesitan más luz solar.

Respecto al riego, se aconseja regarla con moderación durante el periodo de crecimiento, dejando que la tierra se seque ligeramente entre los distintos riegos.

A esta especie le favorece la poda un par de veces por año, preferiblemente cuando acaba el verano o cuando se va trasplantar de maceta.

3.3.4. Plagas y enfermedades

Las plagas más conocidas y más comunes en *Hedera helix* son la araña roja, cochinilla, pulgones y trips.

***Tetranychus urticae* (C. L. Koch, 1836)**: en cuanto a esta plaga, hacen daño en el envés de la hoja produciendo manchas amarillentas que luego terminan secándose y cayendo. Para evitarla se suele aumentar la humedad del medio. Para el control hay muchas materias activas que se pueden utilizar, como el Amitraz o Dicofol. También tienen enemigos naturales como *Amblyseius californicus* aunque no controlan la plaga totalmente.

***Phenacoccus sp.* (Cockerell, 1902)**: la cochinilla es una de las plagas más frecuentes en jardinería. Chupan la savia provocando hojas descoloridas y deformadas, aunque también pueden afectar en las hojas y tallos. Parte de la savia la excretan como melaza.

***Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895)**: es un insecto alargado de unos 3 mm, conocidos como trips. Hacen picaduras que causan manchas plateadas en las hojas. Para la eliminación de estas dos últimas plagas rociamos las plantas con insecticidas. Para su eliminación en el cultivo, se utilizan trampas adhesivas de color azul.

***Aphis fabae* (Scopoli, 1763)**: los pulgones son la plaga más común en *Hedera helix*. Provocan deformaciones en los brotes nuevos de la planta. Además, segregan una melaza donde se ubica la negrilla. Normalmente para su control, se utilizan productos sistémicos y para actuar contra la negrilla a base de oxiclورو de cobre.

Respecto a enfermedades en *Hedera helix*, las más comunes y características de esta especie son:

***Xanthomonas hederae* (Pammel, 1895)**: es una bacteria que realiza manchas pardas en las hojas y el tallo. Para parar la propagación de esta enfermedad, eliminamos las partes afectadas, evitando pasar la enfermedad a otras ramas.

***Alternaria alternata* (Keissler)**: es un hongo oportunista que su principal característica es la aparición de manchas negras en las hojas. Además, debilita los tejidos y decolora la planta. En fases avanzadas, aumenta el tamaño de las manchas negras pudiendo tener un tamaño de 3 o cm de tejido necrótico. Para su control, se realiza mediante el uso de fungicidas.

***Xanthosomas campestris* (Pammel, 1895)**: a las hojas le salen manchas amarillas, marrones o negras. Manchas generalmente angulares y con venas limitadas donde las venas son grandes, redondas donde no hay venas. Las manchas oscuras pueden tener halos amarillos y pueden parecer grasosas, empapadas de agua. Pudiéndose caer las hojas.

***Pseudomonas cichorii* (Swingle 1925)**: provoca manchas oscuras en las hojas y pueden tener bordes o anillos descoloridos. La decoloración puede seguir las venas de las hojas. Llegando a marchitarse, morir y caer.

***Phytophthora* sp. (Anton de Bary, 1875)**: follaje amarillo. Las plantas se marchitan, a menudo de forma repentina. Raíces y tallo cerca del suelo

oscuros, podridos, rodeados de lesiones. Las hojas tienen grandes manchas oscuras.

***Protopulvinaria pyriformis* (Cockerell, 1894):** produce melaza pegajosa y hollín negrozco. La planta crece lentamente y el follaje puede amarillear.

***Parasaissetia nigra* (Nietner, 1861):** produce en la planta melaza pegajosa y hollín negrozco. El follaje puede amarillear debido a pequeños insectos en hojas o tallos.

También podemos encontrar otras enfermedades, como hongos, *Phyllosticta sp.*, *Glomerella sp.* o *Septoria sp.* que provocan la antracnosis en el cultivo, produciendo manchas necróticas en las hojas que luego terminan marchitando.

3.3.5. Propagación

El método más utilizado para la propagación en *Hedera helix* es por esquejes que se escogen a partir de las ramas fértiles. Se cortan esquejes apicales de 8 a 10 cm haciendo que queden de 2 a 3 nudos con hojas en el esqueje. Se plantan en maceta con sustrato fértil con alto contenido en materia orgánica y con buen drenaje. Empiezan a enraizar a los 15-20 días, bajo invernadero. Las variedades con hojas variegadas les cuesta más tiempo enraizar.

La *Hedera helix* se multiplica en cualquier época al año mientras las condiciones ambientales sean las ideales.

3.3.6. Salinidad

Como se menciona anteriormente, la especie *Hedera helix*, es resistente a lugares con contaminación por dióxido de azufre. Esta especie, en muchas ocasiones crece abundantemente en los acantilados calcáreos del sur de Inglaterra, aunque con frecuencia, a sus hojas les aparece la enfermedad clorosis, no viéndose sus hojas con un color verde normal, ya que es muy sensible a la sal (Bannister, (1976), citado por Metcalfe (2005).

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Situación

El ensayo experimental se llevó a cabo en época primavera-verano del año 2021, en un invernadero experimental de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería en la Sección Ingeniería Agraria de la Universidad de La Laguna. Ubicado en el Camino San Miguel de Geneto, en el municipio de San Cristóbal de La Laguna (Islas Canarias). La instalación se encuentra a una latitud de 28°28'45"N y a una longitud de 16°19'07"W a 549 m sobre el nivel del mar.



Figura 10. Ubicación del invernadero.

4.2. Material vegetal

El ensayo experimental comparó dos especies de plantas ornamentales, que se regaron con tres tratamientos distintos, para la comparación de su comportamiento frente a los distintos grados de salinidad de estas aguas.

Las especies elegidas son *Bougainvillea spectabilis* y *Hedera helix*. Estas especies fueron elegidas deliberadamente para comprobar la certeza de que la *Bougainvillea spectabilis* es una especie resistente a la salinidad y que *Hedera helix* tiene baja resistencia a las sales, según estudios realizados anteriormente.

El 30 de abril, adquirimos las dos especies de plantas de un vivero especializado, un total de 108 plantas, 54 de cada especie. Las plantas de la especie *Bougainvillea spectabilis* venían presentadas en macetas de 12 cm de diámetro, con tierra como sustrato, decidiendo mantener el mismo. Por otro lado, la *Hedera helix* las obtuvimos en macetas muy pequeñas por lo que se optó por trasplantarlas a macetas de 12 cm de diámetro, con sustrato de proporción 1:1:0.5 tierra, arena, picón.

Colocamos las plantas bajo el invernadero de tipo canario, con una cubierta de policarbonato, perteneciente a la Sección, todas sobre una misma mesa de forma rectangular con aproximadamente 1.20 m de alto. Siguiendo un diseño experimental de bloques al azar, formado por tres bloques, cada bloque subdividido por las dos especies, donde irán fragmentadas en tres filas, cada una por cada tratamiento en orden aleatorio. Cada una de estas filas formada por 6 plantas. Las filas se situaron a 25-30 cm de espacio entre ellas para que no hubiera mezcla de tratamientos.

Los tratamientos indicados con diferentes tipos de agua con distintas calidades (agua desalada, agua testigo y agua de rechazo)

Los tratamientos son los siguientes:

T1: Agua desalada de origen marino.

T2: Agua testigo procedente de galería y pozo.

T3: Agua de rechazo. Siendo la salmuera del agua testigo desalinizada.

En la siguiente Tabla 16 se explica el diseño estadístico utilizado.

Tabla 16. Diseño estadístico.

| BLOQUE 1 | | | | | | BLOQUE 2 | | | | | | BLOQUE 3 | | | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| E1 | | | E2 | | | E2 | | | E1 | | | E1 | | | E2 | | |
| B1T1 | B1T2 | B1T3 | B1T2 | B1T3 | B1T1 | B2T1 | B2T3 | B2T2 | B2T3 | B2T1 | B2T2 | B3T1 | B3T2 | B3T3 | B3T2 | B3T3 | B3T1 |
| B1T1.1 | B1T2.1 | B1T3.1 | B1T2.1 | B1T3.1 | B1T1.1 | B2T1.1 | B2T3.1 | B2T2.1 | B2T3.1 | B2T1.1 | B2T2.1 | B3T1.1 | B3T2.1 | B3T3.1 | B3T2.1 | B3T3.1 | B3T1.1 |
| B1T1.2 | B1T2.2 | B1T3.2 | B1T2.2 | B1T3.2 | B1T1.2 | B2T1.2 | B2T3.2 | B2T2.2 | B2T3.2 | B2T1.2 | B2T2.2 | B3T1.2 | B3T2.2 | B3T3.2 | B3T2.2 | B3T3.2 | B3T1.2 |
| B1T1.3 | B1T2.3 | B1T3.3 | B1T2.3 | B1T3.3 | B1T1.3 | B2T1.3 | B2T3.3 | B2T2.3 | B2T3.3 | B2T1.3 | B2T2.3 | B3T1.3 | B3T2.3 | B3T3.3 | B3T2.3 | B3T3.3 | B3T1.3 |
| B1T1.4 | B1T2.4 | B1T3.4 | B1T2.4 | B1T3.4 | B1T1.4 | B2T1.4 | B2T3.4 | B2T2.4 | B2T3.4 | B2T1.4 | B2T2.4 | B3T1.4 | B3T2.4 | B3T3.4 | B3T2.4 | B3T3.4 | B3T1.4 |
| B1T1.5 | B1T2.5 | B1T3.5 | B1T2.5 | B1T3.5 | B1T1.5 | B2T1.5 | B2T3.5 | B2T2.5 | B2T3.5 | B2T1.5 | B2T2.5 | B3T1.5 | B3T2.5 | B3T3.5 | B3T2.5 | B3T3.5 | B3T1.5 |
| B1T1.6 | B1T2.6 | B1T3.6 | B1T2.6 | B1T3.6 | B1T1.6 | B2T1.6 | B2T3.6 | B2T2.6 | B2T3.6 | B2T1.6 | B2T2.6 | B3T1.6 | B3T2.6 | B3T3.6 | B3T2.6 | B3T3.6 | B3T1.6 |

Leyenda: B1: bloque 1; B2: bloque 2; E1: especie 1 (*Bougainvillea spectabilis*); E2: especie 2 (*Hedera helix*); T1: tratamiento 1 (agua desalada); T2: tratamiento 2 (agua testigo); T3: tratamiento 3 (agua de rechazo).

Para la obtención de los datos experimentales se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA) usando el SPSS.

4.3. Tipos de tratamientos

Respecto a los tratamientos utilizados en este estudio, se emplearon tres tipos de tratamientos, como se comenta anteriormente. Se buscaron aguas diferentes de distintas características y orígenes para la observación del desarrollo de las plantas.

Agua testigo

El agua testigo utilizada en el ensayo como tratamiento 2, es el agua que corre por las tuberías de la Sección de Ingeniería Agraria de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería que es suministrada para el riego agrícola de la misma. Dicha agua tiene origen en el canal Unión del Norte.

Unión del Norte es una comunidad de aguas creada con el objetivo de la distribución y aprovechamiento de las aguas subterráneas que se obtienen a través de galerías y pozos repartidos por la zona norte de Tenerife, desde La Orotava hasta San Cristóbal de La Laguna. Distribuyen esta agua mediante su gran red de canales, suministrando el agua para el abastecimiento urbano y la agricultura, siendo esta comunidad, una de las más importantes de la Isla.

Esta agua procede de galería o de pozos dependiendo de su caudal. El agua se extrae a través de galería si el caudal es suficiente, si no es así, se obtiene tanto de galería como de pozo.

En la Sección Ingeniería Agraria, el agua se almacena en un estanque situado a unos 400 m aproximadamente, en la finca llamada Tahonilla Alta (Figura 11).

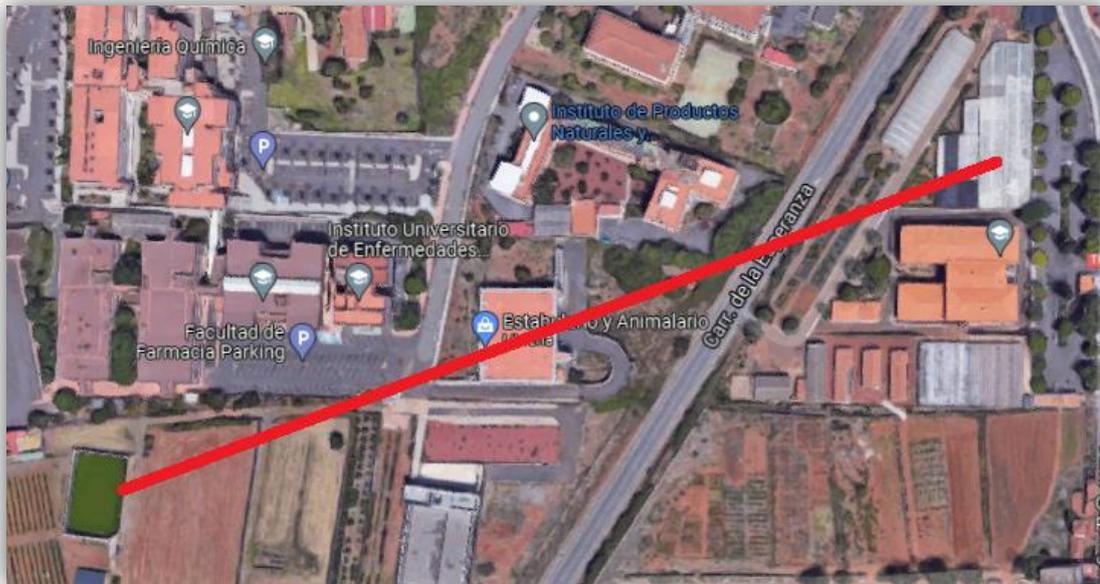


Figura 11. Distancia entre el invernadero al estanque donde se almacena el agua testigo (tratamiento 2).

En cuanto a las características de la analítica realizada por Canarias Explosivos, S. A. se puede observar que el agua testigo tiene, en general, unos valores considerados normales para un agua de riego. Teniendo un pH alto de 9, Conductividad Eléctrica de 1.03mS/cm, sales disueltas 0.72 g/l y unos parámetros de aniones y cationes usualmente normales.

Agua desalada

El agua desalada se consigue a través del proceso de desalación. Con este proceso se elimina la sal del agua, tanto de agua marina como de agua salobre. En nuestro caso, el tratamiento 1 se trata de agua desalinizada de mar.

Esta agua se produce a través de una planta desaladora de mar por osmosis inversa de pequeña escala, situada en la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Sección de Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval, en Santa Cruz de Tenerife.

La planta desaladora utilizada en el estudio se trata de una planta de una sola etapa. En la Figura 12 se explica cómo es el procedimiento que realiza el agua.

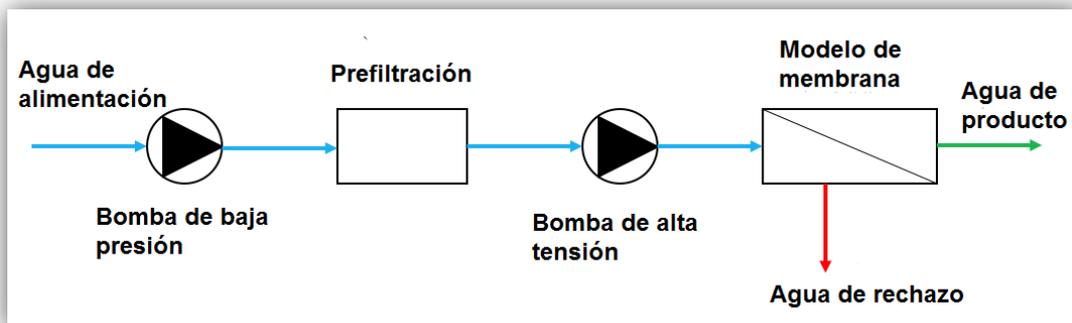


Figura 12. Disposición de la planta desaladora de agua de mar de una etapa.

Esta planta desaladora consiste en una bomba con baja presión que lleva el agua salada hasta el dispositivo después de pasar por un sistema de prefiltración. A través de la prefiltración, pasa por un filtro de disco y tres filtros de cartucho (Figura 13). Cuando el agua ya está filtrada, se entrega a una membrana donde una bomba de alta presión proporciona la presión suficiente para obligar al agua entrante a fluir a través de dicha membrana, superando la presión osmótica y así eliminando las sales.



Figura 13. Filtros de cartucho.

La planta desaladora utilizada también acepta tres membranas como máximo pero como fue usada para fines de investigación solo se le montó una.

Respecto al análisis de agua desalada realizado por Canarias Explosivos, S. A. se observó que los valores son de baja calidad, teniendo en muchos de los parámetros bajas concentraciones. Sin embargo, el pH se considera normal con un valor de 7'3. En cuanto a la Conductividad Eléctrica se contempla una concentración baja siendo esta de 0.31 mS/cm y sales disueltas de 0.21 g/l.

En relación a los aniones, tienen valores muy bajos, en concreto los sulfatos tienen una concentración de 0.038 meq/L. Referente a los cationes, se vuelve a tener el mismo problema, teniendo valores insuficientes para un agua de riego agrícola. No obstante, la concentración de potasio es normal, siendo de 2.3 g/l.

Agua de rechazo

El agua de rechazo utilizada en el ensayo, es el tratamiento 3. Esta agua es la misma que la del tratamiento 2, la diferencia es que ésta es el agua de rechazo obtenida después de pasar el agua testigo por una máquina con tratamiento de ósmosis inversa. En consecuencia, el origen del agua tratada proviene también del canal Unión del Norte.

Al ser el agua restante del proceso de osmosis inversa, en ella quedan las impurezas y hay mayor concentración de sales, que son las que se eliminan tras pasar el agua por las membranas.

En cuanto a la analítica del agua de rechazo, la mayoría de los valores se ven incrementados, exceptuando el pH, que sigue siendo el mismo con un valor de 9 y en el caso del calcio, que disminuye de 0.78 meq/L a 0.65 meq/L. El resto de valores se ven aumentados a causa de la osmosis inversa.

4.4. Procedimiento

Para el comienzo de este estudio, se ordenaron las plantas (Figura 14, 15 y 16) con el diseño experimental de bloques al azar comentado anteriormente. Se tomaron medidas previas, antes del comienzo del tratamiento, de cada una de las plantas para la observación del crecimiento de cada una de ellas por separado.



Figura 14. Bloque 1.



Figura 15. Bloque 2.



Figura 16. Bloque 3.

Las medidas de cada planta se recogieron cada dos semanas después de las primeras, siendo el primer día de datos el 31 de mayo y el último el 23 de agosto, sumando siete mediciones distribuidas en trece semanas. En el caso de *Bougainvillea spectabilis* y *Hedera helix* se tomaron los mismos tipos de datos:

- Altura de la planta: se midió con cinta métrica la altura de cada planta, desde el brote más alto hasta la tierra.
- Diámetro de la planta: se midió con cinta métrica el ancho de la planta, teniendo en cuenta que siempre se realizara la medición por el mismo lado.

En la primera medición se marcó el brote más joven y largo y en él se midió:

- Longitud del brote: se midió el brote marcado desde la base de ese brote hasta el final.
- Entrenudo final: se marcó el último entrenudo y se fue midiendo con escalímetro calibrador digital (Figura 17) mientras crecía en cada medición.



Figura 17. Material para la realización de las medidas.

En cuanto a los tratamientos añadidos, se aplicó el riego con un vaso medidor para comprobar que cada planta se le agregaba la misma cantidad de agua.

Según las indicaciones obtenidas por el vivero, en *Bougainvillea spectabilis* se recomendó una dosis de riego de 100-150 cm³ al día y a *Hedera helix* una dosis de 100-200 cm³ al día. La aplicación de esta dosis dependió de las temperaturas del medio. En algunos días con olas de calor de julio y agosto, se le añadió el doble de dosis al día a cada planta para evitar estrés hídrico.

5. OBSERVACIONES DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO

5.1. Tratamientos para el control de plagas y enfermedades

Respecto a las plagas que afectaron a los cultivos, en el comienzo del ensayo, tanto *Bougainvillea spectabilis* como *Hedera helix* no presentaron ningún problema de cara a la salud de las plantas.

Fue 4 semanas después, aproximadamente el 21 de junio cuando se pudo observar problemas en una planta del tratamiento 1 y otra del tratamiento 2 de la especie *Hedera helix*. Los síntomas que presentaron, fue la sequedad de las hojas y tallos de toda la planta, quedando solo un brote verde que al poco tiempo murió. Después de las observaciones (Figura 18), mediante la cámara húmeda comprobamos que tenían *Fusarium oxysporum* y se pudieron observar nemátodos en la tierra.



Figura 18. Observación de *Hedera helix*.

Aproximadamente en la tercera semana de julio, en *Hedera helix*, se vieron pulgones en algunas plantas del tratamiento 3. Para eliminar esta plaga se le dio un tratamiento de Aphox (1 g/l) el día 17 julio.

A finales de julio se pudo observar en diferentes plantas del bloque 2, principalmente en las plantas con el tratamiento 3 síntomas afectados por araña roja. Al principio solo se vieron afectadas algunas hojas, secándose (Figura 19). Sin embargo, la ola de calor producida a finales de julio y principios de agosto, incrementó la plaga por las plantas que tenía alrededor, muriendo un total de 19 plantas de la especie *Hedera helix* a causa de esta plaga.



Figura 19. Araña roja en *Hedera helix*.

En cuanto a plagas observadas en *Bougainvillea spectabilis*, se observó que en las plantas con el tratamiento 3 fueron más susceptibles a la cochinilla (Figura 20), donde se vió en varias plantas distribuidas por las hojas y tallos. No obstante, esta plaga no afectó severamente en su salud.



Figura 20. Cochinilla en *Bougainvillea spectabilis*.

5.2. Datos climáticos

Durante la realización del ensayo se midió la temperatura y humedad relativa durante todos los meses que duró el mismo. A continuación, se procede a describir cada uno de los datos climáticos señalados.

5.2.1. Temperatura

La experiencia se realizó en los meses de primavera-verano, siendo éstos los meses con mayores valores de temperatura del año.

En la Tabla 17, 18, 19 y 20 se puede observar los valores de temperatura media, máxima y mínima correspondiente al mes de mayo, junio, julio y agosto respectivamente. Así mismo la Gráfica 1, 2, 3 y 4 se muestran la evolución de las mismas durante los meses indicados.

Tabla 17. Temperatura del mes de mayo.

| TEMPERATURA MEDIA (°C) | TEMPERATURA MÁXIMA (°C) | TEMPERATURA MÍNIMA (°C) |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 18,01 | 34,28 | 11,71 |

Gráfica 1. Evolución de las temperaturas dentro del invernadero en el mes de mayo.

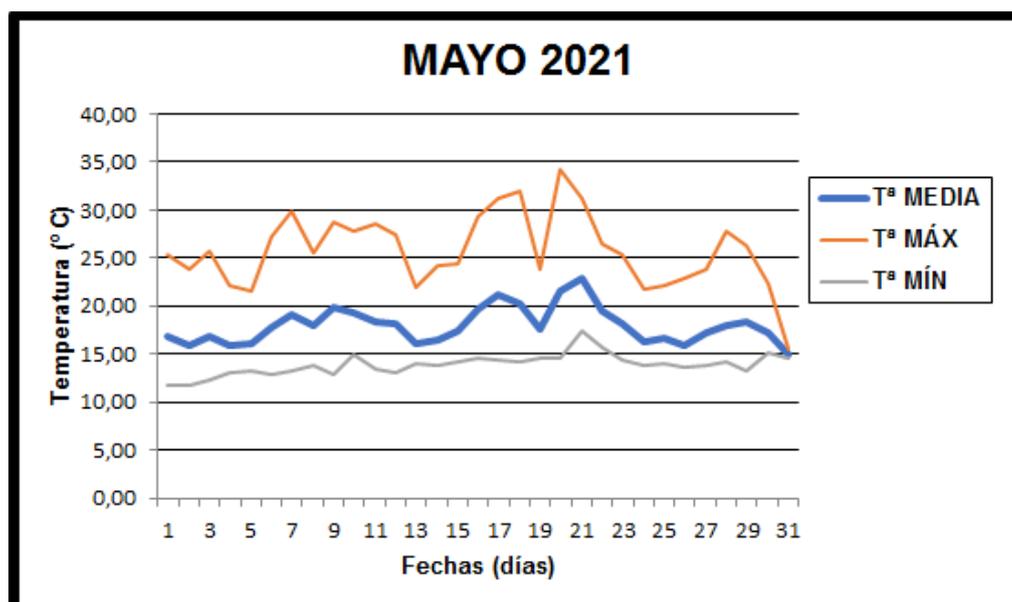
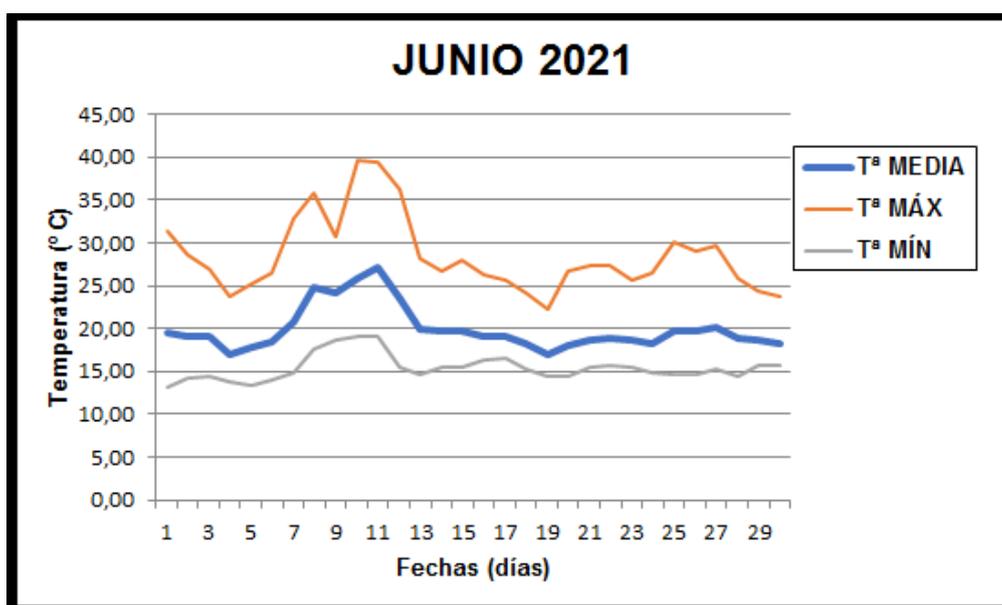


Tabla 18. Temperatura del mes de junio.

| TEMPERATURA MEDIA (°C) | TEMPERATURA MÁXIMA (°C) | TEMPERATURA MÍNIMA (°C) |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 19,92 | 39,60 | 13,19 |

Gráfica 2. Desarrollo de las temperaturas dentro del invernadero en el mes de junio.

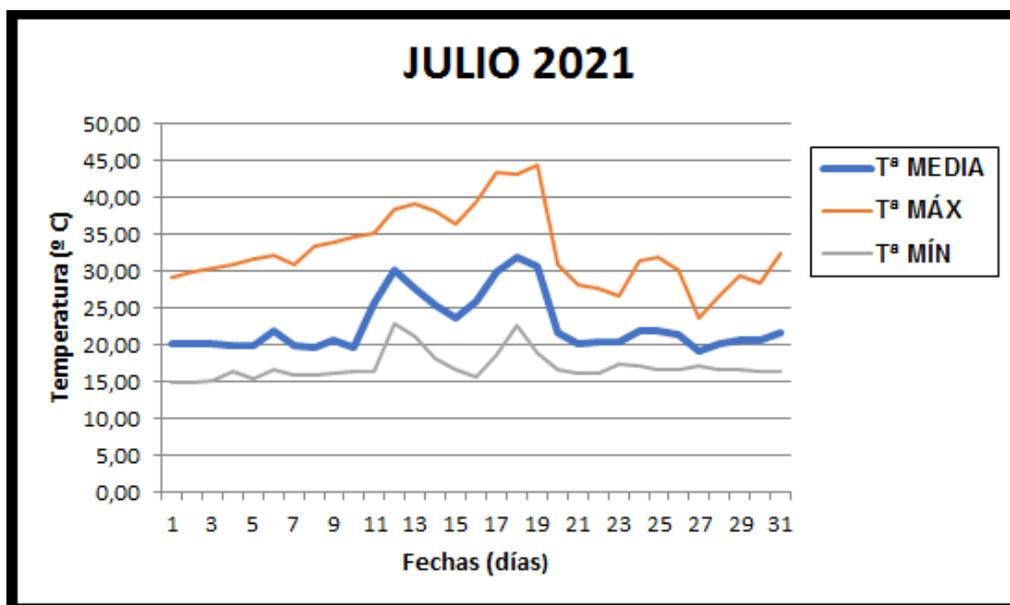


En el mes de junio se puede observar un incremento de las temperaturas medias, máximas y mínimas, respecto al mes anterior.

Tabla 19. Temperatura del mes de julio.

| TEMPERATURA MEDIA (°C) | TEMPERATURA MÁXIMA (°C) | TEMPERATURA MÍNIMA (°C) |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 22,66 | 44,23 | 14,79 |

Gráfica 3. Desarrollo de las temperaturas dentro del invernadero del mes de julio.

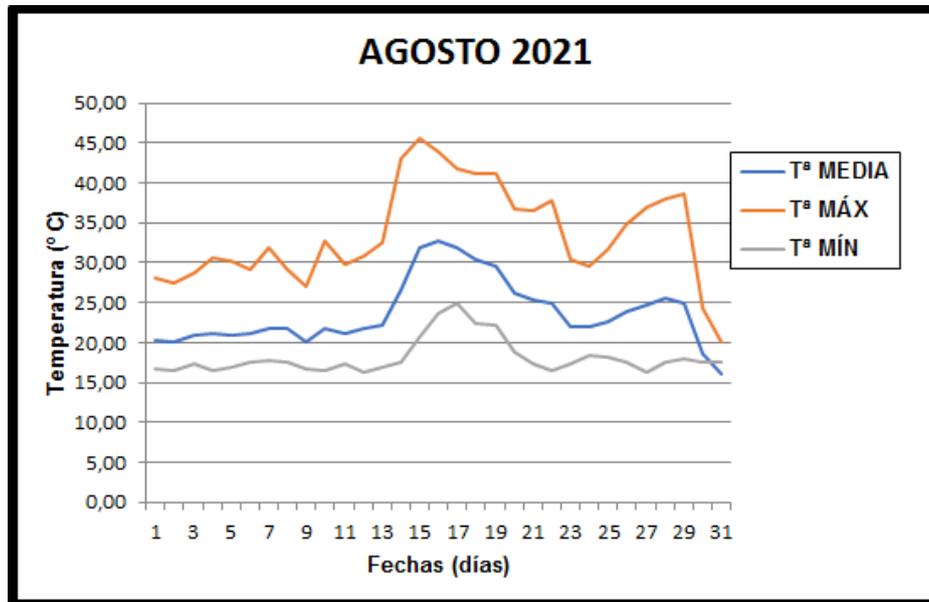


Como se puede observar a mediados del mes de julio se alcanzaron altas temperaturas coincidiendo con una ola de calor, arrojando temperaturas máximas de hasta 45°C.

Tabla 20. Temperatura del mes de agosto.

| TEMPERATURA MEDIA (°C) | TEMPERATURA MÁXIMA (°C) | TEMPERATURA MÍNIMA (°C) |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 23,70 | 45,50 | 16,27 |

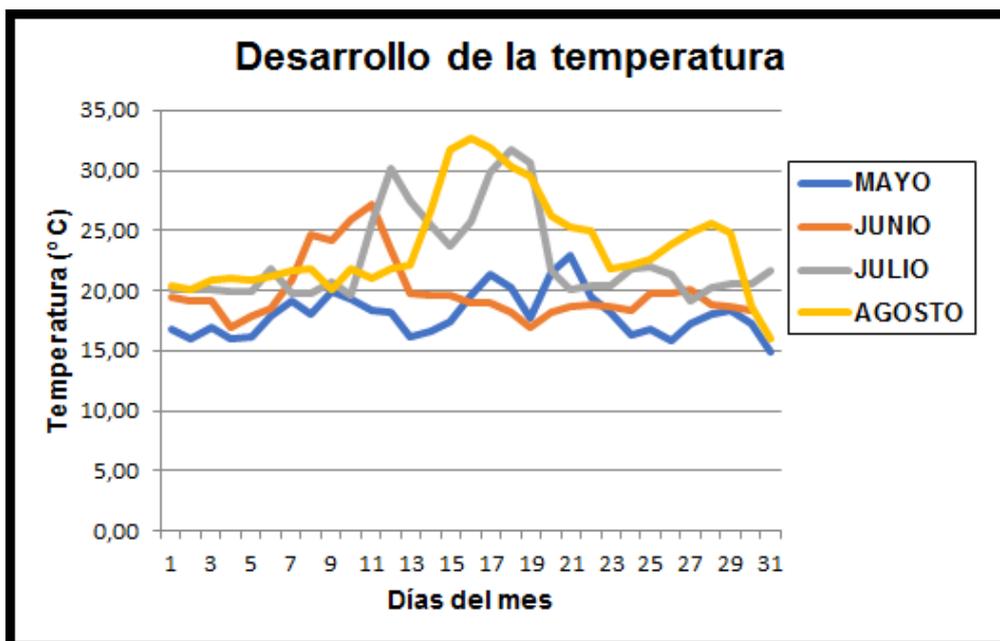
Gráfica 4. Desarrollo de las temperaturas dentro del invernadero en el mes de agosto.



Durante el mes de agosto se contabilizaron altas temperaturas sobre todo concentradas en la segunda quincena de dicho mes.

En la siguiente Gráfica 5, observamos la evolución de la media de las temperaturas en los cuatro meses estudiados.

Gráfica 5. Desarrollo de la temperatura media en los distintos meses.



5.2.2. Humedad relativa

En la Tabla 21, 22, 23 y 24 se pueden observar los porcentajes de humedad relativa media, máxima y mínima correspondientes a los meses de mayo, junio, julio y agosto, respectivamente. Así mismo la Gráfica 6, 7, 8 y 9 muestran la evolución de la humedad relativa durante dichos meses.

Tabla 21. Humedad relativa del mes de mayo.

| HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%) | HR MÁXIMA (%) | HR MÍNIMA (%) |
|----------------------------|---------------|---------------|
| 73,11 | 92,90 | 27,20 |

Gráfica 6. Desarrollo de la humedad relativa en el mes de mayo.

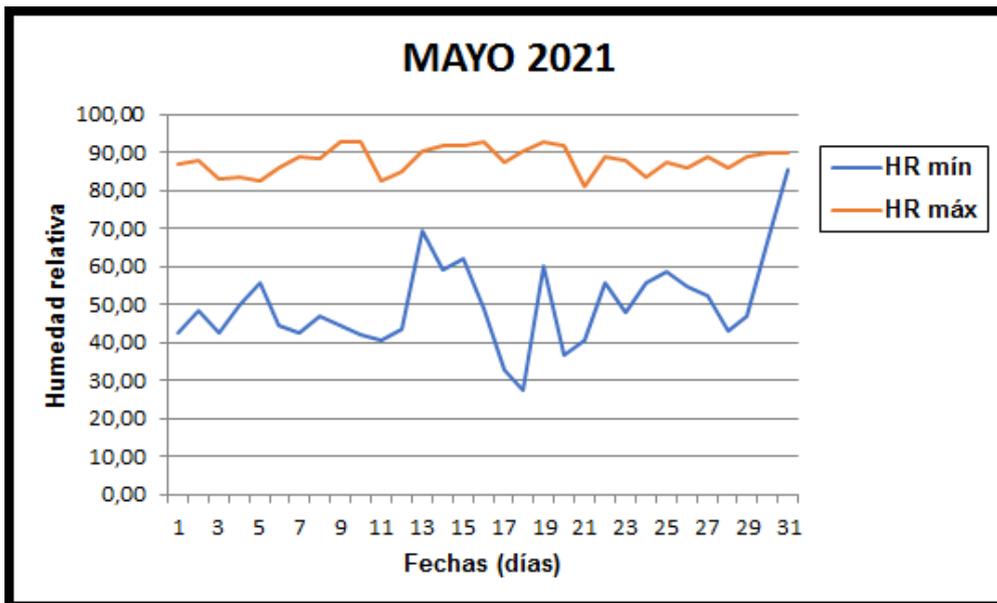
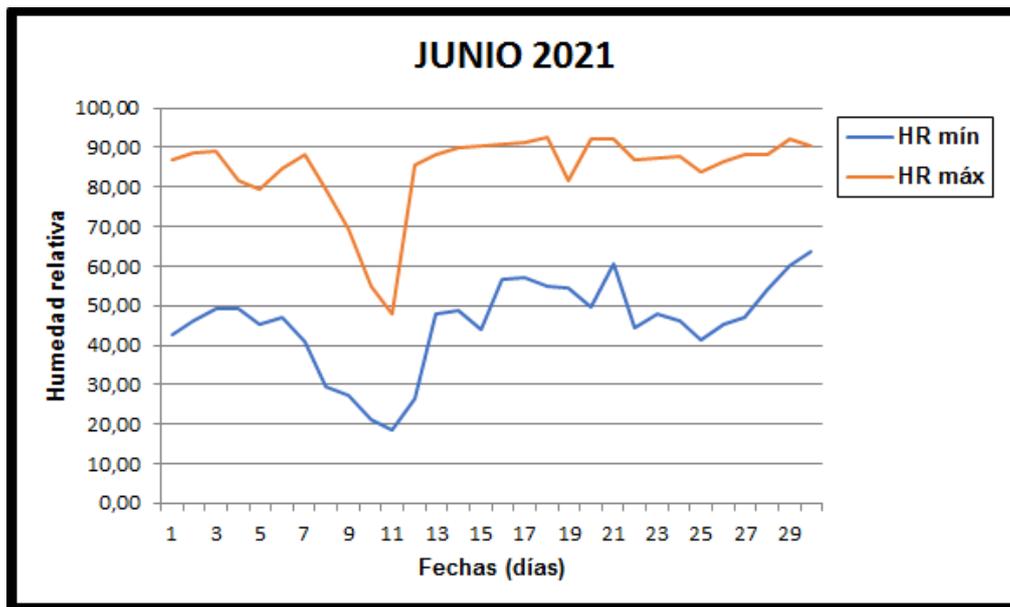


Tabla 22. Humedad relativa del mes de junio.

| HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%) | HR MÁXIMA (%) | HR MÍNIMA (%) |
|----------------------------|---------------|---------------|
| 68,46 | 92,80 | 18,70 |

Gráfica 7. Desarrollo de la humedad relativa del mes de junio.

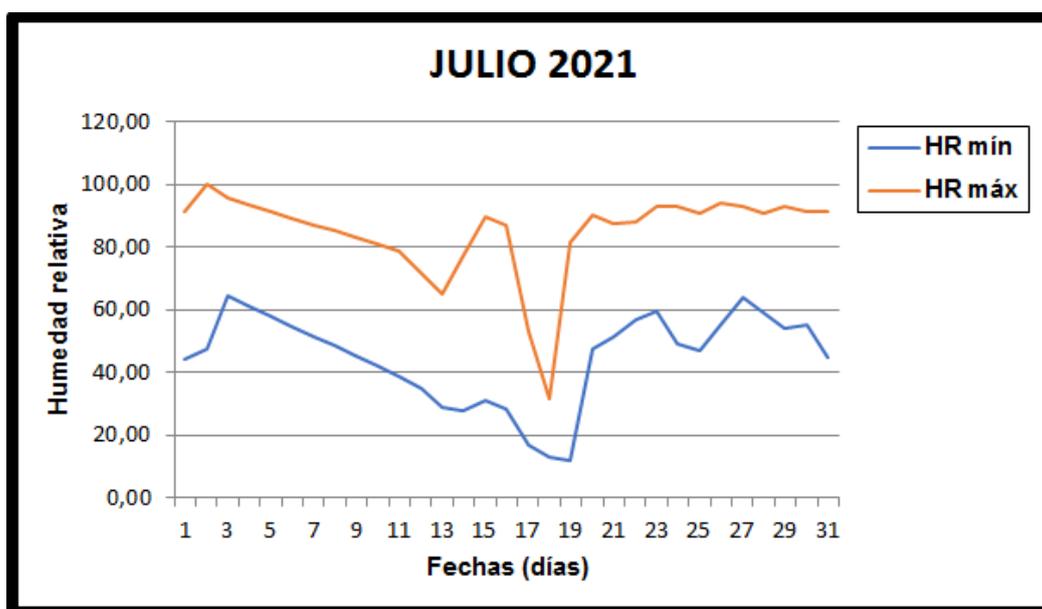


La humedad relativa aumenta a mediados del mes, como ocurre con la temperatura.

Tabla 23. Humedad relativa del mes de julio.

| HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%) | HR MÁXIMA (%) | HR MÍNIMA (%) |
|----------------------------|---------------|---------------|
| 64,66 | 95,45 | 12 |

Gráfica 8. Desarrollo de la humedad relativa del mes de julio.

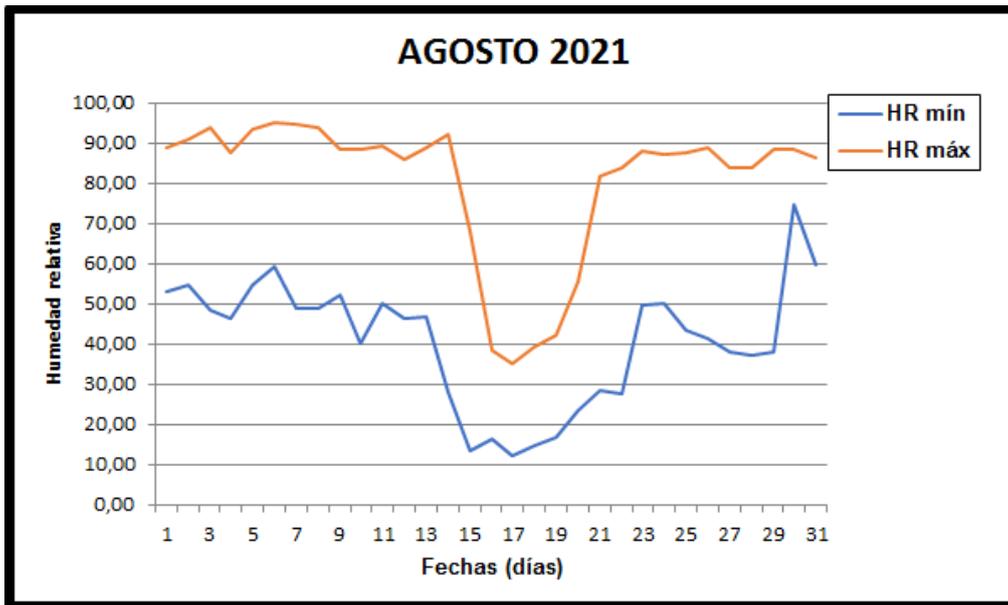


Como puede observarse hay un apreciado aumento de la humedad, llegando a valores del 95% al inicio del mes, coincidiendo además con un registro de altas temperaturas.

Tabla 24. Humedad relativa del mes de agosto.

| HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%) | HR MÁXIMA (%) | HR MÍNIMA (%) |
|----------------------------|---------------|---------------|
| 63,43 | 95,20 | 12,20 |

Gráfica 9. Desarrollo de la humedad relativa del mes de agosto.



Durante el mes de agosto se aprecia un descenso de los valores de humedad relativa, concentrada a mitad de mes, coincidiendo con un aumento de las temperaturas máximas.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Influencia de los distintos tratamientos en el desarrollo de *Bougainvillea spectabilis*.

6.1.1. Medias de altura en cada tratamiento.

Se determinó en las 54 plantas de *Bougainvillea spectabilis*, 18 con cada uno de los tratamientos. Con los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza para conocer si existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de aguas utilizadas.

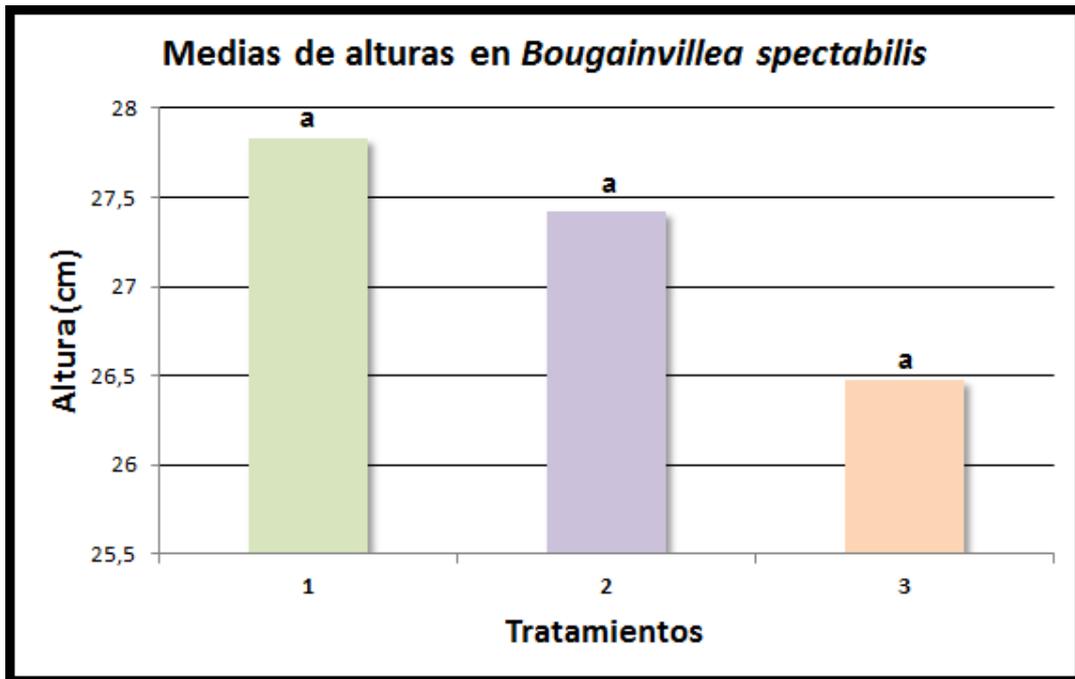
6.1.1.1. Primera medición: día 14 de junio de 2021.

En la Tabla 25 y Gráfica 10 se muestran las medias de las alturas obtenidas en función a los tratamientos utilizados. Dichos datos se sometieron a análisis de varianza con un nivel de significación del 5%.

Tabla 25. Medias de la altura de *B. spectabilis* en función a los distintos tratamientos.

| TRATAMIENTO | MEDIA DE ALTURA (cm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|----------------------|----------------|
| 1 | 27,8333 | a |
| 2 | 27,4167 | a |
| 3 | 26,4722 | a |
| Sig. | ,803 | |

Gráfica 10. Medias de alturas en *B. spectabilis*.



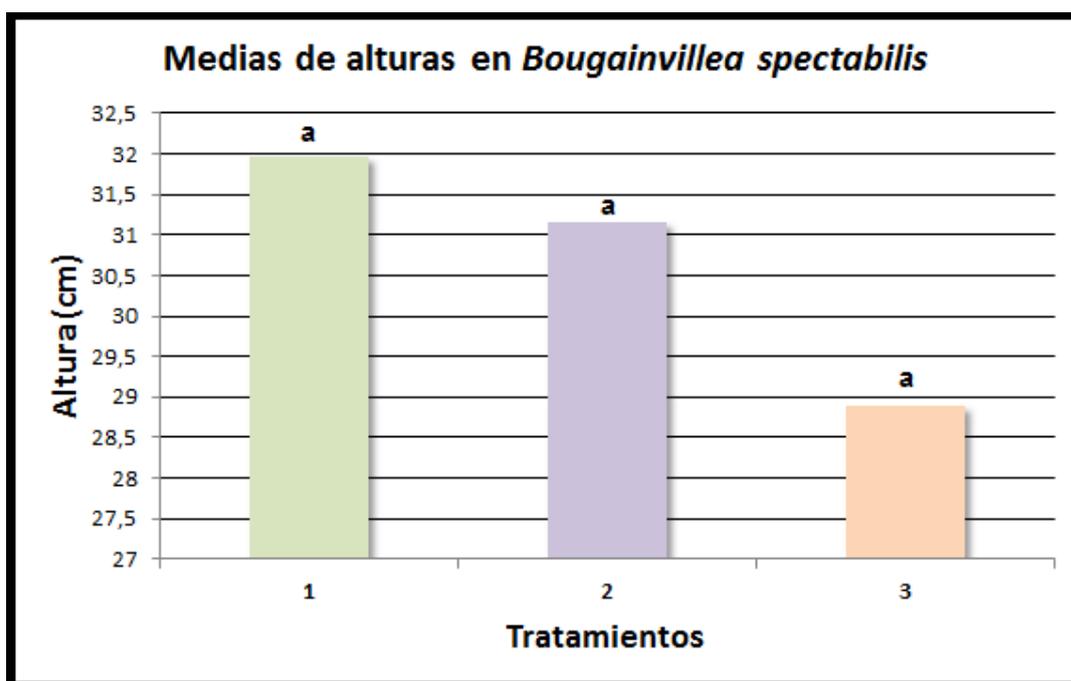
6.1.1.2. Segunda medición: día 12 de julio de 2021.

A las cuatro semanas del inicio del ensayo, se realizó la segunda medición de este parámetro. Podemos ver en la tanto en la Tabla 26 como en la Gráfica 11, como no existieron diferencias significativas en los tres tratamientos.

Tabla 26. Medias de alturas en *B. spectabilis*.

| TRATAMIENTO | MEDIA DE ALTURA (cm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|----------------------|----------------|
| 1 | 31,9722 | a |
| 2 | 31,1667 | a |
| 3 | 28,8889 | a |
| Sig. | ,454 | |

Gráfica 11. Medias de altura en *B. spectabilis*.



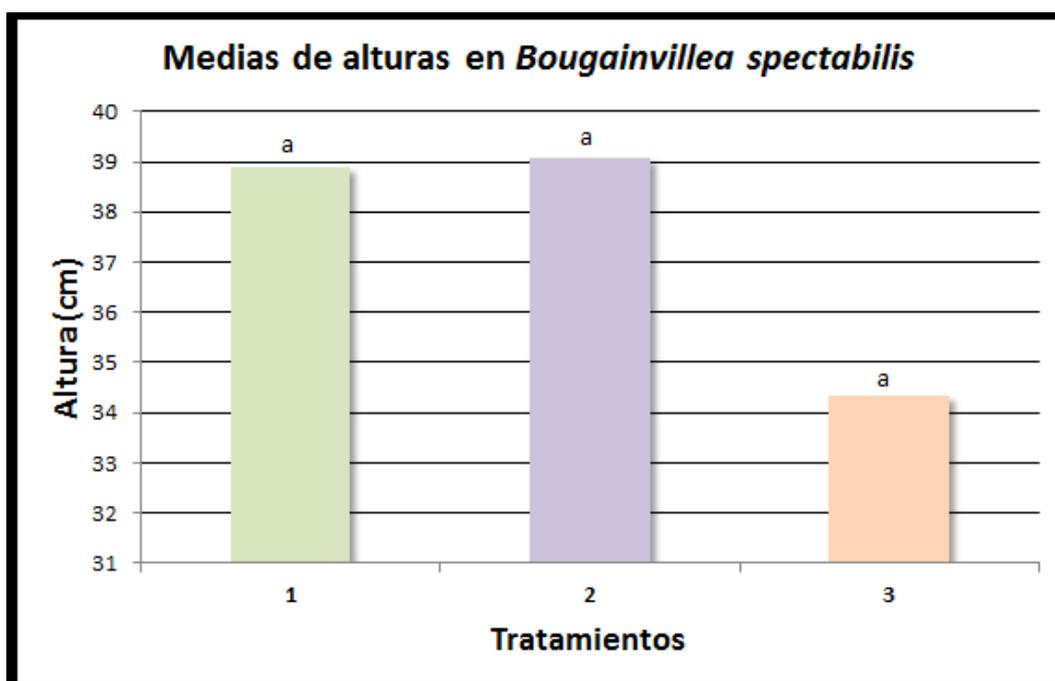
6.1.1.3. Tercera medición: día 23 de agosto de 2021.

Al finalizar el ensayo, no existieron diferencias significativas entre los tres tratamientos, tal y como se puede observar en la Tabla 27 y en la Gráfica 12.

Tabla 27. Medias de la altura de *Bougainvillea spectabilis* en función a los distintos tratamientos.

| TRATAMIENTO | MEDIA DE ALTURA (cm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|----------------------|----------------|
| 1 | 38,8889 | a |
| 2 | 39,0833 | a |
| 3 | 34,3333 | a |
| Sig. | ,152 | |

Gráfica 12. Medias de alturas en *Bougainvillea spectabilis*.



De la Gráfica 12, se desprende, que a pesar de no haber diferencias significativas entre los tratamientos, las plantas del tratamiento 3 (agua de rechazo) presentaron en todas las mediciones una menor altura, ocurriendo lo contrario justamente en el tratamiento 2 (agua testigo).

La *Bougainvillea spectabilis* es una especie resistente a la salinidad, por lo que la mayor concentración de sales en el tratamiento 3 con respecto a los demás tratamientos, no es la razón fundamental por la cual tiene menor altura. Puede que a esta especie le afecte la mayor presencia de bicarbonatos que contiene esta agua, ya que la planta tiene un mejor desarrollo con el tratamiento 2, teniendo una menor concentración de bicarbonatos (ver Anexos 1 y 3). Los resultados obtenidos coinciden con lo observado por Cameron *et al.* (2004) que en las plantas destinadas a jardinería el crecimiento máximo de ellas, a veces, no es esencial y un excesivo vigor no suele ser deseable. Por esta razón, el uso de aguas con altas concentraciones en sales, puede ser una alternativa para lograr un crecimiento más lento (Niu & Rodríguez, 2006).

6.1.2. Medias de diámetro en cada tratamiento

Se determinó este parámetro en las 54 plantas de *Bougainvillea spectabilis*, 18 con cada uno de los tratamientos. Con los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza para conocer si existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de aguas utilizadas.

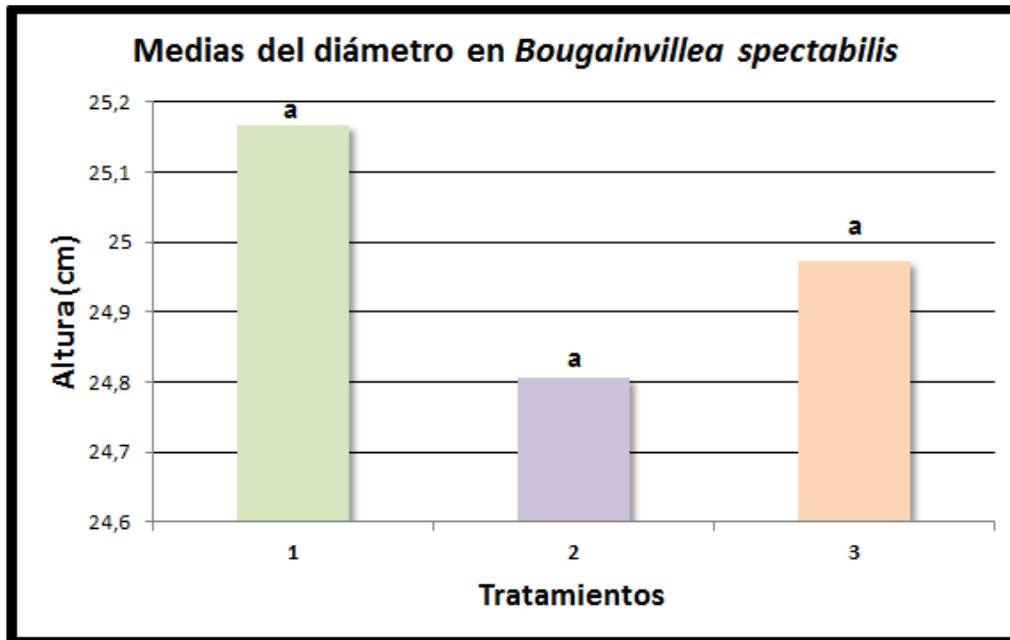
6.1.2.1. Primera medición: día 14 de junio de 2021.

En la Tabla 28, se muestran las medias de los diámetros obtenidos en función a los tratamientos utilizados. Dichos datos se sometieron a análisis de varianza con un nivel de significación del 5%. En la Gráfica 13 se observa como no hay diferencias significativas entre los tratamientos empleados.

Tabla 28. Medias del diámetro en *B. spectabilis* en función a los tratamientos.

| TRATAMIENTO | MEDIA DEL DIÁMETRO (cm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|-------------------------|----------------|
| 1 | 25,1667 | a |
| 2 | 24,8056 | a |
| 3 | 24,9722 | a |
| Sig. | ,966 | |

Gráfica 13. Medias del diámetro en función a los tratamientos.



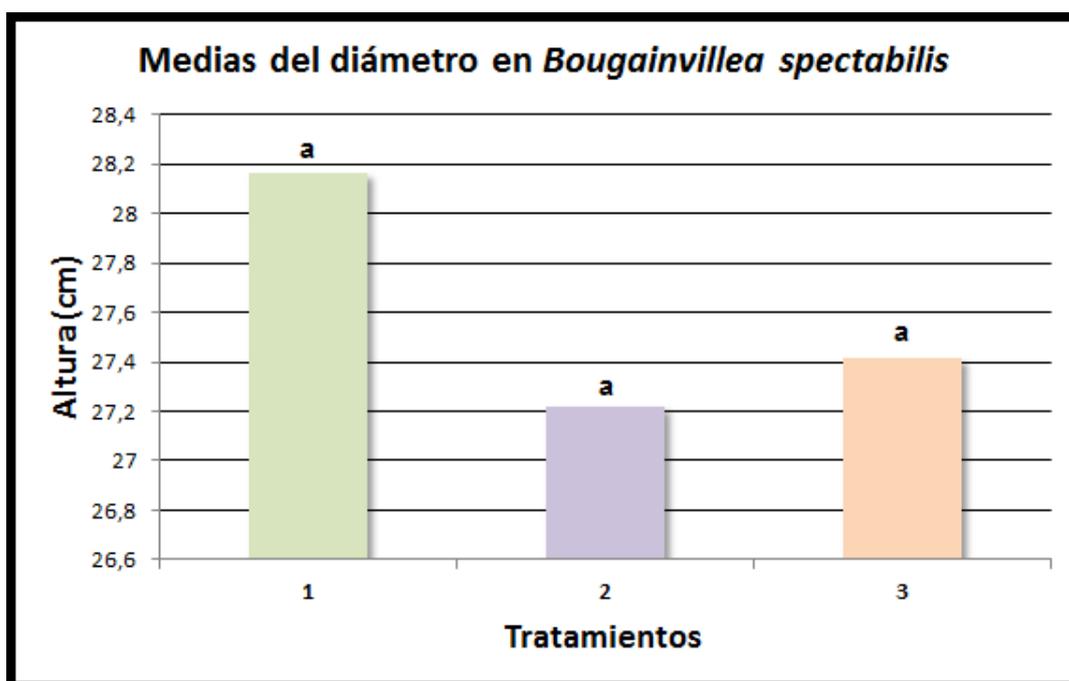
6.1.2.2. Segunda medición: día 12 de julio de 2021.

En la Tabla 29, se reflejan las medias de los diámetros de las plantas analizadas. En la Gráfica 14, se observa que no existen diferencias significativas entre los tratamientos ya que todos pertenecen al mismo grupo homólogo.

Tabla 29. Medias del diámetro.

| TRATAMIENTO | MEDIA DEL DIÁMETRO (cm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|-------------------------|----------------|
| 1 | 28,1667 | a |
| 2 | 27,2222 | a |
| 3 | 27,4167 | a |
| Sig. | ,812 | |

Gráfica 14. Medias del diámetro.



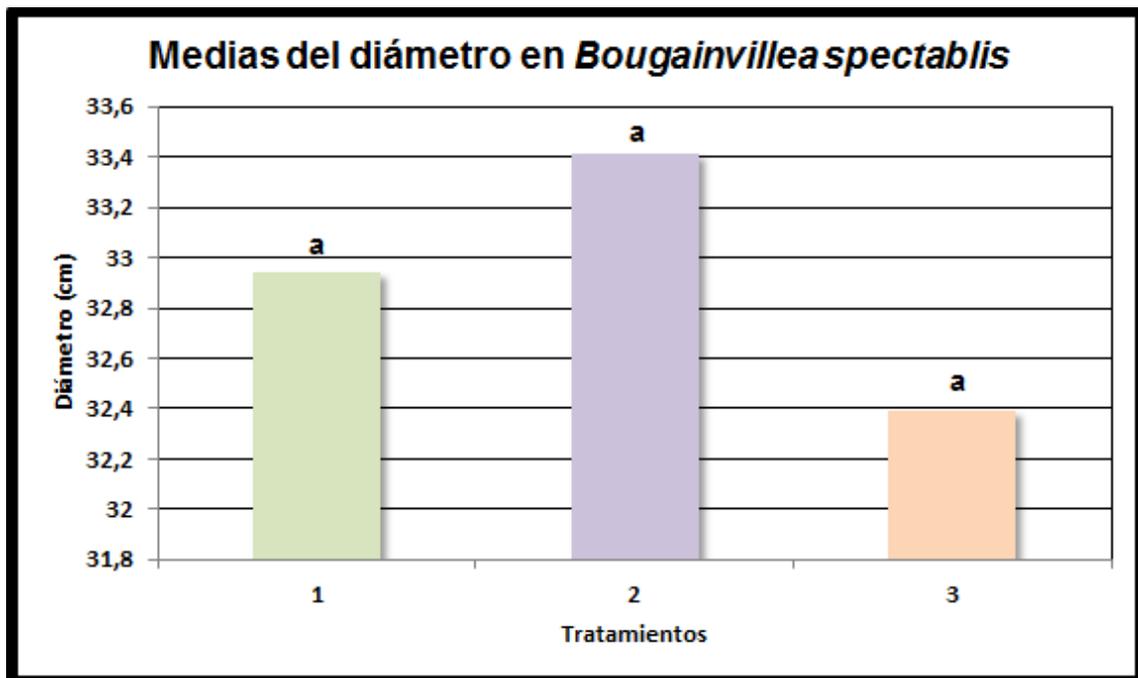
6.1.2.3. Tercera medición: día 23 de agosto de 2021

Al finalizar el ensayo, se observa que no existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (Tabla 30 y Gráfica 15).

Tabla 30. Medias del diámetro de *Bougainvillea spectabilis* en función a los distintos tratamientos.

| TRATAMIENTO | MEDIA DEL DIÁMETRO (cm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|-------------------------|----------------|
| 1 | 32,9444 | a |
| 2 | 33,4167 | a |
| 3 | 32,3889 | a |
| Sig. | ,798 | |

Gráfica 15. Medias de diámetros en *Bougainvillea spectabilis*.



En la Gráfica 15, se observa que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos utilizados con respecto al diámetro. Sin embargo, las plantas del tratamiento 2 (agua testigo) exhibieron mayor crecimiento con respecto a los otros tratamientos.

Según Shannon & Grieve (1999), citado por Cassaniti, *et al.* (2012) el crecimiento foliar también se puede ver reducido por deficiencias de nutrientes, así como por la presencia de iones que en concentraciones elevadas pueden ser tóxicos para la planta, además de por el estrés hídrico provocado por las sales.

6.1.3. Medias de la longitud del brote marcado en cada tratamiento

Se determinó este parámetro en las 54 plantas de *Bougainvillea spectabilis*, 18 con cada uno de los tratamientos. Se aplicó un análisis de varianza para conocer si existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de aguas utilizadas.

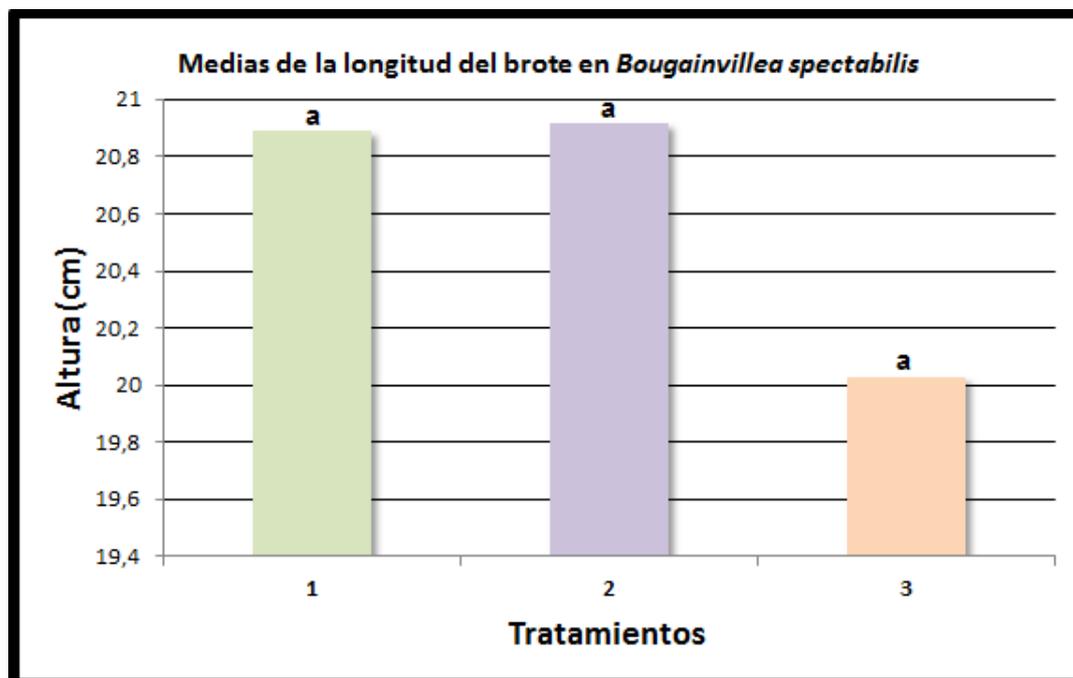
6.1.3.1. Primera medición: día 14 de junio de 2021.

En la primera medición, dos semanas del comienzo de los tratamientos, se puede observar tanto en la Tabla 31 como en la Gráfica 18 que no existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados.

Tabla 31. Medias de la longitud del brote.

| TRATAMIENTO | MEDIA DE LA LONGITUD DEL BROTE (cm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|-------------------------------------|----------------|
| 1 | 20,8889 | a |
| 2 | 20,9167 | a |
| 3 | 20,0278 | a |
| Sig. | ,945 | |

Gráfica 18. Medias de la longitud del brote.



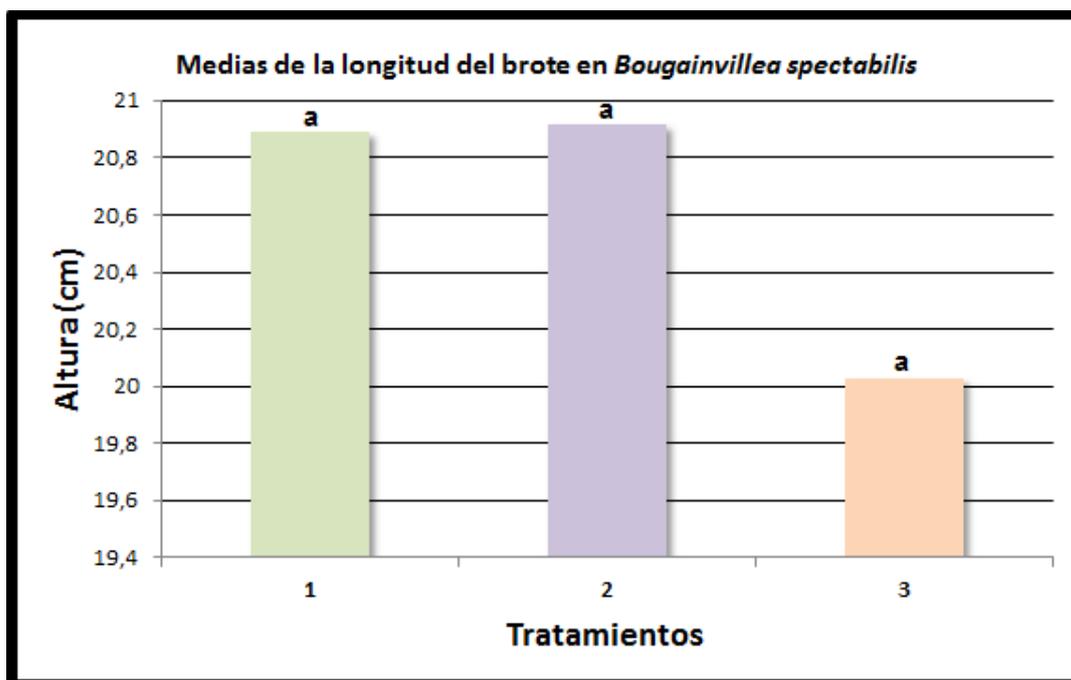
6.1.3.2. Segunda medición: día 12 de julio de 2021.

No existen diferencias significativas entre los tratamientos, ya que pertenecen al mismo grupo homólogo (Tabla 32 y Gráfica 19).

Tabla 32. Medias de la longitud del brote marcado.

| TRATAMIENTO | MEDIA DE LA LONGITUD DEL BROTE (cm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|-------------------------------------|----------------|
| 1 | 24,2222 | a |
| 2 | 24,1667 | a |
| 3 | 22,1667 | a |
| Sig. | ,789 | |

Gráfica 19. Medias de la longitud del brote.



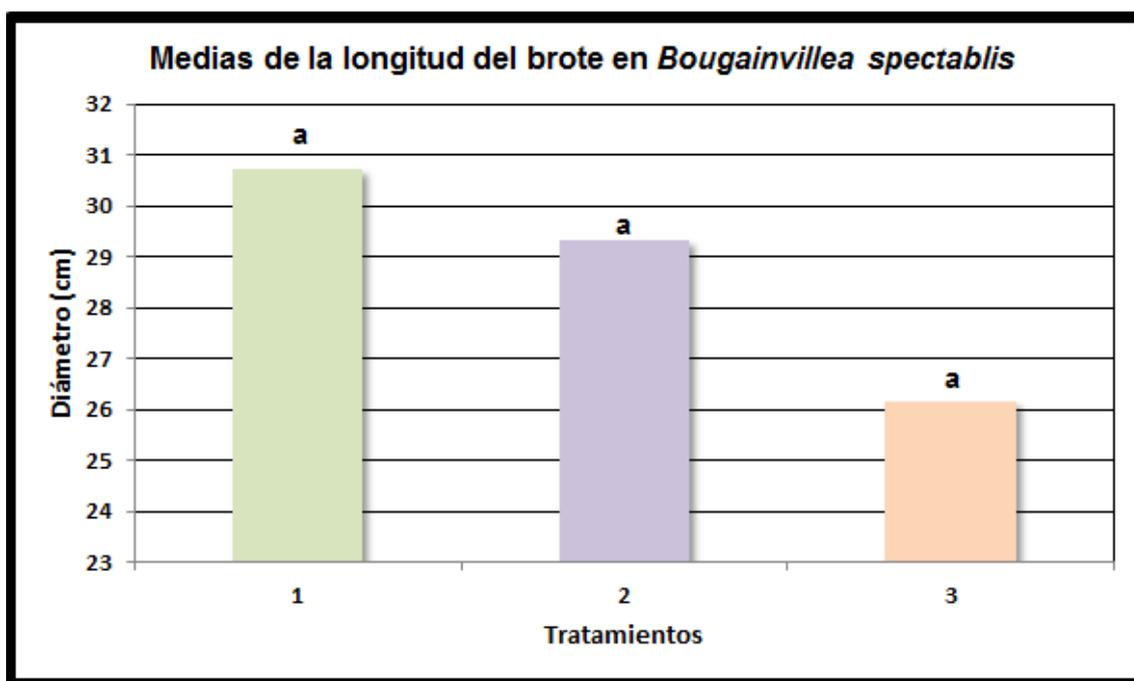
6.1.3.3. Tercera medición: día 23 de agosto de 2021

Al finalizar el proyecto, se tomó las últimas mediciones y de cuyo análisis se desprende que no existieron diferencias significativas entre los distintos tratamientos (Tabla 33).

Tabla 33. Medias de la longitud del brote de *Bougainvillea spectabilis* en función a los distintos tratamientos.

| TRATAMIENTO | MEDIA DE LA LONGITUD DEL BROTE (cm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|-------------------------------------|----------------|
| 1 | 30,7222 | a |
| 2 | 29,3333 | a |
| 3 | 26,1744 | a |
| Sig. | ,410 | |

Gráfica 20. Medias de la longitud del brote marcado de *Bougainvillea spectabilis* en función a los distintos tratamientos.



Sin embargo, se observa en la Gráfica 20 que el tratamiento 3 (agua de rechazo), aunque con poca diferencia, es el que menor crecimiento obtuvo. Estos resultados coinciden con lo observado por Cassaniti *et al.* (2012), en el que categoriza a la *Bougainvillea spectabilis* como una especie moderadamente tolerante a la salinidad, con una reducción del crecimiento entre el 25 y 50%.

6.1.4. Medias del entrenudo final en cada tratamiento

Se determinó este parámetro en las 54 plantas de *Bougainvillea spectabilis*, 18 con cada uno de los tratamientos. Se aplicó un análisis de varianza para conocer si existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de aguas utilizadas.

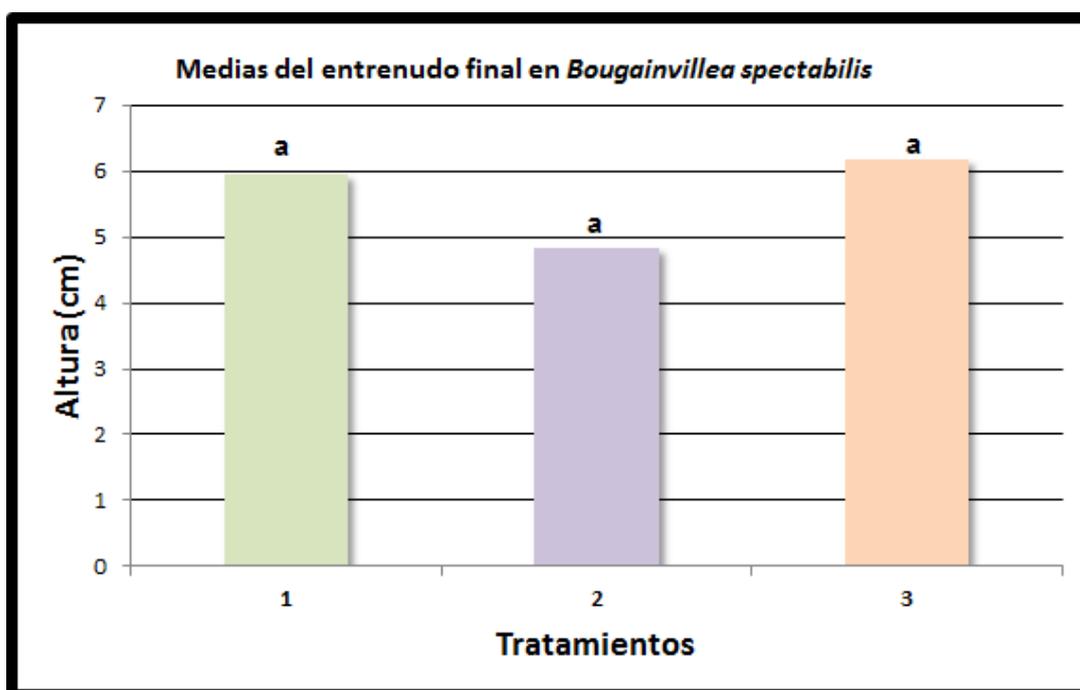
6.1.4.1. Primera medición: día 14 de junio 2021

En la Tabla 34 y en la Gráfica 22, se puede observar que no hay diferencias significativas entre los tres tratamientos ya que todos ellos pertenecen al mismo grupo homólogo.

Tabla 34. Medias del entrenudo final

| TRATAMIENTO | MEDIA DEL ENTRENUDO FINAL (mm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|--------------------------------|----------------|
| 1 | 5,9489 | a |
| 2 | 4,8211 | a |
| 3 | 6,1667 | a |
| Sig. | ,352 | |

Gráfica 22. Medias del entrenudo final.



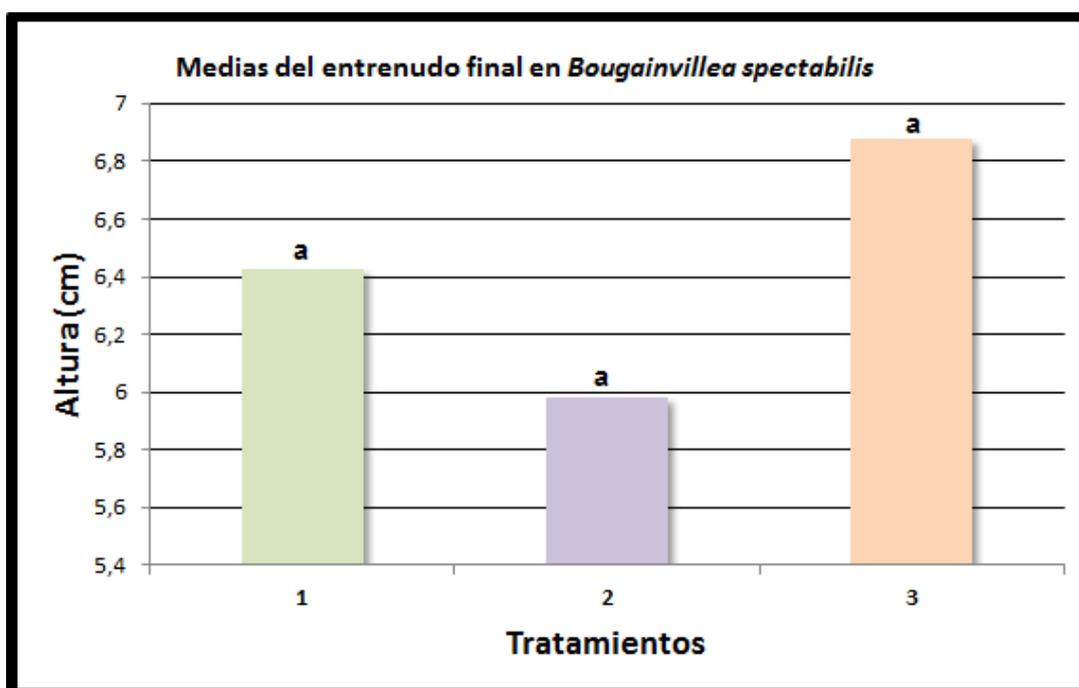
6.1.4.2. Segunda medición: día 12 de julio de 2021

En la Tabla 35 y Gráfica 23 observamos los datos de la segunda medición, viendo como no hay diferencias significativas.

Tabla 35. Media del entrenudo final.

| TRATAMIENTO | MEDIA DEL ENTRENUDO FINAL (mm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|--------------------------------|----------------|
| 1 | 6,4261 | a |
| 2 | 5,9811 | a |
| 3 | 6,8794 | a |
| Sig. | ,604 | |

Gráfica 23. Medias del entrenudo final.



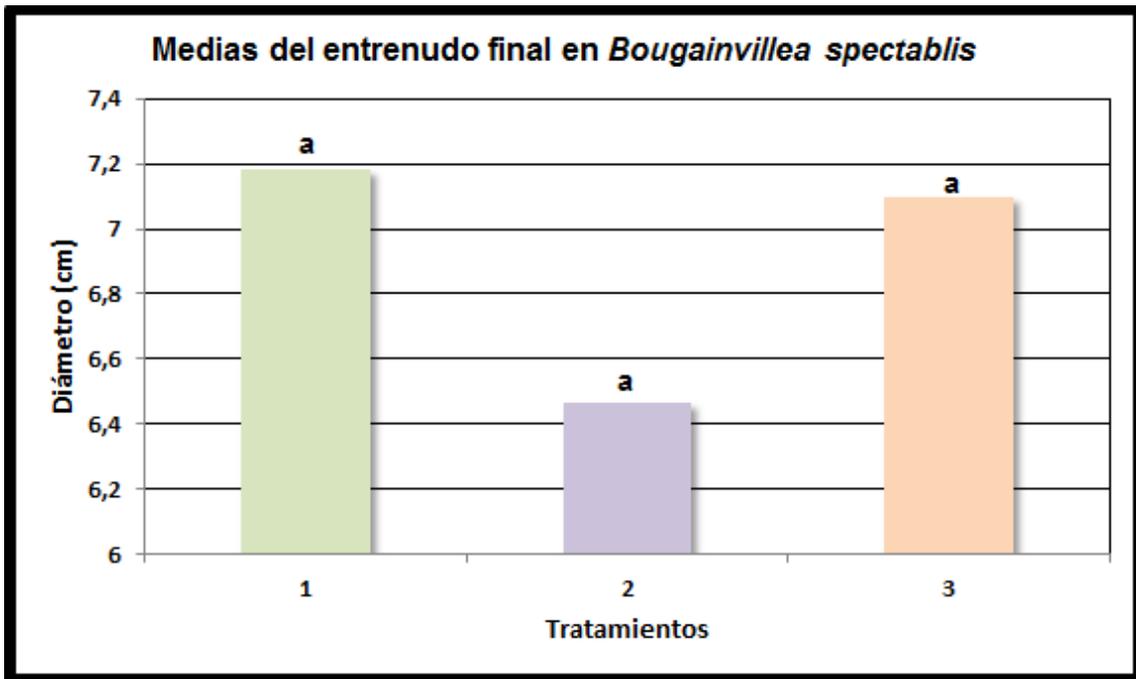
6.1.4.3. Tercera medición: día 23 de agosto de 2021.

En la Tabla 36 junto a la Gráfica 24, se observa como en la tercera medición no existen diferencias significativas, siendo los tres tratamientos del mismo grupo homólogo.

Tabla 36. Medias del entrenudo final marcado de *Bougainvillea spectabilis* en función a los distintos tratamientos.

| TRATAMIENTO | MEDIA DEL ENTRENUDO FINAL (mm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|--------------------------------|----------------|
| 1 | 7,1850 | a |
| 2 | 6,4656 | a |
| 3 | 7,0956 | a |
| Sig. | ,691 | |

Gráfica 24. Medias del entrenado final en *Bougainvillea spectabilis*.



Los resultados obtenidos, no coinciden con lo descrito para las especies tolerantes a la salinidad. Podría ser achacable a otros factores como son la temperatura, humedad relativa, etc. ya que los efectos de la salinidad en una planta pueden depender de dichos factores (Mozafar y oertli, 1992; Hoffman y Jobes, 1978; Meiri *et al*, 1982). Esta última medición, se realizó en el mes de agosto en condiciones de temperaturas extremas y humedad relativa bajas, debido a una ola de calor.

6.2. Influencia de los distintos tratamientos en el desarrollo de *Hedera helix*

6.2.1. Medias de altura en cada tratamiento

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza para conocer si existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de aguas utilizadas.

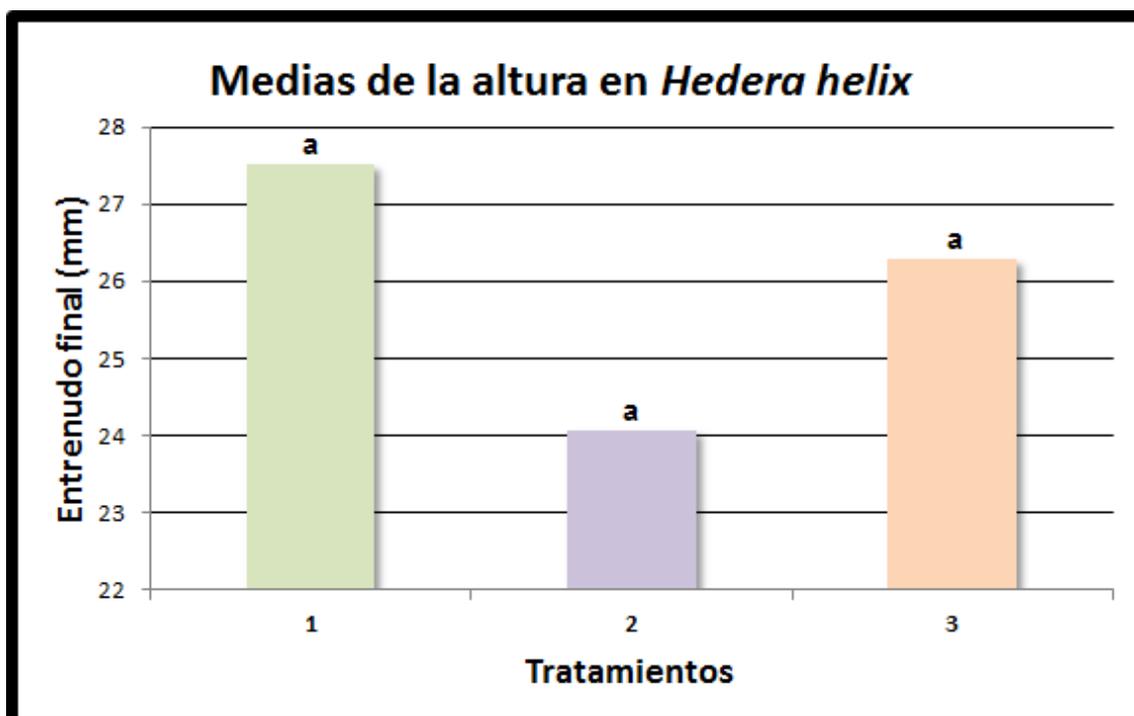
6.2.1.1. Primera medición: día 14 de junio de 2021

En la Tabla 37 y Gráfica 25 se muestran las medias de las alturas obtenidas en función a los tratamientos utilizados. Se puede observar como no existen diferencias significativas entre los tratamientos utilizados.

Tabla 37. Medias de las alturas de los tres tratamientos.

| TRATAMIENTO | MEDIA DE LA ALTURA (cm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|-------------------------|----------------|
| 1 | 27,5278 | a |
| 2 | 24,0556 | a |
| 3 | 26,2813 | a |
| Sig. | ,489 | |

Gráfica 25. Medias de la altura de los tres tratamientos.



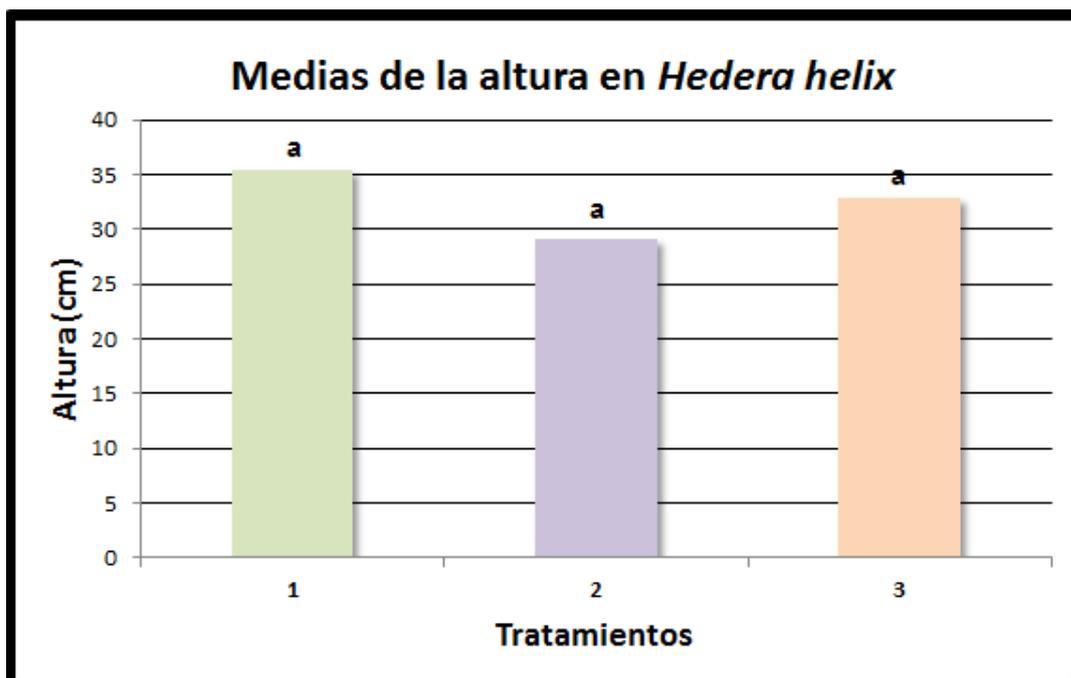
6.2.1.2. Segunda medición: día 12 de julio de 2021.

Cuatro semanas después, tal y como se muestra en la Tabla 38 y la Gráfica 26, no existieron diferencias significativas.

Tabla 38. Medias de la altura de los tres tratamientos.

| TRATAMIENTO | MEDIA DE LA ALTURA (cm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|-------------------------|----------------|
| 1 | 35,3438 | a |
| 2 | 29,0667 | a |
| 3 | 32,8667 | a |
| Sig. | ,126 | |

Gráfica 26. Medias de la altura en los tratamientos.



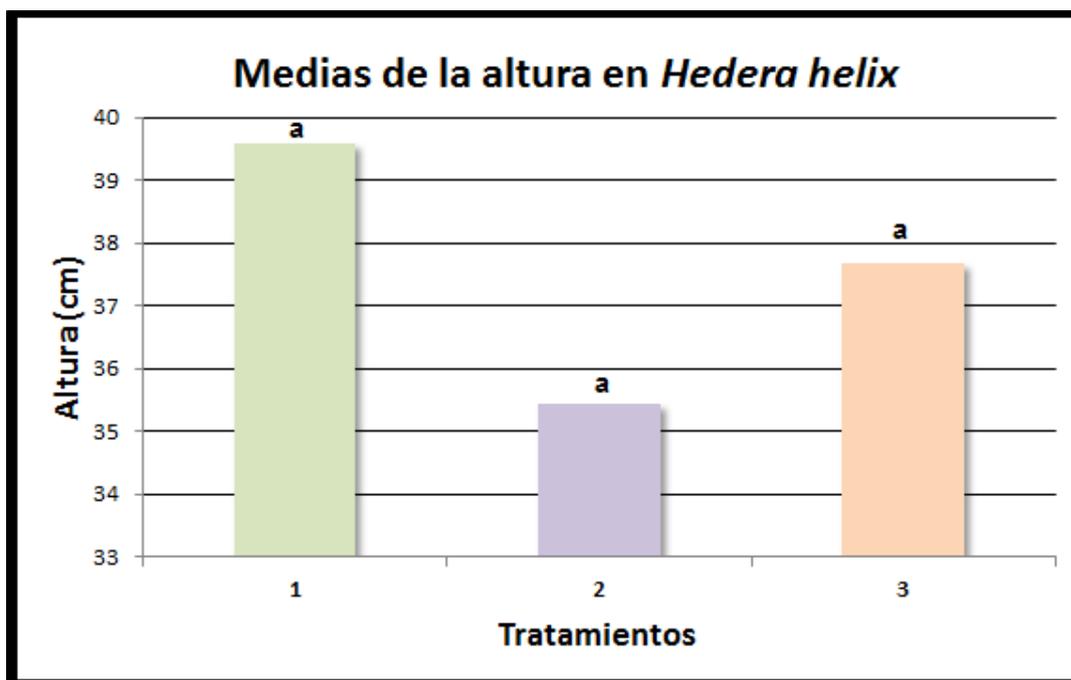
6.2.1.3. Tercera medición: día 23 de agosto de 2021

Finalmente, se recogió la tercera y última medición, pudiendo observar sus medias en la Tabla 39. Se observa en la Gráfica 27 que no existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

Tabla 39. Medias de la altura de los tratamientos.

| TRATAMIENTO | MEDIA DE LA ALTURA (cm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|-------------------------|----------------|
| 1 | 39,5833 | a |
| 2 | 35,4545 | a |
| 3 | 37,6818 | a |
| Sig. | ,498 | |

Gráfica 27. Medias de la altura de los tratamientos.



A pesar de no existir diferencias significativas, sí que se observa una mayor altura de los brotes correspondientes al tratamiento con agua desalada al final del ensayo, hecho que corrobora su correcta clasificación como planta poco resistente a la salinidad. En el resto de los tratamientos puede ocurrir que con el riego de aguas más salinas la planta no pueda absorber el agua, ni los

nutrientes necesarios para que el crecimiento y desarrollo vegetativo sea óptimo (Greenway y Munns, 1980; Tanii, 1990; Neumann, 1997, citado por Fernández Ruíz, 2012).

6.2.2. Medias del diámetro en cada tratamiento

Se determinó este parámetro en las 54 plantas de *Hedera helix*, 18 con cada uno de los tratamientos. Con los resultados obtenidos, se sometieron a un análisis de varianza a un nivel de significación del 5% para conocer si existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de agua utilizados.

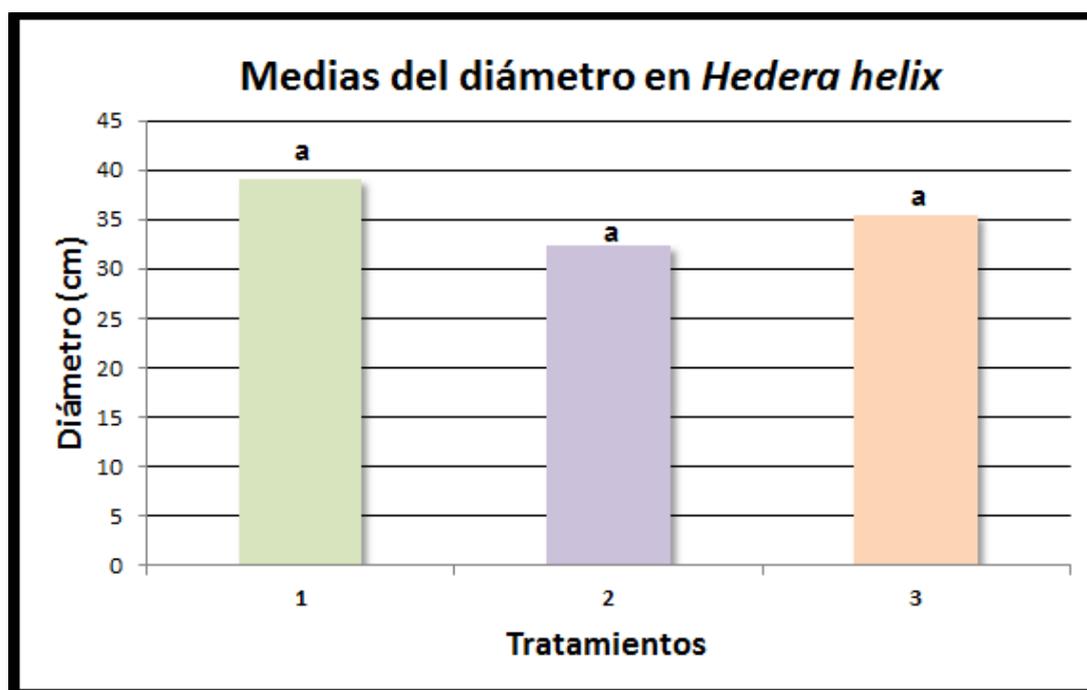
6.2.2.1. Primera medición: día 14 de junio de 2021

En el comienzo del ensayo, en la primera medición, se puede observar en la Tabla 40 junto al Gráfico 28, que las plantas sometidas a los diferentes tratamientos no presentaron diferencias significativas.

Tabla 40. Medias del diámetro en los tratamientos.

| TRATAMIENTO | MEDIA DEL DIÁMETRO (cm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|-------------------------|----------------|
| 1 | 39,0833 | a |
| 2 | 32,3056 | a |
| 3 | 35,5000 | a |
| Sig. | ,164 | |

Gráfica 28. Medias de los diámetros en los tratamientos.



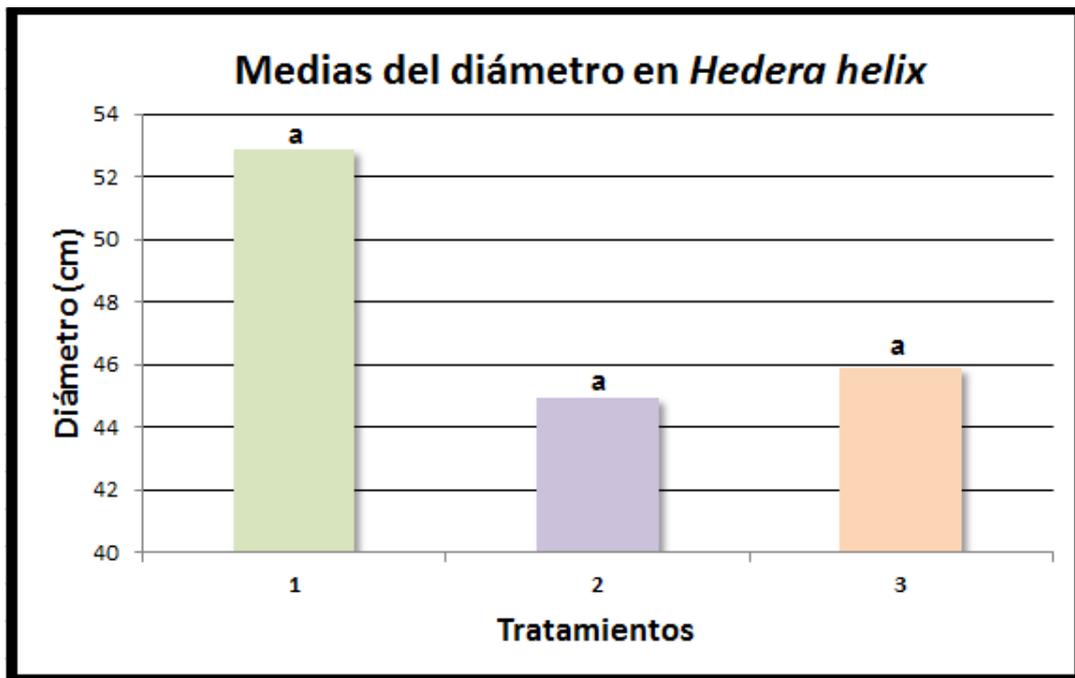
6.2.2.2. Segunda medición: día 12 de julio de 2021

En la segunda medición, sigue la misma tendencia de no existir diferencias significativas entre los tratamientos tal y como se puede observar en la Tabla 41 y en la Gráfica 29.

Tabla 41. Medias del diámetro en los tres tratamientos.

| TRATAMIENTO | MEDIA DEL DIÁMETRO (cm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|-------------------------|----------------|
| 1 | 52,8438 | a |
| 2 | 44,9333 | a |
| 3 | 45,9000 | a |
| Sig. | ,166 | |

Gráfica 29. Medias del diámetro en los tratamientos.



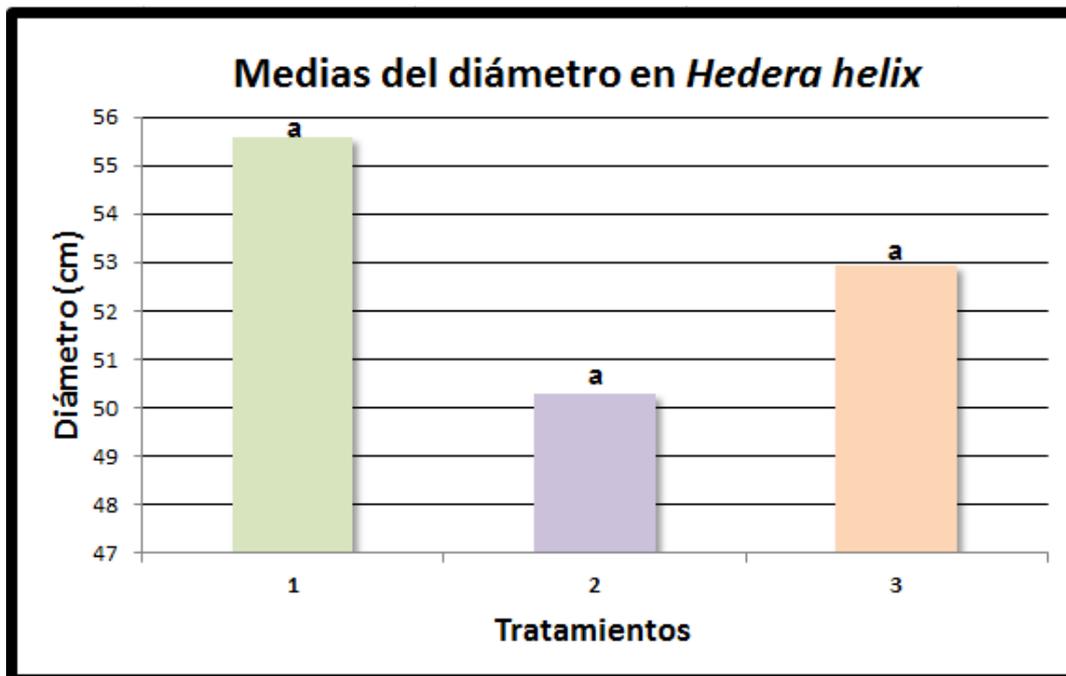
6.2.2.3. Tercera medición: día 23 de agosto de 2021

Después de 12 semanas añadiendo los diferentes tratamientos, vemos en la Tabla 42 los valores de los diámetros. Observamos en la Gráfica 30 que no existen diferencias significativas.

Tabla 42. Medias del diámetro en los tratamientos.

| TRATAMIENTO | MEDIA DEL DIÁMETRO (cm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|-------------------------|----------------|
| 1 | 55,5833 | a |
| 2 | 50,2727 | a |
| 3 | 52,9545 | a |
| Sig. | ,444 | |

Gráfica 30. Medias del diámetro en los tratamientos.



En este parámetro estudiado, observamos que el diámetro es mayor en las plantas con el tratamiento 1 (agua desalada), coincidiendo con el parámetro anterior. Lo cual corrobora el grado de sensibilidad de dicha especie a la salinidad. Presentando los mejores valores en el tratamiento que menos sales contiene.

6.2.3. Medias de la longitud del brote marcado en cada tratamiento

Se determinó este parámetro en las 54 plantas de *Hedera helix*, 18 con cada uno de los tratamientos. Se aplicó un análisis de varianza para conocer si existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de aguas utilizadas.

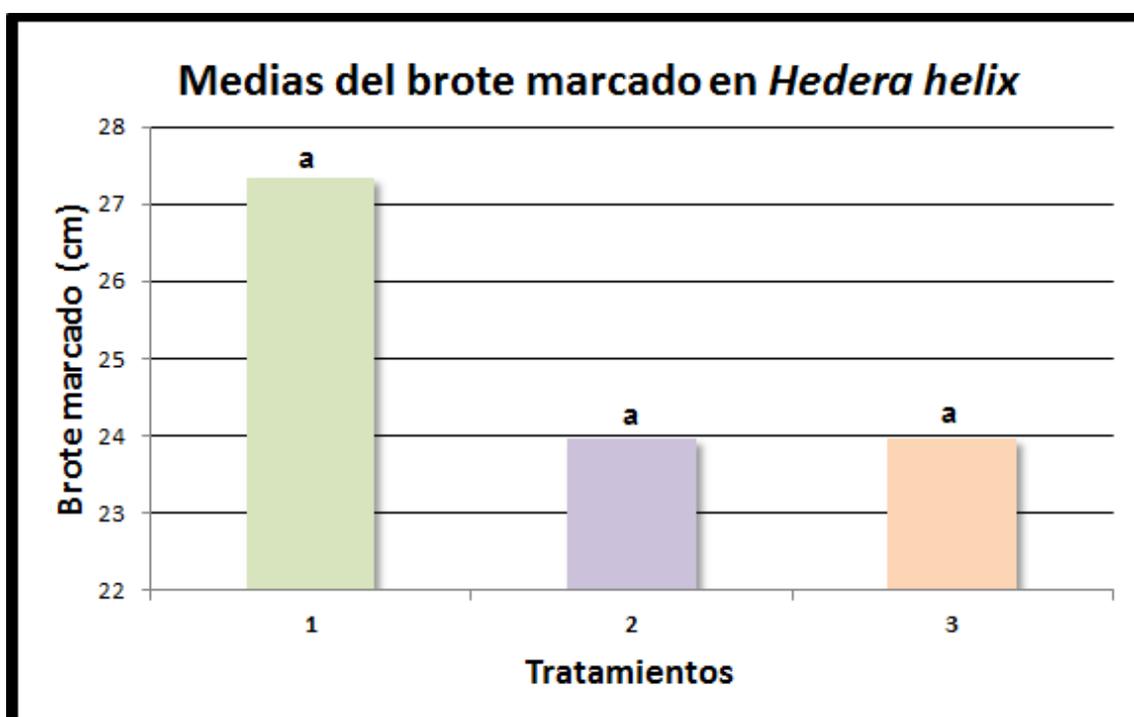
6.2.3.1. Primera medición: día 14 de junio de 2021

En la primera medición se puede observar en la Tabla 43 y en la Gráfica 31, que no hay diferencias significativas entre los tres tratamientos, coincidiendo en el grupo homólogo.

Tabla 43. Medias de la longitud del brote marcado en los tratamientos.

| TRATAMIENTO | MEDIA DEL BROTE MARCADO (cm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|------------------------------|----------------|
| 1 | 27,3333 | a |
| 2 | 23,9722 | a |
| 3 | 23,9688 | a |
| Sig. | ,389 | |

Gráfica 31. Medias de la longitud del brote marcado en los tres tratamientos.



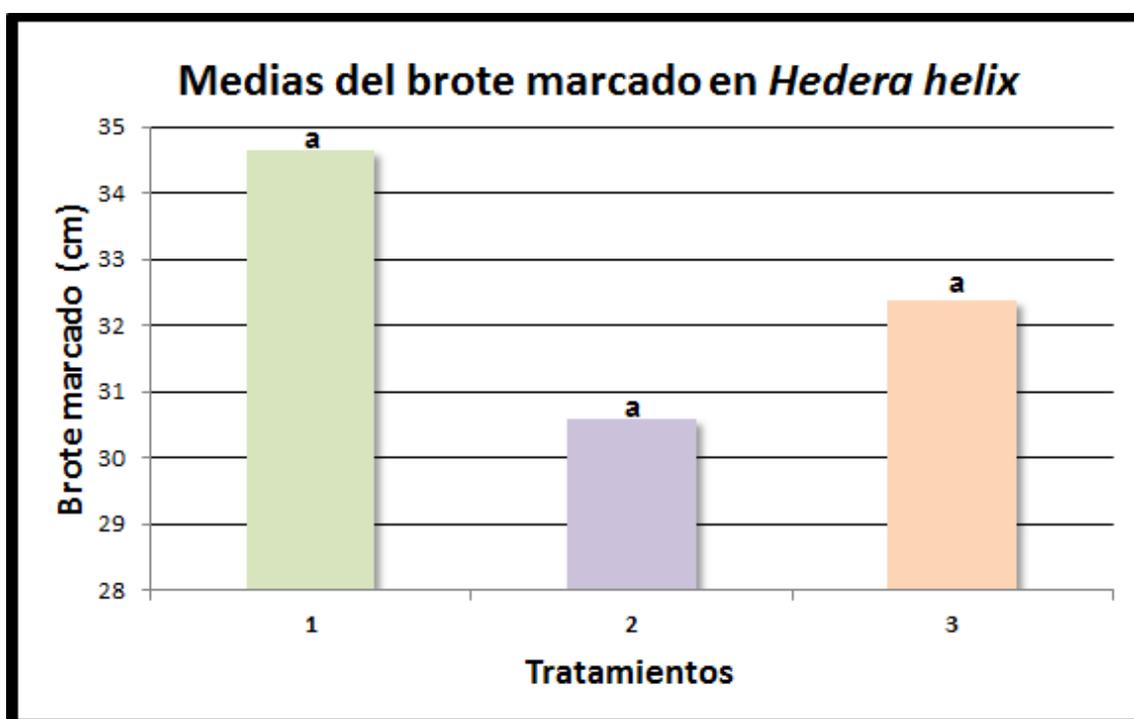
6.2.3.2. Segunda medición: día 12 de julio de 2021

Se observa en la Tabla 44 las medias de la longitud del brote marcado. En esta segunda medición, siguen sin haber diferencias significativas (Gráfica 32).

Tabla 44. Medias de la longitud del brote marcado.

| TRATAMIENTO | MEDIA DEL BROTE MARCADO (cm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|------------------------------|----------------|
| 1 | 34,6563 | a |
| 2 | 30,6000 | a |
| 3 | 32,3667 | a |
| Sig. | ,354 | |

Gráfica 32. Medias de la longitud del brote marcado.



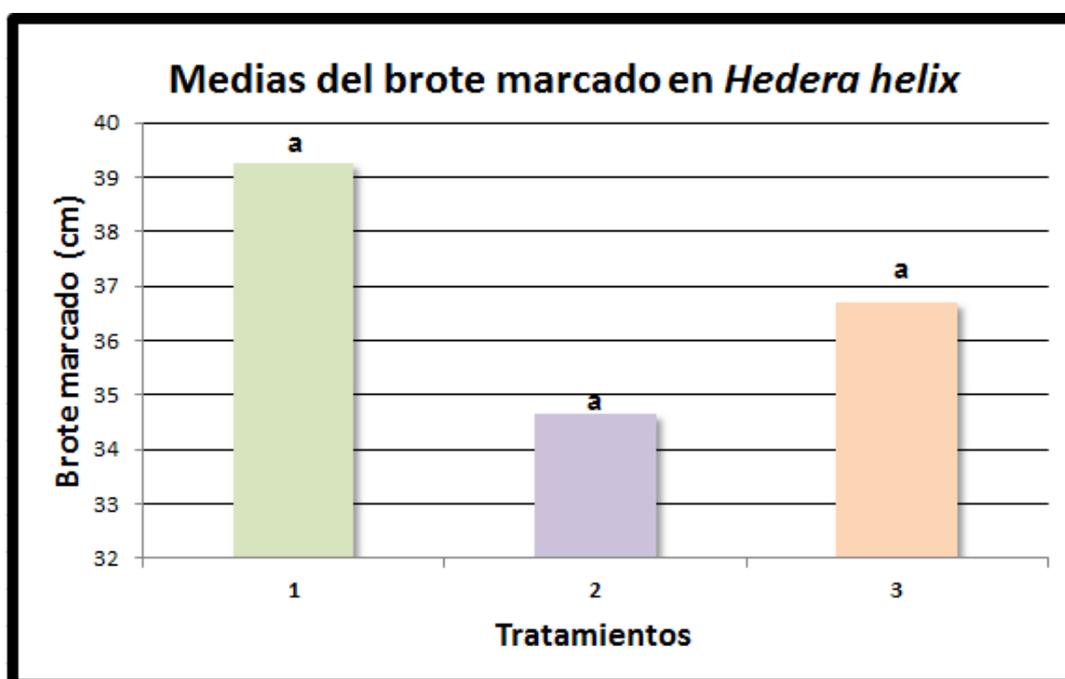
6.2.3.3. Tercera medición: día 23 de agosto de 2021

Al finalizar el proyecto se realizó la última medición, viendo en la Gráfica 32 como no hay para diferencias significativas, por lo tanto, los tratamientos son del mismo grupo homólogo (Tabla 45).

Tabla 45. Medias de la longitud del brote marcado en los tratamientos.

| TRATAMIENTO | MEDIA DEL BROTE MARCADO (cm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|------------------------------|----------------|
| 1 | 39,2500 | a |
| 2 | 34,6364 | a |
| 3 | 36,6818 | a |
| Sig. | ,468 | |

Gráfica 32. Medias de la longitud del brote marcado en los tratamientos.



En el resto de los tratamientos, puede aparecer toxicidad como consecuencia de la acumulación de iones, que en altas concentraciones pueden ser dañinos para la planta (Munns, *et al.*, 1982, citado por Fernández Ruíz, 2012). Como consecuencia, la planta no puede absorber el agua, ni los nutrientes necesarios para que el crecimiento y desarrollo vegetativo sea óptimo (Greenway y Munns, 1980; Tani, 1990; Neumann, 1997, citado por Fernández Ruíz, 2012).

6.2.4. Medias del entrenudo final en cada tratamiento

Los resultados obtenidos, se sometieron a un análisis de varianza para conocer si existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos de aguas utilizadas. Dichos datos, se sometieron a un nivel de significación del 5%.

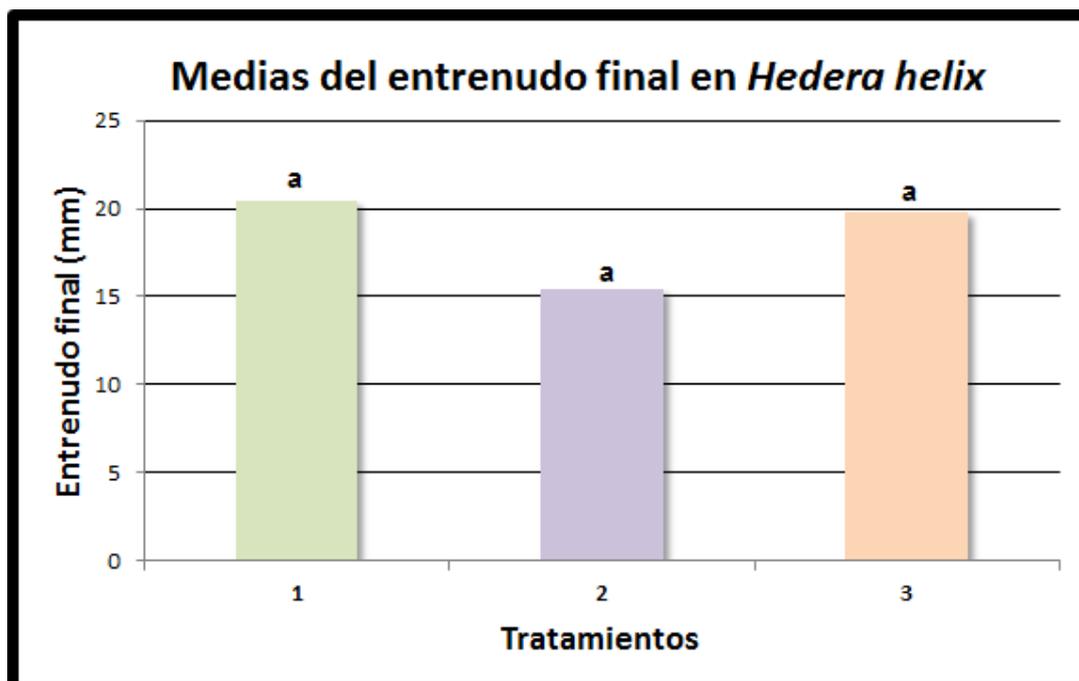
6.2.2.1. Primera medición: día 14 de junio de 2021

En la primera medición, vemos que no hay diferencias significativas (Gráfica 33). En la Tabla 46, observamos los medias del entrenudo final.

Tabla 46. Medias del entrenudo final en los tratamientos.

| TRATAMIENTO | MEDIA DEL ENTRENUDO FINAL (mm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|--------------------------------|----------------|
| 1 | 20,4406 | a |
| 2 | 15,3883 | a |
| 3 | 19,7725 | a |
| Sig. | ,093 | |

Gráfica 33. Medias del entrenudo final en los tratamientos.



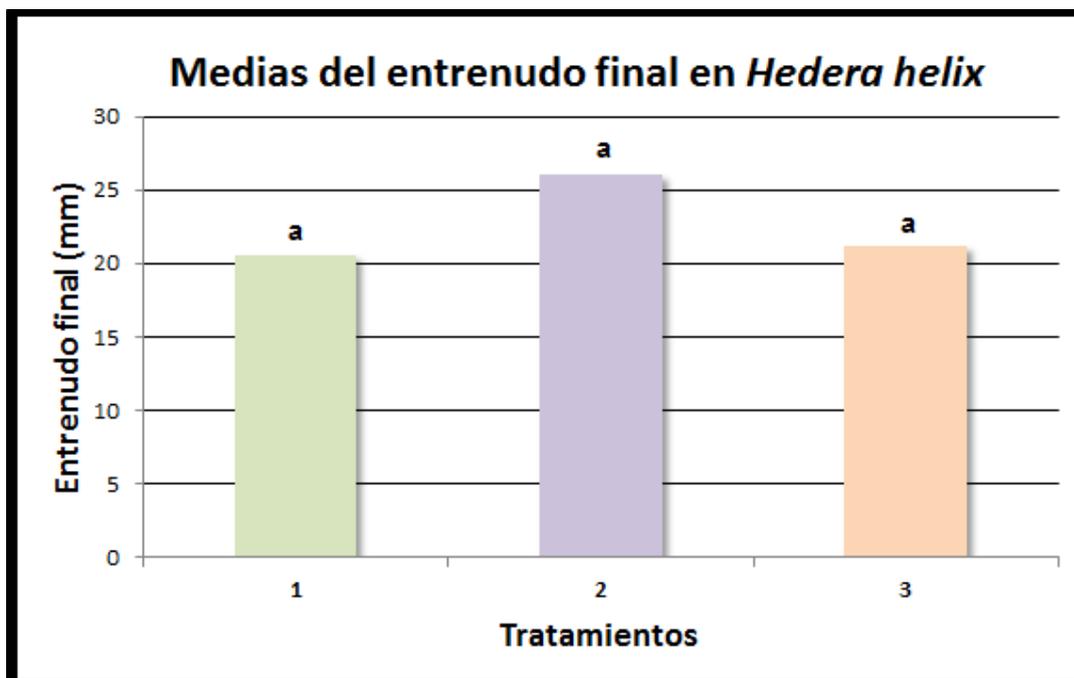
6.2.2.2. Segunda medición: día 12 de julio de 2021

En la Tabla 47, se muestran las medias del entrenudo final de las plantas. Se puede ver en la Gráfica 34 como no hay diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Tabla 47. Medias del entrenudo final en los tratamientos.

| TRATAMIENTO | MEDIA DEL ENTRENUDO FINAL (mm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|--------------------------------|----------------|
| 1 | 20,6081 | a |
| 2 | 26,0373 | a |
| 3 | 21,1900 | a |
| Sig. | ,799 | |

Gráfica 34. Medias del entrenudo final en los tratamientos.



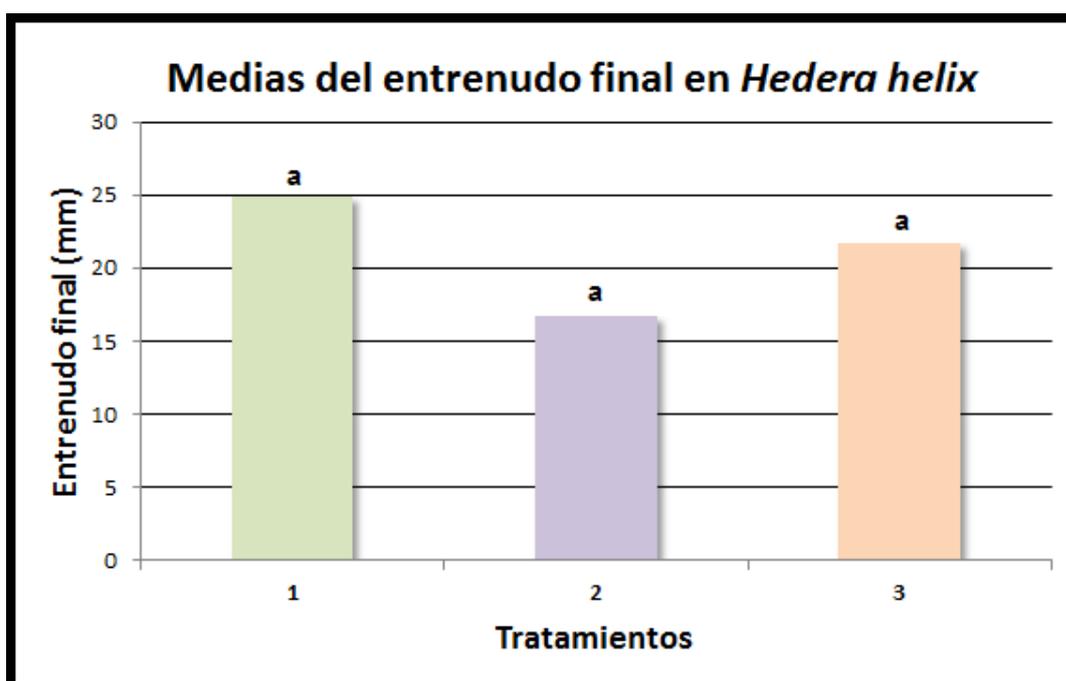
6.2.2.3. Tercera medición: día 23 de agosto de 2021

En la Tabla 48 y en la Gráfica 35 se puede observar que, finalmente, no hay diferencias significativas para este parámetro.

Tabla 48. Medias del entrenudo final en los tratamientos.

| TRATAMIENTO | MEDIA DEL ENTRENUDO FINAL (mm) | GRUPO HOMÓLOGO |
|-------------|--------------------------------|----------------|
| 1 | 24,8383 | a |
| 2 | 16,7700 | a |
| 3 | 21,6473 | a |
| Sig. | ,059 | |

Gráfica 35. Medias del entrenudo final de los tratamientos.



Observados los datos obtenidos y coincidiendo con Greenway y Munns (1980); Tanji (1990); Neumann (1997), citados por Fernández Ruíz (2012), la alta concentración de sales en el suelo produce un aumento en el potencial osmótico del agua. Por consecuencia, las plantas deben consumir energía extra para absorber los nutrientes necesarios del suelo y esto provoca que la

planta pierda agua. Por lo tanto, disminuye la posibilidad de acceder al agua, a través de las raíces, y con ello se ve gravemente afectado el crecimiento y desarrollo vegetativo.

7. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las condiciones que hubo en el momento del ensayo, estando en la época con mayores temperaturas del año, bajo invernadero y con un diseño estadístico de bloques al azar, considerando que ciertas plantas recibían mucha intensidad lumínica y otras no, se pueden extraer las conclusiones siguientes:

En *Bougainvillea spectabilis*, a pesar de no existir diferencias significativas de los parámetros (altura, diámetro, longitud del brote marcado y entrenudo final) en los tratamientos empleados y saber previamente que es una especie tolerante a la salinidad:

1. Las alturas medias fueron mayores en las plantas tratadas con el tratamiento 2 (agua testigo), siendo menores las tratadas con el tratamiento 3 (agua de rechazo). Pese a que no existieron diferencias significativas.
2. El diámetro medio tuvo mejores resultados en el tratamiento 2 (agua testigo). Por el contrario, hubo peores resultados en el tratamiento 3 (agua de rechazo), sin existir diferencias significativas.
3. La longitud media del brote marcado fue mayor en las plantas con el tratamiento 1 (agua desalada), obteniéndose un valor menor en el caso del tratamiento 3 (agua de rechazo), a pesar de no haber diferencias significativas.
4. El entrenudo final medio, tuvo mejores resultados en las plantas a las que se le añadió el tratamiento 1 (agua desalada). Por el contrario, con menores resultados fue las plantas tratadas con el tratamiento 2 (agua testigo). No obstante, no existieron diferencias significativas.

En cuanto a la especie *Hedera helix*, sabiendo que es una especie no resistente a la salinidad, se observa que no hubo diferencias significativas en ninguno de los parámetros estudiados (altura, diámetro, longitud del brote marcado y entrenudo final) en función a los tratamientos empleados. Por lo tanto, se obtuvo que:

5. En la altura media, a pesar de no haber diferencia significativa, los mejores resultados se obtuvieron en el tratamiento 1 (agua desalada) y por el contrario, los peores resultados se produjeron con las plantas tratadas con el tratamiento 2 (agua testigo).
6. El diámetro medio fue mayor en las plantas a las que se le empleó el tratamiento 1 (agua desalada), siendo las de menor tamaño las del tratamiento 2 (agua testigo). Aun así, no hubieron diferencias significativas entre ellas.
7. En la longitud del brote marcado, hubo mayor valor de media en las plantas con el tratamiento 1 (agua desalada), obteniéndose un valor menor en el caso del tratamiento 2 (agua testigo), a pesar de no haber diferencias significativas.
8. El entrenudo final medio, tuvo mejores resultados en las plantas a las que se le añadió el tratamiento 1 (agua desalada). Por el contrario, con menores resultados fue las plantas tratadas con el tratamiento 2 (agua testigo). No obstante, no existieron diferencias significativas.

Conclusión final:

En las condiciones en las que se ha realizado el ensayo, ambas especies tratadas no se han visto afectadas, ni en su crecimiento, ni en su aspecto ornamental por los diferentes tipos de aguas aplicadas.

CONCLUSIONS

Taking into account the conditions that existed at the time of the test, being at the time of the highest temperatures of the year, under a greenhouse and with a statistical design of random blocks, considering that certain plants received a lot of light intensity and others did not, the following conclusions can be drawn:

In *Bougainvillea spectabilis*, despite the absence of significant differences in the parameters (height, diameter, length of the marked shoot and final internode) in the treatments used and previously knowing that it is a species tolerant to salinity:

1. The mean heights were higher in the plants treated with treatment 2 (control water), being lower those treated with treatment 3 (rejection water). Despite the fact that there were no significant differences.
2. The mean diameter had better results in treatment 2 (control water). On the contrary, there were worse results in treatment 3 (reject water), without significant differences.
3. The mean length of the marked shoot was greater in the plants with treatment 1 (desalted water), obtaining a lower value in the case of treatment 3 (rejection water), despite not having significant differences.
4. The final middle internode had better results in the plants to which treatment 1 (desalted water) was added. On the contrary, the plants treated with treatment 2 (control water) had the lowest results. However, there were no significant differences.

As for the *Hedera helix* species, knowing that it is a species not resistant to salinity, it is observed that there were no significant differences in any of the parameters studied (height, diameter, length of the marked shoot and final internode) depending on the treatments employees. Therefore, it was obtained that:

5. In the average height, despite there being no significant difference, the best results were obtained in treatment 1 (desalinated water) and on the contrary, the worst results were produced with the plants treated with treatment 2 (control water).
6. The mean diameter was greater in the plants that were used in treatment 1 (desalinated water), the smallest being those in treatment 2 (control water). Even so, there were no significant differences between them.
7. In the length of the marked shoot, there was a higher mean value in the plants with treatment 1 (desalted water), obtaining a lower value in the case of treatment 2 (control water), despite not having significant differences.
8. The middle final internode had better results in the plants to which treatment 1 (desalted water) was added. On the contrary, the plants treated with treatment 2 (control water) had the lowest results. However, there were no significant differences.

Final conclusion:

Under the conditions in which the test was carried out, both treated species have not been affected, neither in their growth, nor in their ornamental appearance by the different types of water applied.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Motos, J. R., Ortuño, M. F., Álvarez, S., & López-Climent, M. F. (2016). *Changes in growth, physiological parameters and the hormonal status of Myrtus communis L. Plants irrigated with water with different chemical compositions.*
- Alarcón, J., Sánchez Blanco, M., Bolarín, M., & Torrecillas, A. (1993). *Water relations and osmotic adjustment in Lycopersicon esculentum and L. pennellii during short term salt exposure and recovery.*
- Antonio, J. (n.d.). *Agromática.es*. Retrieved from Phytophthora: cómo prevenir y curar esta enfermedad: <https://www.agromatica.es/phytophthora/>
- Appleton, B., Huff, R. R., & French, S. C. (1999). *Evaluating trees for saltwater spray tolerance for oceanfront sites.*
- Asocoa. (n.d.). *Hedera helix*. Retrieved from <https://asocoa.com/hedera-helix/>
- Assaf, A. (1994). *Effect of magnesium application on production of tomatoes on sandy soil, MSc thesis, Ben Gurion University of the Negev, Beer Sheva.*
- Azza Mazher, A. M., Fatma El-Quesni, E. M., & Farahat, M. M. (2007). *Responses of ornamental plants and woody trees to salinity.*
- Bangerth, F. (1973). *Calcium-related physiological disorders of plants.*
- Bannister, P. (1976). *Introduction to Physiological Plant Ecology*. Oxford, UK.
- Bañon, S., Fernández, J., Ochoa, J., & Sánchez Blanco, M. J. (2005). *Paclobutrazol as an aid to reduce some effects of salt stress in oleander seedlings.*
- Bañuls, J., & Primo Millo, E. (1992). *Effect of chloride and sodium on gas exchange parameters and water relations of citrus plants.*
- Bar-Tal, A., Keinan, M., Aloni, B., Karni, L., Oserovitz, Y., Gantz, S., et al. (2001). *Relationships between blossom- end rot and water availability and Ca fertilization in bell pepper fruit production.*
- BASF Agricultural Solutions España. (n.d.). Retrieved from Alternaria sp: <https://www.agro.basf.es/es/Servicios/Gu%C3%ADa-de-plagas/Enfermedades-f%C3%BANGicas/Enfermedad-Planta-entera/Alternaria/>
- Beltrán Aso, J. (1990). *La salinidad en cultivos ornamentales.*
- Ben-Gal, A., Yermiyahu, U., & Cohen, S. (2009). *Fertilization and blending alternatives for irrigation with desalinated water.*

- Bermejo, J. (2011). *Agrologica*. Retrieved from Aphis craccivora:
<http://www.agrologica.es/informacion-plaga/pulgon-negro-las-leguminosas-aphis-craccivora/>
- Bermejo, J. (2011). *Agrologica*. Retrieved from Bemisia tabaci:
<http://www.agrologica.es/informacion-plaga/mosca-blanca-tabaco-bemisia-tabaci/>
- Bermejo, J. (2011). *Agrologica*. Retrieved from Aphis gossypii:
<http://www.agrologica.es/informacion-plaga/pulgon-algodon-aphis-gossypii/>
- Bermejo, J. (2011). *Agrologica*. Retrieved from Tetranychus urticae:
<http://www.agrologica.es/informacion-plaga/arana-roja-acaro-rojo-tetranychus-urticae/>
- Bernstein, L., Francois, L. E., & Clark, R. A. (1972). *Salt tolerance of ornamental shrubs and*.
- Birnhack, L., & Lahav, O. (2007). *A new post-treatment process for attaining Ca²⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻ and alkalinity criteria in desalinated water.*
- Blum, A. (1986). *Salinity resistance.*
- Blum, A. (2017). *Osmotic adjustment is a prime droudht stress adaptive engine in support of plant production.*
- Botequilla Leitão, A., & Ahern, A. (2002). *Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning.*
- Boursier, P., & Läuchli, A. (1990). *Growth responses and mineral nutrient relations of salt stressed sorghum.*
- Cabrera Santana, M. C. (1997). *Las aguas subterráneas en la planificación hidrológica en las Islas Canarias.* Las Palmas de Gran Canaria.
- Cabrera, M. (1995). *Caracterización y funcionamiento hidrogeológico del acuífero costero de Telde (Gran Canaria).* Universidad de Salamanca.
- Cabrera, R. L., Rahman, L., Niu, G., McKenney, C., & Mackay, W. (2006). *Salinity tolerance in herbaceous perennial.*
- Calatrava, J., & Martínez-Granados, D. (2012). *El valor de uso del agua en el regadío de la cuenca del Segura y en las zonas regables del trasvase Tajo-Segura.*
- California, U. o. (2001). *Integrated pest management for floriculture and nurseries.*

- Cameron, A., Heins, R., & Carlson, W. (2000). *Forcing perennials*.
- Cameron, R. W., Wilkinson, S., Davies, W. J., Harrison Murray, R. S., Dunstan, D., & Burgess, C. (2004). *Regulation of plant growth in container-grown ornamentals through the use of controlled irrigation*.
- Carillo, P., Cirillo, C., De Micco, V., Arena, C., De Pascale, S., & Roupael, Y. (2019). *Morpho-anatomical, physiological and biochemical adaptative responses to saline water of Bougainvillea spectabilis Willd. trained to different canopy shapes*.
- Carillo, P., Cirillo, C., De Micco, V., Arena, C., De Pascale, S., & Roupael, Y. (2019). *Morpho-anatomical, physiological and biochemical adaptive responses to saline water of Bougainvillea spectabilis Willd. trained to different canopy shapes*.
- Cassaniti, C., Leonardi, C., & Flowers, T. (2009). *The effect of sodium chloride on ornamental shrubs*.
- Cassaniti, C., Romano, D., & Flowers, T. J. (2012). *The response of ornamental plants to saline irrigation water*.
- Cheplick, G. P., & Demetri, H. (1999). *Impact of saltwater spray and sand deposition on the coastal annual Triplasis purpurea*.
- Colmer, T. D., Munns, R., & Flowers, T. J. (2005). *Improving salt tolerance of wheat and barley: future prospects*.
- Darlington, W. A., & Cirulis, N. (1963). *Permeability of apricot leaf cuticle*.
- Decco. *Naturally Postharvest*. (2020, Octubre 28). Retrieved from Infección por Fusarium sp: <https://www.deccoiberica.es/infeccion-por-fusarium-sp-como-controlarla-en-postcosecha/>
- Devitt, D. A., Morris, R. L., Fenstermaker, L. K., Baghzouz, M., & Neuman, D. S. (2005). *Foliar damage and flower production of landscape plants sprinkle irrigated with reuse water*.
- Díaz, F. J., Tejedor, M., Jiménez, C., Grattan, S. R., Dorta, M., & Hernández, J. M. (2013). *The imprint of desalinated seawater on recycled wastewater*.
- Dirr, M. (1976). *Selection of trees for tolerance to salt damage*.
- Dobson, M. C. (1991). *De-icing salt damage to trees and shrubs*.
- Dole, M. J., & Wilkins, H. F. (1999). *Floriculture: Principles and Species*.
- Dorronsoró. (2004). *Introducción a la Edafología*.

- El Harrak, N., Elazhar, F., Zdeg, A., Zouhri, N., Elazhar, M., & Elmidaoui, A. (2013). *Performances analysis of the reverse osmosis desalination plant of brackish water used for irrigation: case study*.
- Epstein, E. (1998). *How Calcium enhances plant salt tolerance*.
- FAO. (1989). *Production yearbook, vol 42*. Rome.
- Farrujia, I., Delgado Melian, P., & Fernandez Bethencourt, J. (1994). *Calidad y contaminación de las aguas subterráneas de Tenerife en el marco de la Planificación Hidrológica*. Alcalá de Henares.
- Ferguson, L., & Grattan, S. R. (2005). *How salinity damages citrus*.
- Fernández Ruíz, G. (2012). *Respuesta a la salinidad en maceta de las especies de gerbera y dalia en función del drenaje de riego*.
- Flores y plantas.net. (2015, Julio 19). Retrieved from <https://www.floresyplantas.net/bougainvillea-glabra-y-bougainvillea-spectabilis/>
- Flowers, T. J., & Yeo, A. R. (1995). *Breeding for salinity resistance in crop plants: where next*.
- Forti, M. (1986). *Salt tolerant and halophytic plants in Israel*.
- Fox, L. J., Grose, N., Appleton, B. L., & Donohue, S. J. (2005). *Evaluation of treated effluent as an irrigation source for landscape plants*.
- Franco, J. A., Fernández, J. A., Bañón, S., & González, A. (1997). *Relationship between the effects of salinity on seedling leaf area and fruit yield of six muskmelons cultivars*.
- Francois, L. E. (1980). *Salt Injury to Ornamental Shrubs and Ground Covers*.
- Francois, L. E. (1982). *Salt tolerance of eight ornamental tree species*.
- Ghermandi, A., & Messalem, R. (2009). *Solar-driven desalination with reverse osmosis: the state of the art*.
- Gisbert, J. (1991). *Desertification and salinity*.
- Gobierno de Canarias. (2018, Octubre 19). Retrieved from Desaladora: <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/wiki/index.php?title=Desaladora>
- Gobierno de Canarias. (2019, Abril 17). Retrieved from Acuífero: <https://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/wiki/index.php?title=Acuífero>

- González Soto, M. C., Hernández, L. A., Jiménez Mendoza, C. C., Ortega González, M. J., Padrón Padrón, P. A., Rodríguez Rodríguez, A., et al. (1991). *Primeros resultados sobre la salinidad de suelos en Canarias XVII*.
- Greene, D. W., & Bukovac, M. J. (1974). *Stomatal penetration: effect of surfactant and role in*.
- Hernandez-Suárez, M. (2002). *Desalination in Canary Islands*.
- Hernández-Suárez, M. (2010). *Guía para la remineralización de las aguas desaladas*.
- Hesp, P. A. (1991). *Ecological processes and plant adaptations on coastal dunes*.
- Ibrahim, K. M., Collins, J. C., & Collin, H. A. (1991). *Effects of salinity on growth and ionic composition of Coleus blumei and Salvia splendens Journal of Horticulture Science*.
- IJ, P. P. (201). *Desalination in Spain: recent developments and recommendations*.
- InfoAgro.com. (n.d.). Retrieved from El cultivo de la Hiedra:
https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_hiedra.asp
- INFOJARDIN. (n.d.). Retrieved from Araña roja (Tetranychus urticae):
https://articulos.infojardin.com/PLAGAS_Y_ENF/PLAGAS
- Johnson, A. M., & Whitwell, T. (1997). *Selecting species to develop a field-grown wildflower*.
- Jordan, L. A., Devitt, D. A., Morris, R. L., & Neuman, D. S. (2001). *Foliar damage to ornamental trees sprinkler-irrigated with reuse water*.
- Kozlowski, T. T. (1997). *Responses of woody plants to flooding and salinity*.
- La Moneda, E., & Olmedo, R. (1988). *Intrusión marina en Acuíferos de Canarias*. Almuñecar.
- Lahav, O., & Bimhack, L. (2007). *Quality criteria for desalinated water following post treatment*.
- Lahav, O., Kochva, M., & Tarchitzky, J. (2010). *Potential drawbacks associated with agricultural irrigation with treated wastewaters from desalinated water origin and possible remedies*.
- Lamz Piedra, A., & González Cepero, M. C. (2013). *La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata*.

- Lapuente, E. (2012). *Full cost in desalination. A case study of the Segura River Basin.*
- Laüchli, A., Colmer T., D., Fan T. W., M., & Higashi R., M. (1994). *Solute regulation by calcium in salt stressed plants.*
- Lavola. (2014). *El agua en la antigua Mesopotamia.* Canaleduca.
- Lavola. (2014). *Fundación Canal.* Retrieved 2021, from Canal Educa.
- Liu, J., & Zhu J, K. (1998). *A calcium sensor homolog required for plant salt tolerance.*
- Maas, E. V., & Grattan, S. R. (1999). *Crop yields as affected by salinity.*
- Maathuis, F. J., & Amtmann, A. (1999). *K⁺ nutrition and Na⁺ toxicity: the basis of cellular K⁺/Na⁺ ratios.*
- Marcelis, I., & Ho, L. (1999). *Blossom-end rot in relation to growth rate and calcium content in fruits of sweet pepper.*
- Marosz, A. (2004). *Effect of soil salinity on nutrient uptake, growth and decorative value of four ground cover shrubs.*
- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants.*
- Martín Peñalba, D. (n.d.). *Uso y problemática del agua en las Islas Canarias.*
- Martínez Álvarez, V., & Martín Górriz, B. (2014). *Antecedentes y problemática de la aplicación de agua marina desalinizada al riego agrícola.*
- Martínez Álvarez, V., & Martín Górriz, B. (2014). *Antecedentes y problemática de la aplicación de agua marina desalinizada al riego agrícola.*
- Martínez Beltran, J., & Koo Oshima, S. (2006). *Water Desalination for agricultural applications.* Roma (Italia).
- Martin-Gorriz, B., Soto-García, M., & Martínez-Álvarez, V. (2014). *Energy and greenhouse-gas emissions in irrigated agriculture of SE (southeast) Spain.*
- Masclef, A. (1891). *Atlas des plantes de France.*
- Matsuda, K., & Riazi, A. (1981). *Stress-induced osmotic adjustment in growing regions of barley leaves.*
- McCammon, T. A., Marquart Pyatt, S. T., & Kopp, K. L. (2009). *Water-conserving landscapes.*

- Melgarejo, J., & Montano, B. (2011). *Power efficiency of the Tajo-Segura transfer and desalination*.
- Metcalfe, D. (2005). *Hedera helix L.*
- Miyamoto, S., Martínez, I., Padilla, M., & Portillo, A. (2004). *Landscape plant lists for salt tolerance assessment*.
- Morales Matos, G., & Pérez González, R. (2000). *Gran atlas temático de Canarias*.
- Morris, R., & Devitt, D. (1991). *Sampling and interpretation of landscape irrigation water*. Universidad de Nevada, EEUU.
- Munns, R., & Termaat, A. (1986). *Growth and water relations of Lotus creticus plants affected by salinity*.
- Munns, R., & Tester, M. (2008). *Mechanisms of salinity tolerance*.
- Murillo-Amador, B., Troyo-Diéguez, E., García-Hernández, J. L., López-Aguilar, R., Ávila-Serrano, N. Y., Zamora-Salgado, S., et al. (2006). *Effect of NaCl salinity in the genotypic variation of cowpea (Vigna unguiculata) during early vegetative growth*.
- Navarro, A., Bañón, S., Conejero, W., & Sánchez Blanco, M. J. (2008). *Ornamental characters, ion accumulation and water status in Arbutus unedo seedlings irrigated with saline water and subsequent relief and transplanting*.
- Navarro, A., Bañón, S., Conejero, W., & Sánchez-Blanco, M. J. (2008). *Ornamental characters, ion accumulation and water status in Arbutus unedo seedlings irrigated with saline water and subsequent relief and transplanting. Environ.*
- Navarro, A., Tester, M., Olmos, E., & Sánchez-Blanco, M. J. (2007). *Effects of sodium chloride on water potential components, hydraulic conductivity, gas exchange and leaf ultrastructure*.
- Nieto Carrasco, P. (2015, Noviembre 4). *Control Bío*. Retrieved from Control integrado de la cochinilla de la Bougainvillea: https://controlbio.es/es/blog/c/84_control-integrado-de-la-cochinilla-de-la-bougainvillea.html
- Niu, G., & Rodriguez, D. (2006). *Relative salt tolerance of selected herbaceous perennials and groundcovers*.
- Palomar P, L. I. (2010). *Desalination in Spain: recent developments and recommendations*.

- Paranychianakis, N. V., & Chartzoulakis, K. S. (2005). *Irrigation of Mediterranean crops with saline water: from physiology to management practices*.
- Peñaloza H, E. (2017, Octubre). *El ajuste osmótico y la adaptación de las plantas al estrés hídrico*. Retrieved from <https://phloem.cl/el-ajuste-osmotico-y-la-adaptacion-de-las-plantas-al-estres-hidrico/>
- Percival, G. C. (2005). *Identification of foliar salt tolerance of woody perennials using chlorophyll fluorescence*.
- Picchioni, G. A., & Graham, C. J. (2001). *Salinity, growth, and ion uptake selectivity of container-grown*.
- Portillo, G. (n.d.). *JardineriaOn*. Retrieved from Bougainvillea spectabilis: <https://www.jardineriaon.com/buganvilla-spectabilis.html>
- Quist, T. M., Williams, C. F., & Robinson, M. L. (1999). *Effects of varying water quality on growth and appearance of landscape plants*.
- Ravindran, K. C., Venkatesan, K., Balakrishnan, V., Chellappan, K., & Balasubramanian, T. (2007). *Restoration of saline land by halophytes for Indian soils, Soil Biology & Biochemistry*.
- Resources, D. d. (2003). Retrieved from <http://www.water.utah.gov/waterplan/uwrpff/TextOnly.htm>
- Rodríguez, P., Torrecillas, A., Morales, M. A., Ortuño, M. F., & Sánchez Blanco, M. J. (2005). *Effects of NaCl salinity and water stress on growth and water relations of Asteriscus maritimus plants, Environmental and Experimental Botany*.
- Sánchez Blanco, M. J., Rodríguez, P., Olmos, E., Morales, M., & Torrecillas, A. (2004). *Differences in the effects of simulated sea aerosol on water relations, salt content, and leaf ultrastructure of rock-rose plants*.
- Sánchez, F. G. (2018, octubre 17). *El agua en Canarias: desalinización como solución a la escasez de recursos hídricos*. Retrieved from <https://www.iagua.es/noticias/gestion-agua-etsii-upm/agua-canarias-desalinizacion-como-solucion-escasez-recursos-hidricos>
- Schönherr, J., & Bauer, H. (1992). *Analysis of effects of surfactants on permeability of plant*.
- Shaffer, D. L., Yip, N. Y., Gilron, J., & Mebachem, E. (2012). *Seawater desalination for agriculture by integrated forward and reverse osmosis: Improved product water quality for potentially less energy*.

- Shannon, M. C., & Grieve, C. M. (1999). *Tolerance of vegetable crops to salinity*.
- Singh, K. N., & Chatrath, R. (2001). *Salinity tolerance*.
- Soler, C. (1988). *Intrusión marina en el Archipiélago Canario: estado actual para las islas occidentales*. Almuñecar.
- Storey, R., & Walker, R. R. (1999). *Citrus and salinity*.
- Szabolcs, I. (1989). *Salt-affected soils*. Florida.
- Szabolcs, I. (1996). *An overview on soil salinity and alkalinity in Europe*. In: *Soil Salinisation and alkalinisation in Europe*. Thessaloniki, Greece.
- Tal, A. (2006). *Seeking sustainability: Israel's evolving water management strategy*.
- Tester, M., & Davenport, R. (2003). *Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants*.
- Thayer, R. L. (1976). *Visual ecology: revitalizing the esthetics of landscape architecture*.
- Torrecillas, A., Rodríguez, P., & Sánchez Blanco, M. J. (2003). *Comparison of growth, leaf water relations and gas exchange of Cistus albidus and Cistus monspeliensis plants irrigated with water of different NaCl salinity levels*.
- USEPA. (1992). *Manual: guidelines for water reuse*.
- Valdez Aguilar, L. A., Grieve, C. M., Razak Mahar, A., McGiffen, M., & Merhaut, D. J. (2011). *Growth and ion distribution is affected by irrigation with saline water in selected landscape species grown in two consecutive growing-seasons*.
- Vázquez Chacón, J. Y. (2019, Noviembre 12). *Lifeder*. Retrieved from Hedera helix: <https://www.lifeder.com/hedera-helix/>
- White, P. J. (2003). *Calcium in plants*.
- Wicke B., S. E. (2011). *The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected soils*.
- Wicke, B., Smeets, E., Dornburg, V., Vashev, B., Gaiser, T., Turkenburga, W., et al. (2011). *The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected soils*.

- Wikipedia, L. e. (2020, junio 22). *Bougainvillea spectabilis*. Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/Bougainvillea_spectabilis#Taxonom%C3%A1
Da
- Wild, A. (1988). *Russell's soil conditions and plant growth*.
- Willdenow, C. L. (1799). *Bougainvillea spectabilis*.
- Wu, L., & Dodge, L. (2005). *Special Report for the Elvenia J. Slosson Endowment Fund*.
- Wu, L., Guo, X., & Harivandi, A. (2001a). *Salt tolerance and salt accumulation of landscape plants irrigated by sprinkler and drip irrigation systems*.
- Wu, L., Guo, X., Harivandi, R. W., & Brown, J. (1999). *Study of California native grass and landscape plant species for recycled water*.
- Wu, L., Guo, X., Hunter, K., Zagory, E., Waters, R., & Brown, J. (2001b). *Studies of salt tolerance of landscape plant species and California native grasses for recycled water irrigation*.
- Yermiyahu, U., Tal, A., Bar-Tal, A., Tarchitzky, J., & Lahav, O. (2007). *Rethinking desalinated water quality and agriculture*.
- Zarzo, D., Campos, E., & Terreno, P. (2013). *Spanish experience in desalination for agriculture*.
- Zollinger, N., Koenig, R., Cerny Koenig, T., & Kjelgren, R. (2007). *Relative salinity tolerance of intermountain Western United States native herbaceous perennials*.

9. ANEXOS O APÉNDICE

Anexo 1. Analítica de agua testigo por Canarias Explosivos, S. A.

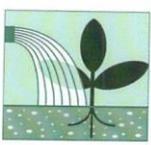


CESA

® Laboratorio de Diagnóstico Agrícola I + D

Certificado
ISO 9001
ISO 14001

**CANARIAS
EXPLOSIVOS, S.A.**



®
SERVICIO AGRONÓMICO

Análisis de agua código artículo 8841

| | | | | |
|------------------|----------|------------------------------|--------------------------------|--|
| nº registro | 29986 | Solicitante | Dpto. Ingeniería Agraria ETSIA | |
| fecha de entrada | 11/06/21 | Identificación de la muestra | <i>Testigo</i> | |
| fecha de salida | 22/06/21 | | | |

pH 9,0 C.E._{-25°C} 1,03 mS/cm sales disueltas: 0,72 g/l
(estimación: TDS=0,7·CE)

| <i>Aniones meq/L</i> | | | <i>Cationes meq/L</i> | | |
|---------------------------|------|-------|-----------------------|------|-------|
| Bicarbonatos | 9,87 | 602,1 | Calcio | 0,78 | 15,54 |
| Carbonatos ⁽¹⁾ | 1,05 | 31,5 | Magnesio | 5,02 | 61,0 |
| Cloruros | 0,58 | 20,4 | Sodio | 5,35 | 123,0 |
| Sulfatos | 0,32 | 15,6 | Potasio | 0,70 | 27,2 |

(1) pH p.final 8,3

| | | | | | |
|----------|---------------------------------------|---|--------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Nitratos | 5,6 mgNO ₃ ⁻ /L | 0,09 meqNO ₃ ⁻ /L | Amonio | mgNH ₄ ⁺ /L | meqNH ₄ ⁺ /L |
| Fosfatos | mgP/L | meqH ₂ PO ₄ ⁻ /L | | | |

Otras determinaciones

Silíce mg SiO₂/L

Flúor mg F/L

Nitritos mg NO₂⁻/L

Carbono Orgánico Disuelto

Sólidos totales en suspensión

Micronutrientes (mg/L)

Boro

Hierro

Manganeso

Cobre

Zinc

| | | | |
|--|-----------------------------|------------------|------|
| Carbonato sódico residual meq/L | 5,1 | Suma de aniones | 11,9 |
| SAR 3,1 SAR ajustado | 8,2 | Suma de cationes | 11,8 |
| Dureza (°F = 1/10 x mg CaCO ₃ /L) | 29,0 Medianamente dura | Fiabilidad % | 99,7 |

SERVICIO AGRONÓMICO

Políg. Ind. Cueva Bermeja, Vía Serv. Puerto, P.14 - 38180 Santa Cruz de Tenerife

Tfno.: 922 59 69 03 Ext. 2 - Fax: 922 59 66 03 - laboratorio@canariasesplosivos.es

www.canariasesplosivos.es



Fdo. José Luis Cruz García
Químico colegiado nº 448 Canarias

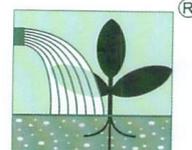
Anexo 2. Analítica del agua desalada por Canarias Explosivos, S. A.



® Laboratorio de Diagnóstico Agrícola I + D

Certificado
ISO 9001
ISO 14001

**CANARIAS
EXPLOSIVOS, S.A.**



SERVICIO AGRONÓMICO

Análisis de agua

código artículo 8841

| | | | |
|------------------|----------|------------------------------|--------------------------------|
| nº registro | 29985 | Solicitante | Dpto. Ingeniería Agraria ETSIA |
| fecha de entrada | 11/06/21 | Identificación de la muestra | Desalada |
| fecha de salida | 22/06/21 | | |

pH 7,3 C.E._{25°C} 0,31 mS/cm sales disueltas: 0,21 g/l
(estimación: TDS=0,7·CE)

| Aniones | meq/L | mg/L | Cationes | meq/L | mg/L |
|---------------------------|-------|------|----------|-------|------|
| Bicarbonatos | 0,17 | 10,4 | Calcio | 0,09 | 1,85 |
| Carbonatos ⁽¹⁾ | - | - | Magnesio | 0,11 | 1,4 |
| Cloruros | 2,01 | 71,4 | Sodio | 2,10 | 48,3 |
| Sulfatos | 0,038 | 1,8 | Potasio | 0,06 | 2,3 |

(1) pH p.final 8,3

| | | | | | | |
|----------|---------------------------|------|--------------------------------------|--------|----------------------|-----------------------|
| Nitratos | <0,2 mgNO ₃ /L | n.d. | meqNO ₃ /L | Amonio | mgNH ₄ /L | meqNH ₄ /L |
| Fosfatos | mgP/L | | meqH ₂ PO ₄ /L | | | |

Otras determinaciones

| | |
|-------------------------------|------------------------|
| Sílice | mg SiO ₂ /L |
| Flúor | mg F/L |
| Nitritos | mg NO ₂ /L |
| Carbono Orgánico Disuelto | |
| Sólidos totales en suspensión | |

Micronutrientes (mg/L)

| |
|-----------|
| Boro |
| Hierro |
| Manganeso |
| Cobre |
| Zinc |

| | | | |
|--|---------------------|------------------|------|
| Carbonato sódico residual meq/L | 0,0 | Suma de aniones | 2,2 |
| SAR 6,6 SAR ajustado | -3,5 | Suma de cationes | 2,4 |
| Dureza (°F = 1/10 x mg CaCO ₃ /L) | 1,0 Muy blanda | Fiabilidad % | 97,0 |

SERVICIO AGRONÓMICO

Políg. Ind. Cueva Bermeja, Vía Serv. Puerto, P.14 - 38180 Santa Cruz de Tenerife
Tfno.: 922 59 69 03 Ext. 2 - Fax: 922 59 66 03 - laboratorio@canariasesplosivos.es
www.canariasesplosivos.es



Anexo 3. Analítica de agua de rechazo por Canarias Explosivos, S. A.



® Laboratorio de Diagnóstico Agrícola I + D

Certificado
ISO 9001
ISO 14001

**CANARIAS
EXPLOSIVOS, S.A.**



SERVICIO AGRONÓMICO

Análisis de agua

código artículo 8841

| | | | |
|------------------|----------|------------------------------|--------------------------------|
| nº registro | 29984 | Solicitante | Dpto. Ingeniería Agraria ETSIA |
| fecha de entrada | 11/06/21 | Identificación de la muestra | Salada |
| fecha de salida | 22/06/21 | | |

pH 9,0 C.E. 25°C 1,71 mS/cm sales disueltas: 1,20 g/l
(estimación: TDS=0,7-CE)

| Aniones | meq/L | mg/L | Cationes | meq/L | mg/L |
|---------------------------|-------|--------|----------|-------|-------|
| Bicarbonatos | 17,40 | 1061,4 | Calcio | 0,65 | 13,10 |
| Carbonatos ⁽¹⁾ | 1,72 | 51,6 | Magnesio | 8,80 | 106,9 |
| Cloruros | 1,15 | 40,9 | Sodio | 9,63 | 221,6 |
| Sulfatos | 0,60 | 28,6 | Potasio | 1,26 | 49,5 |

(1) pH p. final 8,3

| | | | | | |
|----------|---------------------------------------|---|--------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Nitratos | 5,7 mgNO ₃ ⁻ /L | 0,09 meqNO ₃ ⁻ /L | Amonio | mgNH ₄ ⁺ /L | meqNH ₄ ⁺ /L |
| Fosfatos | mgP/L | meqH ₂ PO ₄ ⁻ /L | | | |

Otras determinaciones

| | |
|-------------------------------|------------------------------------|
| Sílice | mg SiO ₂ /L |
| Flúor | mg F/L |
| Nitritos | mg NO ₂ ⁻ /L |
| Carbono Orgánico Disuelto | |
| Sólidos totales en suspensión | |

Micronutrientes (mg/L)

| |
|-----------|
| Boro |
| Hierro |
| Manganeso |
| Cobre |
| Zinc |

| | | | |
|---|-------------------|------------------|------|
| Carbonato sódico residual meq/L | 9,7 | Suma de aniones | 21,0 |
| SAR 4,4 | SAR ajustado 13,4 | Suma de cationes | 20,3 |
| Dureza ^(°F = 1/10 x mg CaCO₃/L) | 47,3 Dura | Fiabilidad % | 98,5 |

SERVICIO AGRONÓMICO

Políg. Ind. Cueva Bermeja, Vía Serv. Puerto, P.14 - 38180 Santa Cruz de Tenerife
Tfno.: 922 59 69 03 Ext. 2 - Fax: 922 59 66 03 - laboratorio@canariasesplosivos.es
www.canariasesplosivos.es

Fdo. José Luis Cruz García
Químico colegiado nº 448 Canarias

Anexo 4. Datos de las temperaturas del invernadero mayo 2021.

| RESUMEN | MAYO 2021 | | | | | | | |
|-----------|----------------|-----------|-------|------------|--------|--------|--------|--------|
| | RADIACIÓN W/m2 | Tª med °C | Hr % | RADCIÓN di | Tª MAX | Hr MAX | Tª min | Hr min |
| MEDIAS | 57,28 | 18,01 | 73,11 | 5494,11 | 25,83 | 87,98 | 13,90 | 49,88 |
| ABSOLUTAS | | | | 170317,30 | 34,28 | 92,90 | 11,71 | 27,20 |

Anexo 5. Datos de las temperaturas del invernadero junio 2021.

| RESUMEN | JUNIO 2021 | | | | | | | |
|-----------|----------------|-----------|-------|------------|--------|--------|--------|--------|
| | RADIACIÓN W/m2 | Tª med °C | Hr % | RADCIÓN di | Tª MAX | Hr MAX | Tª min | Hr min |
| MEDIAS | 59,96 | 19,92 | 68,46 | 5756,56 | 28,45 | 84,53 | 15,40 | 45,61 |
| ABSOLUTAS | | | | 172696,70 | 39,60 | 92,80 | 13,19 | 18,70 |

Anexo 6. Datos de las temperaturas del invernadero julio 2021.

| RESUMEN | JULIO 2021 | | | | | | | |
|-----------|----------------|-----------|-------|------------|--------|--------|--------|--------|
| | RADIACIÓN W/m2 | Tª med °C | Hr % | RADCIÓN di | Tª MAX | Hr MAX | Tª min | Hr min |
| MEDIAS | 67,56 | 22,66 | 64,66 | 6236,03 | 32,94 | 83,82 | 17,07 | 42,11 |
| ABSOLUTAS | | | | 137192,70 | 44,23 | 100,00 | 14,79 | 12,00 |

Anexo 7. Datos de las temperaturas del invernadero agosto 2021.

| RESUMEN | AGOSTO 2021 | | | | | | | |
|-----------|---------------|-----------|-------|------------|--------|--------|--------|--------|
| | RADIACIÓN W/r | Tª med °C | Hr % | RADCIÓN di | Tª MAX | Hr MAX | Tª min | Hr min |
| MEDIAS | 58,00 | 23,70 | 63,43 | 5551,76 | 33,56 | 80,35 | 18,18 | 40,05 |
| ABSOLUTAS | | | | 166552,90 | 45,50 | 95,20 | 16,27 | 12,20 |