



UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL



“Efecto del tipo sustrato de cultivo, la fertilización y el agua de riego en la composición mineral y el desarrollo de *Petunia x hybrida* Vilm.”

**Memoria presentada por Patricia Noemí Hashimoto
para optar por el título de Doctor Ingeniero Agrónomo**

Valencia, mayo de 2010



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ROSA MARIA BELDA NAVARRO, PROFESORA TITULAR DE UNIVERSIDAD EN EL AREA DE "FISIOLOGIA VEGETAL" EN LA ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRONOMOS DE LA UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA Y STELLA MARIS PEREYRA, PROFESORA ADJUNTA DE LA CÁTEDRA DE FLORICULTURA EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA, ARGENTINA,

HACEN CONSTAR: Que la memoria de Tesis Doctoral titulada "EFECTO DEL TIPO DE SUSTRATO DE CULTIVO, LA FERTILIZACION Y EL AGUA DE RIEGO EN LA COMPOSICION MINERAL Y EL DESARROLLO DE *Petunia x hybrida Vilm.*", que presenta D^o. Patricia Noemí Hashimoto para aspirar al Grado de Doctor Ingeniero Agrónomo, ha sido realizada bajo su dirección, y autorizan su presentación.

Y para que conste, expiden la presente en Valencia, a treinta de abril de dos mil diez.

Rosa María Belda

Stella Maris Pereyra

Agradecimientos

A mis directoras Dras. Rosa María Belda Navarro y Stella Maris Pereyra por su paciente guía, apoyo, dedicación y estímulo durante el proceso integral desde la elaboración del proyecto hasta la finalización de la redacción de la tesis doctoral.

A la Mg. Sci. Nora Abbiatii, Profesor Asociado de la Cátedra de Estadística de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, por su invaluable asesoramiento en aspectos referidos al diseño experimental e interpretación de resultados.

A la Directora del Instituto de Floricultura dependiente del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria: Mg. Sci. Laura Bullrich, que me permitió acceder al uso de las instalaciones y equipamiento.

Al Ing. Agr. Daniel Morisigue, director del Proyecto Nacional Integrado: "Desarrollo de tecnologías innovativas para la diversificación, intensificación y diferenciación de la producción de flores y plantas ornamentales" dependiente del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y de la Maestría en Floricultura UNLZ, por su apoyo incondicional para el desarrollo de esta tesis.

Al personal profesional y técnico del Instituto de Floricultura: Ing. Agr. Lorena Bárbaro, Téc. Floric. Mónica Karlanian, Mg. Sci. Diego Mata, Ing. Agr. Juan Carlos Hagiwara; cuya colaboración ha sido de inestimable valor a lo largo de la fase experimental y de inventario.

A la Dra. Atelene Kämpf y al Dr. Rolf Röber, docentes de la Maestría en Floricultura de la Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Lomas de Zamora, cuyos conocimientos, sugerencias y bibliografía brindada, aportaron y enriquecieron los contenidos de este trabajo de tesis.

Al Sr. Félix Kuba, presidente de Mercado de Plantas del Sur y a sus asociados que abrieron las puertas de sus establecimientos y brindaron toda la información necesaria para la caracterización de la situación productiva en la zona.

Al Ing. Agr. Alejandro Fortunata, dueño de Vivero Berlín en Ministro Rivadavia, que brindó los sustratos empleados en su establecimiento para la realización del ensayo.

A la empresa Ing. Carluccio y Asoc. S.R.L. que donó desinteresadamente el sustrato a base de fibra de coco.

Al alumno-asistente Julian Jerzieski que participó activamente en las determinaciones químicas.

A mis hijas Jazmín y Naomi que colaboraron en las fases finales del ensayo, en la presentación final de la tesis, y que supieron comprender y compartir pacientemente aquellos fines de semana que debía permanecer escribiendo.

A mis padres David y Kazuko, que hoy ya no están, pero que siempre me acompañarán en el camino de mi vida.

A todos ellos muchas gracias.

Comunicaciones a congresos derivadas de la tesis doctoral

HASHIMOTO, P. & VAZQUEZ, J. 2007. "Caracterización de la producción de *Petunia x hybrida* Vilm. en los Pdos de E. Echeverría, Almirante Brown y P. Perón". Actas de las IX Jornadas Nacionales de Floricultura. Salta. Argentina. Noviembre 2007. 183-185. Comunicación oral (15 min.).

HASHIMOTO, P. & VAZQUEZ, J. 2008. "Crecimiento y desarrollo de *Petunia x hybrida* en relación al tipo de sustrato y calidad de agua mediante análisis de conglomerados". Actas del IV Congreso Argentino de Floricultura. X Jornadas Nacionales de Floricultura. Corrientes. Argentina. Noviembre. 253-258. Cartel.

HASHIMOTO, P. & VÁZQUEZ, J. 2009. "Caracterización del agua del riego para la producción de cultivos florales anuales en contenedores en el sur del Área Metropolitana de Buenos Aires". Actas de las XI Jornadas Nacionales de Floricultura. Montecarlo. Misiones. Argentina. Octubre. 99-100. Comunicación oral (15 min.).

HASHIMOTO, P.; VÁZQUEZ, J.; KARLANIAN, M. & BÁRBARO, L. 2009. "Evolución del pH y la conductividad eléctrica de los sustratos a lo largo de un período de cultivo de *Petunia x hybrida* Vilm." Actas de las XI Jornadas Nacionales de Floricultura. Montecarlo. Misiones. Argentina. Octubre. 113-115. Cartel.

Resumen

Petunia e *Impatiens*, lideran la producción de planta ornamental en maceta para consumo doméstico o para jardines en Argentina. En esta tesis se ha realizado el estudio agronómico de *Petunia* para determinar opciones en el manejo de la planta referidas al sustrato, fertilizante y agua de riego con objeto de producir plantines de calidad.

Se ha procedido a efectuar un inventario de productores a fin de caracterizar la producción florícola, con un especial énfasis en la producción de *Petunia x hybrida*, en los Partidos de Almirante Brown, Esteban Echeverría y Presidente Perón en el sur del Area Metropolitana de Buenos Aires. La información obtenida a través del censo indicó que existían dificultades para adoptar nuevas tecnologías, la compra de insumos para la producción y el mantenimiento de las instalaciones y equipos preexistentes. En muchos establecimientos, actualmente, se desarrolla una actividad de subsistencia, con una marcada resistencia a la adopción de nuevas tecnologías.

La petunia es el segundo cultivo en importancia en la zona estudiada, dentro del rubro de plantines florales herbáceos. El suelo orgánico (*tierra negra*) fue empleado por todos los productores de plantines de petunia debido a su bajo costo. Todos ellos empleaban el agua de napa subterránea como fuente de riego dentro de todo el proceso de producción de especies florales en maceta, pero no han referido problemas relativos a la calidad de agua para la etapa comprendida entre el trasplante al contenedor definitivo y la floración. El diagnóstico de la situación productiva del cultivo de petunia en la zona estudiada indicó que los problemas existentes podrían resumirse como: uso de agua de mala calidad, escaso empleo de fertilizantes y utilización de suelo orgánico como sustrato.

De los 34 establecimientos estudiados, se analizó el agua de riego de la napa freática en once que presentaban actividad florícola orientada a la producción de plantines florales anuales. Se comprobó la existencia de distintos sectores dentro de esta zona de producción con características diferenciales en cuanto a la calidad de agua de riego por el aporte de salinidad de los acuíferos Puelche y Pampeano. Dicha calidad varió en forma importante en los distintos sectores de acuerdo a su posición en el relieve, el nivel de la napa freática, el nivel piezométrico, la profundidad de la perforación y la cercanía a fuentes contaminantes. En general, las posibilidades de corrección del agua de napa freática se vieron limitadas principalmente por el tamaño de la explotación y las posibilidades económico-financieras de los productores de esta zona.

Resumen

Se procedió luego a efectuar una evaluación del efecto de la calidad del agua de riego sobre el crecimiento, desarrollo y estado nutricional del cultivo de petunia desde el trasplante a la floración. Con objeto de estudiar el efecto del tipo de agua de riego en el desarrollo de la planta, se realizaron 2 tratamientos consistentes en riego del cultivo con agua de pozo (napa freática NF) y agua desionizada (AD). Las plantas se muestrearon a los 15, 30 y 45 días del comienzo de los tratamientos. Las variables evaluadas fueron peso fresco (PF), peso seco (PS), área foliar (AF), número de flores/planta (FPP), contenido de clorofila, intensidad de coloración de la flor y contenidos de Nt, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ y P en la planta. Para los parámetros de crecimiento se observaron mayores valores cuando el agua empleada fue NF, salvo para FPP ya que la mayor cantidad de flores se midieron cuando se regó con AD.

A fin de evaluar el efecto de tres sustratos en el crecimiento, desarrollo y estado nutricional de petunia desde el trasplante a la floración, se emplearon 3 sustratos preparados y proveídos por los productores de los establecimientos florícolas de la zona sur del AMBA para el cultivo de plantas en contenedor: Suelo orgánico (SO), residuo de fibra de coco (FDC) y mezcla para plantines (MPP), sin aporte de nutrientes. Las fechas de muestreo y las variables medidas fueron las mismas que en el experimento anterior. Para las condiciones establecidas en este ensayo se pudo constatar que los 3 sustratos empleados poseían características químicas y físicas distintivas que condicionaron tanto el crecimiento y desarrollo como el contenido de macronutrientes en el tejido vegetal. El sustrato MPP fue aquel que, tanto por sus propiedades químicas como físicas, presentó características que respondieron comparativamente mejor a los requerimientos de la planta de petunia.

Se procedió a evaluar el efecto del tipo y dosis de fertilizante sobre el crecimiento, desarrollo y estado nutricional del cultivo desde el trasplante a la floración. Los fertilizantes empleados fueron un granulado convencional (GC) y uno de liberación lenta (LL), se trabajó con 3 dosis 0, npk y NPK (0, 300 y 600 ppm N-P-K respectivamente) y la fertilización se realizó al momento del trasplante al contenedor definitivo. Las fechas de muestreo fueron las mismas que en las experiencias anteriores. Se pudo comprobar que la respuesta de la planta de petunia dependió mayormente de la rápida disponibilidad de nutrientes, sobre todo en los primeros quince días tras el trasplante. Por lo tanto, se apreciaron ventajas comparativas del fertilizante GC respecto al LL, que principalmente se manifestaron en el crecimiento (PF, PS y AF).

Se aplicó el análisis de componentes principales combinado con el análisis en conglomerados jerárquicos para sistematizar el estudio del efecto del sustrato, tipo y dosis de fertilizante y tipo de agua de riego en el desarrollo de petunia. Se realizaron muestreos para las mismas fechas citadas en los apartados anteriores, evaluándose el mismo conjunto de 12 variables. Entre ellas, las indicadores de calidad y que resultan útiles en la mejora de la

comercialización de petunia son el PF, el PS, el AF, FPP, el contenido de clorofila y la intensidad de coloración de la flor. Se podría recomendar el uso de SO fertilizado o MPP en el cultivo de petunia y la comercialización a los 30 o 45 días del trasplante -el tipo de fertilizante y tipo de agua de riego no afectaron a la calidad de la planta en estos experimentos-. Estas recomendaciones no han tenido en cuenta factores económicos ni ambientales.

Por otro lado, se evaluó el efecto de los 2 fertilizantes (GC y LL), de las 3 dosis de fertilización (0, npk y NPK) y de los 2 tipos de agua de riego (NF y AD) sobre el pH y la salinidad de los 3 sustratos (FDC, SO y MPP) tras el periodo de cultivo de 45 días. En general, se observaron incrementos del pH y de la CE al finalizar el ensayo. Dichos resultados se hallaban muy por encima de aquellos recomendados para el cultivo en contenedores. Estos incrementos se debieron fundamentalmente al aporte de sales a través de los fertilizantes y del agua de riego.

En algunas zonas del Area Metropolitana de Buenos Aires, el proceso de germinación de las especies sensibles se constituye en un factor limitante para el éxito de la producción y su posterior salida al mercado, principalmente debido al elevado contenido de sodio en el agua de riego que disminuye su calidad para este propósito. Se efectuaron pruebas de germinación según las normas ISTA. A fin de evaluar el efecto de la salinidad y de la alcalinidad sobre la germinación de semillas de petunia, se emplearon concentraciones crecientes de NaCl-CaCl₂, y de NaHCO₃. De los resultados obtenidos se pudo concluir que en etapas tempranas del desarrollo de la plántula de petunia, la presencia concreta de Na⁺ en el medio de crecimiento tuvo mayor incidencia y efectos más negativos que la propia salinidad. Se presume que a lo largo del proceso de crecimiento y desarrollo, la especie va desarrollando mecanismos de tolerancia a la presencia de Na⁺ de modo tal que permite el crecimiento y desarrollo una vez superada la etapa de plántula.

Summary

Petunia and *Impatiens*, lead the production of potted ornamental plants for home consumption or for gardens in Argentina. This thesis focuses on agronomic *Petunia* study in order to find out options in plant management technology in relation to substrate, fertilizer and irrigation water so as to produce high quality annuals.

Growers of the southern part of the Buenos Aires Metropolitan Area were surveyed in order to characterize floriculture production emphasizing *Petunia x hybrida* production in the locations of Almirante Brown, Esteban Echeverría and Presidente Peron. The information obtained through the census indicated the existence of difficulties in adopting new technologies, and in purchasing inputs for production and maintenance of existing facilities and equipment. Many enterprises have a subsistence activity, with a strong resistance to adopt new technologies.

Among flowering annual species *Petunia* is the second most important crop in the studied area,. Organic soil ("black soil") was used by all producers of petunia because of its low cost. All of them used underground water for irrigation within the entire production process of floral pot species, but have not mentioned problems relating to water quality from transplanting to flowering stage. The diagnosis of crop production situation of petunia in the studied area indicated that existing problems could be summarized in three main points: use of poor quality water, low fertilization, and use of organic soil as a substrate.

Considering the 34 floral nurseries, irrigation water was analyzed in eleven of them, as their activity focused in annuals. It was confirmed the existence of distinctive sectors within the area of production that differed in quality of irrigation water characteristics, caused by the contribution of groundwater salinity from the Pampeano and Puelche aquifers. The water quality varied significantly in different sectors according to their position in the landscape, the groundwater level, the piezometric depth and proximity to pollution sources. As a general rule, correction possibilities were mainly limited by the size of the company and the economic -financial possibilities of the growers in this area.

An appraisal was conducted in order to evaluate the effect of irrigation water quality on growth, development and nutritional status of petunia from transplanting to flowering. With the objective of estimating the effect of the irrigation water in plant development, two treatments were conducted using underground water (NF) and deionized water (AD). Plants were sampled at 15, 30 and 45 days after transplanting. Variables evaluated were fresh weight (FW), dry weight (DW), leaf area (AF), number of flowers per plant (FPP), chlorophyll content, flower color intensity, and Nt, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺,

Na⁺ and P contents in plant tissue. For growth parameters higher values were observed when the water used was NF, except for FPP as more flowers were observed when watered with AD.

To evaluate the effect of the type of substrate on growth, development and nutritional status of *Petunia* from transplanting to flowering, three substrates were used. They were provided by growers of annuals in the south of the AMBA for containerized plants: Organic soil (SO), coir dust (FDC) and annuals mix (PPM) without nutrients addition. Sampling dates and variables measured were the same as in the previous experiment. For the conditions imposed in this study, the three substrates used had distinct physical and chemical properties which influenced the growth and development as well as the macronutrient content in plant tissue. The substrate MPP exhibited chemical and physical properties that showed comparatively better features responding to the requirements of *Petunia* plant.

To evaluate the effect of type and dose of fertilizer on growth, development and nutritional status of *petunia* from transplanting to flowering, conventional soluble (CG) and slow release (LL) fertilizers were used in 3 doses: 0, npk, NPK (0, 300, 600 ppm NPK) were evaluated and fertilization was applied during transplantation date in the final container. Sampling dates were the same as in the previous experiments. The response of *Petunia* plant depended largely on the immediate availability of nutrients, especially in the first 15 days after transplantation. Therefore, comparative advantages were obtained for the GC fertilizer compared to LL, mainly observed in growth parameters (PF, PS and AF).

Principal component analysis combined with hierarchical cluster analysis were systematically used in order to study the effect of substrate, type and dose of fertilizer and irrigation water quality on the development of *Petunia*. Plants were sampled on the same dates detailed in the previous sections. Same set of 12 variables were evaluated. Quality Indicators useful in improving *Petunia* marketing were PF, PS, AF, FPP, estimations of chlorophyll content and flower color intensity. It could be recommended to use SO fertilized or MPP in growing *Petunia* and marketing between 30 or 45 days after transplanting. Types of fertilizer and irrigation water did not affect plant quality in the experiments. Neither economic nor environmental considerations have been taken into account in these recommendations.

Furthermore, the effect of the two fertilizers (GC and LL), 3 fertilization doses (0, npk and NPK) and two types of irrigation water (NF and AD) on the pH and electrical conductivity of the three substrates (FDC, SO and MPP) were studied, after 45 days of cultivation period. Increases in pH and EC were observed after this trial. These results overcame the values recommended for growing in containers, which were primarily due to salts contribution from fertilizers and irrigation water.

Summary

In some zones of Buenos Aires Metropolitan Area, germination process of sensitive annual species is a limiting factor for the success of growing and marketing. It is mainly due to the high sodium content in irrigation water that diminishes plantlet quality. Germination tests were performed according to ISTA rules. To evaluate the effect of salinity and alkalinity on the germination of *Petunia* seeds, increasing concentrations of NaCl, CaCl₂, and NaHCO₃ were tested. Results obtained indicated that on early stages of *Petunia* seedling growth, the specific presence of Na⁺ in the growing medium showed higher incidence and more negative effects than salinity itself. It is assumed that during the process of growth and development, this specie develops mechanisms of tolerance Na⁺ presence in such a way that enables growth and development after overcoming seedling stage.

Resum

Petúnia i *Impatiens*, lideren la producció de planta ornamental en test per a consum domèstic o per a jardins a Argentina. En aquesta tesi s'ha realitzat l'estudi agronòmic de *Petúnia* per a determinar opcions en el maneig de la planta referides al substrat, fertilitzant i aigua de reg a fi de produir plantes de qualitat.

S'ha procedit a efectuar una enquesta als productors per a caracteritzar la producció, amb especial èmfasi en la producció de *Petúnia x hybrida*, en els Partits d'Almirall Brown, Estevan Echeverría i President Perón en el sud de l'Àrea Metropolitana de Buenos Aires. La informació obtinguda a través del cens va indicar que hi havia dificultats en l'adopció de noves tecnologies, la compra d'inputs per a la producció i el manteniment de les instal·lacions i equips preexistents. En molts establiments, actualment, s'exercix una activitat de subsistència, amb una marcada resistència a l'adopció de noves tecnologies.

La petúnia és el segon cultiu en importància en la zona estudiada, dins del sector de flors per a contenidor. El sòl orgànic (*terra negra*) va ser emprat per tots els productors de petúnia a causa del seu baix cost. Tots ells empraven l'aigua de napa subterrània com a font de reg per a tot el procés de producció de flors en test, però no han referit problemes quant a la qualitat d'aigua per a l'etapa compresa entre el trasplantament al contenidor definitiu i la floració. El diagnòstic de la situació productiva del cultiu de petúnia per a la zona en estudi va indicar que els problemes existents podrien resumir-se com: ús d'aigua de mala qualitat, escassa utilització de fertilitzants i utilització de sòl orgànic com a substrat.

Dels 34 establiments de la zona, es va analitzar l'aigua de reg de la napa freàtica en onze que presentaven activitat florícola orientada a la producció en test d'espècies anuals. Es va comprovar l'existència de distints sectors dins d'esta zona de producció amb característiques diferencials quant a la qualitat d'aigua de reg degudes al aportament de salinitat des dels aqüífers Puelche i Pampeà. La qualitat va variar en forma important en els distints sectors d'acord amb la seua posició en el relleu, el nivell de la napa freàtica, el nivell piezomètric, la profunditat de la perforació i la proximitat a fonts contaminants. En general, les possibilitats de correcció de l'aigua de napa freàtica es van veure limitades principalment per la grandària de l'explotació i les possibilitats economicofinanceres dels productors d'esta zona.

Amb la finalitat d'estudiar l'efecte del tipus d'aigua de reg en el desenvolupament de la planta, es van realitzar 2 tractaments consistents en el reg del cultiu amb aigua de pou (napa freàtica NF) i aigua desionitzada (AD). Les plantes es van mostrejar als 15, 30 i 45 dies del començament dels tractaments. Les variables avaluades van ser pes fresc (PF), pes sec (PS), àrea foliar (AF), nombre de flors per planta (FPP), contingut de clorofil·la, intensitat de coloració de la

Resum

flor i continguts de Nt , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ i P en la planta. Per als paràmetres de creixement es van observar majors valors quan l'aigua emprada va ser NF, excepte per a FPP ja que la major quantitat de flors es van mesurar quan es va regar amb AD.

Amb l'objectiu d'avaluar l'efecte de tres substrats en el creixement, desenvolupament i estat nutricional de petúnia des del transplantament a la floració, es van emprar 3 substrats preparats i proveïts pels productors dels establiments florícoles de la zona sud de l'Àrea Metropolitana de Buenos Aires per al cultiu de plantes en contenidor: sòl orgànic (SO), residu de fibra de coco (FDC) i mescla per a contenidors (MPP), sense suministrament de nutrients. Les dates de mostratge i les variables mesurades van ser les mateixes que en l'experiment anterior. Per a les condicions establides en este assaig es va poder constatar que els 3 substrats emprats van posseir característiques químiques i físiques distintives que van condicionar tant el creixement i desenvolupament com el contingut de macronutrients en el teixit vegetal. El substrat MPP va ser aquell que, tant per les seues propietats químiques com per les físiques, va presentar característiques que van respondre comparativament millor als requeriments de la planta de petúnia.

Es va procedir a avaluar l'efecte del tipus i dosi de fertilitzant sobre el creixement, desenvolupament i estat nutricional del cultiu des del transplantament a la floració. Els fertilitzants utilitzats van ser granulat convencional (GC) i d'alliberament lent (LL), es va treballar amb 3 dosis 0, npk i NPK (0, 300 i 600 ppm N-P-K respectivament) i la fertilització es va realitzar al moment del transplantament al contenidor definitiu. Les dates de mostreig van ser les mateixes que en les experiències anteriors. Es va poder comprovar que la resposta de la planta de petúnia va dependre majorment de la ràpida disponibilitat de nutrients, sobretot en els primers quinze dies després del transplantament. Per tant, es van apreciar avantatges comparatius del fertilitzant GC respecte al LL, que principalment es van manifestar en el creixement (PF, PS i AF).

Es va aplicar l'anàlisi de components principals combinat amb l'anàlisi en conglomerats jeràrquics per a sistematitzar l'estudi de l'efecte del substrat, tipus i dosi de fertilitzant i tipus d'aigua de reg en el desenvolupament de petúnia. Es van realitzar mostres per a les mateixes dates esmentades en els apartats anteriors, avaluant-se el mateix conjunt de 12 variables. Entre elles, les indicadores de qualitat i que resulten útils en la millora de la comercialització de petúnia són el PF, el PS, l'AF, el FPP, el contingut de clorofil·la i la intensitat de coloració de la flor. Es podria recomanar l'ús de SO fertilitzat o de MPP en el cultiu de petúnia i la comercialització als 30 o 45 dies del trasplantament -el tipus de fertilitzant i tipus d'aigua de reg no van afectar la qualitat de la planta en estos experiments-. Estes recomanacions no han tingut en compte factors econòmics ni ambientals.

D'altra banda, es va avaluar l'efecte dels 2 fertilitzants (GC i LL), de les 3 dosis de fertilització (0, npk i NPK) i dels 2 tipus d'aigua de reg (NF i AD) sobre el pH i la salinitat dels 3 substrats (FDC, SO i MPP) després del període de cultiu de 45 dies. En general, es van observar increments del pH i de la CE al finalitzar l'assaig. Aquests resultats es trobaven molt per damunt d'aquells recomanats per al cultiu en contenidors. Estos increments es degueren fonamentalment al suministrament de sals a través dels fertilitzants i de l'aigua de reg.

En algunes zones de l'Àrea Metropolitana de Buenos Aires, el procés de germinació de les espècies sensibles es constituïx en un factor limitant per a l'èxit de la producció i la seua posterior eixida al mercat, principalment a causa de l'elevat contingut de sodi en l'aigua de reg que disminueix la seua qualitat per a aquest propòsit. Es van efectuar proves de germinació segons les normes ISTA. Per tal d'avaluar l'efecte de la salinitat i de l'alcalinitat sobre la germinació de llavors de petúnia, es van emprar concentracions creixents de NaCl-CaCl₂, i de NaHCO₃. Dels resultats obtinguts es va poder concloure que en etapes primerenques del desenvolupament de la plàntula de petúnia, la presència concreta de Na⁺ en el medi de creixement va tindre major incidència i efectes més negatius que la pròpia salinitat. Es presumix que al llarg del procés de creixement i desenvolupament, l'espècie va desenvolupant mecanismes de tolerància a la presència de Na⁺ de manera que permet el creixement i desenvolupament una vegada superada l'etapa de plàntula.

INDICE



1. Actividad florícola en la Argentina	3
1.1. Orígenes e historia.....	3
1.2. La floricultura dentro del contexto de la economía nacional argentina.....	3
1.3. Cifras y tipos de producción.....	4
1.4. Comercialización	8
1.5. Comercio exterior: Importaciones y exportaciones.....	10
1.6. Diagnóstico técnico del sector florícola en la Argentina. Perspectivas para la investigación y el desarrollo.....	12
1.7. Caracterización de la actividad florícola y de la producción de <i>Petunia x hybrida</i> Vilm. en los Partidos de Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón	13
1.8. Problemática de la producción de cultivos florales en contenedores.....	14
1.9. Sustratos empleados para la producción plantas en contenedores	15
1.9.1. Tipos de sustratos.....	18
1.9.1.1. Turba.....	18
1.9.1.2. Fibra de coco.....	19
1.9.1.3. Corteza de árbol.....	20
1.9.1.4. Compost	21
1.9.1.5. Estiércol.....	21
1.9.1.6. Cama de pollo.....	22
1.9.1.7. Cáscara de arroz carbonizada	22
1.9.1.8. Suelo orgánico.....	22
1.9.1.9. Otros sustratos	23
1.10. Nutrición mineral de las plantas cultivadas en contenedor.....	24
1.11. Diagnóstico nutricional	25
1.11.1. Análisis químico del sustrato.....	25
1.11.2 Análisis del vegetal	26
1.11.3 Análisis del vegetal versus análisis del suelo o sustrato	26
1.12. Salinidad-alcalinidad en el sustrato y el agua de riego	28

1.12.1. Aspectos generales	28
1.13 Problemática de la producción de cultivos florales en contenedores.....	28
1.14 Hipótesis de trabajo	29
2. Objetivos	33
3. Materiales y métodos	37
3.1. Localización del ensayo.....	37
3.2. Condiciones de cultivo.....	38
3.2.1. Contenedores	38
3.2.2. Riego	33
3.2.3. Temperatura y radiación	39
3.2.4. Fechas de muestreo.....	40
3.3. Variables evaluadas sobre el material vegetal	40
3.3.1. Peso Fresco, Peso Seco, Area Foliar y Flores/planta	40
3.3.2. Contenido de Clorofila	41
3.3.3. Intensidad de Coloración de la flor	41
3.3.4. Análisis nutricional del vegetal.....	42
3.3.4.1. Determinación de Nitrógeno total	42
3.3.4.2. Determinación de cationes: Calcio, Magnesio, Potasio Sodio	43
3.3.4.3. Determinación del contenido de Fósforo.....	44
3.4. Análisis químico del sustrato y del agua de riego	45
3.4.1. Medición de pH y Conductividad eléctrica	45
3.4.2. Medición del contenido de nutrientes en solución y en el agua de riego	46
3.4.3. Capacidad de intercambio de cationes (CIC).....	47
3.4.4. Nitrógeno total	48
3.5. Análisis físico del sustrato	48
3.5.1. Porcentaje de Humedad y de Materia Seca.....	48
3.5.2. Porcentaje de Materia Orgánica	48
3.5.3. Densidad aparente	49

3.5.4. Densidad Real	51
3.5.5. Cálculo de la porosidad total	51
3.5.6. Porosidad de aire	51
3.5.7. Capacidad de retención de agua (%)	52
3.5.8. Análisis granulométrico	52
3.6 Diseño experimental y análisis estadístico	53
4. Caracterización de la actividad florícola y de la producción de <i>Petunia x hybrida</i> Vilm. en los Partidos de Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón	57
4.1. Introducción	57
4.2. Materiales y métodos.....	57
4.3. Resultados y discusión	59
4.3.1. Características de los sistemas de producción florícola	59
4.3.2. Organización laboral	60
4.3.3. Tamaño de la explotación	60
4.3.4. Especies cultivadas.....	61
4.3.5. Comercialización	62
4.3.6. Tecnología de producción.....	63
4.3.7. Climatización de los invernaderos.....	63
4.3.8. Sistemas de riego y calidad de agua	63
4.3.9. Empleo de Agroquímicos: Pesticidas, Reguladores de crecimiento y Fertilizantes	64
4.3.10. Tipos de Sustratos empleados en la producción	65
4.3.11. Consideraciones generales en relación a la actividad florícola en la zona de estudio.....	66
4.3.12. Características del sistema de producción del cultivo de petunia	66
4.3.12.1. Sistema de riego, calidad de agua y uso de fertilizantes.....	67
4.3.12.2. Sustratos.....	68
4.3.12.3. Sistema de climatización	70
4.4. Conclusión.....	71
5. Caracterización de la calidad del agua de riego de establecimientos florícolas	

de la zona sur del AMBA.....	75
5.1. Introducción	75
5.2. Materiales y métodos	76
5.2.1. Análisis químico	76
5.3. Resultados y discusión	79
5.3.1. Conductividad eléctrica y pH	79
5.3.2. Contenido de nitratos	79
5.3.3. Contenido de calcio y magnesio	79
5.3.4. Contenido de potasio	80
5.3.5. Contenido de sodio.....	80
5.3.6. Contenido de Bicarbonatos.....	80
5.3.7. Contenido de Cloruros.....	81
5.3.8. SAR (Peligro de Sodicidad)	81
5.3.9. Características de los acuíferos que abastecen a la zona en estudio.....	81
5.4. Conclusiones.....	85
6. Efecto de la calidad del agua de riego, sobre el crecimiento, desarrollo y estado nutricional del cultivo, desde el transplante a la floración.....	89
6.1.Introducción	89
6.2. Material y métodos	89
6.3. Resultados y discusión	90
6.3.1. Determinaciones sobre el material vegetal.....	90
6.3.1.1. Peso Fresco, Peso Seco, Area Foliar y Flores/planta	90
6.3.1.2. Contenido de clorofila.....	92
6.3.1.3. Intensidad de coloración	93
6.3.1.4. Análisis nutricional del vegetal.....	94
6.3.1.4.1. Contenido de Nitrógeno.....	94
6.3.1.4.2. Contenido de Calcio	95
6.3.1.4.3. Contenido de Magnesio.....	95

6.3.1.4.4. Contenido de Potasio	97
6.3.1.4.5. Contenido de Sodio	98
6.3.1.4.6. Contenido de Fósforo.....	99
6.4. Conclusiones.....	100
7. Efecto del sustrato sobre el crecimiento, desarrollo y estado nutricional del cultivo de petunia, desde el transplante a la floración.....	103
7.1. Introducción	103
7.2. Material y métodos	103
7.3. Resultados y discusión	104
7.3.1. Propiedades químicas de los sustratos.....	104
7.3.2. Propiedades físicas de los sustratos.....	108
7.3.2.1. Porosidad total y porosidad de aire.....	108
7.3.2.2. Granulometría e índice de grosor	109
7.3.2.3. Fuerzas inter-partículas. Subsistencia	111
7.3.2.4. Capacidad del recipiente	112
7.3.3. Determinaciones sobre el material vegetal.....	113
7.3.3.1. Peso Fresco.....	113
7.3.3.2. Peso Seco	113
7.3.3.3. Área Foliar	114
7.3.3.4. Número de flores por planta	115
7.3.3.5. Contenido de Clorofila	115
7.3.3.6. Intensidad de coloración de la flor.....	116
7.3.3.7. Análisis nutricional del vegetal.....	117
7.3.3.7.1. Contenido de Nitrógeno total	117
7.3.3.7.2. Contenido de Calcio	118
7.3.3.7.3. Contenido de Magnesio.....	119
7.3.3.7.4. Contenido de Potasio	120
7.3.3.7.5. Contenido de Sodio	120

7.3.3.7.6. Contenido de Fósforo.....	121
7.4. Conclusiones.....	122
8. Efecto del tipo y dosis de fertilizante sobre el crecimiento, desarrollo y estado nutricional del cultivo de petunia, desde el trasplante a la floración.	125
8.1. Introducción	125
8.2. Material y métodos	126
8.3. Resultados y discusión	127
8.3.1. Determinaciones sobre el material vegetal.....	128
8.3.1.2. Peso Fresco.....	129
8.3.1.2. Peso Seco	130
8.3.1.3. Area foliar	130
8.3.1.4. Flores/planta	130
8.3.1.5. Contenido de clorofila.....	131
8.3.1.6 .Intensidad de coloración de la flor.....	133
8.3.1.7. Análisis nutricional del vegetal.....	133
8.3.4.7.1. Contenido de Nitrógeno.....	133
8.3.4.7.2. Contenido de Calcio	133
8.3.4.7.3. Contenido de Magnesio.....	134
8.3.4.7.4. Contenido de Potasio	135
8.3.4.7.5. Contenido de Sodio	135
8.3.4.7.6. Contenido de Fósforo.....	136
8.3.5. El suelo orgánico como sustrato	137
8.4. Conclusiones.....	138
9. Análisis de la contribución relativa del sustrato, fertilizante, calidad del agua de riego y fecha de muestreo al crecimiento, desarrollo y estado nutricional del cultivo de petunia desde el trasplante a la floración.....	141
9.1. Introducción	141
9.2. Material y métodos	142

9.3. Resultados y discusión	143
9.3.1. Metodología empleada y criterios de selección.....	143
9.3.2. Discusión de los resultados mediante el análisis de grupos.....	151
9.3.2.1. Consideraciones generales	151
9.3.2.3. Análisis de los grupos obtenidos mediante técnicas multivariantes.....	153
9.3.2.3.1. Consideraciones previas.....	157
9.3.2.3.2. Componente Principal 1: Peso Fresco, Peso Seco, Area Foliar y número de flores por planta	157
9.3.2.3.2.1. Grupo 1 “ FDC- 1” (sustrato Fibra de Coco - 1ª fecha de muestreo)	158
9.3.2.3.2.2. Grupo 2 “MPP- 1” (sustrato Mezcla Para Plantines – 1ª fecha de muestreo).....	159
9.3.2.3.2.3. Grupo 3 “SO Test + FDC 2 – 3” (sustrato Suelo Orgánico sin fertilización y Fibra de Coco - 2º y 3º fecha de muestreo)	160
9.3.2.3.2.4. Grupo 4 “SO Fert + MPP 2 – 3” (sustrato Suelo Orgánico con fertilización y Mezcla Para Plantines (MPP) - 2º y 3º fecha de muestreo).....	161
9.3.2.3.2.5. Grupo 5 “SO 1 – 2” (sustrato Sustrato Orgánico - 1º y 2º fecha de muestreo)	161
9.3.2.3.3. Componente Principal 2: Contenidos de Nitrógeno, Clorofila y Ca²⁺	163
9.3.2.3.3.1. Grupo 1 “FDC- 1” (sustrato Fibra de Coco - 1ª fecha de muestreo)	163
9.3.2.3.3.2. Grupo 2 “MPP- 1” (sustrato Mezcla Para Plantines – 1ª fecha de muestreo).....	165
9.3.2.3.3.3. Grupo 3 “SO Test + FDC 2 – 3” (sustrato Suelo Orgánico sin fertilización y Fibra de Coco - 2º y 3º fecha de muestreo)	166
9.3.2.3.3.4. Grupo 4 “SO Fert + MPP 2 – 3” (sustrato Suelo Orgánico con fertilización y Mezcla Para Plantines - 2º y 3º fecha de muestreo).....	167
9.3.2.3.3.5. Grupo 5 “SO 1 – 2” (sustrato Sustrato Orgánico - 1º y 2º fecha de muestreo)	168
9.3.2.3.4. Componente Principal 3: Contenido de Potasio e Intensidad de Coloración de la Flor	169
9.3.2.3.4.1. Grupo 1 “FDC- 1” (sustrato Fibra de Coco - 1ª fecha de muestreo)	170
9.3.2.3.4.2. Grupo 2 “MPP- 1” (sustrato Mezcla Para Plantines – 1ª fecha de muestreo).....	170
9.3.2.3.4.3. Grupo 3 “SO Test + FDC 2 – 3” (sustrato Suelo Orgánico sin fertilización y Fibra de Coco - 2º y 3º fecha de muestreo)	171

9.3.2.3.4.4. Grupo 4 "SO Fert + MPP 2 – 3" (sustrato Suelo Orgánico con fertilización y Mezcla Para Plantines (MPP) - 2º y 3º fecha de muestreo).....	173
9.3.2.3.4.5. Grupo 5 "SO 1 – 2" (sustrato Suelo Orgánico - 1º y 2º fecha de muestreo)	173
9.3.2.3.5. Componente Principal 4: Contenidos de Fósforo y Magnesio	174
9.3.2.3.5.1. Grupo 1 "FDC- 1" (sustrato Fibra de Coco - 1ª fecha de muestreo.....	174
9.3.2.3.5.2. Grupo 2 "MPP- 1" (sustrato Mezcla Para Plantines – 1ª fecha de muestreo).....	174
9.3.2.3.5.3. Grupo 3 "SO Test + FDC 2 – 3" (sustrato Suelo Orgánico sin fertilización y Fibra de Coco - 2º y 3º fecha de muestreo)	175
9.3.2.3.5.4. Grupo 4 "SO Fert + MPP 2 – 3" (sustrato Suelo Orgánico con fertilización y Mezcla Para Plantines (MPP) - 2º y 3º fecha de muestreo).....	176
9.3.2.3.5.5. Grupo 5 "SO 1 – 2" (sustrato Sustrato Orgánico - 1º y 2º fecha de muestreo)	177
9.3.2.3.6. Componente Principal 5: Contenido de Sodio.....	178
9.3.2.3.6.1. Grupo 1 "FDC- 1" (sustrato Fibra de Coco - 1ª fecha de muestreo)	178
9.3.2.3.6.2. Grupo 2 "MPP- 1" (sustrato Mezcla Para Plantines – 1ª fecha de muestreo).....	178
9.3.2.3.6.3. Grupo 3 "SO Test + FDC 2 – 3" (sustrato Suelo Orgánico sin fertilización y Fibra de Coco - 2º y 3º fecha de muestreo)	183
9.3.2.3.6.4. Grupo 4 "SO Fert + MPP 2 – 3" (sustrato Suelo Orgánico con fertilización y Mezcla Para Plantines (MPP) - 2º y 3º fecha de muestreo).....	184
9.3.2.3.6.5. Grupo 5 "SO 1 – 2" (sustrato Sustrato Orgánico - 1º y 2º fecha de muestreo)	185
9.3.3. Asesoramiento a floricultores.....	185
10. Evolución del pH y de la conductividad eléctrica del sustrato durante el período de ensayo	189
10.1. Objetivo	189
10.2. Material y métodos	189
10.3. Resultados y discusión	189
10.3.1.pH del sustrato	191
10.3.1.1. Tipo de sustrato	191
10.3.1.2. Fertilizante y Dosis aplicada.....	192
10.3.1.3. Calidad del agua de riego	193

10.3.2. Conductividad eléctrica del sustrato	193
10.3.2.1. Tipo de sustrato	193
10.3.2.2. Fertilizante y Dosis aplicada.....	194
10.3.2.3. Calidad del agua de riego	194
10.4. Conclusiones.....	194
11. Efecto del contenido de sales en el medio en la germinación de	
<i>Petunia x híbrida</i>	199
11.1. Introducción	199
11.2. Material y métodos	199
11.2.1. Material botánico	199
11.2.2. Evaluación del Porcentaje de Germinación (PG).....	199
11.2.3. Tratamientos.....	199
11.2.4. Diseño experimental y análisis estadístico	200
11.3. Resultados y discusión	200
11.3.1. Evaluación del Porcentaje de Germinación (PG).....	200
11.3.2. Análisis de correlación y de regresión	204
11.4. Conclusiones.....	205
12. Conclusiones.....	209
13. Bibliografía.....	215
ANEXO I: Ficha técnica para el inventario de los productores	i
ANEXO II: Interacciones de los 5 factores analizados de las 12 variables estudiadas.....	vi
ANEXO III: Grupos obtenidos por el método de Ward.....	xiii
ANEXO IV: Medias y desvíos de las variables de los 5 componentes principales	xix
ANEXO V: Correlación de las 12 variables para cada uno de los 5 grupos.....	xxxix

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Valor bruto de la producción florícola (Flores de corte + Plantas en maceta)(Millones).....	6
Tabla1.2. Valor de la producción de flores de corte y plantas en maceta en países seleccionados de la Unión Europea en relación a la producción argentina para el año 2001.....	6
Tabla 1.3. Valor de la producción de flores de corte y plantas en maceta en países seleccionados de la Unión Europea en relación a la producción argentina para el año 2002.....	7
Tabla 1.4. Distribución de la superficie dedicada a la floricultura.....	8
Tabla 3.1: Cronograma de actividades realizadas en el invernadero durante el período de ensayo.....	40
Tabla 3.2. Características analíticas para la determinación de cationes mediante absorción atómica.....	44
Tabla 4.1. Cantidad de productores discriminados según la localización de sus establecimientos dentro del área en estudio.....	58
Tabla 4.2. Superficie (m ²) de explotación y tipos de actividad florícola predominante para de la zona en estudio (Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón).	61
Tabla 5.1. Análisis del agua de riego correspondiente a 11 establecimientos ubicados dentro de la zona de estudio. Los últimos dos registros incluidos en la misma tabla corresponden a las dos calidades de agua empleadas en los ensayos de petunia: Ruta 4 UNLZ (NF) y Agua desionizada (AD).	78
Tabla 7.1: Análisis químico de los sustratos empleados en el ensayo.....	105
Tabla 7.2: Análisis físico de los sustratos empleados en el ensayo.	105

Tabla 7.3. Valores de Porosidad/Sólido para diferentes sustratos en relación al tamaño del contenedor utilizado para el cultivo.....	112
Tabla 8.1. Efectos principales del tipo de fertilizante, dosis y fecha de muestreo sobre las variables de crecimiento y desarrollo y nutricionales.....	128
Tabla 9.1. Variables iniciales medidas en la planta de petunia y su correspondiente unidad de medición.....	143
Tabla 9.2. Determinación del número de factores independientes necesarios para justificar la porción máxima de la varianza para las 12 variables iniciales mediante autovalores de la matriz de correlación	144
Tabla 9.3. Patrón de factores rotados Varimax correspondiente a las 12 variables analizadas y sus correspondientes valores de correlación.....	145
Tabla 9.4. Nuevas variables (Componentes principales: CP) obtenidas a partir de las 12 variables originales.....	145
Tabla 9.5. Tratamientos reunidos dentro del Grupo “FDC- 1”	148
Tabla 9.6. Tratamientos reunidos dentro del Grupo “MPP- 1”	148
Tabla 9.7. Tratamientos reunidos dentro del Grupo “SO Test+ FDC- 2 y 3”	149
Tabla 9.8. Tratamientos reunidos dentro del Grupo “SO Fert+ MPP- 2 y 3”	150
Tabla 9.9. Tratamientos reunidos dentro del Grupo “SO- 1 y	151
Tabla 9.10. Valores promedio de cada variable perteneciente al Componente Principal 1 (Peso Fresco, Peso Seco, Area Foliar y Flores/Planta) en cada grupo jerárquico	154
Tabla 9.11. Valores promedio de cada variable perteneciente al Componente Principal 2 (contenidos de Nitrógeno total, clorofila y calcio) en cada grupo jerárquico	154

Tabla 9.12. Valores promedio de cada variable perteneciente al Componente Principal 3 (contenido de potasio y coloración de la flor) en cada grupo jerárquico	155
Tabla 9.13. Valores promedio de cada variable perteneciente al Componente Principal 4 (contenidos de fósforo y magnesio) en cada grupo jerárquico	155
Tabla 9.14. Valores promedio de cada variable perteneciente al Componente Principal 5 (contenido de sodio) y relación Na:K en cada grupo jerárquico.....	156
Tabla 10.1. Valores de pH y conductividad eléctrica medido en el sustrato para cada uno de los tratamientos a los 45 días del trasplante.....	190
Tabla 10.2. Efecto del sustrato, tipo y dosis del fertilizante y calidad del agua de riego sobre el pH del sustrato en la 3° fecha de muestreo luego de 45 días de iniciado el ensayo.....	191
Tabla 10.3. Efecto del sustrato, tipo y dosis del fertilizante y tipo de agua de riego sobre la CE del sustrato en la 3° fecha de muestreo luego de 45 días de iniciado el ensayo.....	191
Tabla 10.4. Acidez potencial y porcentaje de N total en forma de amonio+urea en los fertilizantes empleados en el ensayo.....	192
Tabla 11.1: Conductividad eléctrica (dS/m) y pH de las soluciones correspondientes a los tratamientos de germinación.....	200
Tabla II.1. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable Peso Fresco.....	ix
Tabla II.2. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable Peso Seco.....	ix
Tabla II.3. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable Area Foliar	x
Tabla II.4. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable Flores/planta.....	x
Tabla II.5. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable contenido de Clorofila.....	xi

Tabla II.6. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable intensidad de Coloración de la flor.....	xi
Tabla II.7. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable contenido de Nitrógeno total en hoja.....	xii
Tabla II.8. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable contenido de Calcio en hoja.....	xii
Tabla II.9. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable contenido de Magnesio en hoja.....	xiii
Tabla II.10. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable contenido de Potasio en hoja.....	xiii
Tabla II.11. Interacciones de los 5 factores para la variable contenido de Sodio en hoja.....	xiv
Tabla II.12. Interacciones de los 5 factores para la variable contenido de Fósforo en hoja.....	xiv
Tabla III.1. Cantidad de grupos obtenidos a través del método de Ward y valores de estadísticos heurísticos RMSTD, SPRSQ, RSQ, CCC, PSF, PST2, BCSS.....	xix
Tabla IV.1. Media y desviación estándar de las variables de la Componente Principal 1 (peso fresco, peso seco, área foliar y flores/planta) para cada uno de los 5 grupos jerárquicos obtenidos.....	xxvii
Tabla IV.2. Media y desviación estándar de las variables de la Componente Principal 2 (contenidos de nitrógeno, Clorofila y calcio en hoja) para cada uno de los 5 grupos jerárquicos obtenidos.....	xxx
Tabla IV.3. Media y desviación estándar de las variables de la Componente Principal 3 (contenidos de potasio en hoja y intensidad de coloración de la flor) para cada uno de los 5 grupos jerárquicos obtenidos.....	xxxv
Tabla IV.4. Media y desviación estándar de las variables de la Componente Principal 4 (contenidos de fósforo y magnesio en la hoja) para cada uno de los 5 grupos jerárquicos obtenidos.....	xxxviii

Tabla IV.5. Media y desviación estándar de las variables de la Componente Principal 5 (contenido de sodio en la hoja) para cada uno de los 5 grupos jerárquicos obtenidos.....xlii

Tabla V.1. : Correlación entre las 12 variables para el Grupo 1 “FDC fecha 1” (n= 36).....il

Tabla V.2. : Correlación entre las 12 variables para el Grupo 2 “MPP fecha 1” (n=39)..... I

Tabla III.3. : Correlación entre las 12 variables para el Grupo 3 “SO Test+ FDC-Fecha 2 y 3” (n= 8).....li

Tabla V.4. : Correlación entre las 12 variables para el Grupo “SO Fert + MPP-Fecha 2 y 3” (n=81).....lii

Tabla V.5. : Correlación entre las 12 variables para el Grupo “SO-Fecha 1 y 2” (n=81).....liii

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Tipos de actividad dentro del sector florícola argentino	4
Figura 1.2. Valor bruto anual de la Producción florícola Año 2001	5
Figura 1.3. Cantidad de productores florícolas discriminados por provincia.....	7
Figura 1.4. Canales de comercialización para la flor de corte.....	9
Figura 1.5. Canales de comercialización para las plantas en maceta.....	9
Figura 1.6. Orígenes de las importaciones argentinas para las flores de corte	10
Figura 3.1. Aspecto de las plantas de petunia extraídas de la bandeja de cultivo.....	37
Figura 3.2. Aspecto exterior del invernáculo donde se llevó a cabo el ensayo.....	37
Figura 3.3. Sistema de subirrigación: vista de la parte inferior del contenedor mostrando la cuerda de algodón colocada dentro del sustrato y saliendo del drene para tomar contacto con el agua de riego.....	38
Figura 3.4. Valores de temperaturas máxima y mínima diarias registradas dentro del invernadero durante el período de ensayo	39
Figura 3.5. Valores de radiación PAR registrados diariamente durante el período de ensayo	39
Figura 3.6. Extracción de solución 1/5 (v/v) para la determinación de pH, CE y nutrientes.....	45
Figuras 3.7. Método de determinación de densidad aparente de los sustratos empleados en el ensayo.....	50
Figura 3.8: Método de determinación de densidad aparente de los sustratos empleados en el ensayo.....	50
Figura 3.9. Equipo empleado para el análisis de partícula.....	52

Figura 4.1. Cantidad de explotaciones dedicadas a cultivos intensivos discriminados según el tipo de actividad predominante: florícolas, hortícolas o mixtas en el sur del AMBA, incluida la zona en estudio (Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón).	57
Figura 4.2. Distribución porcentual de las actividades desarrolladas por los productores florícolas en la zona en estudio (Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón).F.CORTE: flores para corte, PLANTIN:plantines anuales herbáceos, INTERIOR:planta para interior, MIXTO:producciones mixtas.....	59
Figura 4.3. Distribución porcentual de especies de plantines florales herbáceos cultivadas para la zona en estudio (Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón): alegría (<i>Impatiens walleriana</i>), pensamiento (<i>Viola tricolor</i>), flor de azúcar (<i>Begonia semperflorens</i>), primula (<i>Primula malacoides</i>) y petunia (<i>Petunia x hybrida</i>),.....	62
Figura 4.4. Distribución porcentual de los distintos canales de comercialización de la producción florícola para la zona en estudio (Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón): mercado mayorista, en el propio establecimiento, mediante vendedores consignatarios y en las florerías.....	62
Figura 4.5. Distribución porcentual de los distintos sistemas de riego empleados para la producción para la zona en estudio (Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón): riego por goteo, riego manual, riego por nebulización y riego por aspersión.....	64
Figura 4.6. Distribución porcentual del origen del agua de riego empleada para la producción florícola para la zona en estudio (Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón): agua proveniente de napa freática y agua de lluvia.	64
Figura 4.7. Distribución porcentual de los sustratos empleados en la producción de plantas para maceta y plantines florales herbáceos para la zona en estudio (Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón): turba, resaca de río, estiércol vacuno, pinocha y suelo orgánico.....	65
Figura 4.8. Aspecto de la planta de petunia con una flor abierta para el momento de salida al mercado para su comercialización.....	67
Figura 4.9. Pilas de suelo orgánico desinfectadas y listas para ser empleadas como sustrato para los contenedores, dentro de un establecimiento dedicado a la producción de petunia.....	69

Figura 4.10. Método de desinfección de suelo orgánico mediante el empleo de bromuro de metilo	69
Figura 4.11. Aspecto comparativo de dos plantas de petunia mostrando alargamiento de entrenudos y baja calidad de la planta para su comercialización (derecha) a consecuencia de las altas temperaturas y ausencia de aplicación de reguladores de crecimiento.....	70
Figura 5.1. Ubicación geográfica dentro del área en estudio de los 11 establecimientos florícolas que proveyeron muestras de agua de riego para su análisis.....	77
Figura 5.2. Esquema de la contaminación del acuífero semiconfinado Puelche.....	82
Figura 5.3. Esquema representativo de la 2 situaciones planteadas*. Zonas A o B Ministro Rivadavia, zona C: Ruta Provincial 4 y Laguna de Santa Catalina.....	83
Figura 5.4 Vista general de la Laguna de Santa Catalina, próxima a la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.....	84
Figura 5.5. Fotografía aérea donde se localiza el Campus Universitario, la laguna de Santa Catalina, el basural clandestino y la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, ubicadas bordeando la Ruta Provincial 4.....	84
Figura 6.1. Evolución del peso fresco de plantas de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo.Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	90
Figura 6.2. Evolución del contenido del peso seco fresco de plantas de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	91
Figura 6.3. Evolución del área foliar de plantas de petunia regadas con agua de pozo y agua desionizada correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	91
Figura 6.4. Evolución de la cantidad de flores/planta de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	92

Figura 6.5. Evolución del contenido de clorofila de plantas de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	93
Figura 6.6. Evolución de la intensidad de coloración de plantas de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	93
Figura 6.7. Evolución del contenido de Nitrógeno total de plantas de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	94
Figura 6.8. Evolución del contenido de calcio de plantas de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	95
Figura 6.9. Evolución del contenido de Magnesio de plantas de petunia regadas con agua de pozo y agua desionizada correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	96
Figura 6.10 Evolución del contenido de Potasio de plantas de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	97
Figura 6.11. Evolución del contenido de Sodio de plantas de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	98
Figura 6.12. Evolución del contenido de fósforo de plantas de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	99
Figura 7.1. Aspecto de las plantas de petunia para los sustratos SO, FDC y MPP respectivamente, transcurridos 5 días del trasplante desde la bandeja de cultivo al contenedor definitivo.....	106

Figura 7.2. Aspecto de las plantas de petunia para los sustratos SO, FDC y MPP respectivamente en la 1º fecha de muestreo transcurridos 15 días del trasplante desde la bandeja de cultivo al contenedor definitivo.....	106
Figura 7.3. Aspecto de la planta en sustrato MPP en la 1º fecha de muestreo transcurridos 15 días desde el trasplante de la bandeja al contenedor definitivo.....	107
Figura 7.4. Aspecto de la planta en sustrato FDC en la 1º fecha de muestreo transcurridos 15 días desde el trasplante de la bandeja al contenedor definitivo.....	108
Figura 7.5. Distribución del tamaño de partículas: > 3,35, entre 3,35 y 1,0 y < 1,0 mm, en relación al tipo de sustrato empleado en el ensayo. Sustrato 1: SO, Sustrato 2: FDC, Sustrato 3: MPP.....	110
Figura 7.6. Evolución del peso fresco de petunia en las 3 fechas de muestreo creciendo en los sustratos SO, FDC, MPP sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12	113
Figura 7.7. Evolución del peso seco de plantas de Petunia de Petunia creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	114
Figura 7.8. Evolución del área foliar de plantas de Petunia creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	114
Figura 7.9. Evolución de la cantidad de flores/planta de Petunia creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	115
Figura 7.10. Evolución del contenido de clorofila de Petunia creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	116
Figura 7.11. Evolución de la intensidad de coloración de la flor de Petunia creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	117
Figura 7.12. Evolución de contenido de nitrógeno total en hoja de plantas creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	118
Figura 7.13. Evolución de contenido de calcio en hoja de plantas creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	119

Figura 7.14. Evolución de contenido de magnesio en hoja de plantas creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	119
Figura 7.15. Evolución de contenido de potasio en hoja de plantas creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	120
Figura 7.16. Evolución de contenido de sodio en hoja de plantas creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	121
Figura 7.17. Evolución de contenido de fósforo en hoja de plantas creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.....	121
Figuras 8.1 y 8.2. Evolución del peso fresco de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.)	129
Figuras 8.3 y 8.4. Evolución del peso seco de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.)	129
Figuras 8.5 y 8.6. Evolución del área foliar de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.)	130
Figuras 8.7 y 8.8. Evolución del número de flores/planta de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.)	131
Figuras 8.9 y 8.10. Evolución del contenido de clorofila de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.).....	132
Figuras 8.11 y 8.12. Evolución de la intensidad de coloración de la flor de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.).....	132

Figuras 8.13 y 8.14. Evolución del contenido de nitrógeno total de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.).....	133
Figuras 8.15 y 8.16. Evolución del contenido de calcio de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.).....	134
Figuras 8.17 y 8.18. Evolución del contenido de magnesio de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.).....	134
Figuras 8.19 y 8.20. Evolución del contenido de potasio de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.).....	135
Figuras 8.21 y 8.22. Evolución del contenido de sodio de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.).....	136
Figuras 8.23 y 8.24. Evolución del contenido de fósforo de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.).....	137
Figura 9.1. Dendrograma que muestra los cinco grupos jerárquicos determinados para los 108 tratamientos (3 sustratos x 2 tipos de fertilizante x 3 dosis de fertilizante x 2 tipos de agua de riego x 3 fechas de muestreo) con la suma de cuadrados entre grupos en cada paso de la formación de los grupos.....	146
Figura 9.2. Distribución de las observaciones del ensayo agrupadas en 5 grupos jerárquicos. Los grupos se denominaron de acuerdo al sustrato y la fecha de muestreo predominantes.....	147
Figura 9.3. Aspecto de las plantas de petunia 11 días después del trasplante desde la bandeja de cultivo al contenedor creciendo en el sustrato SO.....	153

Figura 9.4. Aspecto de una planta de petunia creciendo en el sustrato MPP en la 1ª fecha de muestreo luego de transcurridos 15 días desde el trasplante de la bandeja de cultivo al contenedor definitivo.....	157
Figura 9. 5. Vista general del ensayo. Los tratamientos FDC – 1ª fecha de muestreo en primer plano.....	158
Figura 9.6. Vista general del ensayo. Los tratamientos MPP – 1ª fecha de muestreo en primer plano a la izquierda.....	159
Figura 9.7. Aspecto de las plantas al finalizar el ensayo (3º muestreo) para los 3 sustratos empleados (de izquierda a derecha, sustrato SO, FDC y MPP), para el fertilizante GC, dosis NPK y agua NF.....	162
Figura 9.8. Aspecto de las plantas de petunia al momento de la fecha 1 de muestreo (15 días luego del trasplante desde la bandeja de cultivo al contenedor) creciendo en el sustrato FDC, mostrando síntomas de clorosis en las hojas basales.....	170
Figura 9.9 Distribución de las comunidades vegetales de la llanura costera de la Provincia de Buenos Aires. La zona ocupada por praderas saladas y talaes corresponde a la zona donde Kokubun <i>et. al.</i> , (2006) hallaron individuos nativos pertenecientes a <i>Petunia axillaris subsp. axillaris</i>	182
Figura 10.1. Variación del pH en los 3 sustratos desde el inicio* al fin del ensayo**. (*) Inicio del ensayo: Fecha 1 (15/11): trasplante (**) Fin del ensayo: Fecha 2 (30/12): a los 45 días del trasplante	192
Figura 10.2. Variación de la conductividad eléctrica en los 3 sustratos desde el inicio* al fin del ensayo**. (*) Inicio del ensayo: Fecha 1 (15/11): trasplante. (**) Fin del ensayo: Fecha 2 (30/12): a los 45 días del transplante.....	194
Figura 11.1. A-D: Aspecto morfológico y micromorfológico de la plántula de petunia germinada en solución de NaHCO ₃ , donde es posible observar la típica sintomatología originada por la toxicidad del ión sodio. A, Aspecto general de la plántula; B, Detalle de la zona del nudo cotiledonar; C, Aspecto de la epidermis glandulosa de un cotiledón; D: Detalle de los pelos glandulares en el hipocótilo.....	202

Figura 11.2. Porcentaje de germinación (PG) a los 4, 6, 8 y 10 días para los distintos tratamientos. Tratamientos: 1) 50 ppm NaCl-CaCl₂, 2) 100 ppm NaCl-CaCl₂, 3) 200 ppm NaCl-CaCl₂, 4) 400 ppm NaCl-CaCl₂, 5) 100 ppm NaHCO₃, 6) 200 ppm NaHCO₃, 7) 300 ppm NaHCO₃, 8) 400 ppm NaHCO₃, 9) Testigo solución nutritiva y 10) Testigo agua desionizada.....203

Figura 11.3. Porcentaje de germinación total (PG total) medido al final del ensayo. Tratamientos: 1) 50 ppm NaCl-CaCl₂, 2) 100 ppm NaCl-CaCl₂, 3) 200 ppm NaCl-CaCl₂, 4) 400 ppm NaCl-CaCl₂, 5) 100 ppm NaHCO₃, 6) 200 ppm NaHCO₃, 7) 300 ppm NaHCO₃, 8) 400 ppm NaHCO₃, 9) Testigo solución nutritiva y 10) Testigo agua desionizada.....203

Figura 11.4. Relación entre los valores de PG medidos a los 4 días y PG a los 6 días desde la siembra.....204

Figura 11.5. Relación entre los valores de PG total y PG medidos a los 4+6 días desde la siembra205

Figura III.1. Representación gráfica de los valores de RMSTD ("Root mean square standard deviation") y SPRSQ ("Semipartial R²") empleados como estadísticos heurísticos para seleccionar un óptimo número de grupos ("clusters"), mediante los métodos de Componentes principales y de Ward en el análisis de grupos jerárquicos, basado en las 12 variables originales (PF,PS,AF, FPP, Nt, P, Ca, Mg, K, Na, Clorofila e Intensidad de coloración de la flor) determinado para el total de 108 tratamientos.....xx

Figura III.2. Representación gráfica de los valores de RSQ ("Root square") y CCC ("Cubic Cluster Criterion") empleados como estadísticos heurísticos para seleccionar un óptimo número de grupos ("clusters"), mediante los métodos de Componentes principales y de Ward en el análisis de grupos jerárquicos, basado en las 12 variables originales (PF,PS,AF, FPP, Nt, P, Ca, Mg, K, Na, Clorofila e Intensidad de coloración de la flor) determinado para el total de 108 tratamientos.....xxi

Figura III.3. Representación gráfica de los valores de PST2 ("Pseudo T²") y PSF ("Pseudo F") empleados como estadísticos heurísticos para seleccionar un óptimo número de grupos ("clusters"), mediante los métodos de Componentes principales y de Ward en el análisis de grupos jerárquicos, basado en las 12 variables originales (PF,PS,AF, FPP, Nt, P, Ca, Mg, K, Na, Clorofila e Intensidad de coloración de la flor) determinado para el total de 108 tratamientos.....xxii

Figura III.4. Representación gráfica de los valores de BCSS (“Between clusters sum of squares”) empleados como estadístico heurístico para seleccionar un óptimo número de grupos (“clusters”), mediante los métodos de Componentes principales y de Ward en el análisis de grupos jerárquicos, basado en las 12 variables originales (PF,PS,AF, FPP, Nt, P, Ca, Mg, K, Na, Clorofila e Intensidad de coloración de la flor) determinado para el total de 108 tratamientos.....xxiii

CAPITULO 1

Actividad florícola en la Argentina



1. Actividad florícola en la Argentina

1.1. Orígenes e historia

Los orígenes de la actividad florícola en la República Argentina, se remontan a la época colonial, cuando se cultivaban flores en los jardines. Posteriormente al proceso de emancipación nacional, comienzan a tener relevancia viveros de producción de árboles y arbustos ornamentales (Curbo de Casas *et al.*, 1977).

Aproximadamente hacia 1890, se produce la llegada de los primeros floricultores provenientes de la Costa Azul y la Riviera francesa y en 1904 se realiza la primera exposición de flores, en el predio de lo que actualmente se conoce como Galerías Pacífico, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

La denominada "etapa comercial" comienza como consecuencia de los conflictos bélicos en Europa y Asia, a partir del arribo en 1916 de la primera inmigración japonesa a la Argentina (Laumonier, 1989). En 1920 ingresan colonos alemanes y portugueses que se dedican a este rubro de la actividad agrícola (Curbo de Casas *et al.*, 1977).

El 19 de noviembre de 1940, se funda la Cooperativa Argentina de Floricultores, asociación que nuclea por primera vez a 32 productores de origen japonés dedicados a esta actividad (www.floricultores.com.ar, visitada 01/04/08).

1.2. La floricultura dentro del contexto de la economía nacional argentina

La producción de flores y plantas es una actividad agrícola intensiva que en algunas zonas del país se encuentra asociada a la horticultura. Debido a su baja participación relativa en la composición del Producto Bruto Interno (PBI) y en la Balanza Comercial, en relación al sector ganadero o al de los cereales, ha recibido poca atención por parte de los organismos oficiales para el desarrollo de sus potenciales nichos de mercado (García Filgueira & Di Stefano, 2002) .

La importancia del sector florícola dentro de la economía nacional, no sólo se relaciona a la generación de divisas sino también con una alta demanda de mano de obra especializada. Como ejemplo basta citar que para un establecimiento con 5 hectáreas de invernáculos, en una producción de plantas para maceta pueden trabajar aproximadamente unas 60 personas, hecho contrapuesto al de una explotación de tipo extensivo, en donde 300 hectáreas de superficie sólo emplean de 2 a 3 trabajadores rurales. Además, dentro del circuito de comercialización para las flores de corte y las plantas en maceta participan otros actores tales como: empresas proveedoras de insumos -semillas, bulbos, plantines, sustratos, macetas, polietileno para distintos usos, agroquímicos y fertilizantes, invernáculos, sistemas de riego, entre otros-, transportistas, viveros minoristas y mayoristas para la venta, hipermercados, vendedores, personal técnico, administrativo y de logística dentro de las cooperativas comercializadoras de productos florícolas

y laboratorios orientados a la micropropagación de especies ornamentales. Con la aparición de barrios cerrados y clubes de campo, sobre todo en zonas cercanas a las metrópolis, se ha generado ocupación y necesidad de capacitación para el mantenimiento y diseño de parques y jardines (Vázquez *et.al.*, 2005).

1.3. Cifras y tipos de producción

Los establecimientos relevados en la Provincia. de Buenos Aires, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC:datos preliminares del Censo Nacional Agropecuario, 1988), sumaban 1751, con un 68 % ubicado en el ámbito del Cinturón Verde del Gran Buenos Aires.

Los tipos de producción se esquematizan en la Figura 1.1.

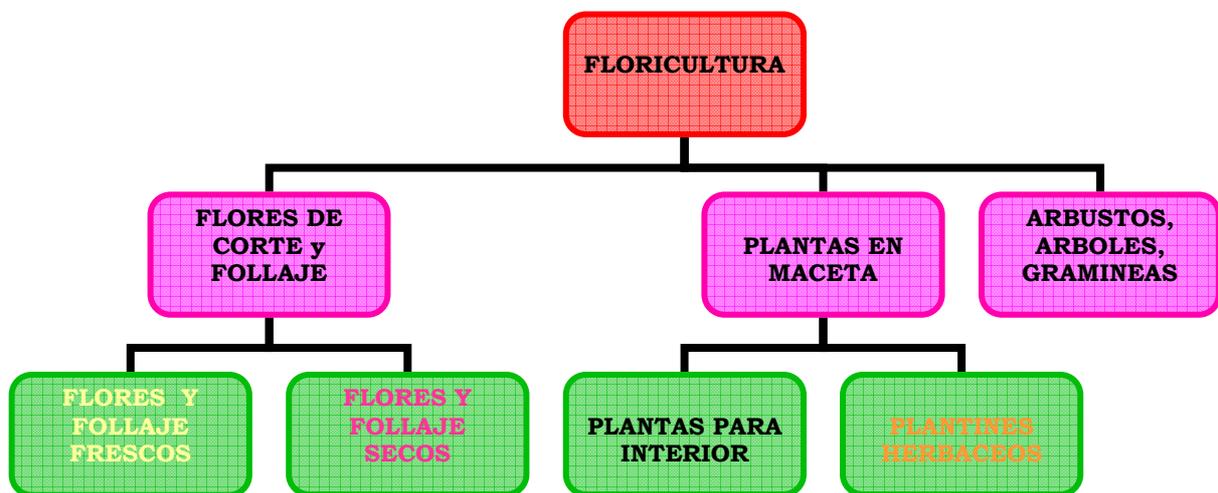


Figura 1.1. Tipos de actividad dentro del sector florícola argentino

La hiperinflación ocurrida en el año 1989 obligó a un número importante de productores a abandonar la actividad y migrar hacia países industrializados como Japón (Matsumoto, 2003).

Producto de la política económica de la década del noventa, se produjo un crecimiento de la actividad florícola en la Argentina, algunos productores se reconvirtieron para producir productos competitivos en el mercado internacional (Palau & Jatib, 2000). Esta situación permitió el ingreso de tecnología provocando un gran cambio en el sector, especialmente en la zona núcleo: Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA). Asimismo, como producto de las crisis que sufrieron las economías regionales, la floricultura pasó a ser una alternativa para numerosos productores del sector hortícola (Morisigue, 2007)

En contraposición, las medidas económicas implementadas en ese mismo período, con una paridad cambiaria 1 US\$: 1 \$ argentino, ocasionaron un ingreso creciente de flores de países

como Colombia, Ecuador y Brasil. Las flores importadas, ocuparon en ese entonces, un espacio importante en el mercado local que era privativo de la producción nacional. Como consecuencia, la adquisición de insumos para la producción se vio perjudicada por la imposibilidad de competir con precios internacionales sustancialmente menores.

Un factor de gran importancia relacionado al desarrollo de la floricultura, es la conformación de grandes conglomerados urbanos (Área Metropolitana de Buenos Aires, Gran Córdoba, Gran Rosario entre otros), los cuales se constituyeron en los principales centros de consumo de los productos de este sector (Morisigue & Villarreal, 2003).

La floricultura nacional (plantas en maceta y flores de corte) se ubicó dentro del segundo grupo de producciones agrícolas, con valor bruto anual que rondaba los \$284.000.000 (año 2001), posicionándose entre rubros tan importantes como el cultivo de pera y papa. Por lo tanto, se convirtió en generadora de divisas en el mercado interno y externo con los mayores ingresos por superficie cultivada (JICA-INTA, 2003). Figura 1.2.

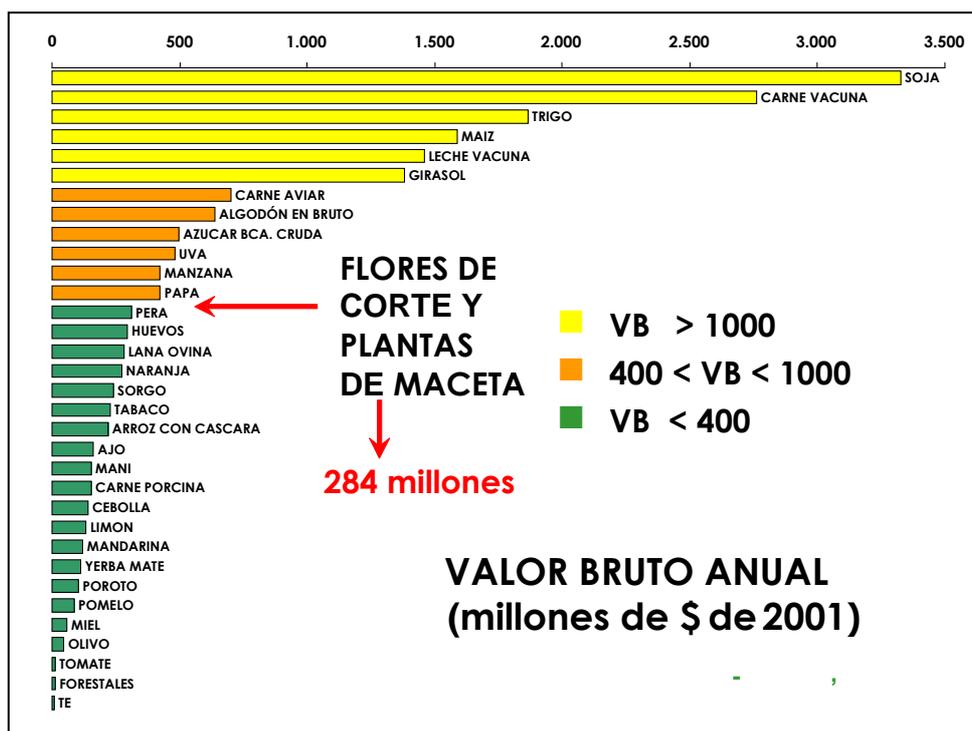


Figura 1.2. Valor bruto anual de la Producción florícola Año 2001
Fuente: JICA-INTeA, 2003

Los profundos cambios en la economía nacional, luego de ocurrido el fracaso del Plan de Convertibilidad de la moneda nacional (US\$1/\$1) ocurridos a principios de 2002 (Tablas 1.1, 1.2 y 1.3), con una tendencia a la consolidación (debida a una fuerte devaluación de la moneda

argentina), ha generado un nuevo escenario competitivo del sector florícola nacional (JICA-INTA, 2003).

Tabla 1.1. Valor bruto de la producción florícola (Flores de corte + Plantas en maceta) (Millones)

RUBRO	2001	2002	MONEDA
Flor de corte	87,59	132,69	Pesos argentinos (\$)
	87,59	47,38	Dólares EEUU (U\$S)
Plantas de maceta	196,87	311,51	Pesos argentinos (\$)
	196,87	111,25	Dólares EEUU (U\$S)
TOTAL	284,46	444,21	Pesos argentinos (\$)
	284,46	158,64	Dólares EEUU (U\$S)

Fuente: JICA-INTA, 2003

Tabla 1.2. Valor de la producción de flores de corte y plantas en maceta en países seleccionados de la Unión Europea en relación a la producción argentina para el año 2001. Plan de Convertibilidad: Conversión de monedas US\$ 1/\$ 1 (peso argentino)

PAIS	U\$S
Países Bajos	2.802
Alemania	1.268
Francia	1.013
Italia	907
España	438
Reino Unido	431
Dinamarca	397
ARGENTINA (2001)	284
Austria	254
Suiza	253
Bélgica	219
Finlandia	81

Fuente: JICA-INTA, 2003

Tabla 1.3. Valor de la producción de flores de corte y plantas en maceta en países seleccionados de la Unión Europea en relación a la producción argentina para el año 2002. Fin del Plan de Convertibilidad: Conversión de monedas US\$ 1/\$ 3,20 (peso argentino)

PAIS	US\$
Países Bajos	2.802
Alemania	1.268
Francia	1.013
Italia	907
España	438
Reino Unido	431
Dinamarca	397
Austria	254
Suiza	253
Bélgica	219
ARGENTINA (2002)	159
Finlandia	81

Fuente: JICA-INTA, 2003

Actualmente, la superficie nacional destinada a esta actividad ronda las 2465,48 hectáreas, con una superficie de producción bajo cubierta de 634,02 hectáreas. La cantidad de productores se aproxima a un número de 1313, de los cuales un 42,6 % se dedica a la producción de flores de corte, un 30,6 % a plantas en maceta y el resto a actividades mixtas. El área metropolitana, concentra al 51% de los productores, pero la floricultura ha comenzado a tomar importancia en provincias como Formosa, Tucumán, Mendoza y Santa Fé (Morisigue y Villarreal, 2003) (Figura 1.3 y Tabla 1.4).



Figura 1.3. Cantidad de productores florícolas discriminados por provincia. Fuente: Morisigue & Villarreal, 2003

Tabla 1.4. Distribución de la superficie dedicada a la Floricultura.

Provincias	Superficie m ²			
	Cultivada	Cubierta	A campo	Umbráculo
Buenos Aires	9.112.619	1.166.613	7.749.417	196.589
Catamarca	196.680	15.802	176.920	3.958
Chaco	102.230	32.960	68.120	1.150
Chubut	168.540	4.970	163.570	-
Corrientes	1.667.055	600.255	989.700	77.100
Córdoba	646.870	235.286	396.904	14.680
Entre Ríos	404.620	71.180	203.530	129.910
Formosa	1.105.670	294.208	802.825	8.637
Jujuy	433.944	13.694	419.250	1.000
Mendoza	619.113	240.123	370.640	8.350
Misiones	753.772	89.942	624.140	40.140
Sala	156.544	28.039	115.445	13.060
San Luis	318.990	13.150	305.620	220
Santa Cruz	21.920	2.160	19.760	-
Santa Fe	2.962.070	584.071	2.360.099	17.900
T. del Fuego	15.500	2.150	13.350	-
Tucumán	719.443	66.426	639.832	13.185
TOTAL	19.405.580	3.460.579	15.419.122	525.879

Fuente: JICA-INTA, 2003

1.4. Comercialización

El 80 % de la producción de flores para corte se comercializa en el nivel mayorista a través del Mercado de la Cooperativa Argentina de Floricultores, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (García Filgueira & Di Stefano, 2002). Las ventas mediante consignatarios (70 %), se realizan "al oído" teniendo como actores fundamentales a los dueños de los puestos y a los propietarios de florerías como primeros compradores, seguidos de los puestos callejeros y puestos ambulantes (Figura 1.4). Hasta la fecha no se ha podido implementar ningún procedimiento para la tipificación de los productos ofrecidos. No existen precios de referencia ni tablas con los precios del día (Palau & Jatib, 2000).

Respecto a las plantas en maceta, los canales de comercialización son más numerosos y permiten, como opción, la venta directa al público formando así, sus precios en el establecimiento (Boschi & Molinari, 1996) (Figura 1.5).

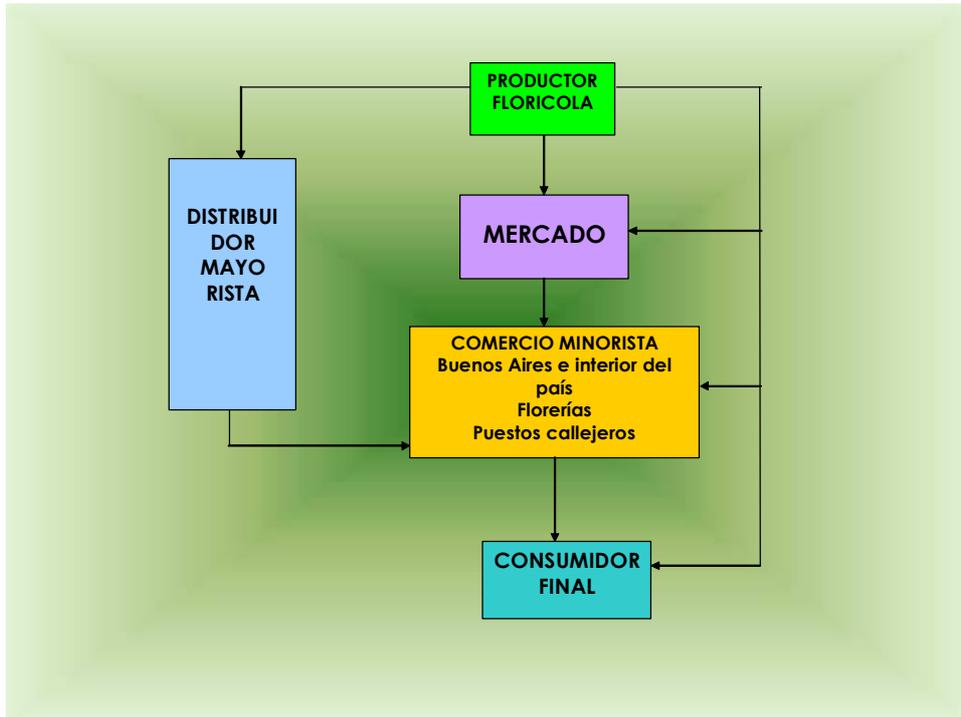


Figura 1.4. Canales de comercialización para la flor de corte.

Fuente: Boschi & Molinari, 1996.

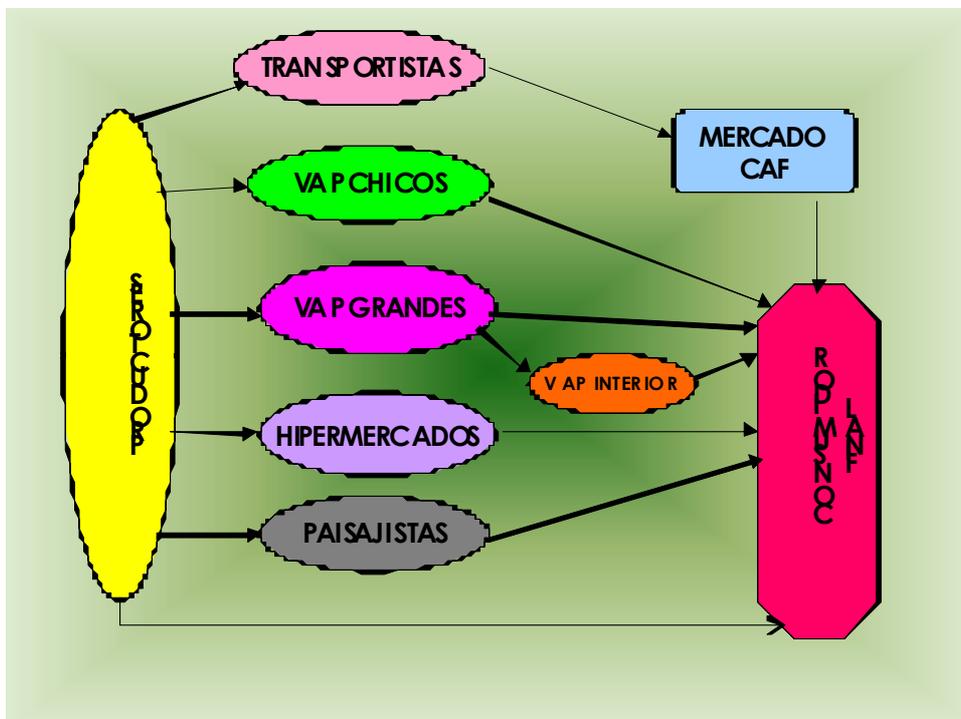


Figura 1.5. Canales de comercialización para las plantas en maceta.

Fuente: Boschi & Molinari, 1996. Ref: VAP: Viveros al público, CAF: Coop. Argentina de Floricultores

1.5. Comercio exterior: Importaciones y exportaciones

El organismo responsable del control fitosanitario y de calidad del material vegetal, de sus partes, productos y subproductos en las transacciones comerciales internacionales en el ámbito nacional, es el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA) (www.senasa.gov.ar/proteccion_vegetal visitado 16/06/08). Los objetivos para la inspección fitosanitaria tanto para la importación como para la exportación son (Peruzzotti, 2002):

- Minimizar el riesgo de introducción de plagas propagadas por los vegetales.
- Evitar las prácticas comerciales desleales, mediante la verificación de la conformidad con los requisitos de calidad según la normativa legal vigente.
- Garantizar el cumplimiento de las normas fitosanitarias y de calidad en los embarques de exportación respondiendo a las exigencias de los mercados internacionales.

Hasta el año 2002, con un tipo de cambio favorable para el ingreso de productos florícolas desde el exterior (US\$1/\$1), las importaciones provenían de los siguientes países y en proporciones que se detallan en la Figura 1.6.

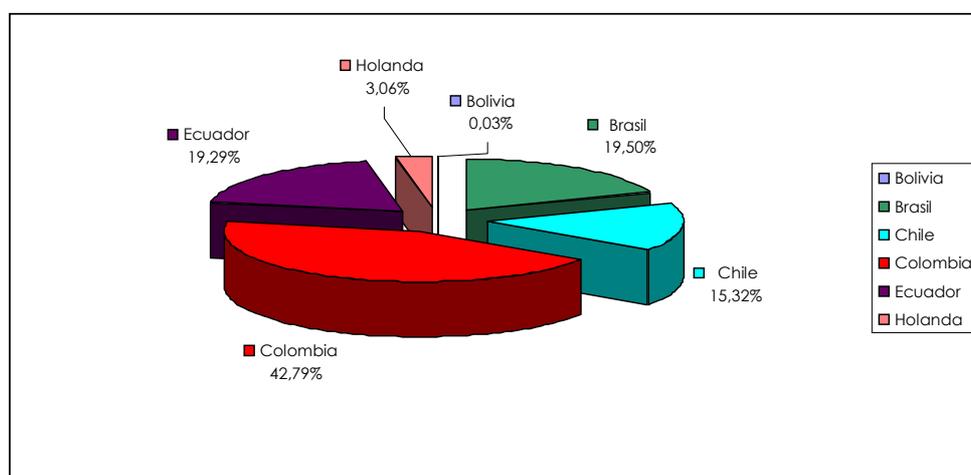


Figura 1.6. Orígenes de las importaciones argentinas para las flores de corte

Fuente: Peruzzotti, 2002.

El ingreso de flores de corte proveniente de estos países, tuvo un fuerte impacto en la producción nacional, debido a los importantes volúmenes importados que competían con la oferta interna.

En contraposición a ello, luego de la fuerte devaluación del peso argentino, se produce el surgimiento de un nuevo escenario para la producción florícola nacional, que se resume en los siguientes puntos (Peruzzotti, 2002):

- Mercado interno en ascenso
- Mayores posibilidades de exportación al mejorar el tipo de cambio
- Estabilización de las importaciones
- Diversificación y mejora de las variedades
- Nueva normativa oficial
- Mejora en la infraestructura y tecnología de producción

No obstante, el inventario efectuado en 2002 registró un aumento de la cantidad de explotaciones categorizadas por JICA-INTA (2003) como de subsistencia dentro del rubro de las flores de corte, al finalizar el Plan de Convertibilidad de la moneda argentina. Hecho que contrasta con la producción de plantas en maceta, donde se observa una disminución de las explotaciones de subsistencia a favor de un incremento de las grandes empresas.

Varias son las razones que explican este acontecimiento:

- Las exportaciones de flores de corte se han realizado en la mayoría de los casos con fallas en la organización técnica y comercial con el agravante del alto costo del flete aéreo que disminuye la posibilidad de competencia en los mercados internacionales (García Filgueira & Di Stefano, 2002).
- La inserción de productos dentro de la Unión Europea y los Estados Unidos encuentra serias dificultades, debido a los estándares de calidad exigidos, a los volúmenes de exportación requeridos y a la continuidad en los envíos que los exigentes mercados del Hemisferio Norte solicitan para abastecer la demanda de los consumidores (JICA-INTA, 2003).

Como perspectivas de exportación tres provincias argentinas han iniciado sus primeros proyectos, dentro de un contexto de producción casi exclusivamente orientado hacia el consumo interno (Palau & Jatib, 2000). La provincia de Chubut, a través de un emprendimiento mixto entre el INTA de Esquel y Patagonia Flowers Group S.A. comenzaron a producir peonías (*Paeonia sp.*) como flor de corte con destino a Holanda (Bobadilla & Lexow, 2007). Salta, ubicada en el Noroeste Argentino, a través de su Cooperativa de Floricultores se encuentra enviando crisantemos (*Chrysantemun sp.*) a Chile, vía terrestre (Coo.Vi.Flor., 2007). Finalmente la cooperativa

de comercialización Mercoflor S.A, en la zona de La Plata, Buenos Aires, ha embarcado las primeras muestras de fresia (*Freesia x hybrida*) con destino a Estados Unidos (Yamawaki, 2007 com.pers.).

El reciente desarrollo, no sólo en la parte económico-productiva sino también en investigación, de países de América del Sur, como Colombia, Ecuador, Chile y Brasil, muestra el potencial que puede aportar el sector a la economía de la Argentina.

1.6. Diagnóstico técnico del sector florícola en la Argentina. Perspectivas para la investigación y el desarrollo.

A fin de describir con mayor objetividad el escenario de la producción y sus necesidades, se enumerarán las “debilidades tecnológicas que afectan a la productividad” en la Floricultura Argentina, como así también las propuestas de mejora de gestión, basadas en el diagnóstico realizado por el Consejo Federal de Inversiones (CFI) (García Filgueira & Di Stefano, 2002).

- *Manejo ecofisiológico ineficiente de los cultivos: por un manejo cultural inadecuado, el rendimiento por unidad de superficie se ve reducido ya que no se explota el potencial genético existente.*
- *Falta de optimización del manejo fotoperiódico: con lo cuál se aumenta el gasto de consumo de energía eléctrica, la producción y calidad de las flores se reducen.*
- *Manejo inadecuado de los tratamientos fitosanitarios: este mal manejo tiene gran influencia en la baja de la productividad y calidad de la flor cortada.*
- *Importancia de un adecuado material de propagación: es un factor importante y decisivo sobre la calidad de las flores. Especies como el clavel y el crisantemo requieren que se utilicen esquejes de buena calidad. Muchas veces el material que se obtiene es deficiente, con problemas fitosanitarios y pérdida de estabilidad varietal.*
- *Necesidad de permanente incorporación de nuevas variedades: de forma que aún manteniendo la calidad de las que se cultivan se pueda competir en el mercado interno y el internacional con nuevas variedades.*
- *Necesidad de inversión en instalaciones y procesos adecuados para hacer frente a los requerimientos del mercado de exportación*

Como complemento del diagnóstico del CFI se citan a continuación los "escenarios futuros" previstos por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2003) en referencia al nuevo contexto que actualmente caracteriza la actividad florícola:

- *Integración regional y globalización de los mercados*
- *Competencia de la flor importada*
- *Pérdida de peso relativo de los mercados mayoristas*
- *Surgimiento de nuevos mercados*
- *Aparición de nuevas zonas de producción*
- *Mayor diversificación de productos*
- *Creciente demanda de servicios unidos al producto*
- *Mayor desarrollo tecnológico preservando el medio ambiente*

"En este contexto se impone un aspecto irrenunciable y esencial como es la mejora cualitativa de la producción, de manera de nivelarla con los países de avanzada en la materia. La incorporación de tecnología se transforma en una instancia superadora que debe acompañar a un proceso global de cambio. Por otra parte deben ser complementadas las tareas destinadas a la ampliación del mercado consumidor, traducido en distintas líneas de acción como la promoción, la mejora de los canales de venta, la exploración de nuevos mercados en el interior del país y el restablecimiento de tecnologías con mínimo empleo de agroquímicos, destinados a acceder a los exigentes mercados externos. En el marco expuesto, la consolidación de la floricultura nacional debe establecer una mayor articulación de los floricultores entre sí y con el resto de los sectores de la actividad privada y oficial relacionados al rubro"

1.7. Caracterización de la actividad florícola y de la producción de *Petunia x hybrida* Vilm. en los Partidos de Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón

La producción y la comercialización de productos florícolas ocupan un lugar relevante dentro de la producción agropecuaria de la Argentina, debido a los beneficios económicos que genera y al elevado nivel ocupacional en lo que a mano de obra respecta, directa o indirectamente relacionado a la actividad (JICA-INTA, 2003). La producción se concentra principalmente en la provincia de Buenos Aires, en la zona denominada Area Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), comprendida por un radio de 150 km desde la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, respondiendo esta localización más a factores económicos que a factores ecológicos, ya que el costo de remesa, es un ítem que encarece significativamente el valor de la producción florícola (García Filgueras & Di Stefano, 2002).

Los partidos de Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón ocupan una superficie aproximada de 120, 129, 121 km² respectivamente, localizados en la zona urbana y periurbana sur del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA).

En la actualidad, y a pesar de que los grandes conglomerados urbanos y la actividad industrial han desplazado en gran parte a los asentamientos agrícolas de tipo intensivo, aún subsisten establecimientos dedicados a la producción horti-florícola.

La comunidad japonesa cumplió un papel decisivo en el desarrollo de la actividad en esta zona, en razón de que a partir de 1910 se establece en Burzaco (Partido de Almirante Brown) uno de los primeros inmigrantes dedicado en ese entonces, a la actividad hortícola (Japanese American National Museum, 2000). En 1961 se firmó un acuerdo de migración entre los Gobiernos de Japón y la Argentina. Posteriormente, la inmigración fue promovida por un decreto del año 1963 que tenía como objetivo asesorar a los socios y establecerse en colonias, a través de la empresa Ataku. Finalmente, el 1 de agosto de 1974 se creó la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), consagrada a todas las tareas de ayuda técnica, asistencia económica, desarrollo social y a las relacionadas con la emigración japonesa y colonización en ultramar. Así, se establecieron numerosas colonias agrícolas de inmigrantes japoneses en las Provincias de Misiones, Neuquén, Mendoza y Buenos Aires (Laumonier, 1989; Erb *et al.*, 1968).

1.8. Problemática de la producción de cultivos florales en contenedores

Las actuales técnicas destinadas a la producción de cultivos ornamentales en maceta requieren una elevada precisión y un adecuado establecimiento del cultivo en cada una de las etapas de su ciclo productivo (Salter, 1985). La implementación de la siembra de precisión en bandejas de cultivo, requiere obligadamente que cada celda contenga una planta. El incremento en el uso de material genético híbrido con un alto costo suma mayor énfasis en la importancia de la calidad y el comportamiento de la semilla germinada (Phill, 1995). La latencia en las semillas es un fenómeno ampliamente observado en numerosas familias (Villiers, 1972; Geneve, 1998). Afortunadamente y salvo contadas excepciones, para aquellas especies de interés comercial, dicho fenómeno ha sido superado. Ante la ausencia de latencia los requerimientos básicos para la germinación son bastante simples: temperatura, agua y condiciones favorables para la presencia de oxígeno en el medioambiente que rodea a la semilla (Phill, 1995).

La tecnología de producción que caracteriza el cultivo de especies florales anuales en el AMBA, causa una acumulación progresiva de sales en los contenedores. Características inherentes a la calidad del agua de riego sumadas al empleo de fertilizantes y la amplia difusión del uso de suelo orgánico como componente único del sustrato empleado en estos cultivos,

ocasiona una acumulación elevada de sales con el consiguiente perjuicio en especies sensibles como *Primula malacoides* (Rodríguez, 2003; Hashimoto & Vázquez, 2006).

En algunas zonas del AMBA, el proceso de germinación de estas especies también se constituye en un factor limitante para el éxito de la producción y su posterior salida al mercado. Los productores han detectado problemas en esta etapa debidos a la calidad del agua. Asimismo, se han registrado elevados contenidos de sodio en aguas de riego en dichas zonas productoras (Morisigue & Karlanian, 2006). La presencia de este catión ocasiona un descenso marcado en la tasa de crecimiento del cultivo de pensamiento (*Viola sp.*), así como un deterioro de la calidad comercial del producto ofrecido a la venta (Morisigue *et al.*, 2003) por la aparición de síntomas necróticos o de "quemado" en zona marginales de la hoja (Karacas, 2000).

1.9. Sustratos empleados para la producción plantas en contenedores

La denominación "sustrato" en términos agronómicos se refiere a un producto empleado para sustituir al suelo en la producción vegetal (Kämpf, 2000).

La elección de un sustrato depende de la etapa de desarrollo del cultivo, el tipo de material vegetal, especie, tamaño y forma del contenedor, época del año y sistemas de riego y de fertilización (Noguera, 2000).

El uso de sustratos, está relacionado, en general, con el cultivo en contenedores: bandejas, macetas y sacos plásticos. En comparación con un cultivo a campo, en donde las plantas disponen de un volumen de suelo ilimitado para su crecimiento radical; en el caso de los cultivos en contenedores dicho volumen de exploración es mucho más reducido con la consecuente disminución en el drenaje y en la superficie de contacto del sustrato con la atmósfera, fundamental para el intercambio gaseoso ((Kämpf, 2000).

Fonteno (1993) cita dos problemas fundamentales que presenta el cultivo en contenedores:

- a) el suministro de agua limitado
- b) la existencia de cortas columnas para el movimiento de agua en el sustrato que afectan en forma negativa el drenaje

Asimismo la importancia de la selección y manipulación correcta de los sustratos para el desarrollo de plantas en contenedores no sólo radica en el volumen limitado sino también en la reducida capacidad de atenuar cambios bruscos de las condiciones ambientales que podrían afectar el crecimiento vegetal (Fermino *et al.*, 2000.) De hecho, el diseño de estos recipientes debería respetar un adecuado abastecimiento de agua y proveer un drenaje que permita la adecuada aeración y crecimiento radical (Fonteno, 1993).

La apropiada elección de los medios de cultivo debería constituirse en un instrumento de sustancial importancia para la obtención de un producto con cualidades adecuadas para ser introducido al mercado (Jiménez & Caballero, 1990).

Dichos medios de cultivo deberían poseer las siguientes características (Fischer, 1996):

- a) Reservar agua en un pequeño volumen para abastecer la demanda continua de las plantas, razón por la cual deberían presentar una elevada capacidad de retener agua.
- b) Alojarse oxígeno en el espacio de macroporos, elemento esencial para las actividades metabólicas de las raíces, con un elevado espacio de aeración incluso en estados de saturación hídrica
- c) Ser reservorios y/o proveer de nutrientes a las plantas entre aplicaciones de fertilizantes.
- d) Suministrar anclaje o soporte físico para las raíces.
- e) Poseer estabilidad de estructura a lo largo del tiempo.
- f) Poseer buena capacidad de tamponamiento ante posibles alteraciones de pH.
- g) Carecer de sustancias inhibitoras del crecimiento y/o perjudiciales para las plantas.
- h) Tener siempre un mismo comportamiento para un sistema de producción y manejo tecnológico.
- i) Permitir su almacenamiento.
- j) Poseer adecuadas condiciones de rehidratación luego de su secado.
- k) Estar carente de la presencia de agentes patógenos, plagas y propágulos de malezas.
- l) Poseer baja actividad biológica.
- m) Poseer una dinámica de nutrientes previsible a lo largo del tiempo de cultivo.

La Floricultura ha comenzado un crecimiento casi ininterrumpido hacia la producción de las plantas en maceta además de las flores de corte, mediante el uso de sustratos en contenedor. Muchos productores han sido llevados hacia esta opción debido a la necesidad de evitar plagas y enfermedades propias de los suelos, cuyo control se ha vuelto oneroso y sumamente

complicado con la retirada del mercado del Bromuro de Metilo. Además, la pobreza en los suelos minerales, ya sea en razón a un bajo contenido de nutrientes o a problemas de compactación o baja estructuración, dificulta el manejo de los mismos (Pizano, 2008).

Si bien en la Comunidad Económica Europea y EEUU el desarrollo de tecnología del uso de los sustratos tiene al menos 60 años de historia, en nuestro país es incipiente (Valenzuela *et. al.*, 2004). Puntualmente en la Argentina, el empleo de sustratos o mezcla de sustratos se encuentra condicionado a aspectos económicos que hacen al costo de producción y a la rentabilidad de la actividad. Dentro del sector florícola, la selección apropiada de un sustrato se encuentra encuadrada dentro del complejo sistema de técnicas de cultivo tanto de plantas ornamentales como de flores de corte. Se establece por lo tanto como en una etapa muy importante para alcanzar las metas de calidad y permanencia en los mercados. Gallardo (2005), cita características operativas, que hacen a la selección de un determinado sustrato:

1.- Costo razonable como determinante en el momento de decidir el uso de un determinado sustrato.

2.- Disponibilidad y cercanía al área de producción, hecho que también incide en la rentabilidad económica.

3.- Uniformidad y constancia en la calidad del sustrato.

4.- Estabilidad del volumen del sustrato dentro del contenedor a lo largo del tiempo.

5.- Estabilidad en cuanto a la descomposición y durante el almacenamiento.

6.- Simplicidad en el mezclado y el llenado de los contenedores.

7.- Posibilidad de rehidratación luego de su secado

8.- Mantenimiento del pan de tierra al efectuarse un cambio de contenedor o el trasplante definitivo.

Con referencia a la problemática de producción de plantas en maceta en el AMBA, se destaca el desconocimiento de las características de los materiales utilizados en las mezclas para la siembra y el trasplante, así como su comportamiento a lo largo del ciclo completo de la planta (Bárbaro *et al.*, 2007). Al momento de definir el sustrato a utilizar, las proporciones de cada material

en la formulación de las mezclas, las determinaciones analíticas solicitadas en el laboratorio y la mejor relación costo/beneficio, la experiencia empírica se constituye en un factor clave para la decisión final (Valenzuela, *et al.*, 2000). Dentro de un enfoque parcial referido al manejo tecnológico utilizado en especies florales herbáceas destinadas a borduras y canteros, se incluye el uso de un sustrato complejo capaz balancear los requerimientos de agua y aeración de las plantas y una rutina de aplicación de nutrientes (Di Benedetto *et al.*, 2006).

1.9.1. Tipos de sustratos

Los sustratos pueden clasificarse en **orgánicos** (de origen natural, de síntesis, de subproductos o de residuos agrícolas, industriales y urbanos) e **inorgánicos o minerales** (de origen natural, transformados o tratados, y residuos o subproducto industriales). Las propiedades finales varían con la proporción de los materiales originales, siendo el objetivo final de la mezcla complementar las propiedades individuales adecuándolas al crecimiento vegetal (Gallardo, 2006).

Los sustratos orgánicos disponibles en el mercado argentino son: turba de musgo, corteza de pino molida (con distintos grados de compostado), turbas subtropicales, estiércoles (vacuno, equino, aves, etc.), aserrines, cáscara de arroz, bagazos de caña de azúcar, lombricomposts y composts (residuos sólidos urbanos, restos de poda, deshechos de industria). Dentro de los inorgánicos se pueden mencionar: perlita, arena, suelo y vermiculita (Gallardo, 2005).

En razón de la importancia que los sustratos orgánicos tuvieron en este trabajo, se procederá a describir algunos de los que se emplean en la producción de plantas en contenedor.

1.9.1.1. Turba

La turba de *Sphagnum* ha sido, históricamente, el material orgánico más frecuentemente empleado como componente de los sustratos para la producción de plantines comerciales. Es un producto de ecosistemas húmedos, y podría considerarse un recurso no renovable debido a los niveles de extracción en zonas pantanosas e inundables para satisfacer la demanda de la actividad hortícola en general (Meerow, 1997).

Alemania se constituye en el productor de turba más importante en la Unión Europea, aunque durante el invierno de 1998/99, se ha visto obligada a importarla o sustituirla en grandes cantidades (Carstensen, 1999 com. pers.). El consumo de este país ronda 1/3 del consumo europeo (Röber, 2000). Las características de las turbas se encuentran normalizadas según las normas DIN 11540 (Deutsches Institut für Normung E.V, 1989), que distinguen la turba blanca (menos descompuesta) y la turba negra (fuertemente mineralizada).

Para el empleo en mezclas de sustratos se prefiere utilizar aquella con un menor estado de descomposición, debido a que tiene una mayor estabilidad en la estructura, una mayor capacidad de retención de agua y la presencia de una elevada cantidad de macroporos para favorecer el drenaje. Con el incremento del grado de descomposición de la turba se incrementan los valores de densidad y la capacidad de retención hídrica. Estas características podrían llegar a ser poco deseables a pesar de estar relacionadas con mayor capacidad de intercambio catiónico y mayor capacidad tampón. En razón de sus altos valores de acidez, se deben corregir sus valores de pH y suplementar con micronutrientes. Debido a la elevada relación C:N, las turbas se degradan más lentamente que las fibras o la corteza de árbol. Los productos elaborados a base de turba corregida y con fertilizantes de base son conocidos y comercializados como "Torfkultursubstrat" (Röber, 2000).

Las fuertes presiones ecologistas ejercidas en Alemania, que mediante una norma dictada por el gobierno, limita las extracciones de turba (con el objeto de preservar el medio ambiente) y que a partir de 2015 prohibirá por completo su explotación (Röber, 2000), están favoreciendo el ingreso en el mercado, de turbas procedentes de los Países Bálticos (Bielorrusia, Estonia, Letonia, Lituania, etc.) (Noguera, 2000). Por consiguiente, parece indispensable obtener sustitutos técnicamente viables para reemplazar este tipo de sustrato (Subler *et al.*, 1998). Se constituyen razones importantes (Raviv *et al.*, 1986; Pryce, 1991; Abad *et al.*, 1997; Abad y Noguera, 1998):

- a) elevado precio de la turba de buena calidad destinada a cultivos hortícolas en contenedor para aquellos países que no cuentan con recursos de explotación locales
- b) cuestionamientos ecológicos acerca de su disponibilidad futura y su importancia como sumidero del CO₂ atmosférico

1.9.1.2. Fibra de coco

En 1949 E.P Hume escribió un artículo en la revista *Economic Botany*, exaltando las virtudes de un subproducto obtenido a partir del mesocarpo del fruto del coco, destinado a la producción hortícola. Tradicionalmente las fibras y partículas con dimensiones iguales o menores a 2 mm eran considerados productos de desecho. Estudios iniciales, en la década del 70, en Australia y Europa, indicaron que los residuos de fibra de coco "Coir dust", podían funcionar óptimamente como sustituto de la turba para el cultivo de plantas en maceta debido a su mayor estabilidad de estructura, capacidad de absorción y de drenaje de agua, y capacidad de intercambio catiónico (Meerow, 1994, 1997; Van Meggelen-Laagland, 1995, 1996).

A partir de ese momento, numerosos han sido los estudios realizados con este material, a fin de evaluar sus propiedades como sustrato único o en mezclas para el cultivo sin suelo, siendo considerado actualmente como la segunda opción alternativa al uso de turba como medio de

crecimiento para cultivos sin suelo y libres de enfermedades (Meerow, 1994; Offord, *et al.*, 1998; Blom, 1999;; Nelson *et.al.*, 2001; Freitas Rosa *et.al.*, 2002; Nichols, 2007; Evans, 2008). De todas formas, en naciones donde la planta del cocotero se produce en escalas comerciales, se requieren todavía altas inversiones para la obtención de este subproducto destinado a la agricultura (Evans, 2008). Debido a su alta capacidad de retención hídrica y sus posibilidades de fácil hidratación, los residuos de fibra de coco han superado en popularidad a la turba en los E.E.U.U. (Santha & Santha, 1999).

Las distintas fuentes de residuos de fibra de coco, producen materiales con propiedades diferentes que dependen, además, de los sistemas de procesamiento. El problema principal radica en sus altos contenidos de sales, sobre todo en el material proveniente de la India (Cresswell, 1992). Estos residuos tienen tendencia a poseer altos tenores de sodio y potasio en relación a las turbas (Handreck, 1993b, Scoggins *et al.*, 2001), pero el Na⁺ puede lixiviarse rápidamente del material con técnicas de irrigación. Los altos niveles de K⁺ presentes en este sustrato le confieren características interesantes, que pueden beneficiar más que perjudicar el crecimiento vegetal (Meerow, 1994). Los ensayos realizados en el ámbito hortícola/florícola sugieren que es un componente orgánico adecuado para los cultivos sin suelo (Argo & Biernbaum, 1996, Evans *et. al.*, 1996). El empleo de residuos de fibra de coco como alternativa al uso de turba ha sido citado por numerosos autores en trabajos relacionados a la producción de plantines forestales (Backes, *et al.*, 1988, Handreck, 1997, Lorenzi 1999, Rose & Haas, 2000; Beltrão Lacerda *et. al.*, 2006, Olivo & Buduba, 2006), bandejas o "plugs" de especies hortícolas y ornamentales, (Fonseca, , 2001, Bezerra *et al.*, 2001; Freitas Rosa *et.al.*, 2002; Lorenzi, , 2002;; Arenas *et al.*, 2002; Rodríguez & Gaviola, 2005;) y cultivo de especies hortícolas y florícolas (Andriolo *et al.*, 1999, Shinohara *et al.*, 1999; Di Benedetto *et al.*, 2000, Cantliffe *et.al.*, 2007, Larcher & Scariot, 2009).

1.9.1.3. Corteza de árbol

Se trata de un término que incluye a la corteza interna (floema vivo) y a la corteza externa de los árboles. Se pueden utilizar cortezas de diferentes árboles siendo las más utilizadas las de las Pináceas (Derby & Hinesley , 2005; Wright & Browder, 2005; Scagel *et al.*, 2007, Altland & Owen, 2008; Altland & Buamscha, 2008; Jackson *et.al.*, 2008; Jackson & Wright, 2009). Pueden estar en estado fresco o compostadas, las primeras pueden provocar deficiencia en nitrógeno y problemas de fitotoxicidad (Naasz *et al.*, 2009). El compostaje reduce estos problemas. Sus propiedades físicas dependen del tamaño de la partícula, pero la porosidad suele superar el 80-85%

Se encuentra compuesta por corteza de árboles picada o compostada, con o sin adición de nutrientes. El uso de cortezas sin fermentación o sin adición de nitrógeno conduce a la inmovilización de este nutriente por parte de los microorganismos presentes en el sustrato. En

consecuencia, se produce una deficiencia temporaria de nitrógeno en la planta, a causa de la alta relación C/N: 60-100 (Röber, 2000).

1.9.1.4. Compost

El compost es un antiguo componente de los sustratos. Puede estar compuesto por ramas, hojas y otros restos vegetales (Lamont, 1998), que debidamente picados y mezclados son compostados por elevación de la temperatura, que supera los 60°C, constituyendo la fase bioactiva del compostaje.

Se trata de una alternativa promisoría en la producción hortícola y forestal para abaratar los costos directamente relacionados con la adquisición de sustratos (Kämpf, 2005).

Rainbow & Wilson (1998) sostienen que los composts hechos a partir de residuos de material verde no pueden ser satisfactoriamente empleados como medios de crecimiento debido al elevado contenido de sales solubles que inhiben el crecimiento de las plantas. El material debe contener bajas concentraciones de contaminantes para poseer valor potencial en la producción de cultivos intensivos (Guerin *et al.*, 2001, Valenzuela & Gallardo, 2003).

En la Argentina el empleo del suelo, no sólo posee inconvenientes inherentes propios a su naturaleza y origen, sino también a cuestiones ambientales y legales, la búsqueda de sustratos alternativos se ha convertido en un objetivo para la producción de plantas ornamentales en maceta. La utilización de productos de compostado han sido empleados en cultivos hortícolas con plantines de *Capsicum annuum* (De Grazia *et al.*, 2007). Bárbaro *et al.*, (2008) sostienen que el uso de composts de restos de poda, puede reducir en un 50 % el uso de suelo en el cultivo de *Salvia splendens*.

1.9.1.5. Estiércol

Se encuentra formado por la fracción sólida de las deyecciones del ganado, mezclado con la cama (en animales estabulados y criaderos) y restos de comida. La composición y calidad del estiércol dependen fundamentalmente del tipo de alimentación, edad del animal y tipo de cama utilizado (Burès, 1997).

Marfá *et al.* (1998) citan buenas características físicas, baja fitotoxicidad y alta actividad microbiana. Inbar *et al.* (1986), describen adecuadas características de porosidad, baja densidad de partícula y pH neutro para su empleo en la producción de plantines hortícolas. Endo *et al.* (2004) encuentran utilidad a la fracción líquida del estiércol para la producción de tomate en cultivos con suelo. Pereira *et al.*, (2006) recomiendan su empleo en combinación con suelo orgánico para la producción en viveros de *Brosimum gaudichaudii*, arbusto medicinal de la región del Cerrado, Brasil. Sant Anna Tucci *et al.* (2007) emplean una combinación de estiércol, suelo y

arena para la producción en contenedores de *Bactris gasipaes*, palmera nativa de frutos comestibles. Finalmente, Almeida *et al.* (2008) citan que la adición de estiércol bovino junto al agregado de fertilizantes N-P-K favorecen el abastecimiento y la disponibilidad de nutrientes y contribuyen a mejorar las condiciones físicas del suelo o sustrato en el cultivo de *Zantedeschia aethiopica*.

1.9.1.6. Cama de pollo

El término "cama de pollo" incluye no sólo el excremento de las aves de corral, sino también los materiales con que se confecciona el lecho y los restos de alimentos (Burés, 1997). Al igual que el estiércol, la composición también varía en relación al sistema de producción (gallinas ponedoras o pollo parrillero). Se destina como componente de sustratos a la producción de plantines florícolas (Di Benedetto *et al.* 2000,) o a la producción de tomate a campo (O'Hallorans *et al.*, 1993).

1.9.1.7. Cáscara de arroz carbonizada

La cáscara de arroz carbonizada es un sustrato ampliamente utilizado en Floricultura para mejorar las condiciones físicas de los suelos para la producción en invernáculos y como sustrato o componente de sustratos para la producción de plantas en maceta (Fermino *et al.*, 2000; Andrade Sodré *et al.*, 2005). Puede ser usada pura para el enraizamiento de estacas (*Chrysanthemum sp.*, *Rosa sp.*, *Dianthus sinensis*), en mezclas destinadas a especies floríferas anuales (Kämpf, & Jung, 1991), como sustituto de la fibra de "xaxim" en *Asplenium* (Backes, 1989) o en mezclas con turba y suelo mineral para evitar el uso puro de éstos en cultivo ya que su rápido drenaje obliga a riegos frecuentes (Kämpf, 2005).

Belle & Kämpf (1994) incluso aconsejan su empleo en recipientes de reducida altura o en bandejas de cultivo, debido a que sus bajos valores de densidad podrían ocasionar problemas en la fijación de las plantas.

1.9.1.8. Suelo orgánico

El suelo orgánico, ha sido uno de los primeros sustratos y componentes de sustratos empleados en la producción hortícola. En la Argentina, el término empleado por los productores de "tierra negra" implica la extracción y utilización directa de la capa arable del horizonte orgánico A1. Actualmente, su utilización es de gran importancia dentro del cordón de producción hortícola/florícola del Gran Buenos Aires por su relativo bajo costo frente a los sustratos comerciales (Di Benedetto *et al.*, 2000, Foro de Floricultura, 2007).

Se cita su empleo como el material básico más utilizado en la composición de sustratos en el sur de Brasil. Sin embargo, más allá de aspectos ambientales que se refieren al agotamiento de los horizontes orgánicos como recurso no renovable, surge la necesidad de eliminar el uso de Bromuro de Metilo para combatir organismos patógenos y propágulos de malezas en los sustratos. Por lo tanto, se ha tornado urgente la búsqueda de materiales alternativos que puedan sustituir o reducir el uso de suelo como soporte para las plantas (Fermino, *et al.*, 2000).

1.9.1.9. Otros sustratos

En la búsqueda de sustratos alternativos de bajo costo en la Argentina, se ha trabajado con el **bagazo de caña de azúcar** (Fermino *et al.*, 2000; Svartz *et al.*, 2004) material abundante que es subproducto de la industria azucarera en el Noroeste del país y en países limítrofes como Brasil. Se caracteriza por incrementar la porosidad total del sustrato y el porcentaje de poros ocupados por el aire.

La **turba de Carex**, proveniente de Tierra del Fuego (4° 53' de latitud sur, y 62° 53' de longitud oeste) constituye desde la salida del Plan de Convertibilidad en la Argentina una alternativa para reemplazar la turba de *Sphagnum*, proveniente principalmente de Canadá. La existencia de turberas de *Cárex* en ecosistemas húmedos y fríos en el sur del país ofrece un potencial sustituto de este importante sustrato. Los resultados obtenidos por Di Benedetto *et al.*, (2006) indican que debido a la menor estabilidad de agregados y a la pérdida de porosidad total, las plantas ornamentales destinadas a canchales y borduras (*Viola wittrockiana*, *Impatiens walleriana*, *Petunia grandiflora*, *Chrysanthemum multicaule* y *Pelargonium x hortorum*) registran un menor crecimiento en este sustrato.

El **aserrín de Salicáceas** (*Salix sp.*) es un subproducto obtenido en los aserraderos comerciales de la provincia de Santa Fe. Su empleo constituye otra alternativa posible en la producción dentro del cinturón hortícola santafesino, aunque su implementación debe complementarse con la corrección del pH con un 10 % de turba de *Sphagnum* para atenuar los altos contenidos de sales y sodio en el agua de riego (Gariglio *et al.*, 2001). En la provincia de Córdoba, existen zonas de plantación y aserraderos importantes de pináceas, motivo por el cual se está buscando utilizar el aserrín de estas especies como sustrato. La complementación con adiciones de urea, busca evitar la inmovilización microbiana de $N-NO_3^-$ en la producción de plantines herbáceos anuales de *Antirrhinum majus* y *Calendula officinalis* (Matoff & Orecchia, 2008).

Se denomina **lombricompost** o **humus de lombriz** al producto final resultante de la excreta de lombrices del suelo, que utiliza como materia prima para la alimentación de las lombrices restos orgánicos, que son sujetos a fragmentación dentro del sistema digestivo de estos organismos. Su empleo tiene un desarrollo limitado en la Argentina en razón de aspectos económicos, culturales y debido a la escasa información científica referida a este sustrato (Gallardo & Valenzuela, 2005). Valenzuela *et al.* (2000) citan, en trabajos con plantines de *Cucumis melo*, que los parámetros físicos de los lombricomposts puros se acercan a los valores óptimos conocidos para otros sustratos orgánicos.

1.10. Nutrición mineral de las plantas cultivadas en contenedor.

Minami (2000) cita factores importantes que influyen directamente en el estado nutricional de las plantas que crecen en contenedores:

a) Sustrato

Afecta directamente a la nutrición de las plantas debido a su composición en nutrientes disponibles y al suministro de los aportados como fertilizantes. La transformación y la descomposición de algunos de ellos posibilitan la disponibilidad de nutrientes a lo largo del ciclo de producción.

b) pH del sustrato

La accesibilidad de algunos nutrientes, en especial los micronutrientes se encuentra condicionado por el pH del medio, que depende del material original empleado en la formulación del sustrato. La corrección del pH del sustrato es muy importante para la nutrición de las plantas.

c) Capacidad de intercambio catiónico

La capacidad de intercambio catiónico es un factor muy importante ya que permite la existencia de un reservorio de nutrientes disponibles, sobre todo cuando el sustrato constituye parte importante del aporte de nutrientes para la planta. Asimismo reduce la pérdida de nutrientes por lixiviación.

d) *Calidad y cantidad de agua*

El agua empleada para riego debe poseer características químicas, físicas y biológicas adecuadas. Elevados tenores de sales, contaminantes y microorganismos patógenos constituyen un riesgo para la actividad hortícola.

e) *Otros factores*

La temperatura del sustrato y del aire, el sombreado, las enfermedades, las plagas y los requerimientos nutricionales específicos del material vegetal con que se trabaja también son factores que afectan la nutrición de las plantas que se cultivan en recipientes.

Existen otros factores de índole comercial que también deben ser considerados: precio del fertilizante, costo de la mano de obra, la incidencia de ambos dentro del costo de producción. La técnica de fertilización puede ser técnicamente aconsejable pero puede tornarse inviable económicamente para determinados sistemas de producción.

En definitiva el productor debe tener en cuenta que la corrección de una deficiencia nutricional depende de la identificación del nutriente o nutrientes en escasez, del estado de desarrollo de la planta, el tipo y la cantidad de fertilizante a emplear y la tecnología de aplicación.

1.11. Diagnóstico nutricional

1.11.1. Análisis químico del sustrato

Existen dos aproximaciones cuantitativas en el diagnóstico nutricional: el análisis del sustrato y el análisis del vegetal. Ambos son usados comúnmente para determinar niveles apropiados de fertilidad, y tienen sus ventajas y desventajas (van Iersel, *et al.*, 1998). El análisis del sustrato puede no brindar un adecuado diagnóstico, desde el momento en que la fertilidad del sustrato puede cambiar rápidamente debido a la aplicación de fertilizantes. Por consiguiente, el análisis del sustrato resulta más indicado para predecir futuros problemas de fertilidad que para detectar problemas pasados. A diferencia del análisis tisular, el del sustrato puede predecir la posibilidad de futuras deficiencias de nutrientes, antes de que éstas ocurran (Compton & Nelson, 1997). Sin embargo, el momento es significativo en estos análisis, ya que los resultados pueden ser altamente variables si las muestras no son extraídas en un momento definido, luego de la fertilización (Bailey *et al.*, 1996).

1.11.2 Análisis del vegetal

El análisis del vegetal pone de manifiesto el estado nutricional de las plantas al momento del muestreo y revela si la provisión de nutrientes presentes en el suelo o sustrato son los adecuados. Además, permite detectar deficiencias no visibles, confirmar síntomas visuales por falta de algún nutriente y niveles de toxicidad por exceso. A pesar de ser empleado como herramienta para la corrección de problemas nutricionales, el análisis de tejidos de plantas jóvenes permite aplicar fertilizaciones correctivas en la misma estación de cultivo (Flynn *et al.*, 1999).

El análisis químico del vegetal se basa en el supuesto de relaciones causales entre el contenido de nutrientes y la tasa de crecimiento. La parte de la planta más adecuada para muestrear difiere según el nutriente, la especie y la edad, y si el objetivo es determinar el contenido total o una cierta fracción del nutriente. La objeción más importante al uso de este tipo de análisis con fines de diagnóstico se vincula con las frecuentes fluctuaciones a corto plazo en el contenido de nutrientes. Es particularmente difícil establecer el rango de deficiencia, suficiencia o toxicidad de los nutrientes en relación a factores ambientales, genotipo y estado de desarrollo de las hojas y de la planta (Marschner, 1995, Flynn *et al.*, 1999).

El diagnóstico nutricional basado en la interpretación y aplicación del análisis tisular puede proveer información para optimizar el manejo de fertilizantes, asegurar la calidad del producto y reducir los riesgos ambientales de contaminación. Tiene tres propósitos fundamentales: 1) identificación del nutriente causante del crecimiento o de problemas de calidad asociados con aplicaciones de fertilizantes; 2) identificación de potenciales problemas nutricionales; 3) verificación de que el manejo nutricional es adecuado y apropiado, previniendo aplicaciones innecesarias de nutrientes (van Iersel *et al.*, 1998). A pesar de la importancia del diagnóstico nutricional en plantines de especies anuales, existe poca información aplicable a plantas ornamentales. La mayor parte de los trabajos se centra en la aplicación de fertilizantes con escasa atención de los niveles de nutrientes en el tejido vegetal (Styer & Koranski, 1997). El análisis tisular brinda una indicación de las deficiencias o toxicidades permitiendo ajustes en las prácticas de fertilización.

1.11.3 Análisis del vegetal versus análisis del suelo o sustrato

Existe controversia acerca de qué tipo de análisis químico -del suelo o del vegetal- es el más adecuado para realizar recomendaciones de fertilización. Ambos métodos se basan en sistemas similares de calibración que relacionan el contenido de nutrientes en la planta o en el

suelo y la correspondiente curva de respuesta en el rendimiento o en el crecimiento. Estas calibraciones se llevan a cabo en condiciones controladas o de campo empleando distintos niveles de fertilización. Ambos métodos tienen ventajas e inconvenientes y también brindan resultados cualitativamente distintos (Schlichting, 1976).

Los métodos de análisis de sustratos indican la disponibilidad potencial de nutrientes que pueden ser absorbidos por la raíz en condiciones favorables de actividad radical.

El análisis del vegetal, en sentido estricto, refleja solamente el estado nutricional de la planta en ese momento. Una combinación de ambas metodologías provee una mejor base para la recomendación de la aplicación de fertilizantes. La relativa importancia de uno u otro depende de la especie, las propiedades edáficas y el nutriente en cuestión. Una combinación de ambos métodos brinda una buena indicación del grado de adecuación de un programa de fertilización (Marschner, 1995).

En cultivos ornamentales herbáceos anuales o bianuales también se ha empleado el análisis del vegetal para determinar el estado nutritivo del cultivo. El crisantemo (*Chrysanthemum spp.*) ha sido la especie más estudiada (Fernández, *et al.*, 1975; Gilly, 1977; Holcomb & White, 1980; Xia, *et al.* 1993). Se citan también trabajos en otras herbáceas ornamentales como el clavel (*Dianthus caryophyllus*) para flor cortada (; Kazimirova, 1977; Khattab, 1977; López-Mosquera & Macías, 1994), o la viola (*Viola sp.*) (Deportes, 1989; Shan-Sei-Fan, 1993; Morisigue *et al.*, 2003), el *Kalanchoe* (Nelson *et al.*, 1980), la *Begonia elatior* (Nelson *et al.*, 1979) y la *Vinca minor* (Tolhyesi & Kaposi, 1976), éstas últimas para cultivo en maceta.

Finalmente, en arbustos ornamentales, así como en plantas para interior se ha trabajado con técnicas de diagnóstico de análisis en hoja (Graca & Hamilton, 1982; Jain, 1981; Smith, 1981; Poole & Conover, 1981).

El manejo nutricional es importante dentro de la tecnología de producción de plantines florales herbáceos. Los nutrientes deben ser aplicados a la planta en crecimiento bajo la forma, cantidad, tiempo y lugar apropiado para mantener la absorción y prevenir deficiencias nutricionales. La fertilización excesiva puede resultar en un tamaño exagerado de la plántula, provocar fitotoxicidad de algunos nutrientes, exceso de salinidad, lixiviación de fertilizantes y contaminación de suelo y agua superficial (van Iersel, *et al.*, 1998). Tanto las aproximaciones cualitativas como cuantitativas pueden ser usadas para el empleo de fertilizantes. Una aproximación cualitativa consiste en el monitoreo de plantas para una detección visual de síntomas de toxicidad o de deficiencia (Lee *et al.*, 1992). Esta afirmación resulta válida para todos los cultivos realizados en contenedor.

1.12 Salinidad-alcalinidad en el sustrato y el agua de riego

1.12.1. Aspectos generales

La salinidad-alcalinidad es uno de los principales factores que producen estrés abiótico afectando negativamente al rendimiento y productividad de los cultivos (Chinnusamy *et al.*, 2005). La calidad del agua de riego empleada para la producción de especies bajo cubierta puede influir considerablemente en el crecimiento vegetal. Sin embargo, el efecto en el crecimiento de la planta es probablemente debido a la combinación de la calidad del agua de riego y el tipo de medio de cultivo (Kuehny & Morales, 1998). Para paliar el reducido volumen de medio de cultivo disponible para las raíces que permiten los contenedores, se suele elevar la concentración de nutrientes en la solución acuosa, en ocasiones aportando cantidades muy superiores a las habituales en cultivos de campo en suelos minerales. Con ello aumenta el riesgo de acumulación de sales solubles. La disponibilidad de nutrientes y el crecimiento de la planta pueden quedar negativamente afectados por estos factores (Bailey & Allen Hammer, 1986). La exposición a ambientes con altos niveles de NaCl afecta las relaciones hídricas y crea estrés iónico bajo la forma de acumulación celular de Cl⁻ y en particular de Na⁺. Del mismo modo, el estrés salino también impacta en gran medida en los fenómenos homeostáticos de iones como Ca²⁺, K⁺, y NO₃⁻ y por lo tanto requiere conocer la forma en que se alteran los mecanismos de transporte y compartimentalización de estos nutrientes (Maathuis, 2005).

La respuesta de las plantas a la salinidad depende de la edad de éstas, de las condiciones ambientales, de las prácticas de manejo del cultivo y de las características de la especie (Maas & Hoffman, 1977). Las fases de germinación y crecimiento inicial son más sensibles a las sales que las fases posteriores de crecimiento y desarrollo (Noguera, 2000).

1.13 Problemática de la producción de cultivos florales en contenedores

Las actuales técnicas destinadas a la producción de cultivos ornamentales en maceta requieren una elevada precisión y un adecuado establecimiento del cultivo en cada una de las etapas de su ciclo productivo (Salter, 1985). La implementación de la siembra de precisión en bandejas de cultivo, requiere obligadamente que cada celda contenga una planta. El incremento en el uso de material genético híbrido con un alto costo suma mayor énfasis en la importancia de la calidad y el comportamiento de la semilla germinada (Phill, 1995). La latencia en semillas es un fenómeno ampliamente observado en numerosas familias (Villiers, 1972; Geneve, 1998). Afortunadamente y salvo contadas excepciones, para aquellas especies de interés comercial, la latencia ha sido superada. Ante la ausencia de la misma los requerimientos básicos

para la germinación son bastante simples: condiciones favorables de temperatura, humedad y oxígeno en el entorno de la semilla (Phill, 1995).

La tecnología de producción que caracteriza el cultivo de especies florales anuales en el AMBA, causa una acumulación progresiva de sales en los contenedores. Características inherentes a la calidad del agua de riego sumadas al empleo de fertilizantes y la amplia difusión del uso de suelo orgánico como componente único del sustrato empleado en estos cultivos ocasionan la acumulación de sales con el consiguiente perjuicio en especies sensibles como *Primula malacoides* (Rodríguez, 2003; Hashimoto & Vázquez, 2006).

En algunas zonas del AMBA, la germinación de estas especies también se constituye en un factor limitante para el éxito de la producción y su posterior salida al mercado. Los productores han detectado problemas en esta etapa debidos a la calidad del agua. Asimismo, se han registrado elevados contenidos de sodio en las aguas de riego de las zonas productoras (Morisigue & Karlanian, 2006). La presencia de este catión ocasiona un descenso marcado en la tasa de crecimiento del cultivo de pensamiento (*Viola sp.*), así como un deterioro de la calidad comercial del producto ofrecido a la venta (Morisigue *et al.*, 2003) por la aparición de síntomas necróticos o de "quemado" en zona marginales de la hoja (Karacas, 2000).

1.14 Hipótesis de trabajo

"El crecimiento y desarrollo del cultivo de *Petunia x hybrida* se encuentra determinado por calidad del agua de riego, las características físico-químicas del sustrato de crecimiento y la fertilización empleados durante su ciclo de cultivo"

CAPITULO 2

Objetivos
generales



2. Objetivos

- Caracterizar la actividad florícola y de producción de *Petunia x hybrida* Vilm. en los Partidos de Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón
- Evaluar el efecto de la calidad del agua de riego, del tipo de sustrato y del tipo y dosis de fertilizante sobre el crecimiento, desarrollo y estado nutricional del cultivo, desde el trasplante a la floración
- Analizar la contribución de la calidad del agua de riego, el tipo de sustrato, el tipo y dosis de fertilizante y la fecha de muestreo al crecimiento y desarrollo de petunia mediante técnicas estadísticas multivariantes y aplicar su uso al asesoramiento de floricultores
- Analizar el efecto del fertilizante y del tipo de agua de riego en la evolución del pH y la salinidad del sustrato entre el trasplante y la comercialización del cultivo de petunia
- Evaluar el efecto del contenido en sales del medio en la germinación de *Petunia x hybrida*

CAPITULO 3

Materiales y
Métodos



3. Materiales y métodos

Para todos los ensayos se emplearon plantas de petunia (*Petunia x hybrida*) “Bravo Red” F1 S&G provenientes de bandejas de cultivo, adquiridas directamente a la empresa Syngenta Seeds Inc. en Argentina (Figura 3.1).



Figura 3.1. Aspecto de las plantas de petunia extraídas de la bandeja de cultivo

3.1. Localización del ensayo

El ensayo se realizó en un invernáculo experimental ubicado en el cinturón verde de Buenos Aires, partido de Lomas de Zamora (34° 54' Lat. Sur). Las características del invernadero fueron las siguientes: estructura metálica; 200 m² de superficie; techo parabólico con una altura de cumbrera de 4,5 m; cobertura de polietileno LDT de 200 µm; ventilación lateral y cenital; sin sistema de calefacción ni de sombreado (Figura 3.2).



Figura 3.2. Aspecto exterior del invernáculo donde se llevó a cabo el ensayo

3.2. Condiciones de cultivo

3.2.1. Contenedores

Las plántulas fueron transplantadas a contenedores de plástico negro de 15 cm de altura y con una capacidad efectiva de 2L, con 1 drene en la parte inferior y 2 drenes laterales en la base de la maceta. El transplante se realizó a razón de tres plántulas por contenedor.

3.2.2. Riego

Se empleó el sistema de subirrigación mediante una cuerda de algodón (0,5 cm de diámetro, largo 20 cm) ubicada en el drene inferior del contenedor e inserta en el sustrato. La mesada una vez nivelada y cubierta con polietileno se inundó con el agua de riego, hasta llegar a un nivel de 1,5 cm desde la base (Figura 3.3).

El nivel del agua se mantenía constante incorporando el agua de riego de 1 a 2 veces/día en función de la evapotranspiración.



Figura 3.3. Sistema de subirrigación: vista de la parte inferior del contenedor mostrando la cuerda de algodón colocada dentro del sustrato y saliendo del drene para tomar contacto con el agua de riego.

3.2.3. Temperatura y radiación

El registro de temperaturas dentro del invernadero fue tomado diariamente mediante un termómetro de mínima y máxima. Los datos obtenidos se recogen en la Figura 3.4.

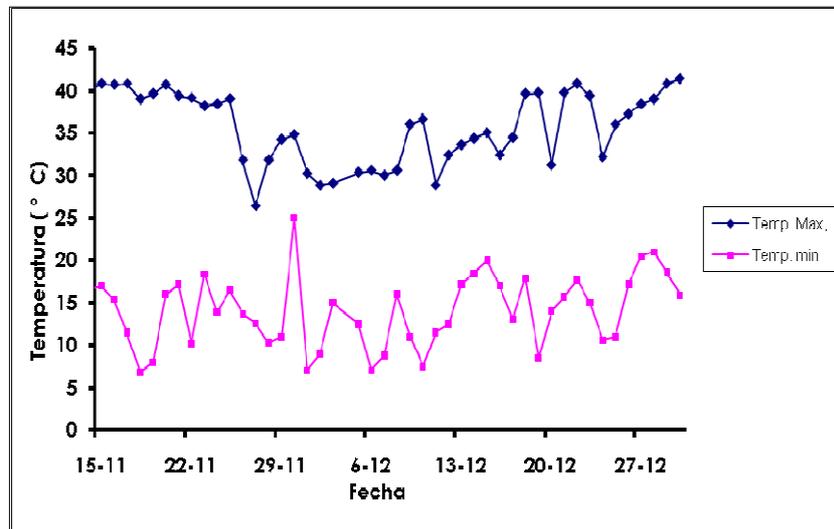


Figura 3.4. Valores de temperaturas máxima y mínima diarias registradas dentro del invernadero durante el período de ensayo.

Los valores de radiación PAR medida diariamente a lo largo de la duración del ensayo, se recogen en la Figura 3.5.

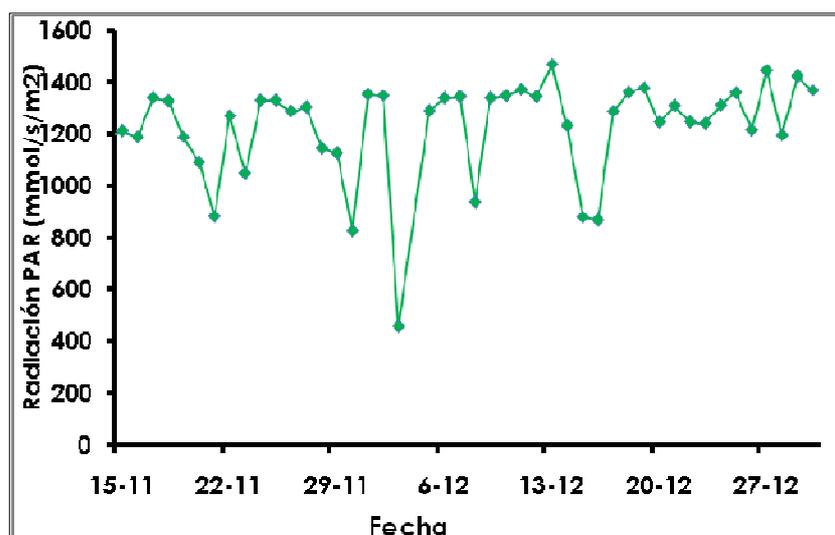


Figura 3.5. Valores de radiación PAR registrados diariamente durante el período de ensayo.

3.2.4. Fechas de muestreo

Las fechas para la toma de muestras se definieron según información brindada por Armitage (1985) y Kessler (1998, 2004), quienes mencionan un lapso de 2 a 4 semanas desde la fecha de transplante hasta el momento de comercialización de la planta, dependiendo de la duración de horas luz, su intensidad y calidad en interacción con la temperatura ambiente dentro del invernadero.

Las petunias comienzan su estado reproductivo al estado de 6 hojas. La floración puede ocurrir con días cortos o largos, sin embargo, la floración será más precoz con fotoperiodos más prolongados y alta intensidad luminosa (Karlsson, 1996). El rango crítico de duración de horas de oscuridad se ubica dentro de las 13 a 10 hs (Wilkins & Pemberton, 1981). La temperatura influye en la floración y el número de ramificaciones. También interactúa con el fotoperiodo. Las tasas de floración y de desarrollo de la flor se incrementan con un rango de temperatura comprendido entre 21° y 26°C (Wilkins & Pemberton, 1981). La intensidad luminosa interactúa con la duración del fotoperiodo, en la medida que un incremento en la energía total acrecienta la fotosíntesis, acelerando la etapa de transición entre la fase juvenil y la reproductiva (Carpenter & Carlson, 1974).

En base a la información previamente citada y a la época del año (fines de la primavera), se programaron los muestreos cada 15 días a partir del momento en que las plantas se transplantaron al contenedor, para poder evaluar no sólo el inicio de la floración, sino también la evolución posterior de la planta, hacia la plena floración. Esta última etapa se cumple, en la Argentina generalmente, en los canteros de los jardines.

Se definieron, por consiguiente, las fechas de actividades que se señalan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Cronograma de actividades realizadas en el invernadero durante el período de ensayo

FECHA	15/11	01/12	15/12	30/12
Actividad	TRANSPLANTE	1° MUESTREO	2° MUESTREO	3° MUESTREO

3.3. Variables evaluadas sobre el material vegetal

3.3.1. Peso Fresco, Peso Seco, Area Foliar y Flores/planta

Una vez en el laboratorio, el material vegetal se lavó con agua corriente y luego con agua destilada. Se dejó escurrir el exceso de agua y las muestras fueron colocadas sobre papel absorbente tipo *tissue*.

Luego de determinado el peso fresco (PF) y el área foliar (AF) mediante un equipo LI-COR 3000 C Portable Area Meter, se colocaron las hojas dentro de bolsas de papel, para ser secadas en estufa con corriente de convección a 70 °C, hasta llegar a peso constante (aproximadamente unas 48-72 hs). Se determinó su peso seco (PS) y posteriormente el material vegetal fue molido y luego guardado en bolsas transparentes de celofán, para su análisis químico.

A partir del día 11/12 cuando las plantas comenzaron a florecer, se procedió al recuento de flores (número de flores/planta: FPP). Se consideraron para recuento sólo las flores que se encontraban totalmente abiertas.

3.3.2. Contenido de Clorofila

Previo a la determinación de peso seco, se seleccionó la tercera hoja completamente expandida más próxima al inicio de cada botón floral, se realizaron 3 mediciones por hoja empleando un equipo SPAD 502 Konica-Minolta para la determinación indirecta del contenido de Clorofila.

Se registró un valor medio para cada planta y se calculó el valor medio por maceta, considerando que en cada maceta se había transplantado tres plantas de petunia.

La medición de este pigmento se realizó de manera indirecta mediante el equipo SPAD, que permitió la determinación de clorofila de manera rápida y cuantificable basándose en la transmitancia de la luz desde dos fotodiodos emisores a través de la hoja en dos bandas (600 -700 y 400-500 nm). La lectura pudo ser rápidamente convertida en contenido de Clorofila, evitando largos procesos destructivos del material vegetal en el laboratorio por extracción con solventes orgánicos, filtración, centrifugación y medición mediante un espectrofotómetro (Markwell & Blevins, 1999; Loh *et al.*, 2002). En la literatura se citan correlaciones muy significativas entre mediciones realizadas con el equipo SPAD y el contenido de clorofila extractable para varias especies vegetales (Marquard & Tipton, 1987; Dwyer *et al.*, 1991; Monje & Bugbee, 1992).

3.3.3. Intensidad de Coloración de la flor

El empleo del colorímetro se basó en las propiedades de reflectancia espectral de las flores (entre otros órganos vegetales), en términos de luminosidad y cromaticidad (Madeira *et al.*, 2003).

Las determinaciones se realizaron sobre las flores totalmente abiertas con un equipo Konica - Minolta Chroma Meter CR-321. Dicho equipo posee una fuente de luz propia que provee una distribución difusa y uniforme de emisión de luz sobre la muestra vegetal. Mide el color de la luz reflejada, brindando una salida digitalizada de la cromaticidad. La CIE (Comisión Interationale d'Eclairage) determina los parámetros $L^*a^*b^*$

Del mismo modo en que en las determinaciones del contenido de Clorofila, se efectuaron 3 mediciones por flor y se obtuvo la media por maceta. Se registró sólo el valor L de luminosidad para simplificar el análisis estadístico.

En el caso que la planta tuviese más de tres flores, se extraían al azar 3 flores/planta y se promediaba el valor, para obtener un solo resultado por planta. Después se promediaba por maceta.

Las flores no fueron incluidas dentro del material vegetal destinado a los análisis químicos.

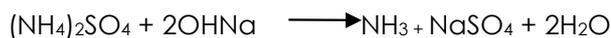
3.3.4. Análisis nutricional del vegetal

3.3.4.1. Determinación de Nitrógeno total

Las determinaciones de nitrógeno total (Nt) fueron realizadas mediante el método de Kjeldähl, sobre 500 mg de muestra seca.

El método se basó en la combustión húmeda de la muestra, calentándola mediante el empleo de H₂SO₄ concentrado en presencia de catalizadores metálicos a 420 °C durante 90 minutos.

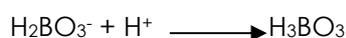
Los catalizadores (3 g K₂SO₄ + 0,65 g CuSO₄.5H₂O + 0,105 g TiO₂) redujeron el N orgánico a NH₃, que fue arrastrado por vapor de agua y retenido por la solución en forma de (NH₄)₂SO₄. Dicha solución se alcalinizó con OHNa y se destiló mediante un equipo KJELTEC 1002 A Tecator. La reacción química es:



El NH₃ liberado se recibió en H₃BO₃ en presencia de dos indicadores: rojo de metilo y verde de bromocresol



Se tituló con HCl 0,1 N hasta viraje de color de verde a gris. Se desplazó el ácido débil por uno fuerte



El contenido de N se calculó en base a la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{(V - Vb) \cdot N \cdot F \cdot PA \cdot 100}{m \text{ (mg)}}$$

Siendo:

V= volumen de HCl empleado hasta viraje de color

Vb= Volumen de HCl empleado para el blanco

N = valor de normalidad del HCl (0,1)

F = factor de conversión (1,097)

PA = Peso atómico de N

m = peso de la muestra

3.3.4.2. Determinación de cationes: Calcio, Magnesio, Potasio Sodio

La determinación de Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio se realizó sobre el material seco y finamente molido mediante digestión en húmedo, también recomendada para otros cationes como Cu, Fe, Mn, Se y Zn

La metodología descrita por Isaac & Kerber (1971) consistió en los siguientes procedimientos:

Preparación de la muestra

El material fue finamente molido y se pesó $0,500 \pm 0,03$ g de tejido vegetal seco y se lo colocó dentro de un vaso Berzelius alto, una vez agregados los reactivos se tapó con un vidrio de reloj.

Reactivos empleados

4 ml Acido Nítrico (HNO_3),

2 ml de Acido Perclórico (HClO_4)

Solución de Lantano 5%.

Asimismo se prepararon las diluciones correspondientes a las soluciones estándar.

Aquellas correspondientes a Ca y Mg contenían un 1% de Lantano (peso/volumen).

Las muestras, se digirieron mediante calor en un baño de arena hasta lograr completo viraje de color del vapor (producto de la digestión), que pasó de un color ocre a un blanco nítido. Luego, una vez frías y hasta ese momento conservando el vidrio de reloj, se filtraron mediante

embudo y papel de filtro. Se procedió a llevar en un matraz aforado a 25 ml de volumen final con agua desionizada.

Lectura

Se empleó un equipo Varian AA280FS Atomic Absorption Spectrometer, para las lecturas de concentración de los cationes se tuvo en cuenta los requerimientos analíticos que se recogen en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Características analíticas para la determinación de cationes mediante absorción atómica

Elemento	Long. Onda (Angstroms)	Rango de conc. óptima de la sc.	Límite de detección	Sensibilidad 1% de absorc.
Ca ²⁺	4226,7	1-10	0,002	0,09
Mg ²⁺	2852,1	0,1-2	0,0003	0,01
K ⁺	7664,9	1-10	0,005	0,05
Na ⁺	5890,0	0,3-3	0,002	0,015

3.3.4.3. Determinación del contenido de Fósforo

Para la medición de fósforo se utilizó una muestra del digesto (0,4 mL) a la cual se le incorporaron 0,6 mL de reactivo de Barton (1948) y 3,2 mL de agua destilada.

El reactivo de Barton se hallaba compuesto por las siguientes soluciones:

1. Solución A: se calentaron 400 mL de agua destilada hasta los 50 °C para disolver en ella 25 g de molibdato de amonio.
2. Solución B: se incorporaron 1,25 g de vanadato de amonio en 300 mL de agua a 100 °C, una vez fría la solución se le adicionaron 250 mL de HNO₃.

En un matraz de 1L se trasvasó la solución A, luego la B, llevando luego a volumen con agua destilada.

Su concentración fue medida a través del método colorimétrico del complejo vanado-molibdo-fosfórico de Jackson (1976) a 440 nm en un equipo Shimadzu UV-160 Visible Recording Spectrofotometer.

3.4. Análisis químico del sustrato y del agua de riego

La metodología empleada se encuentra en evaluación para su certificación por normas ISO 9100, para la estandarización de los métodos de análisis en laboratorio de sustratos en la Argentina. Dicha metodología, implementada por el Instituto de Floricultura INTA- Laboratorio de Sustratos (Ansorena Miner, 1994), fue la que se llevó a cabo en este ensayo.

Las muestras de sustrato fueron homogeneizadas y secadas a temperatura ambiente. Se efectuaron 3 repeticiones para cada una de las determinaciones.

3.4.1. Medición de pH y Conductividad eléctrica

Para la determinación del valor de pH y conductividad eléctrica (CE) en cada uno de los sustratos, se procedió a trabajar con una relación de sustrato/ agua de 1:5 (v/v), las muestras fueron analizadas por duplicado.

En un frasco de material plástico de 250 mL se colocaron 150 mL de agua destilada, se determinó su peso y tara en una balanza. Posteriormente se llevó a un volumen final de 180 mL con el agregado de sustrato de densidad conocida. Se pesó sobre la balanza con tara para obtener el peso del sustrato incorporado al agua. En el frasco, se obtuvo una relación de 1 parte de sustrato por 5 partes de agua en volumen. Se procedió a su agitación durante 10 minutos y se dejó reposar 15 minutos (Figura 3.6).



Figura 3.6. Extracción de solución 1/5 (v/v) para la determinación de pH, CE y nutrientes

Las mediciones del pH y de la conductividad eléctrica se realizaron directamente en la solución con un equipo Orion Research 720 A para la medición de pH y el EC Conductivity Meter HANNA Instruments para la determinación de la CE. La resistencia se corrigió a 25 °C. Para ello el valor medido se multiplicó por el factor de temperatura y por el factor de corrección de la celda de cada conductímetro.

3.4.2. Medición del contenido de nutrientes en solución y en el agua de riego

Para el análisis de nutrientes en los **sustratos**, se filtró la solución de agua destilada y sustrato empleada para las mediciones de pH y CE y se determinaron:

NO₃⁻, Cationes (Ca²⁺ Mg²⁺, Na⁺, K⁺) y P.

En el caso de las **aguas de riego** empleadas en este ensayo, así como aquellas pertenecientes a establecimientos de la zona en estudio y se realizaron las siguientes determinaciones:

NO₃⁻, Cationes (Ca²⁺ Mg²⁺, Na⁺ K⁺), Bicarbonatos y Cloruros.

Nitratos (NO₃⁻): la determinación se realizó con electrodo ión selectivo ISE Equipo medidor de iones Orion Research Expandable Ion Analyzer EA940

Cationes: Ca²⁺ Mg²⁺, Na⁺ y K⁺. Las determinaciones se realizaron con un Espectrofotómetro de Absorción Atómica Varian AA280FS Atomic Absorption Spectrometer y electrodo de ión selectivo, sobre la misma solución de filtrado.

Fósforo: se empleó la misma metodología del vanado-molibdo-fosfórico de Jackson (1976) a 480 nm en un equipo Shimadzu UV-160 Visible Recording Spectrofotometer.

Bicarbonatos (HCO₃⁻): la determinación se realizó cuando el valor del pH en el agua se encontraba dentro del rango de 4,2 a 8,3. Se midió una alícuota de la muestra de agua (25 ó 50 ml); se agregó 1 ó 2 gotas de anaranjado de metilo y se dejó caer desde una bureta ácido sulfúrico 0,1 N, hasta que una gota hizo virar el indicador del amarillo al rojo naranja (INTA, 2005).

$$HCO_3 - meq/L = \frac{ml SO_4H_2 \times N \times 1000}{V}$$

Cloruros (Cl⁻): Se midió una alícuota de la muestra de agua. Se agregó 2 a 4 gotas de indicador cromato de potasio al 10%, además, para observar mejor el viraje del indicador se agregó una punta de espátula de Carbonato de calcio pro análisis (±100 mg). Se tituló con nitrato de plata 0,02N, hasta que una gota forme un precipitado de color ladrillo claro (este precipitado

está formado por una mezcla de cloruro de plata, blanco y cromato de plata, rojo caoba) (INTA, 2005)

$$Cl - meq / l = \frac{ml \text{ NO}_3 \text{ Ag} \times N \times 1000}{V}$$

N - normalidad de Ag NO₃

V - volumen de muestra de agua medido

3.4.3. Capacidad de intercambio de cationes (CIC)

La determinación de la CIC se basa en la saturación de dicha capacidad por medio del Na⁺, el lavado del exceso de Na⁺, (Na⁺ soluble No Intercambiable) por medio del alcohol (M.A.P.A, 1986). Se midió dicha capacidad mediante extracción de todo el Na⁺ con NH₄CH₃COO 1N y la lectura del Na⁺ por absorción Atómica.

Para el intercambio catiónico se utilizó el NaCH₃COO.3H₂O 1N, luego el suelo se lavó con etanol del 95% varias veces hasta que los lavados produjeran como resultado una conductividad menor de 0,5 mmhos/cm. Se hizo después un intercambio con NH₄CH₃COO 1N El Na⁺ extraído se determinó por absorción Atómica.

Procedimiento

Se tomaron 5 mL de sustrato, se agregan 100 mL de Acetato de Sodio 1N, se agita durante una (1) hora, se filtra (papel Whatman 42).

El residuo se lavó cinco veces con Etanol, se dejó secar durante 24 horas. Una vez seco se agregaron 100 mL de Acetato de Amonio 1N y neutro, se agitó durante una hora y se filtró (papel de filtro Whatman 42). Del filtrado se tomó 1 mL y se añadieron 8,8 mL de Acetato de Amonio y 0,2 mL de Óxido de Lantano al 5%. Se leyó el Na por absorción atómica.

Cálculos

La capacidad de intercambio catiónico se expresó como meq de Na⁺ en 100 mL de sustrato.

$$\begin{aligned} \text{meq Na}/100 \text{ mL} &= \text{ppm Na leídas} \times 10/1 \times 100/5 \times 100 / 1000 / 23 \\ &= \text{ppm Na leídas} \times 0.8695 \end{aligned}$$

Reactivos

- Acetato de Sodio CH₃COONa.3H₂O 1N pH 8,2

Se pesaron 136 gramos de Acetato de Sodio y se aforaron a un litro con agua destilada.

Materiales y métodos

- Acetato de Amonio $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1N pH 7
- Etanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ al 95%
- Oxido de Lantano al 5%

Equipo y material de laboratorio

- Equipo de Absorción Atómica Varian AA280FS Atomic Absorption Spectrometer
- Vasos de precipitado
- Papel de filtro (Whatman 42)
- Varillas agitadoras.

3.4.4. Nitrógeno total

Se empleó la misma metodología que para la determinación de Nt en el material vegetal, mediante Kjeldahl (1883).

3.5. Análisis físico del sustrato

Todos los resultados del análisis físico de los sustratos empleados en este ensayo fueron repetidos por triplicado.

3.5.1. Porcentaje de Humedad y de Materia Seca

Se empleó un recipiente seco previamente tarado (T) en el cual se colocaron $50 \pm 0,01$ g de la muestra a determinar (T+M) (Ansorena Miner, 1994). La muestra se colocó en una estufa convencional y se secó el sustrato a 105°C hasta llegar a peso constante (T+MS). Se calculó el porcentaje de Humedad por diferencia de pesos, con la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad (\%)} = 100 \times \frac{(T+M) - (T+MS)}{(T+M) - T}$$

$$\text{Materia Seca (\%)} = 100 \times \frac{(T+MS) - T}{(T+M) - T}$$

3.5.2. Porcentaje de Materia Orgánica

Esta determinación se efectuó mediante la técnica de Ansorena Miner, (1994), sobre la misma alícuota tomada para la determinación de la Humedad. Se calentó en forma progresiva a partir de la temperatura ambiente hasta un valor próximo de 500°C , con la utilización de horno de Mufla, durante cuatro horas, hasta llegar a la acenización. Luego se introdujo en un desecador

hasta llegar a temperatura ambiente. Se procedió a pesar (T+C). Los porcentajes de Materia Orgánica y Cenizas, referidos a Materia Seca, se calculan a partir de las expresiones:

$$\text{Materia Orgánica (\%)} = 100 \times \frac{(T+MS) - (T+C)}{(T+MS) - T}$$

$$\text{Cenizas (\%)} = 100 \times \frac{(T+C) - T}{(T+MS) - T}$$

3.5.3. Densidad aparente

Corresponde a la relación entre la masa o peso de las partículas de sustrato y el volumen aparente que ocupan. Las unidades de expresión corresponden a g/cm³ o Kg/m³.

El método empleado propuesto por Ansorena Miner (1994), constó de un cilindro calibrado de 1 litro de capacidad, un collar de extensión y un embudo (adaptado a la parte superior del cilindro). Una vez pesado el cilindro en la balanza, se procedió a instalar el collar y el embudo. Luego se colocó un tamiz de 19 mm de apertura, a unos 5 mm del embudo. La muestra se pasó a través del tamiz, hasta llegar a la parte superior del collar. Una vez quitado el tamiz y el embudo, se aplicó en la parte superior de la muestra un peso de 0,65 Kg por un lapso de 3 minutos. Se quitó luego el peso y el collar, se enrasó el sustrato quitando el exceso hasta nivelar el borde superior del cilindro. Se pesó finalmente el cilindro. La densidad aparente compactada **d_a (g/L)** se calculó a través de la siguiente fórmula:

$$d_a = \frac{M_1 - M_0}{V}$$

Donde M₁ y M₀ corresponden a los pesos en gramos de los cilindro lleno y vacío, respectivamente y V el volumen del cilindro en litros. Figuras 3.7 y 3.8.



Figuras 3.7. Método de determinación de densidad aparente de los sustratos empleados en el ensayo



Figura 3.8. Método de determinación de densidad aparente de los sustratos empleados en el ensayo

3.5.4. Densidad Real

La densidad real se define como la relación entre la masa o el peso de las partículas y el volumen real que ocupan, se excluye el volumen poroso que separa a las mismas. Las unidades de expresión corresponden a g/cm³ o Kg/m³. El valor de la **dr** es propio del material y no depende del grado de compactación ni del tamaño de partícula. Para los suelos minerales, la **dr** se aproxima a la del cuarzo: 2,65 g/ cm³; mientras que para los sustratos orgánicos se toma el valor medio de 1,5 g/ cm³

Se procedió a su cálculo a partir del contenido de cenizas según la metodología descrita por Ansorena Miner (1994), con la siguiente fórmula

$$dr = \frac{100}{\left(\frac{100 - \% \text{ cenizas}}{1,5} \right) + \left(\frac{\% \text{ cenizas}}{2,65} \right)}$$

3.5.5. Cálculo de la porosidad total

El valor de Porosidad total (P) expresado como un porcentaje del volumen total (%Vt) se expresó mediante la siguiente fórmula de cálculo propuesta por Ansorena Miner (1994):

$$P (\%) = 100 \times \left(1 - \frac{da}{dr} \right)$$

3.5.6. Porosidad de aire

Para la determinación de la porosidad de aire, el cilindro empleado para la medición de la densidad aparente, cuya metodología fue descrita previamente por Ansorena Miner (1994), poseía además dos discos perforados con ocho orificios que mediante un giro permitía que el agua de drenaje saliese al exterior.

Procedimiento

Se efectuó el llenado del cilindro con los sustratos, con los discos posicionados para el cierre. Una vez alcanzado la parte superior del collar, se retiró el embudo. Mediante pequeños golpes que permitieron su asentamiento se colocó una topa con malla. Se procedió a la apertura los orificios inferiores, se introdujo el equipo en un recipiente vacío al que paulatinamente se fue llenando con agua hasta alcanzar un nivel igual al de la superficie superior de la muestra, permaneciendo el tiempo necesario para la saturación total de la misma. Una vez extraído y drenado por espacio de 5 minutos, se colocó la muestra nuevamente en el recipiente, con un

nivel inferior al anterior por contracción de la muestra. Se volvió a nivelar con agua, repitiendo este procedimiento tres veces. Se quitó luego el collar de extensión, y se niveló el sustrato húmedo hasta la superior del cilindro, colocando luego la tapa. Se introdujo nuevamente en el recipiente, ajustando nuevamente el nivel hasta la parte superior del cilindro hasta llegar a una resaturación completa con los orificios cerrados. Una vez extraído, se dejó drenar por espacio de 30 minutos en un recipiente colector con los orificios abiertos. Se midió mediante una probeta el volumen recogido : V_1 .

La Porosidad de aire (Pa) se calculó a partir de la fórmula:

$$Pa (\%) = 100 \frac{V_1}{V_2}$$

Siendo V_1 (mL): volumen del sustrato en el cilindro

3.5.7. Capacidad de retención de agua (%)

La retención de agua correspondió al contenido de agua del sustrato, una vez medida la Pa, se colocó la muestra a secar 105°C. Los resultados se expresaron como % de pérdida de peso una vez secada la muestra en relación dicha muestra seca.

$$\text{Retención de agua (\%)} = \frac{(T+M) - (T+MS)}{(T+MS) - T}$$

3.5.8. Análisis granulométrico

Se partió de 100 g de muestra de material secado al aire, basada en la técnica propuesta por Ansorena Miner (1994). Se colocaron los tamices ordenados por tamaño sobre un equipo Itoh Electromagnetic Sifter MS-200, de tamizado, haciéndolo funcionar 10 minutos a máxima amplitud y en forma intermitente. Luego de transcurrido ese tiempo se pesó el contenido de cada tamiz y del colector del fondo, en recipientes previamente pesados. Se tuvo en cuenta que la suma de todas las fracciones no fue inferior en más de un 2 % al peso inicial de la muestra. La diferencia o pérdida en el tamizado se incorporó a la fracción más fina.

En este ensayo se midieron fracciones, de los tres sustratos empleados, comprendidas dentro de los rangos $>3,35$ mm, $<3,35- 1,00>$ y $<1,00$ mm



Figura 3.9. Equipo empleado para el análisis de partícula

3.6 Diseño experimental y análisis estadístico

En todos los ensayos de invernadero de este estudio se efectuaron 3 repeticiones por tratamiento siendo la unidad experimental el contenedor con tres plantas y el diseño experimental fue completamente aleatorizado, cambiándose las macetas de posición cada día para evitar los efectos de borde. El diseño experimental del capítulo 11 se describe en ese capítulo.

En los capítulos 6, 7, 8 y 10 se utilizó el ANOVA para estudiar los resultados y se aplicó el test de Duncan para la separación de medias, considerándose el nivel de significación $\leq 0,5$ %. En los capítulos 4, 5, 9 y 11 se describen las técnicas estadísticas para el análisis de resultados en el propio capítulo.

CAPITULO 4

Caracterización
de la actividad
florícola y de la
producción de
Petunia x hybrida
Vilm. en los
Partidos de
Esteban
Echeverría,
Almirante Brown y
Presidente Perón



4. Caracterización de la actividad florícola y de la producción de *Petunia x hybrida* Vilm. en los Partidos de Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón

4.1. Introducción

La producción y la comercialización de productos florícolas, ocupa un lugar relevante dentro de la producción agropecuaria de la Argentina, debido a los beneficios económicos que genera y al elevado nivel ocupacional en lo que a mano de obra respecta, directa o indirectamente relacionado a la actividad (JICA-INTEa, 2003). La producción se concentra principalmente en la provincia de Buenos Aires, en la zona denominada Area Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), comprendida por un radio de 150 km desde la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, respondiendo esta localización más a factores económicos que a factores ecológicos, ya que el costo de remesa encarece significativamente el valor de la producción florícola (García Filgueras & Di Stefano, 2002).

Los partidos de Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón ocupan una superficie aproximada de 120, 129, 121 km² respectivamente y están localizados en la zona urbana y periurbana sur del Area Metropolitana de Buenos Aires (AMBA).

De acuerdo al último censo hortiflorícola (2005) de la Provincia de Buenos Aires (Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, 2006), de los tres partidos incluidos en este estudio, Almirante Brown y Presidente Perón corresponden a zonas productivas con un amplio predominio de la producción florícola (Figura 4.1)

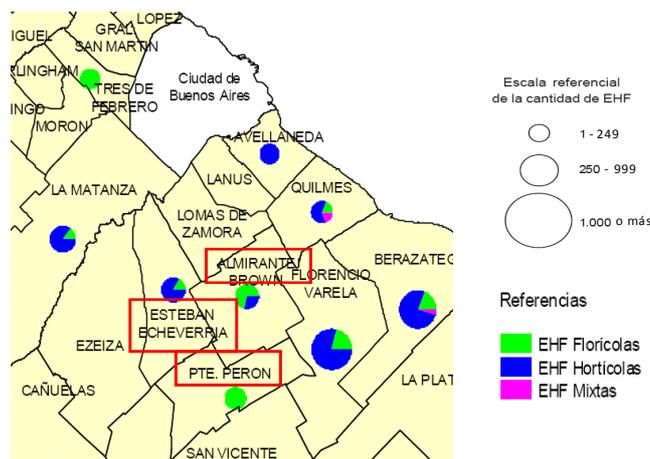


Figura 4.1. Cantidad de explotaciones dedicadas a cultivos intensivos discriminados según el tipo de actividad predominante: florícolas, horticolas o mixtas en el sur del AMBA, incluida la zona en estudio (Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón). Gentileza: Censo Hortiflorícola de la Provincia de Buenos Aires 2005, SIG-DPE

En razón de la información previamente expuesta, el objetivo del presente capítulo fue caracterizar la actividad florícola de la zona, con especial énfasis en la producción comercial del cultivo de petunia.

4.2. Materiales y métodos

Se inventarió la totalidad de productores pertenecientes a los partidos de Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón.

La cantidad de productores florícolas discriminados según partidos se describen en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Cantidad de productores discriminados según la localización de sus establecimientos dentro del área en estudio

PARTIDO	CANTIDAD DE PRODUCTORES
ALMIRANTE BROWN	24
PRESIDENTE PERON	8
ESTEBAN ECHEVERRIA	2
TOTAL	34

Se trabajó con una planilla tipo, en donde se asentaron datos referidos al tipo de actividad, tenencia de la tierra, producción y aspectos relacionados con la tecnología adoptada por los productores (ANEXO I).

Asimismo se realizó, para el caso puntual de los establecimientos dedicados a los plantines herbáceos anuales, un cuestionario acerca de aspectos relacionados con la tecnología de producción del cultivo de petunia, focalizándolo en el uso de sustratos, fertilizantes y calidad del agua de riego.

Para el estudio estadístico se realizó un análisis descriptivo de las variables de la encuesta que incluía los estadísticos media, desviación típica, modo, máximo y mediana, calculados para los 34 establecimientos censados.

4.3. Resultados y discusión

4.3.1. Características de los sistemas de producción florícola

Los resultados del censo indicaron que dentro de estos tres Partidos del AMBA, partidos de Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón, el tipo de actividad predominante (50 %) entre los productores de la zona era la combinación de diferentes sistemas de producción como flor cortada, plantines herbáceos anuales o perennes, plantas para interior y arbustos o gramíneas para exterior (Figura 4.2).

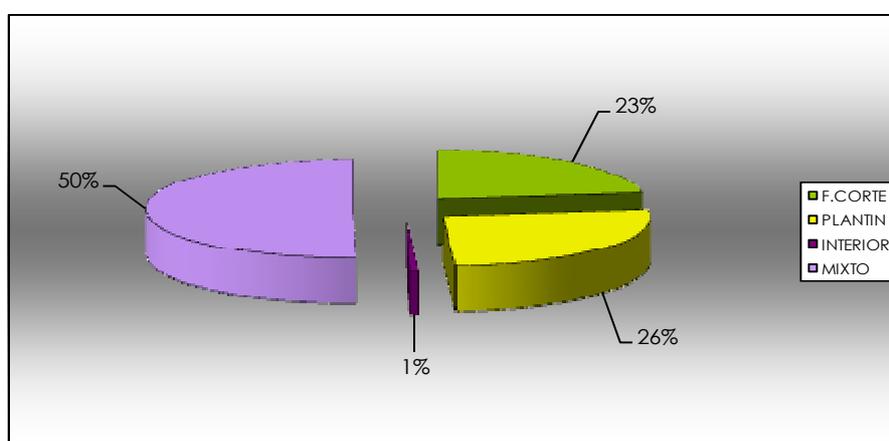


Figura 4.2. Distribución porcentual de las actividades desarrolladas por los productores florícolas en la zona en estudio (Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón). F.CORTE: flores para corte, PLANTIN:plantines anuales herbáceos, INTERIOR:planta para interior, MIXTO:producciones mixtas.

La diversificación de la producción (10 a 15 especies) constituye una herramienta importante para cubrirse contra los riesgos existentes en el precio de los productos y también por la modalidad del circuito de comercialización (Boschi & Molinari, 1996). Un 26 % se dedicaba exclusivamente a plantines herbáceos anuales en maceta (localidades de Burzaco y Ministro Rivadavia) y otro 23 % a flor cortada. Este último grupo de productores, se localizaba fundamentalmente en la zona de Glew (Partido Almirante Brown), donde coincidentemente comenzó por primera vez sus actividades, a fines de la década de 1970, el Centro Tecnológico de Flori-Fruti-Horticultura (CETEFFHO) dependiente de la JICA. Su creación se debió a un pedido expreso de los productores japoneses de la zona ante los gravísimos problemas sanitarios producidos por *Fusarium oxysporum var. dianthii*, en los cultivos de clavel.

Por otro lado, aproximadamente un 70 % de los establecimientos superaban los 15 años de antigüedad, siendo en un 97 % tierras pertenecientes a los productores.

4.3.2. Organización laboral

A pesar de carecer de datos fehacientes, en razón de que los productores se mostraron reticentes a brindar información, se pudo inferir que en la mayoría de las empresas, la mano de obra estaba constituida principalmente por miembros de la misma familia.

Este tipo de organización laboral otorga una mayor flexibilidad al sistema productivo dado el tipo de prioridades que se establecen en su seno, donde no se maximizan ganancias, ni el trabajo de la familia es mensurable en términos monetarios (como un insumo que puede adquirirse a la par de los que tienen un precio en el mercado) (Albanesi *et al*, 1995). La organización laboral de base familiar implica que no existe en estas empresas la necesidad de constituir un fondo fijo de salarios, ya que hay una reproducción interna de la mano de obra. La división entre el porcentaje destinado al consumo y a la inversión no está estructuralmente determinado, dado que el nivel de consumo personal es flexible y no está estipulado previamente como en el caso del contrato salarial (Cloquell *et. al.*; 2000).

4.3.3. Tamaño de la explotación

Los resultados mostrados en la Tabla 4.2 indican que el tamaño de explotación más frecuente para los productores de la zona fue de 3600 m², valor que coincidió con la mediana y con el modo correspondiente a las explotaciones dedicadas a plantines herbáceos anuales. El valor modal para el caso de los productores de flor cortada, se encontró dentro del intervalo de 2000 a 4000 m².

Para los productores con actividad mixta, una superficie de 5000 m² se constituyó en el registro de mayor frecuencia encontrada, y se aproximó al valor central dentro de los datos encuestados. Por otro lado, existió una mayor homogeneidad en el tamaño de explotación para los productores de plantines, hecho que demuestra un número similar de invernáculos en producción, el menor valor corresponde a establecimientos dedicados a flor cortada. La mayor heterogeneidad entre superficies de explotación correspondió a las actividades mixtas principalmente debido a que este grupo incluyó a un productor con un establecimiento que contaba con 30000 m².

Tabla 4.2. Superficie (m²) de explotación y tipos de actividad florícola predominante para de la zona en estudio (Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón).

	FLOR DE CORTE	PLANTIN	MIXTO	TOTAL INVENTARIADO
MEDIA	4275,6	3670,8	7046,7	5023,3
DESV.STD.	2766,6	1647,2	7836,9	4923,2
MODO	2000-4000 (*)	3600	5000	3600
MAXIMO	10500	7000	30000	30000
MEDIANA	4275,6	3550	5020	3600

(*) Intervalo modal

4.3.4. Especies cultivadas

Dentro del rubro para flor cortada, la especie más cultivada al momento en que se realizó el censo, fue el crisantemo (*Chrysanthemum sp*) muy cercano a estos valores figuran la gypsophila (*Gypsophila paniculata*) y el clavel (*Dianthus caryophyllus*). Menores porcentajes correspondieron a cultivos de floración estacional como el lisianthus (*Eustoma grandiflora*) y la fresia (*Freesia x hybrida*) (Figura 4.3).

Respecto a plantines herbáceos, destacan la alegría (*Impatiens walleriana*), cultivada en el 33% de la superficie y la petunia (*Petunia x hybrida*), en el 26%. El pensamiento (*Viola tricolor*), la flor de azúcar (*Begonia semperflorens*) y la primula (*Primula malacoides*) siguieron a las anteriores en orden de importancia. Estos resultados, obtenidos a través de este censo zonal, que caracterizaron a una región productora del AMBA, concordaron con los resultados obtenidos con el primer inventario realizado a nivel país por JICA-INTA (Morisigue & Villarreal, 2003), para las especies destinadas a flor cortada y plantines herbáceos, en cuanto al orden jerarquía, se refiere.

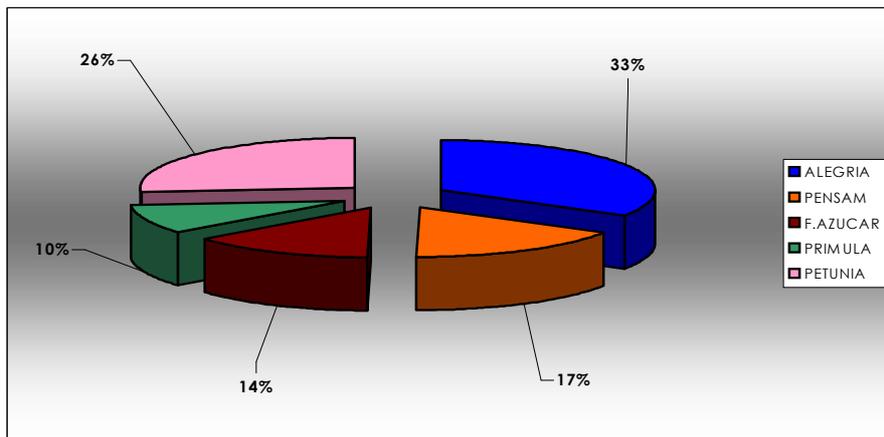


Figura 4.3. Distribución porcentual de especies de plantines florales herbáceos cultivadas para la zona en estudio (Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón): alegría (*Impatiens walleriana*), pensamiento (*Viola tricolor*), flor de azúcar (*Begonia semperflorens*), primula (*Primula malacoides*) y petunia (*Petunia x hybrida*),

4.3.5. Comercialización

El 43 % de la producción se canalizó preferentemente a través de un mercado concentrador o mayorista (Cooperativa Argentina de Floricultores y/o Mercado de Plantas del Sur), el resto se comercializó en el propio establecimiento y a través de la consignación. Finalmente un muy bajo porcentaje se vendió directamente a las florerías (Figura 4.4).

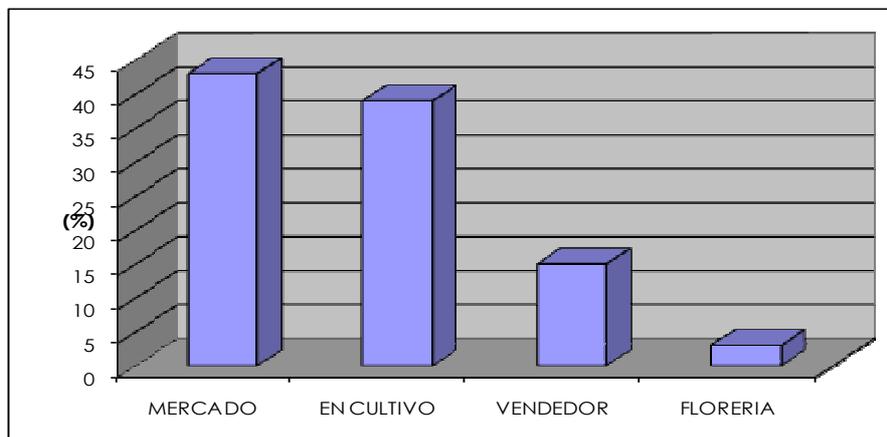


Figura 4.4. Distribución porcentual de los distintos canales de comercialización de la producción florícola para la zona en estudio (Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón): mercado mayorista, en el propio establecimiento, mediante vendedores consignatarios y en las florerías.

4.3.6. Tecnología de producción

En relación a los aspectos tecnológicos que hacen a la producción, es importante tener en cuenta que la producción de plantas en maceta, es una actividad que requiere una altísima especialización tecnológica, el empleo de mano de obra cualificada y una inversión intensiva en capital. El 66 % de los productores contaba con invernaderos de estructura de madera, el 26 % combinaba el hierro y la madera, solamente un 8 % poseía exclusivamente el metal como componente estructural de los mismos. En algunos casos, se observó también una escasa reposición en las cubiertas de polietileno, ya sea por daño mecánico o envejecimiento del material.

4.3.7. Climatización de los invernaderos

El control de bajas temperaturas se realizó prácticamente en la mitad de ellos (52 %), siendo el combustible más usado el queroseno, mediante el empleo de quemadores. El incremento de precio del gasoil, en períodos previos a la encuesta, fue un factor decisivo para optar por otro tipo de combustible más económico, como el carbón vegetal, a fin de disminuir los costos de producción de los cultivos. En las empresas productoras de plantines florales no se emplea calefacción para anticipar la comercialización.

La instalación de mallas de polipropileno negras fue el método más empleado para reducir la temperatura en los invernaderos (70% de los productores). El pintado de techos con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para aumentar la cantidad de energía solar reflejada constituyó otra de las técnicas usadas para disminuir las altas temperaturas de los meses estivales (21%). Un reducido número de ellos poseían en sus instalaciones cortinas móviles aluminizadas o riego por nebulización (5%).

4.3.8. Sistemas de riego y calidad de agua

El sistema de riego que predominó en los establecimientos fue de tipo manual (61%), mientras que el localizado fue empleado preferentemente por los productores de flor cortada (12%). El riego por aspersión (20%) y los sistemas de nebulización (7%) registraron escaso empleo en la zona en estudio (Figura 4.5).

A excepción del productor con una superficie de explotación de 30000 m² que contaba con instalaciones para almacenar agua de lluvia, el resto de ellos empleaban agua de napas subsuperficiales, mediante perforaciones (97%) (Figura 4.6).

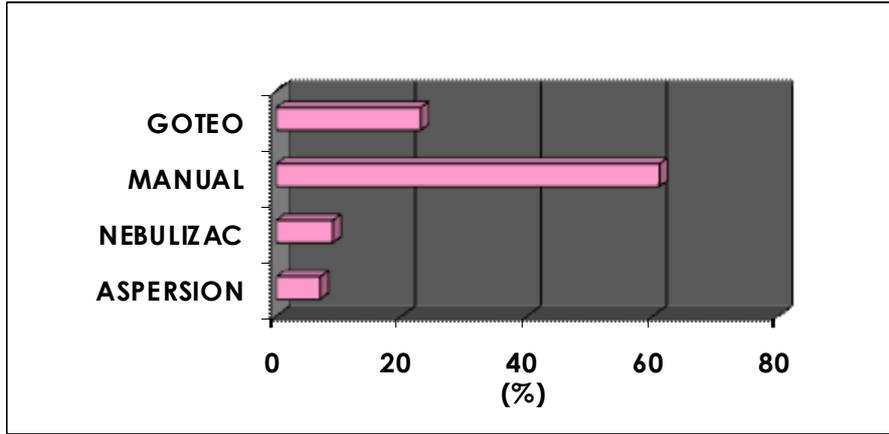


Figura 4.5. Distribución porcentual de los distintos sistemas de riego empleados para la producción para la zona en estudio (Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón): riego por goteo, riego manual, riego por nebulización y riego por aspersion.

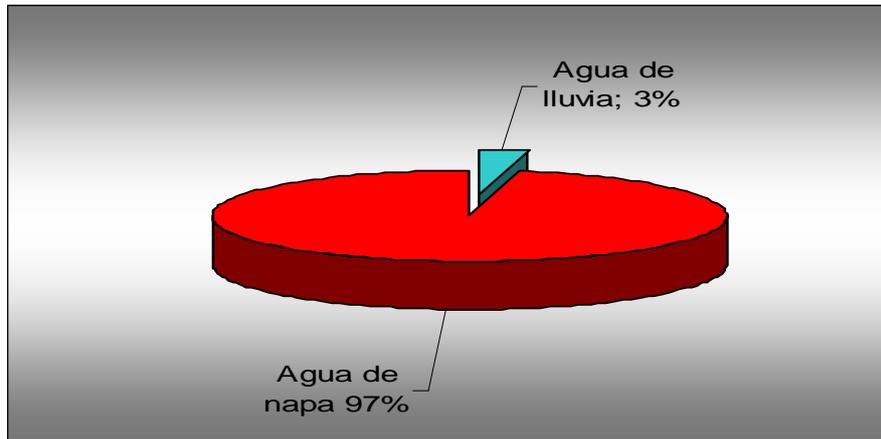


Figura 4.6. Distribución porcentual del origen del agua de riego empleada para la producción florícola para la zona en estudio (Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón): agua proveniente de napa freática y agua de lluvia.

4.3.9. Empleo de Agroquímicos: Pesticidas, Reguladores de crecimiento y Fertilizantes

En su mayoría, los productores declararon hacer uso de insecticidas (82%) y fungicidas (88%) para el control sanitario del cultivo. En cuanto al uso de fertilizantes, el 55% de los productores dejó asentado en las encuestas hacer uso de distintos tipos de fertilizantes inorgánicos, y, dentro de este rubro, los granulados convencionales (95%), y los fertilizantes de liberación lenta (5%) fueron empleados preferentemente por establecimientos productores de plantas para interior en maceta. No se registró empleo de fertilizantes foliares.

Los reguladores de crecimiento fueron empleados en el 64 % de los cultivos para el enraizamiento de esquejes y estacas (auxinas) o como enanizantes (antigiberelinas) para las plantas en maceta.

La paridad cambiaria vigente en ese momento, fue el principal factor que condicionó y actualmente determina el uso de los agroquímicos. Muchos de los productores agotaron las existencias en su establecimiento y las compras posteriores se siguen efectuando “de contado” y en valores de moneda estadounidense.

4.3.10. Tipos de Sustratos empleados en la producción

El sustrato más empleado en el rubro de los plantines herbáceos y plantas perennes en maceta fue la *tierra negra* o suelo orgánico (29%) seguido por la resaca de río (turba subtropical), turba, estiércol vacuno y pinocha. El empleo de turba de *Sphagnum* de origen principalmente canadiense se vio restringido y reemplazado por el de turba *Carex* de la región de Tierra del Fuego, Argentina. Su utilización junto con la de pinocha estuvo destinada principalmente a la producción de plantas perennes en maceta para interior debido al mayor precio final obtenido por estas especies (Figura 4.7).

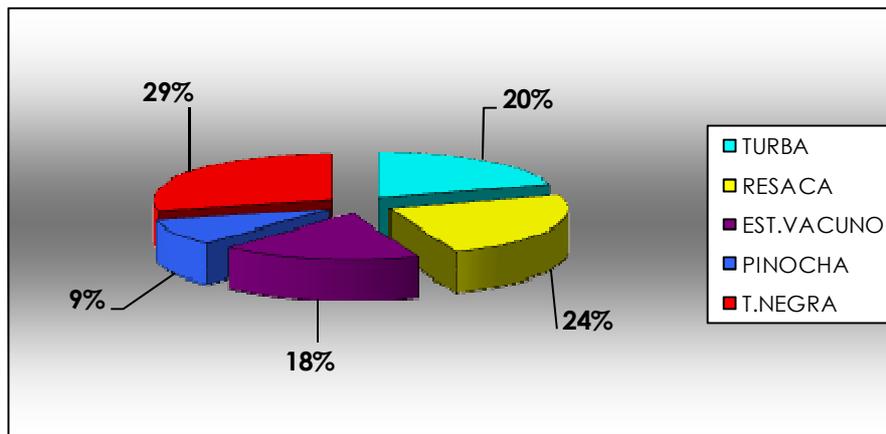


Figura 4.7. Distribución porcentual de los sustratos empleados en la producción de plantas para maceta y plantines florales herbáceos para la zona en estudio (Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón): turba, resaca de río, estiércol vacuno, pinocha y suelo orgánico.

La elección del tipo de sustrato a emplear dentro de la producción de plantines herbáceos se fundamentó por razones de costos más que por las propiedades características físicas y químicas de cada uno de ellos. El estiércol vacuno, habitualmente, no tiene costo alguno para el productor, se eroga solamente el acarreo desde la parcela al vehículo y el valor del flete desde el establecimiento ganadero al predio del productor florícola.

4.3.11. Consideraciones generales en relación a la actividad florícola en la zona de estudio

Los resultados anteriormente expuestos, indicaron un escaso empleo de las nuevas tecnologías aplicadas a estructura, materiales de recubrimiento, regulación del ambiente y riego en los invernaderos destinados a la producción.

Los profundos cambios ocurridos a principios del año 2002, luego de la devaluación de la moneda nacional, produjo un incremento en el costo de producción de los cultivos, principalmente en los rubros pesticidas, fertilizantes, cubiertas de polietileno y material de propagación (semillas, bulbos, cormos, entre otros) generando un nuevo panorama en el escenario de competitividad de la producción florícola nacional.

Los alcances obtenidos a través del censo y de encuestas personales demuestran que la actividad se halla hoy atravesando profundos cambios estructurales, motivada por las políticas económicas de los últimos años. Existen dificultades en la adopción de nuevas tecnologías, la compra de insumos para la producción y el mantenimiento de las instalaciones y equipos preexistentes. En muchos establecimientos, actualmente, se desarrolla una actividad de subsistencia, con una marcada resistencia a la adopción de nuevas tecnologías.

No se ha producido un abandono total de la producción, sino que los pequeños productores trabajan proveyendo a establecimientos de mayor envergadura dentro del rubro de las plantas en maceta.

Los productores no declararon si contaban con asesoramiento técnico, ya sea permanente o temporario.

4.3.12. Características del sistema de producción del cultivo de petunia

La petunia es el segundo cultivo en importancia en la zona estudiada, dentro del rubro de plantines florales herbáceos (Figura 4.3). Resultados similares fueron citados para el sector de producción de plantines florales anuales en todo el país (JICA-INTA, 2003) y para la provincia de Mendoza dentro del sector de producción de plantines florales anuales, siendo el cultivo de petunia el de mayor representación dentro de las especies disponibles durante la temporada primavera-verano (Ruggeri *et al.*, 2007).

Su demanda por parte de los consumidores se basa fundamentalmente en el prolongado período de floración de esta especie en canteros y borduras, sumado a factores estéticos relacionados a características inherentes a la planta y a la diversidad de colores. La época de venta en el AMBA, se inicia hacia fines del mes de agosto y se prolonga incluso en plena temporada estival (Longoni *et al.*, 2006) (Figura 4.8).



Figura 4.8. Aspecto de la planta de petunia con una flor abierta para el momento de salida al mercado para su comercialización.

4.3.12.1. Sistema de riego, calidad de agua y uso de fertilizantes

En particular, para el cultivo comercial de la petunia (*Petunia x hybrida*), los productores no han informado problemas referidos a la calidad de agua para la etapa comprendida entre el transplante al contenedor definitivo y la floración. Por otro lado, recurriendo a la adquisición de plantas en bandejas de cultivo, evitaban realizar la germinación de la semilla. En esta etapa inicial fue donde se registraron inconvenientes para la obtención de plántulas de calidad para abastecer la etapa siguiente. La totalidad de los productores empleaban el agua de napa subterránea como fuente de riego dentro de todo el proceso de producción de especies florales en maceta, dentro del área de producción del AMBA, en coincidencia con los resultados obtenidos por Bualó *et al.* (2005).

El riego manual fue el sistema empleado en este cultivo. A la desuniformidad en la provisión de agua del cultivo a través de este forma de riego, se sumó el ataque de agentes patógenos fúngicos y bacterianos, tales como *Alternaria*, *Botrytis*, *Oidium* y *Pseudomonas* entre otros, favorecido por las condiciones predisponentes para su proliferación, ocasionado por el tiempo de permanencia de la gota de agua sobre la hoja (Rista, 1999).

La aplicación de fertilizantes, no fue una práctica habitual utilizada por los productores (5%) fundamentalmente por razones de costo de este insumo.

4.3.12.2. Sustratos

Los productores empleaban como sustrato mezclas realizadas de acuerdo a su propio criterio y el suministro de nutrientes se efectuaba en el mismo momento de su preparación. Los componentes más utilizados fueron suelo orgánico, resaca de río y estiércol vacuno, combinados en distintas proporciones a criterio del productor. Esta mezcla fue común a todas las especies de plantines florales cultivadas, hecho que facilitaba el llenado de macetas y posterior trasplante. Los resultados de este trabajo mostraron que en la mayor parte de los establecimientos comerciales, se priorizó la simplicidad (un único sustrato de crecimiento para un número excesivamente grande de especies) y el costo económico de las mezclas orgánicas para crecimiento.

La turba de *Sphagnum* fue reemplazada luego de la debacle económica, por turba de *Carex* y posteriormente por resaca de río (turba subtropical), con el objetivo de reducir los costos de producción. Los productores de grandes establecimientos florícolas de Escobar (zona norte del AMBA), han comenzado a importar turba de *Sphagnum* proveniente de Ucrania, nación que se encuentra fuera de los tratados de la Unión Europea (Hirose, 2007 com. pers.). Esta alternativa es poco probable que pueda ser adoptada por la mayoría de los productores de la zona en estudio, en razón del incremento en los costos de los plantines de *petunia* y de que la escala de producción de los establecimientos radicados en esta zona no corresponde a grandes empresas (JICA-INTA, 2003).

La compactación del sustrato mezcla, sobre todo en siembras tempranas de abril y mayo, en las cuales la permanencia del cultivo se prolongaba hasta 150 días en la maceta, fue un hecho ampliamente observado por los productores.

El suelo orgánico (*tierra negra*) fue empleado por todos los productores de plantines de *petunia* debido a su bajo costo. En esta zona, empresas productoras de ladrillos destinados a la construcción, cuya materia prima es el horizonte orgánico, han competido históricamente con los floricultores por el uso de este recurso, obligando a los mismos a efectuar compras de partidas de otras zonas dentro del cordón periurbano. El agotamiento de este recurso en el AMBA, ha comenzado a ser motivo de preocupación de distintas instituciones públicas y privadas (Foro de Floricultura, 2007).

Actualmente el principal inconveniente de los floricultores de la zona en estudio, radica en la baja calidad de este sustrato, que muy probablemente pertenezca a una mezcla del horizonte orgánico A1 y a parte del horizonte subsuperficial (A3 o B2t), cuya génesis ha enriquecido con arcillas (SEAGyP & INTA, 1989). Su participación dentro de las mezclas produce un sustrato pesado, con problemas de compactación y de baja permeabilidad (Figura 4.9).



Figura 4.9. Pilas de suelo orgánico desinfectadas y listas para ser empleadas como sustrato para los contenedores, dentro de un establecimiento dedicado a la producción de petunia.

La desinfección del sustrato también se ha constituido en un problema adicional, ya que los productores todavía no han llegado a concienciarse acerca de la búsqueda de métodos de desinfección alternativos al bromuro de metilo (Figura 4.10). Es importante mencionar que desde 2001, se están priorizando proyectos de incorporación de nuevas alternativas para la desinfección de suelos y sustratos dirigidos al productor para facilitar su reconversión tecnológica (Sangiaco & Puerta, 2007).



Figura 4.10. Método de desinfección de suelo orgánico mediante el empleo de bromuro de metilo

4.3.12.3. Sistema de climatización

El empleo de calefactores para acelerar el desarrollo y superar las etapas fenológicas del cultivo en un menor tiempo, no ha sido empleado en ninguno de los establecimientos productores. La determinación de la fecha de siembra está condicionada por la zona de producción y por las pautas del mercado (Hashimoto *et al.*, 2000). Consecuentemente la tasa de ocupación del invernáculo a través de sucesivos cultivos de la misma especie, se vieron reducidos, disminuyendo entonces la eficiencia en la utilización del mismo a lo largo de una campaña de producción.

Las condiciones de altas temperaturas estivales, con invernaderos carentes de sistemas eficientes para reducir el calor y la falta de empleo de reguladores de crecimiento (antigiberelinas) han sido el principal inconveniente registrado, por parte de los productores durante el ciclo de cultivo de esta especie. Las condiciones climáticas y decisiones exclusivamente debidas a la rentabilidad del cultivo han resultado en un producto con escasas posibilidades de ser comercializado tanto en establecimientos como en el mercado mayorista. (Figura 4. 11)



Figura 4.11. Aspecto comparativo de dos plantas de petunia mostrando alargamiento de entrenudos y baja calidad de la planta para su comercialización (derecha) a consecuencia de las altas temperaturas y ausencia de aplicación de reguladores de crecimiento.

4.4. Conclusión

El diagnóstico de la situación productiva del cultivo de petunia para la zona en estudio indicó que los problemas existentes podrían resumirse como: uso de agua de mala calidad, escaso empleo de fertilizantes y utilización de suelo orgánico como sustrato. Las razones del manejo deficiente del cultivo podrían ser atribuidas a causas de tipo económico, como lo demuestra la baja tasa de reposición de plásticos de cobertura y la falta de implementación de sistemas adecuados de riego y de calefacción. El desconocimiento sobre el uso de insumos potencialmente beneficiosos como el agua de buena calidad, los sustratos adecuados para el cultivo y los fertilizantes son algunas de las causas que contribuyen a la baja eficiencia de producción.

CAPITULO 5

Caracterización
de la calidad del
agua de riego de
establecimientos
florícolas de la
zona sur del AMBA



5. Caracterización de la calidad del agua de riego de establecimientos florícolas de la zona sur del AMBA

5.1. Introducción

La conductividad eléctrica es una medida del contenido de sales presentes en el agua, ya que ésta puede conducir tanta más energía eléctrica cuanto mayor es su concentración en sales. El efecto de la conductividad eléctrica puede ser directo por toxicidad de un ión específico o indirecto por disminución de la disponibilidad de agua para las plantas. Valores de CE (dS/m) que se encuentran comprendidos dentro del rango de 0,75 a 3,00 se consideran de peligrosidad moderada a alta (Farnham *et al*, 1985).

El pH del agua constituye una importante característica química y se encuentra directamente relacionado con el crecimiento de la planta, particularmente con la disponibilidad de los nutrientes (fósforo y micronutrientes especialmente). Valores de pH en agua mayores de 7 son considerados poco aconsejables para su uso (Cabrera, 1998).

La contaminación con nitratos del agua subterránea no sólo involucra riesgos ambientales sino también para la salud humana. La agricultura contribuye al enriquecimiento de las napas freáticas con este anión, a través del lixiviado de fertilizantes nitrogenados (Cadahía & Cadahía López, 2005).

Calcio y magnesio son nutrientes esenciales para el crecimiento y en muchas aguas para riego se les atribuye una influencia directa en los problemas ocasionados por la salinidad (Cabrera, 1998).

Los niveles aconsejados para el contenido de potasio en el agua de riego no deberían superar las 10 ppm. Valores superiores serían indicativos de contaminación ambiental (Whipker, 1999).

Tanto Cabrera (1998) como el Instituto de Floricultura INTA (2008) consideran como límite máximo de sodio en agua 70 ppm, por encima del cual se pueden producir efectos adversos en el crecimiento y calidad de la mayoría de los cultivos ornamentales.

El contenido en bicarbonatos no representa un riesgo de toxicidad por sí mismo pero contribuye a la alcalinidad del agua. Combinado con los iones Ca^{2+} y Mg^{2+} puede formar compuestos insolubles a medida que el medio de crecimiento se va secando, esto permite que la concentración de Na^+ eleve rápidamente el pH siendo sus efectos mucho más rápidos cuando se trata de cultivos en contenedores (Cabrera, 1998).

El ión Cl^- es necesario para el metabolismo de las plantas en reducidas cantidades (Bauder *et al.*, 2008). Una vez absorbido por las raíces es transportado a la hojas donde se acumula,

produciendo síntomas de daños como necrosis (en el margen foliar) y abscisión principalmente en aquellas de mayor edad (Cabrera, 1998).

El SAR (peligro de sodicidad) indica la medida en que el contenido de Na^+ se halla relacionado con los de Ca^{2+} y Mg^{2+} . Los valores de SAR sirven para determinar los problemas potenciales de permeabilidad así como la posibilidad de toxicidad del Na^+ después de un uso prolongado de agua con elevado contenido de Na^+ (Cabrera, 1998; Bauder *et al.*, 2008).

El inventario de la calidad del agua utilizada para la producción florícola en el AMBA mostró valores que pueden considerarse poco adecuados para el cultivo de plantas en contenedores (Morisigue & Karlanian, 2006).

En consecuencia el objetivo de este capítulo fue caracterizar la calidad del agua de riego de distintos establecimientos florícolas de la zona sur del AMBA.

5.2. Materiales y métodos

Los inventarios de agua de riego se realizaron en establecimientos productivos de las localidades de Ministro Rivadavia, Parque Industrial de Burzaco, Longchamps, Glew y Ruta Provincial N° 4.

De los 34 establecimientos inventariados en el capítulo 4, se analizó el agua de riego de la napa freática en once que presentaban actividad florícola orientada a la producción de plantines florales anuales.

Dado que la distribución de los productores de plantines no era uniforme en toda la zona en estudio, el número muestreado en cada subzona fue proporcional a la cantidad de floricultores asentados en ella (Figura 5.1).

5.2.1. Análisis químico

La metodología para el análisis químico del agua de riego de los establecimientos de producción florícola fue la misma empleada para el agua de napa perteneciente al ensayo en invernadero y está descrita en el capítulo 3 (apartados 3.4.1 y 3.4.2).

Para la interpretación de los resultados se utilizaron los estadísticos media, desviación estándar, coeficiente de variación y máximo y se realizó el análisis descriptivo de los mismos.

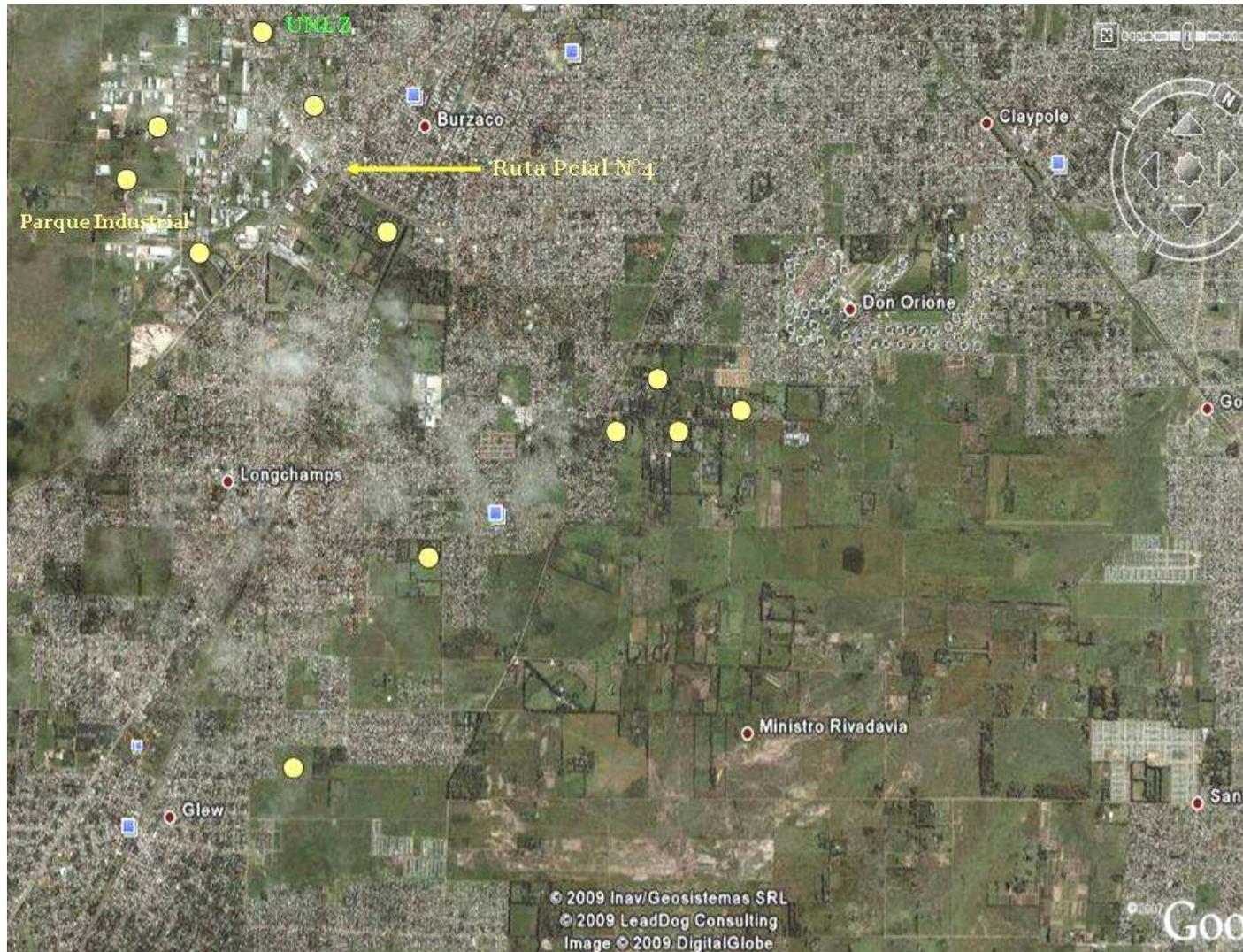


Figura 5.1. Ubicación geográfica dentro del área en estudio de los 11 establecimientos florícolas que proveyeron muestras de agua de riego para su análisis

Tabla 5.1. Análisis del agua de riego correspondiente a 11 establecimientos ubicados dentro de la zona de estudio. Los últimos dos registros incluidos en la misma tabla corresponden a las dos calidades de agua empleadas en los ensayos de petunia: Ruta 4 UNLZ (NF) y Agua desionizada (AD)

Zona	pH	CE	NO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	CO ₃ H	Cl ⁻	SAR
Unidades		dS/m				ppm o mg/L				Indice
Parque Industrial	7,33	0,851	51	17,58	16,85	7,40	118,5	170,03	19,43	4,8
Parque Industrial	7,48	0,751	38	14,79	11,52	7,87	105,9	183,03	24,29	5,0
Parque Industrial	7,69	0,749	19	14,26	9,79	7,08	111,2	146,42	29,15	5,6
Longchamps	7,34	0,779	43	8,07	5,69	6,09	127,6	170,83	19,43	8,4
Minist. Rivadavia	7,01	1,126	58	65,8	27,30	9,19	101,6	190,35	51,01	2,7
Minist. Rivadavia	6,94	0,925	16	59,10	27,30	8,85	70,1	183,03	24,29	1,9
Minist. Rivadavia	7,14	0,933	59	48,80	19,70	10,25	89,7	165,95	38,86	2,7
Minist. Rivadavia	7,59	0,72	25	62,40	27,30	9,50	123,1	171,23	20,19	3,8
Glew	6,91	0,801	14	37,80	19,40	9,19	66,0	165,95	29,15	2,2
Ruta 4	7,56	0,956	46	8,83	5,91	6,37	183,7	214,76	29,15	11,7
Ruta 4	7,65	0,935	63	9,23	5,28	5,96	160,9	175,10	24,29	10,5
Ruta 4 UNLZ (NF)	8,20	0,788	52	21,20	9,10	7,28	277,03	259,22	33,14	13,44
Agua desionizada (AD)	6,70	0,050	-	-	-	-	-	-	-	-
Promedio*	7,40	0,860	40,33	30,66	15,43	7,92	127,94	183,06	28,53	6,06
Desv. Std.	0,37	0,12	17,70	22,68	8,71	1,45	57,71	29,06	9,16	4,93
CV (%)	5	14	44	74	56	18	45	16	32	40
Máximo	8,2	1,126	63	65,8	27,3	10,25	277,03	259,22	51,01	13,44

*La media, desviación estándar, coeficiente de variación y máximo fueron calculados solamente para el agua de riego, excluyéndose de estos cálculos el agua desionizada.

5.3. Resultados y discusión

En la Tabla 5.1 se recogen los resultados del análisis del agua de la napa freática de los once establecimientos

5.3.1. Conductividad eléctrica y pH

La conductividad eléctrica varió entre 0,75 a 3,00 dS/m (Tabla 5.1), lo que indicaba que la salinidad era una amenaza para la mayoría de los cultivos ornamentales en esta zona, especialmente, para los de contenedor. El valor máximo (CE: 1,126 dS/m) lo registró un productor de la zona de Ministro Rivadavia, en donde se concentra actualmente la producción florícola del Partido de Almirante Brown.

Sólo el 25% de las muestras presentaron un pH próximo a 7. El 75% restante superó ese valor, siendo el máximo correspondiente al agua de riego empleada en los ensayos descritos en los capítulos 6, 7, 8, 9 y 10 (Ruta 4 UNLZ pH 8,2). El valor medio fue 7,40 con un CV del 5% que puso de manifiesto un grado importante de homogeneidad entre los establecimientos en relación al pH (Tabla 5.1).

5.3.2. Contenido de nitratos

Todos los tipos de agua muestreados presentaron N-NO_3^- por encima de 5 ppm (Tabla 5.1), hecho que demostró la existencia de contaminación de la napa freática de donde se extraía el agua de riego (Whipker, 1999). El valor medio fue de 40,33 ppm. El CV entre muestras fue del 44% , lo que representaba una amplia variabilidad entre los establecimientos. Para esta situación en particular, cabe aclarar que muchas de las perforaciones se encontraban contaminadas por la proximidad a pozos sépticos, sobre todo cuando no contaban con un encamisado de protección de filtraciones.

5.3.3. Contenido de calcio y magnesio

Para el contenido en Ca^{2+} la media fue 30,66 ppm con un CV del 74% y un valor máximo de 65,88 ppm (Tabla 5.1). Sólo 2 establecimientos de Ministro Rivadavia superaron las 50 ppm (Whipker, 1999). En el caso del Mg^{2+} , la media fue de 15,43 ppm y el CV del 56%. El valor máximo fue 27,30 ppm y se dio en 3 establecimientos de la misma zona. Estos 3 casos fueron los únicos que alcanzaron el valor mínimo recomendado (25 ppm) para agua de riego de cultivos en contenedores (Cabrera, 1998; Whipker, 1999).

Esta importante heterogeneidad se basó principalmente en la localización de dos sectores dentro del área de muestreo. Por un lado con los mayores registros se encontraba Ministro Rivadavia y por otro los productores localizados en el Parque Industrial de Burzaco.

5.3.4. Contenido de potasio

Los niveles aconsejables de contenido de K^+ en el agua de riego no deberían superar las 10 ppm. Valores superiores son indicativos de contaminación ambiental (Whipker, 1999). Las muestras de agua de riego de los establecimientos mostraron contenidos menores a este valor, a excepción de uno perteneciente a Ministro Rivadavia (Tabla 5.1). El CV fue menor al 20%, lo cual refleja una cierta homogeneidad para este nutriente en particular.

5.3.5. Contenido de sodio

El valor medio del contenido de sodio fue 127,94 ppm y el CV 45%, demostrando un rango amplio de variabilidad incluso dentro de la misma zona (Ministro Rivadavia) (Tabla 5.1). El máximo valor observado correspondió al del agua con que se regaron los ensayos de petunia en esta tesis (227,03 ppm), características propias de la napa freática dentro del predio de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora y en zonas aledañas como la de la laguna de Santa Catalina, donde predominan los bajos alcalinos.

Tanto Cabrera (1998) como el Instituto de Floricultura INTA, consideran como límite máximo de contenido de sodio 70 ppm (Tabla 5.1), por encima del cual se pueden producir efectos adversos en el crecimiento y en la calidad de la mayoría de los cultivos ornamentales. Whipker (1999) fija un valor todavía menor a este, 50 ppm.

Todas las muestras de agua superaron dichos valores, observándose la particularidad de que las 3 muestras cuyos valores fueron más altos se hallaban ubicadas en zonas aledañas a la Ruta Provincial N° 4. Este tipo de agua representó una condición extrema para el cultivo de petunia.

5.3.6. Contenido de Bicarbonatos

Los contenidos de CO_3H^- presentaron una media de 183,06 ppm (Tabla 5.1) con una variación escasa entre establecimientos (CV: 16%), siendo el máximo perteneciente al agua de napa freática de la Universidad de Lomas de Zamora. Dichos valores se encontraron en un rango alto (Argo *et al.*, 1997; Cabrera, 1998) para cultivos ornamentales, principalmente para los realizados en contenedor. Shahabi *et al.* (2005) mencionan asimismo, que con valores superiores a

180 ppm es necesario neutralizar los niveles de alcalinidad cuando es necesario que el riego se prolongue en el tiempo.

5.3.7. Contenido de Cloruros

Los valores recomendados no deberían exceder 70 ppm (Instituto de Floricultura INTA, 2008; Mass, 1990). El contenido medio de Cl^- (Tabla 5.1) se encontraba dentro de los valores considerados aptos para la producción de plantas en contenedor (Argo *et al.*, 1995).

5.3.8. SAR (Peligro de Sodicidad)

El valor medio de SAR fue de 6,06 con un amplio rango de variación (CV: 76%) y con valores máximos superiores a 10 para el agua de riego de aquellos establecimientos ubicados en la zona aledaña a la Ruta Provincial N° 4 (Tabla 5.1). En general las distintas recomendaciones citan valores de entre 7-9 de SAR para riesgos moderados de salinización, valores que superan 9 presentan peligros por sodicidad altos y son inadecuados para el agua de riego (Cabrera, 1998; Bauder *et al.*, 2008, Instituto de Floricultura INTA, 2008).

Los valores del agua de riego de los establecimientos relevados en este estudio, resultaron semejantes a aquellos obtenidos por Morisigue & Karlanian (2006).

Estos autores mencionan una amplia variabilidad en el contenido de Na^+ en las muestras de agua analizadas, hecho también observado en este trabajo y mencionado anteriormente. Consideran además que el índice SAR también presentaría riesgos para la producción, sobre todo en cultivos de plantas para maceta en donde sería imprescindible un manejo adecuado de la frecuencia e intensidad de los riegos para evitar la acumulación de sodio en los sustratos y en las plantas.

5.3.9. Características de los acuíferos que abastecen a la zona en estudio

Como pudo apreciarse a través de los resultados obtenidos, existían sectores dentro de esta zona de producción con características diferentes en cuanto a la calidad del agua de riego. Ministro Rivadavia es actualmente, el sector que reúne la mayor cantidad de productores, y a su vez el que presentó mayores contenidos de calcio y magnesio. Por su parte el sector que se ubica bordeando la Ruta Provincial N° 4 y que incluye el predio de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, la laguna de Santa Catalina y la de Rocha registró los mayores contenidos de Na^+ y de índice SAR.

Las altas concentraciones de Na^+ y de HCO_3^- se pueden explicar por las características de los acuíferos que alimentan esta zona. Auge (2002) cita que el acuífero Puelche se halla semiconfinado, extendiéndose en forma ininterrumpida a través de la llanura Chacopampeana, ocupando una superficie de 240.00 km². Por encima de éste el acuífero Pampeano circula libre, separado por un acuitardo de limo y arcilla de 6 m de media. El contacto entre el agua salada y la dulce se produce en un ámbito deprimido topográficamente, que fue invadido desde el Holoceno por varias ingresiones marinas. La última de ellas ocurrida aproximadamente hace 6.000 años alcanzó una cota de 10 m s.n.m., como consecuencia de la última desglaciación que elevó el mar en esta magnitud por encima del actual nivel. En este ámbito, tanto el acuífero Puelche como Pampeano se caracterizan por la salinidad de sus aguas (Auge, 1997).

La importancia que posee el acuífero Pampeano radica en que se constituye una vía de carga y descarga del Puelche, así como de sustancias contaminantes de la actividad doméstica y agrícola (p.e. N-NO_3^-). En la zona rural, la ausencia de entubamiento del Pampeano causa que mediante las perforaciones, se capte agua conjuntamente de ambos acuíferos (Figura 5.2). El agua contenida en el Pampeano es bicarbonatada sódica o cálcica, con incrementos importantes cerca de la zona costera (Auge, 2002).

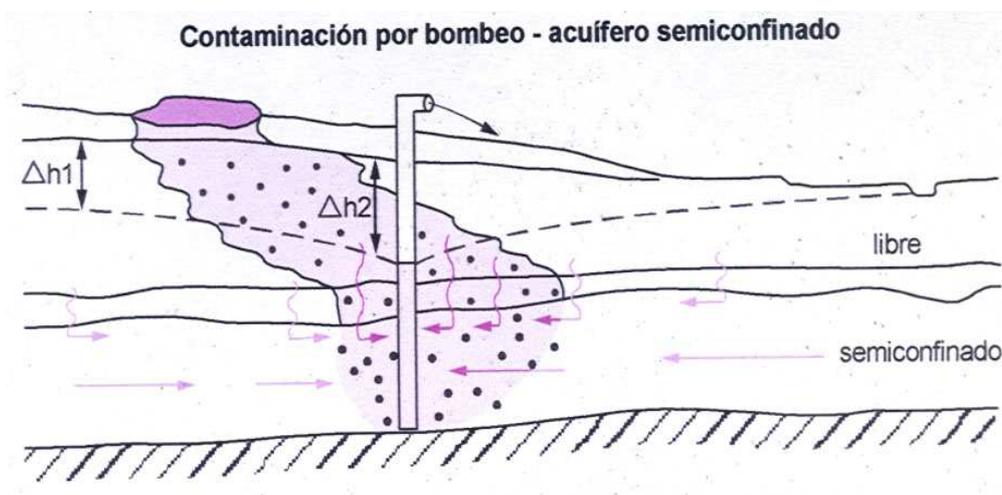


Figura 5.2. Esquema de la contaminación del acuífero semiconfinado Puelche.

Representación original planteada por Auge, 2004.

El acuífero Puelche es el que abastece aproximadamente a los 8.000.000 de habitantes del AMBA (Auge *et al.*, 2004). Por debajo del Puelche desde los 70 m hasta el basamento hidrogeológico de rocas de origen precámbrico, a 485 m de profundidad, el agua subterránea se caracteriza por una alta salinidad con un alto contenido en NaHCO_3 (Auge *et al.*, 2004). Cuando el nivel piezométrico se encuentra por debajo del nivel freático el movimiento del agua se

produce desde el Pampeano hacia el Puelche. Cuando este es superior al nivel freático se produce una recarga vertical ascendente del Puelche hacia el Pampeano (Auge *et. al*, 2004).

Para la subzona de producción de Ministro Rivadavia, podría presumirse que se daría el primer supuesto. El segundo supuesto estaría aconteciendo a lo largo de la Ruta Provincial N°4, es decir, el aporte de sales (principalmente sales bicarbonatadas de Na⁺) desde el Puelche sería el responsable de la calidad de agua de este sector. Ha de mencionarse, que la laguna de Santa Catalina, aledaña al predio de la Universidad, se encuentra a 4 m por debajo del nivel del mar y se encuentra incluida dentro del relicto más oriental de los bajos del río Matanza (De Magistris, 2007) (Figuras 5.3. y 5.4).

En este caso también ha de resaltarse la contaminación del agua con NO₃⁻ por la presencia de pozos sépticos y de un basural clandestino cerca de las inmediaciones del Campus Universitario (Figura 5.5).

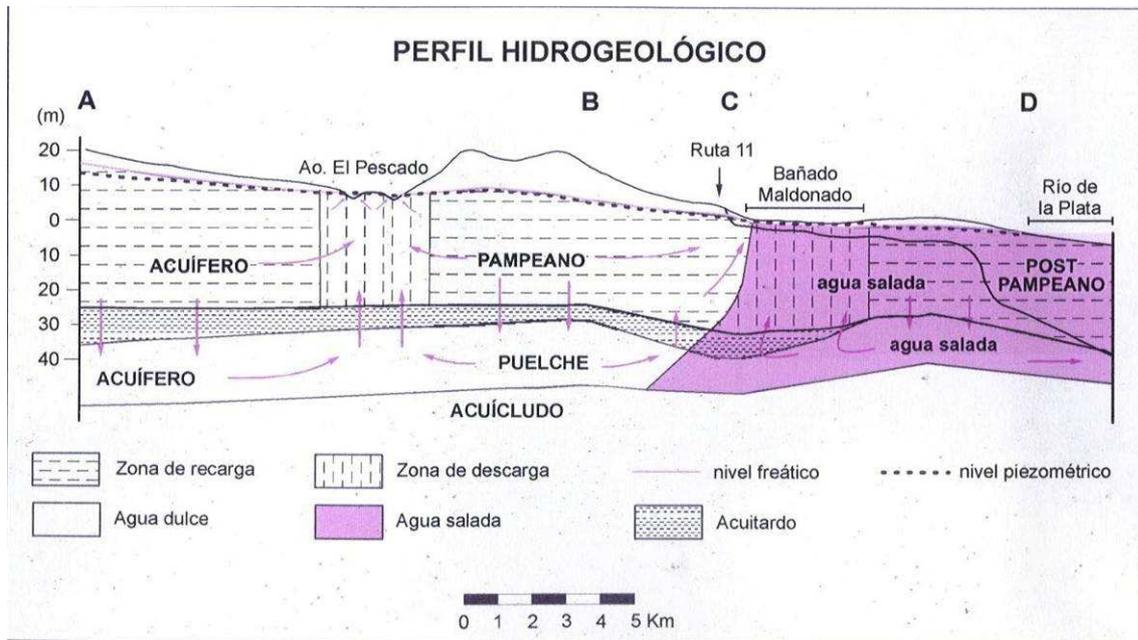


Figura 5.3. Esquema hidrogeológico de las 2 zonas estudiadas*: Zonas A o B Ministro Rivadavia, zona C Ruta Provincial 4 y Laguna de Santa Catalina.

* Representación original planteada por Auge (2004) para la zona de Ensenada-La Plata (Provincia de Buenos Aires)



Figura 5.4. Vista general de la Laguna de Santa Catalina, próxima a la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

Fuente: Foto cedida gentilmente por el Dr. De Magistris, 2008



Figura 5.5. Fotografía aérea donde se localiza el Campus Universitario, la laguna de Santa Catalina, el basural clandestino y la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, ubicadas bordeando la Ruta Provincial 4.

Fuente: Foto cedida gentilmente por el Dr. De Magistris, 2008

5.4. Conclusiones

Se comprobó la existencia de distintos sectores dentro de esta zona de producción con características diferenciales en cuanto a la calidad de agua de riego por el aporte de salinidad a partir de los acuíferos Puelche y Pampeano. Dicha calidad varió en forma importante en los distintos sectores de acuerdo a su posición en el relieve, el nivel de la napa freática, el nivel piezométrico, la profundidad de la perforación y la cercanía a fuentes contaminantes. En general, las posibilidades de corrección del agua de napa freática se vieron limitadas principalmente por el tamaño de la explotación y las posibilidades económico-financieras de los productores de esta zona. Sólo uno de los establecimientos realizaba corrección mediante la adición del pH del agua de riego (con HNO_3) que provenía exclusivamente de lluvia y que destinaba al cultivo de *Rhododendron* en maceta.

CAPITULO 6

Efecto de la calidad del agua de riego, sobre el crecimiento, desarrollo y estado nutricional del cultivo de petunia, desde el trasplante a la floración



6. Efecto de la calidad del agua de riego, sobre el crecimiento, desarrollo y estado nutricional del cultivo, desde el transplante a la floración

6.1. Introducción

Como pudo apreciarse a través de los resultados mostrados en el capítulo anterior, existieron sectores dentro de esta zona de producción, con características diferenciales en cuanto a la calidad de agua de riego. Ministro Rivadavia es, actualmente, el sector que reúne la mayor cantidad de productores y a su vez el que presentó mejores características de calidad de agua de riego, en tanto que los establecimientos que se ubican bordeando la Ruta Provincial N° 4 y que incluye el predio de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, la laguna de Santa Catalina y la de Rocha, son los que presentaron calidad de agua deficiente.

El **objetivo** de este capítulo fue evaluar el efecto de la calidad del agua de riego sobre el crecimiento, desarrollo y estado nutricional del cultivo desde el transplante a la floración.

6.2. Material y métodos

Se transplantaron plantas de petunia en macetas en razón de tres plantas por maceta, tal y como se describe en el capítulo 3. El sustrato para este ensayo fue SO (suelo orgánico), cuyos resultados de análisis se recogen en las Tablas 7.1 y 7.2. El manejo del cultivo es el que se describe en el capítulo 3.

Con objeto de estudiar el efecto del tipo de agua de riego en el desarrollo de la planta se realizaron 2 tratamientos consistentes en riego del cultivo con agua de pozo (napa freática NF) y agua desionizada (AD). El análisis de los dos tipos de agua se recoge en la Tabla 5.1 bajo el nombre de Ruta 4 UNLZ el de napa freática y Agua deioniz. el de agua desionizada.

Las plantas se muestrearon a los 15, 30 y 45 días del comienzo de los tratamientos. Las variables evaluadas fueron peso seco, peso fresco, área foliar, número de flores/planta, contenido de clorofila, intensidad de coloración de la flor y contenidos de nitrógeno total, calcio, magnesio, potasio, sodio y fósforo en la planta (Tabla 9.1). Las técnicas para la determinación de estas variables se encuentran descriptas en el capítulo 3.

La factorización del experimento fue de 2 tipos de agua x 3 repeticiones (macetas con tres plantas cada una). Se utilizó un diseño estadístico completamente aleatorizado y el análisis estadístico se realizó mediante comparación de medias con el test de Duncan con niveles de significación $\leq 0,5\%$.

6.3. Resultados y discusión

6.3.1. Determinaciones sobre el material vegetal

6.3.1.1. Peso Fresco, Peso Seco, Area Foliar y Flores/planta

El peso fresco medido en las plantas de petunia varió entre 3,56 y 10,06 g. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos al inicio del ensayo. En los siguientes muestreos (2 y 3) se pudo apreciar que los resultados divergían de acuerdo a la calidad del agua y a favor de la NF en ambos casos. El PF obtenido, por consiguiente, fue mayor cuando se regó con esta última (Figura 6.1).

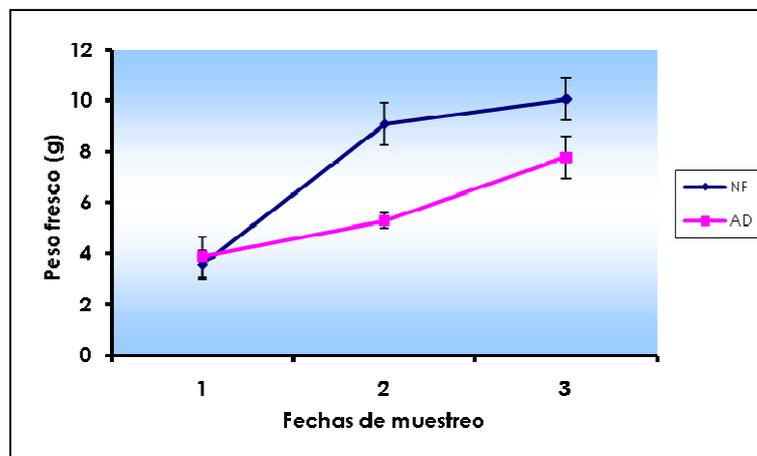


Figura 6.1. Evolución del peso fresco de plantas de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo.

Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

El peso seco fluctuó entre 0,47 y 1,28 g. Sólo se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambas calidades de agua en el muestreo 2. Es decir que tanto al inicio como fin del ensayo, las mediciones arrojaron valores similares de PS (Figura 6.2).

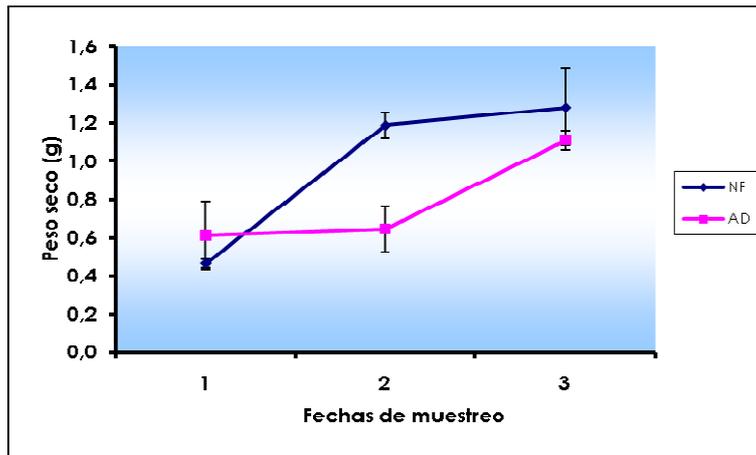


Figura 6.2. Evolución del contenido del peso seco fresco de plantas de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

Los registros de área foliar oscilaron en un rango entre 81,35 y 170,90 cm² (Figura 6.3). Se observaron diferencias principalmente para la fecha 2 de muestreo, en la cual las mediciones fueron significativamente superiores cuando se empleó agua NF. Estas diferencias fueron menos marcadas al llegar al final del ensayo.

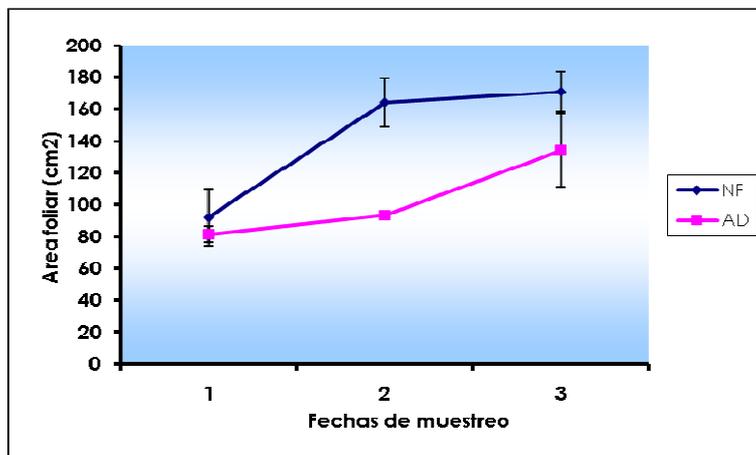


Figura 6.3. Evolución del área foliar de plantas de petunia regadas con agua de pozo y agua desionizada correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

El número de flores/planta varió dentro de un intervalo comprendido entre 0,34 y 5,87 (Figura 6.4). Las diferencias fueron sólo significativas en la fecha 2, donde las plantas regadas con

agua NF, superaron a aquellas que habían sido provistas durante su ciclo de crecimiento con agua AD.

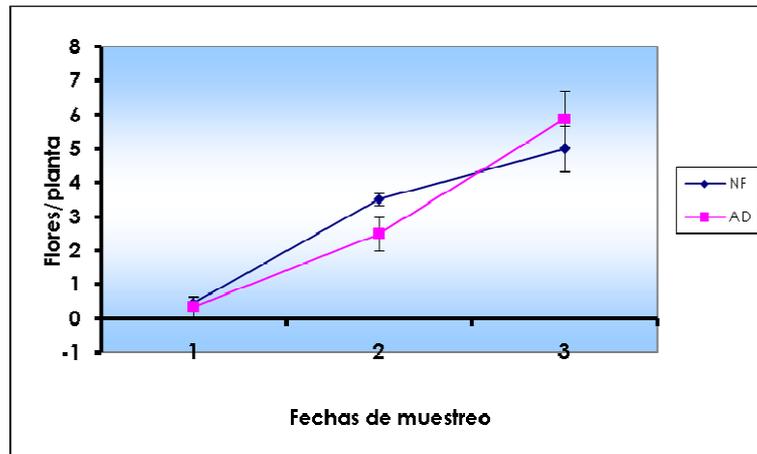


Figura 6.4. Evolución de la cantidad de flores/planta de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

De los resultados obtenidos se puede afirmar que salvo para la floración, en general se registraron mayores valores en los parámetros de crecimiento cuando el agua empleada para el riego de las plantas de petunia fue NF. Como se recordará en base a lo tratado en el Capítulo 5, la calidad del agua para esta situación en particular, presentó valores extremos en los contenidos de HCO_3^- y Na^+ para la producción de plantas en maceta a lo que se sumó además que el sistema por subirrigación utilizado permitía que estos iones permanecieran en el contenedor.

6.3.1.2. Contenido de clorofila

Los contenidos medios de clorofila oscilaron dentro de un rango comprendido entre 24,77 y 37,00 unidades SPAD (Figura 6.5).

El contenido de Clorofila fue inicialmente significativamente mayor para las plantas que fueron regadas con AD (Fecha 1). Para las dos fechas de observación siguientes las diferencias no fueron significativas, aunque se pudo apreciar una tendencia al descenso progresivo del contenido de clorofila a lo largo del ensayo.

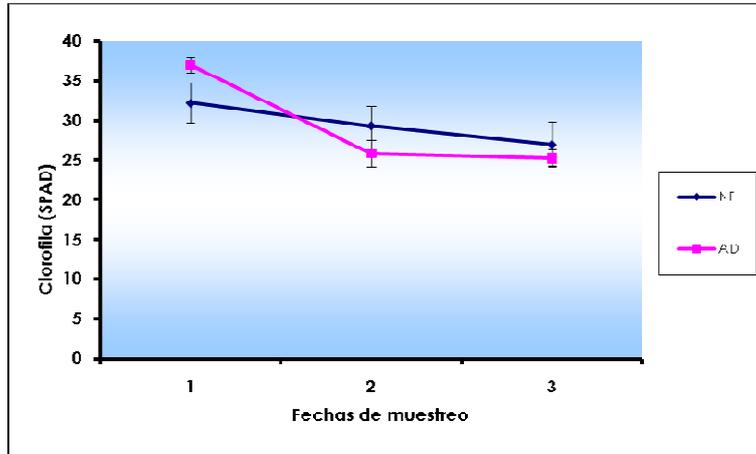


Figura 6.5. Evolución del contenido de clorofila de plantas de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

6.3.1.3. Intensidad de coloración

Los valores L de intensidad de coloración de la flor de petunia variaron entre 28,59 y 35,09 (Figura 6.6). No se apreciaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a coloración de la flor en ninguna de las 3 fechas de muestreo.

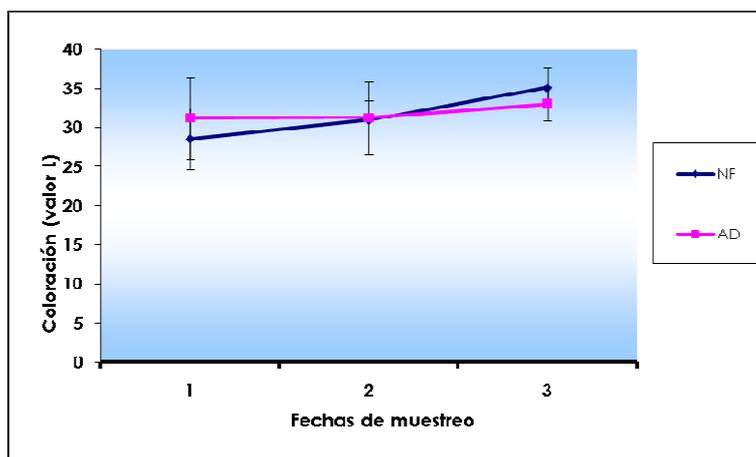


Figura 6.6. Evolución de la intensidad de coloración de plantas de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

6.3.1.4. Análisis nutricional del vegetal

6.3.1.4.1. Contenido de Nitrógeno

Las determinaciones químicas en el tejido foliar del contenido de nitrógeno no arrojaron diferencias significativas entre tratamientos. Dichos valores oscilaron en un intervalo comprendido entre 1,30 y 1,71 % (Figura 6.7.). Todos estos valores se hallaron por debajo del rango recomendado por Mills & Benton Jones (1996) y Röber & Schacht, (2008).

Hu & Schimdhalter (1998) hacen referencia a varios trabajos que demuestran que en condiciones de salinidad/alcalinidad se reducen los contenidos de $N-NO_3^-$ sin que el contenido de Nt se vea afectado drásticamente. Esto estaría indicando que a pesar de que la provisión inicial de $N-NO_3^-$ y la suministrada "a posteriori", por mineralización de la materia orgánica estable del sustrato SO, el nitrógeno fuese insuficiente como para asegurar un óptimo abastecimiento a la planta y no produjo variaciones importantes en la concentración de N total. Características propias de las partículas del suelo, granulometría, índice de grosor en planta y porosidad total y de aire, podrían haber influido en este mecanismo, siendo discutidas con mayor detalle en el capítulo 7.

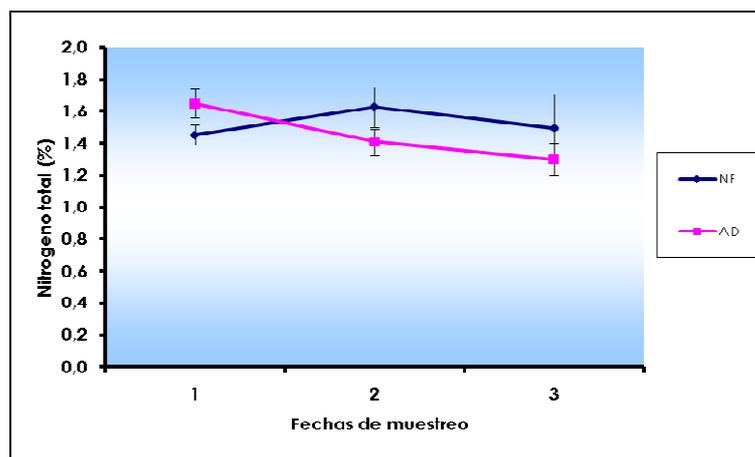


Figura 6.7. Evolución del contenido de Nitrógeno total de plantas de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

6.3.1.4.2. Contenido de Calcio

De los resultados obtenidos en el análisis foliar de las plantas de petunia, se pudo comprobar que los valores variaron entre 0,36 y 1,24 %, correspondiendo ambos al tratamiento de riego con agua NF. Las diferencias halladas tanto entre tratamientos como en su evolución a lo largo del tiempo fueron estadísticamente significativas (Figura 6.8). Todos estos valores, excepto el máximo, se encontraron por debajo de los valores recomendados por Mills & Benton Jones (1996) y Röber & Schacht, (2008). Cuando se hace referencia a la calidad de agua se hace especial mención al aporte de Ca^{2+} respecto al de Na^{+} por parte del agua de napa freática NF. La presencia de Na^{+} como catión competidor en la solución fue importante para comprender los valores hallados en la planta cuando se consideró el riego con agua NF. Cramer (2002) cita que debido a que el Na^{+} rápidamente desplaza al Ca^{2+} de sus sitios de unión extracelulares, la disponibilidad de Ca^{2+} puede verse seriamente reducida bajo condiciones de salinidad/alcalinidad, especialmente con bajas relaciones $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^{+}$.

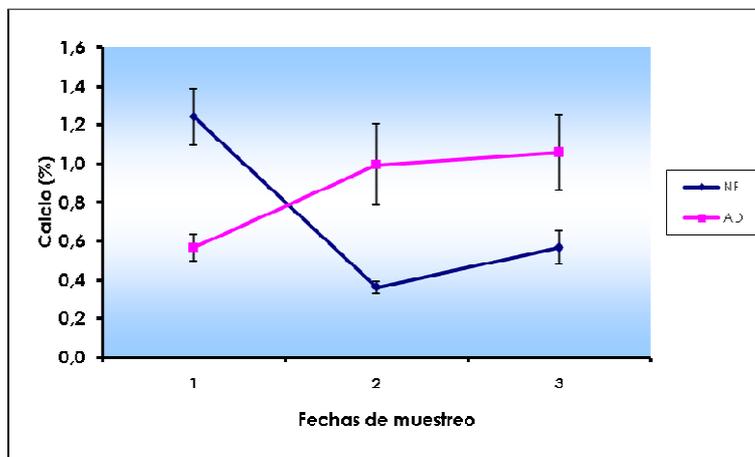


Figura 6.8. Evolución del contenido de calcio de plantas de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

6.3.1.4.3. Contenido de Magnesio

De los resultados obtenidos mediante análisis foliar, se observó que los contenidos de Mg^{2+} se hallaron dentro de un rango comprendido entre 0,16 y 0,30 %. Las diferencias entre tratamientos se

registraron para las fechas 2 y 3 de muestreo. Luego de un descenso marcado en el contenido de este catión divalente, se produjo un incremento significativo en su contenido cuando las plantas de petunia fueron regadas con agua AD, al final del ensayo. Como se pudo observar en el análisis del agua de riego (Capítulo 5), la concentración de Mg^{2+} en el agua NF en el predio de la Universidad fue la mayor de los 3 que bordean la Ruta Provincial 4. No obstante, la presencia importante de Na^+ (Tabla 5.1.) podría haber interferido en la absorción tanto de este catión como de Ca^{2+} , como fue mencionado en el punto anterior.

Ante la ausencia de Na^+ como ión competidor en el agua AD, es probable que la planta pueda haber favorecido la absorción de magnesio, aumentando así su concentración en el tejido (Figura 6.9). A pesar de que varios trabajos han analizado los contenidos de Mg^{2+} en tejidos vegetales, pocos hacen mención directa al efecto de la alta concentración de Na^+ sobre la nutrición mineral magnésica (Grattan & Grieve, 1999). Hu & Schmidhalter (1997) observan en el cultivo de trigo una disminución en la concentración de magnesio en el tejido foliar a medida que se incrementan las condiciones de salinidad. Hacen mención también a que al aumentar el contenido en magnesio sería mayor la tolerancia a la salinidad.

En el presente estudio todos los valores de concentración de magnesio se encontraron por debajo de la concentración recomendada por Mills & Benton Jones (1996) y Röber & Schacht, (2008).

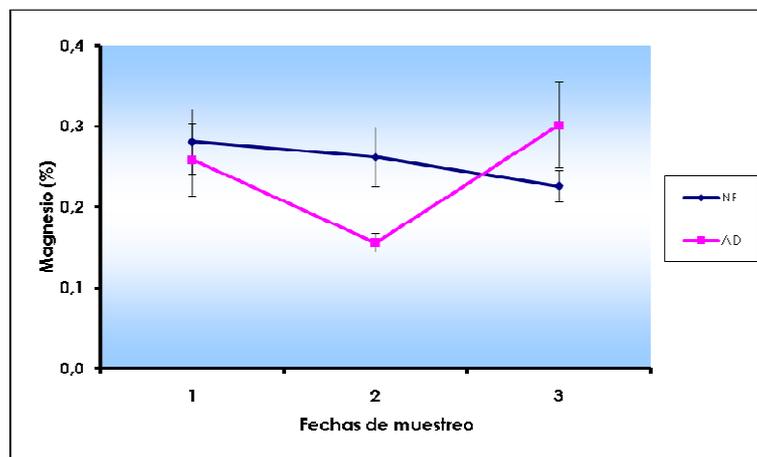


Figura 6.9. Evolución del contenido de Magnesio de plantas de petunia regadas con agua de pozo y agua desionizada correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

6.3.1.4.4. Contenido de Potasio

El contenido de K^+ en la planta varió entre 2,95 y 5,26 %. Para ninguna de las 3 fechas de muestreo se observaron diferencias significativas en el contenido de este catión entre los dos tratamientos de agua de riego. Sólo el valor mínimo se encontró por debajo del rango sugerido para este cultivo por Mills & Benton Jones (1996) y Röber & Schacht, (2008).

Es importante destacar que para las condiciones iniciales del experimento, en el momento en que la planta fue extraída de la bandeja de cultivo y transplantada a la maceta, el contenido de K era de 6,34 %. El reducido volumen de la celda de la bandeja de cultivo, la alta tasa de crecimiento y los elevados valores de CE (3,13 dS/m) en el sustrato comercial empleado en esta etapa del cultivo, contribuyeron a la determinación de estos valores. Marschner (1995) cita como bastante frecuente el “consumo de lujo” de este nutriente. Para plantines de petunia creciendo en bandejas de cultivo, van Iersel (1998) informa valores de 5 a 6 % de K. Por tanto, podría suponerse que partiendo de valores iniciales altos desde el estadio de plántula, los valores medios, se hayan mantenido o disminuido.

A pesar de la importante presencia de Na^+ en el agua NF, la concentración de K^+ en el tejido foliar, no parece haber sido afectada, al contrario de lo ocurrido con los cationes divalentes, ya que se incrementó a lo largo del ensayo (Figura 6.10).

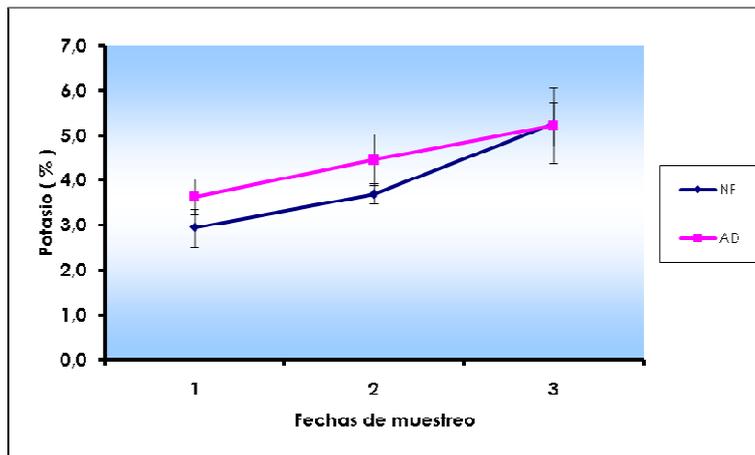


Figura 6.10 Evolución del contenido de Potasio de plantas de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

6.3.1.4.5. Contenido de Sodio

La concentración de Na^+ en la hoja de petunia osciló en un rango comprendido entre 0,52 y 0,99 %. Salvo para la fecha 2 de muestreo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambas calidades de agua. En contra de lo esperado, el contenido de sodio fue mayor para el tratamiento con agua AD (Figura 6.11).

En la mayoría de las especies vegetales este nutriente no es esencial para el crecimiento (Marschner, 1995). El contenido de Na^+ superó en un 100 % al de P y en un 300% al de Mg^{2+} , ambos macronutrientes esenciales.

El aporte de Na^+ al tejido vegetal provino tanto del sustrato SO como del agua de riego NF. Sea cual fuere la fuente, el Na^+ se encontraba presente en el tejido foliar de la planta de petunia en altas concentraciones. Es importante señalar que la presencia de Na^+ pareciera no haber interferido con la absorción de K^+ por parte de la planta, como ya se ha mencionado.

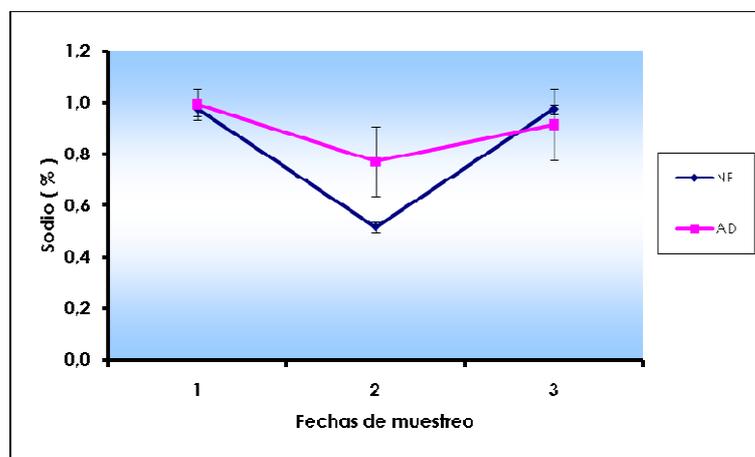


Figura 6.11. Evolución del contenido de Sodio de plantas de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

6.3.1.4.6. Contenido de Fósforo

Las determinaciones de P en el tejido foliar arrojaron valores comprendidos entre 0,18 y 0,41 %, por debajo del rango sugerido por Mills & Benton Jones (1996) y Röber & Schacht (2008). Sólo se pudo apreciar diferencias significativas entre tratamientos para la 2ª fecha de muestreo, hecho que podría relacionarse con mayores requerimientos de la planta para sostener presiones osmóticas mayores por la adición progresiva de Na⁺ con el agua de riego (Figura 6.12).

Las mediciones de pH para ambos tipos de agua de riego, superaban el valor de 6 al inicio del ensayo. Su incorporación progresiva a través de subirrigación fue modificando paulatinamente el pH de los sustratos, como se discutirá en el Capítulo 10.

El pH del sustrato posee una gran influencia sobre la disponibilidad de P, Mn y Fe (Kowalczyk *et al.*, 2006; Dysko *et al.*, 2008). En el caso del P ésta es altamente dependiente de los valores de pH, siendo máxima en un rango de 4 a 5,4 (Bailey *et al.*, 2005). Es dable suponer entonces, que en esta situación la absorción y la disponibilidad de este nutriente en la solución, se haya visto condicionada por pH del medio, que se incrementó progresivamente, a lo largo de la duración de este experimento.

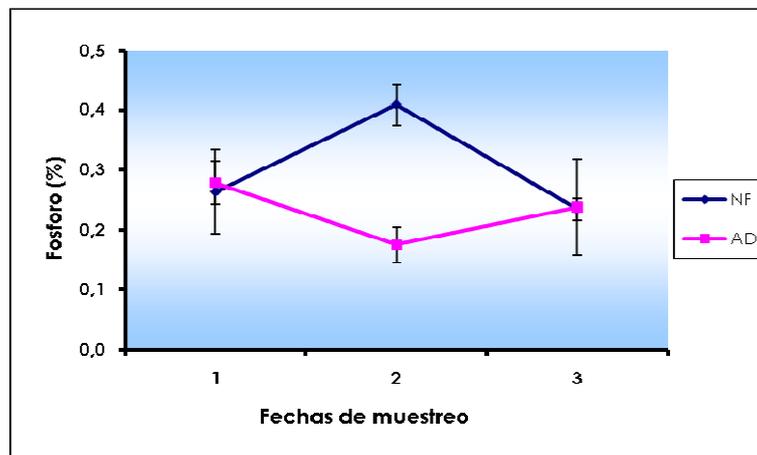


Figura 6.12. Evolución del contenido de fósforo de plantas de petunia regadas con agua de pozo (NF) y agua desionizada (AD) correspondiente a las 3 fechas de muestreo. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

6.4. Conclusiones

La calidad de agua empleada en el ensayo demostró afectar al PF, al AF y al FPP, así como al contenido mineral de calcio, magnesio y sodio de la planta de petunia.

Para los parámetros de crecimiento se observaron mayores valores cuando el agua empleada fue NF, salvo para FPP ya que la mayor cantidad de flores se midieron cuando se regó con AD.

El contenido de nitrógeno en el tejido se vio condicionado tanto por el contenido de nitrógeno como por las características físicas del sustrato SO, más que por las características propias del agua de riego. El Na⁺ fue competidor del Ca²⁺ y del Mg²⁺ en su absorción por la planta. Esta tendencia no fue observada para el K⁺. Además el Na⁺ estuvo siempre presente en altas concentraciones en el tejido vegetal fuera cual fuese el tipo de agua de riego. La concentración de P en el tejido estaría principalmente condicionada por el pH del sustrato.

CAPITULO 7

Efecto del sustrato en el crecimiento, desarrollo y estado nutricional del cultivo de petunia, desde el trasplante a la floración



7. Efecto del sustrato sobre el crecimiento, desarrollo y estado nutricional del cultivo de petunia, desde el trasplante a la floración

7.1. Introducción

El estudio del manejo de especies florales herbáceas destinadas a borduras y canteros debe incluir el del sustrato, que ha de ser capaz de balancear los requerimientos de agua y aeración de las plantas y la rutina de aplicación de nutrientes (Di Benedetto *et al.*, 2006).

El **objetivo** de este Capítulo fue evaluar el efecto de tres sustratos en el crecimiento, desarrollo y estado nutricional de petunia desde el trasplante a la floración.

7.2. Material y métodos

Las condiciones de cultivo, sistema de riego y fechas de muestreo fueron las descritas en el capítulo 3.

Para este ensayo se emplearon sustratos preparados y proveídos por los productores de los establecimientos florícolas de la zona sur del AMBA para el cultivo de plantas en contenedor. Se contrastó también el sustrato fibra de coco como alternativa al uso de la turba, subproducto de la explotación comercial en el área alimenticia de *Cocos nucífera* para alimentación. Los tres tipos de sustrato empleados fueron:

a) Sustrato SO: Suelo orgánico, correspondiente a la capa arable del horizonte orgánico A1 (Usado por los productores)

b) Sustrato (FDC): Residuos de fibra de coco (Industrias Alimenticias Sococo® S.A. , Brasil)

c) Sustrato (MPP): Mezcla para plantines. Se hallaba compuesto en una proporción de 33% resaca de río o turba subtropical del delta de la provincia de Entre Ríos + 33% suelo orgánico + 33% Estiércol Vacuno (Usado por los productores)

Se evaluaron las características químicas y físicas de los sustratos empleados, los métodos de determinación fueron detallados en el capítulo 3.

En este experimento no se efectuó ningún aporte de nutrientes.

Las plantas se muestrearon a los 15, 30 y 45 días del trasplante. Las variables evaluadas fueron peso seco, peso fresco, área foliar, número de flores/planta, contenido de clorofila, intensidad de coloración de la flor y contenidos de nitrógeno total, calcio, magnesio, potasio, sodio y fósforo en la planta (Tabla 9.1). Las técnicas para la determinación de estas variables se encuentran descritas en el capítulo 3.

La factorización del experimento fue de 3 sustratos x 3 repeticiones (macetas con tres plantas cada una). Se utilizó un diseño estadístico completamente aleatorizado y el análisis

estadístico se realizó mediante comparación de medias con el test de Duncan con niveles de significación $\leq 0,5\%$.

7.3. Resultados y discusión

7.3.1. Propiedades químicas de los sustratos

Tabla 7.1: Análisis químico de los sustratos empleados en el ensayo

Unidades	pH	CE	CIC	MO	Ct	Nt	C/N	NO ₃ ⁻	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
		(dS/m)	meq/ 100 g		(% MS)					ppm			
Sustrato SO	5,59	0,17	25,26	57,64	32,02	2,75	11,63	16,5	6,15	14,2	1,28	11,94	4,96
Sustrato FDC	5,00	0,93	68,89	99,65	48,82	0,52	93,88	3,30	5,22	3,58	6,60	14,00	12,50
Sustrato MPP	5,28	1,95	95,87	39,01	19,11	1,14	16,76	63,5	14,88	72,9	24,4	14,12	63,95

Tabla 7.2: Análisis físico de los sustratos empleados en el ensayo

Unidades	Densidad aparente g/cm ³	Densidad real	Humedad	Materia Seca	Porosidad total	Sólidos	Porosidad de aire	PT/S	Granulometría			Indice de grosor >1,00 mm	Capacidad de retención hídrica
									Tamaño de partículas				
									>3,35	3,35- 1,00	<1,00		
Sustrato SO	1,00	2,04	4,28	95,72	50	50	2,7	1	19,09	29,81	51,10	48,90	88
Sustrato FDC	0,11	2,64	19,11	80,89	96	4	13,1	24	15,08	33,43	51,49	48,51	76
Sustrato MPP	0,50	2,00	4,77	95,23	75	25	22	3	31,86	31,81	36,34	63,67	70

Los mayores contenidos iniciales de nutrientes correspondieron al sustrato MPP. La concentración de N-NO_3^- fue de 63,5 ppm comparado con los 3,30 ppm del FDC y 16,5 del SO. El contenido de Ca^{2+} y de Mg^{2+} para los sustratos SO, FDC y MPP fue de 14,2, 3,58 y 72,9 ppm, y 1,28, 6,60 y 24,4 ppm, respectivamente (Tabla 7.1).

Para el sustrato MPP ambos cationes divalentes se encontraban en magnitudes sensiblemente superiores a las de los otros dos sustratos. La concentración de K^+ resultó similar en los 3 sustratos. Haciendo, por último, referencia al P, los valores medidos en SO, FDC y MPP fueron de 6,15, 5,22 y 14,88 ppm respectivamente, es decir MPP contenía el triple de fósforo que los demás.

Por tanto, la concentración inicial de nutrientes (factor "intensidad") y su pronta disponibilidad, sobre todo en el sustrato MPP podría ser un factor determinante para la respuesta de las plantas en los estadios iniciales.

Las diferencias iniciales en los parámetros de crecimiento y desarrollo entre los 3 sustratos se pueden visualizar en las Figuras 7.1 y 7.2.



Figura 7.1. Aspecto de las plantas de petunia para los sustratos SO, FDC y MPP respectivamente, transcurridos 5 días del trasplante desde la bandeja de cultivo al contenedor definitivo



Figura 7.2. Aspecto de las plantas de petunia para los sustratos SO, FDC y MPP respectivamente en la 1ª fecha de muestreo transcurridos 15 días del trasplante desde la bandeja de cultivo al contenedor definitivo

Estas observaciones revisten una importancia de índole principalmente económica para los productores, ya que la planta de petunia, en el sistema de comercialización de plantas en maceta en Argentina, se encuentra lista para su venta una vez que se produce la apertura de la primera flor. El aspecto y la estructura del plantín, caracteres actualmente no contemplados en el

mercado de plantas ornamentales argentino, fue comparativamente superior en las plantas creciendo en los sustratos SO y MPP, en relación al tamaño, estructura y grado de cobertura de las hojas (Figura 7.2).

Desde fines de 2006, a través del Foro de Floricultura, que involucra instituciones del ámbito privado y público, dedicados a la producción, comercialización, investigación y transferencia en el área, se está trabajando en temas referidos a la tipificación de plantas en contenedor. El objetivo principal es obtener un precio diferencial de acuerdo a la calidad del producto ofrecido y posibilitar las ventas a través de catálogos. La necesidad de la implementación de una estandarización del producto obtenido, por lo tanto, es imprescindible para que los productores puedan optar por sustratos de mayor costo pero de mejores características físico-químicas para la producción, como el MPP empleado en este ensayo (Figura 7.3).



Figura 7.3. Aspecto de la planta en sustrato MPP en la 1° fecha de muestreo transcurridos 15 días desde el trasplante de la bandeja al contenedor definitivo

Es importante destacar que en el análisis químico realizado sobre el sustrato MPP se encontraron cantidades importantes de Na^+ (63,95 ppm), atribuibles, a la presencia de estiércol vacuno en la mezcla (Tabla 7.1).

Es una práctica usual en la producción ganadera extensiva en la Argentina, la suplementación con NaCl al alimento brindado al ganado vacuno para mejorar la palatabilidad del mismo, sobre todo cuando su contenido es alto en celulosa y en momentos en que la oferta de pasturas es pobre en épocas invernales (Perego, 1996, Navarro, 2006). De todas formas y como se observará posteriormente en la tesis, la presencia de Na^+ en el sustrato MPP y en el agua de riego, no tuvo efectos negativos sobre el crecimiento y desarrollo de la planta de petunia.

7.3.2. Propiedades físicas de los sustratos

7.3.2.1. Porosidad total y porosidad de aire

A los quince días de ensayo, las propiedades físicas que caracterizaron a los sustratos, en especial la porosidad total y la proporción de aire respecto a agua en los poros desempeñaron un papel importante en el desarrollo de las plantas.

Como puede observarse en la Tabla 7.2 la porosidad total para el sustrato FDC correspondió a un 96 %, un 75 % para el sustrato MPP y un 50 % para el SO. Analizando los valores de porosidad total para el sustrato FDC, estos fueron semejantes a aquellos determinados por Noguera (2000) y Abad *et al.*, (2005), pero la porosidad de aire registró porcentajes similares a los obtenidos por Evans *et al.* (1996), García *et al.* (2001) y Beltrão Lacerda *et al.* (2006) en el sustrato FDC. Schmilewski (2001) menciona características ventajosas que le han llevado a ser considerado como un probable sustituto de la turba en las condiciones del trópico, pero es fundamental que sea utilizado en conjunto con un material que aporte suficiente porosidad de aire (poros grandes), (Figura 7.4).

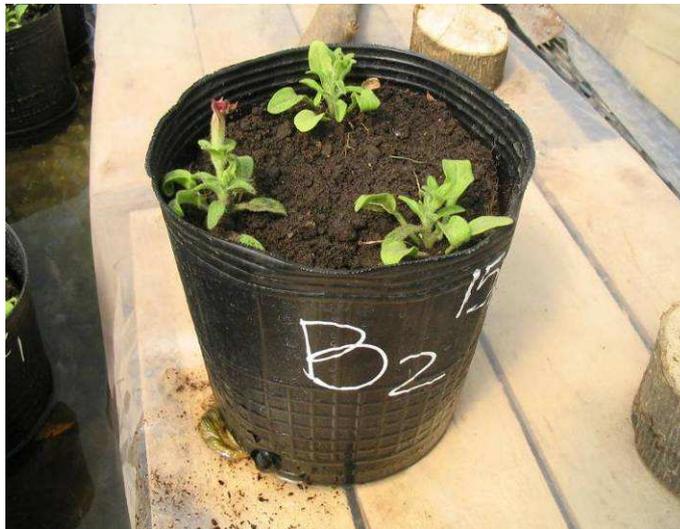


Figura 7.4. Aspecto de la planta en sustrato FDC en la 1ª fecha de muestreo transcurridos 15 días desde el trasplante de la bandeja al contenedor definitivo

El valor de porosidad de aire para el sustrato MPP fue de 22%. Este valor se acercó a los valores recomendados para un sustrato "ideal" (de Boot & Verdonck, 1972; Bunt, 1988; Abad *et al.*,

1993; Cabrera, 2002; Handreck & Black, 2002), hecho que sumado a sus características químicas, fue responsable de los resultados de crecimiento y floración de las plantas.

Como corolario final, Armitage (1994) afirma que los sustratos con 20-25 % de espacio poroso son excelentes para el cultivo de petunia, porcentaje que coincide con el valor que presentó el sustrato MPP en este ensayo.

La estabilidad en la fracción orgánica de los sustratos, es importante para mantener la agregación de las partículas y por ende la porosidad total y de aire de los mismos. El volumen explorado por las raíces dentro de un contenedor es limitado, razón por la cual un descenso significativo en estos, redundaría en un efecto negativo en el crecimiento y desarrollo de la planta (Pastor, 2000). Los residuos de FDC se caracterizan por poseer una importante estabilidad (Noguera, 2000; Noguera *et.al.*, 2003; Colla *et. al*; 2007; Bayoumi *et al.*, 2008), esto podría atribuirse a la calidad de la materia orgánica, difícilmente atacable por los microorganismos presentes en el sustrato.

La compactación fue característica del sustrato SO y dificultó el ascenso del agua hacia el fin del ensayo. En el sustrato SO el proceso de mineralización de la fracción orgánica estable provocó la pérdida de la estabilidad interpartículas. También se pudo observar un desecamiento de los centímetros superficiales de los contenedores.

Valenzuela & Gallardo (2003) se refieren al suelo, como un material inadecuado para su empleo como sustrato en contenedores, basando esta afirmación en su bajo porcentaje de espacio poroso, que generalmente no supera más del 50% (valores coincidentes con los obtenidos en este ensayo). Por otra parte, con contenidos hídricos altos se caracteriza por tener muy baja proporción de poros con aire (Tabla 7.2).

En consecuencia la proporción entre el aire y el agua disponible en los sustratos se relaciona con la distribución del tamaño de partículas y podría afirmarse que en esta etapa estos parámetros fueron determinantes para el crecimiento y la floración de esta especie.

7.3.2.2. Granulometría e índice de grosor

La distribución del tamaño de partícula de los 3 sustratos analizados en este trabajo, mostró que tanto el SO como el FDC presentaron una proporción mayor del 50 % de partículas con dimensiones <1mm con valores muy similares entre sí (Tabla 7.2. y Figura 7. 5.). A pesar que los porcentajes de partículas intermedias fue aproximadamente similar para los 3 sustratos, la proporción de agua retenida en los microporos fue superior para SO y FDC. Este hecho estaría indicando que el agua retenida (dentro de los distintos rangos de potencial hídrico y de disponibilidad para la planta) ocupaba gran parte de la porosidad total de estos sustratos.

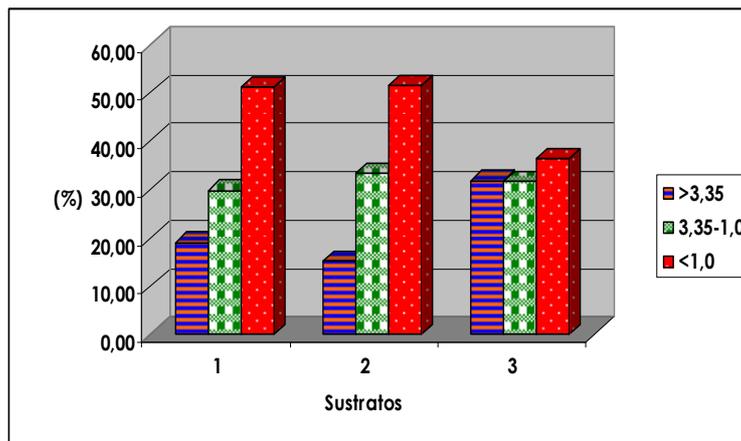


Figura 7.5. Distribución del tamaño de partículas: > 3,35, entre 3,35 y 1,0 y < 1,0 mm, en relación al tipo de sustrato empleado en el ensayo. Sustrato 1: SO, Sustrato 2: FDC, Sustrato 3: MPP.

El índice de grosor (IG) correspondiente a aquellos porcentajes de partículas con dimensiones mayores a 1 mm fue para el sustrato SO y FDC de 48,90, 48,51 % respectivamente. Estos dos sustratos presentaron, por tanto, valores semejantes. Noguera (2000) registra % de IG del orden de los obtenidos aquí para los residuos de FDC provenientes de Costa de Marfil y Vargas Tapia *et al.* (2008) para material de origen mejicano.

El tamaño de partícula afecta especialmente las relaciones aire-agua. El contenido de aire aumenta y la capacidad de retención hídrica (total y fácilmente disponible) disminuye con el incremento del diámetro de partícula (Noguera *et al.*, 2003).

Las partículas con diámetros dentro del rango de 0,125 a 1 mm tienen un marcado y significativo impacto en las propiedades físicas (sobre todo en la retención hídrica y la aeración), mientras que aquellas partículas comprendidas entre <0,125 mm y >1 mm tienen solamente un leve o no significativo efecto en razón de la ausencia de poros internos (Abad *et al.*, 2005). De este modo, aquellos sustratos de residuos de FDC con una mayor proporción de pequeñas partículas tienen menor aeración y una mayor capacidad de retención hídrica que aquellas con una mayor proporción de fibras (Fornes *et al.*, 2003).

Además Nelson *et al.* (2004) hacen mención a una compresión del sustrato durante el cultivo explica que al final del ciclo de cultivo de petunia se observe una disminución del espacio poroso ocupado por el aire.

Asimismo, la capacidad de almacenamiento de agua puede ser principalmente influida por el rango de mesoporos, a consecuencia del tamaño de las partículas. Estos poros de tamaño intermedio pasan de estar completamente saturados en condiciones de Capacidad de Campo a contener más aire y menos agua a medida que las tensiones se incrementan. Los mesoporos se

encuentran continuamente sometidos al llenado, drenado y re-llenado de agua, a lo largo de ciclo de producción de las plantas (Fonteno, 1989).

7.3.2.3. Fuerzas inter-partículas. Subsistencia

En el sustrato SO, los fenómenos físicos que gobiernan los cambios en las fuerzas inter-partículas del suelo podrían haber afectado la porosidad y el pasaje de fluidos a través del medio poroso.

Un aumento de las fuerzas de contacto inter-partícula se trasladan a un incremento del área de contacto inter-partícula, implicando a su vez, una disminución en la porción de carga llevada por la fase fluida de la matriz del suelo. La combinación de estos factores resulta en un aumento de fuerzas verticales entre las partículas de suelo, que pueden causar que estas se muevan provocando el fenómeno de "subsistencia" (Singh & Wallender, 2006). La subsistencia de las partículas de suelo luego de la hidratación incluso de los poros más grandes, produce el colapso sin requerir ninguna otra fuerza adicional de desplazamiento. También la dilución de sales presentes en el suelo, después de una rehidratación debilitan las uniones entre partículas produciendo condiciones potenciales para la subsistencia (Ingles & Aitchinson, 1969).

Al final del ensayo la mayoría de los contenedores presentaban compactación con la consecuente pérdida de porosidad total. Incluso se observó un desecamiento de los 5 cm superficiales y dificultad para el ascenso del agua, probablemente por ruptura de la capilaridad. La compactación y sus consecuencias explicarían en parte el comportamiento del sustrato SO en cuanto a la pérdida del espacio poroso total y de aire, en instancias próximas a la terminación del período de estudio.

Para el caso del sustrato MPP, ha de recordarse que su composición incluía 1/3 de sustrato SO. El peculiar comportamiento de las partículas de suelo (subsistencia) se podría haber visto reflejado en una respuesta de la planta diferente a lo esperado "a priori" para este sustrato.

Fonteno (1993) señala que la estructura de un sustrato se genera en tres etapas que involucran el mezclado de los componentes, el llenado de los contenedores y el mojado-asentamiento del mismo. Factores como la densidad y el contenido de humedad durante el mezclado y llenado pueden alterar la estructura significativamente (Milks, *et al.*, 1989). Por esta razón, la estructura no viene definida por el contenedor sino que se crea en el momento de ser utilizada y a lo largo del ciclo de cultivo, hecho que se reflejó claramente en los resultados obtenidos para la totalidad de las observaciones.

El descenso en los valores de porosidad total, de aire y ruptura de la capilaridad en el sustrato SO, evidencia, las condiciones hídricas restrictivas que se habrían producido, tanto en el período de crecimiento vegetativo como en momentos de plena floración de esta especie, a consecuencia del fenómeno de subsistencia de las partículas.

7.3.2.4. Capacidad del recipiente

La capacidad del contenedor, especialmente la altura se correlaciona con la porosidad del sustrato, determinando la capacidad de retención de agua del sistema (Kämpf, 2005; Miner, 1994). De acuerdo con los resultados de la Tabla 7.3 la capacidad del contenedor (2 litros) y la relación Porosidad total/Sólido para los sustratos SO y FDC no correspondieron a los valores indicados por Kämpf & Takane (2006). Esto explicaría en cierta medida las respuestas en el crecimiento y floración de la especie en estos sustratos tras 15 días de cultivo.

En base a lo ya expuesto, sería dable suponer que tanto para valores de Porosidad total/Sólidos=1 (sustrato SO) y 24 (sustrato FDC) la altura del contenedor afectó también las condiciones de crecimiento y desarrollo de la planta de petunia, ya que para estos dos sustratos el porcentaje de poros ocupados por agua fue superior al del sustrato MPP.

Tabla 7.3. Valores de Porosidad/Sólido para diferentes sustratos en relación al tamaño del contenedor utilizado para el cultivo

Valores de Poros/Sólido	Tipo de sustrato
0	Suelos minerales
1	
2	Sustratos para macetas altas (>30
3	cm de altura)
4	
5	Sustratos para macetas medianas
6	(10-20 cm)
7	Sustratos para bandejas
8	(>5 cm)
9	
≥ 10	

Fuente: Kämpf & Takane (2006)

7.3.3. Determinaciones sobre el material vegetal

7.3.3.1. Peso Fresco

Para los 3 sustratos, los registros de PF variaron entre 0,64 y 58,43 g. Las diferencias en el peso fresco fueron estadísticamente significativas para el sustrato empleado (Figura 7.6). En una primera aproximación, se pudo apreciar que el PF fue significativamente superior para el sustrato MPP y los menores valores correspondieron a tratamientos con sustrato FDC.

La representación gráfica confirma que aquellos tratamientos en donde el sustrato MPP fue el medio de crecimiento de la planta de petunia mostraron los mayores registros, incluso en la primera etapa de crecimiento, a los 15 días del trasplante (Figura 7.6).

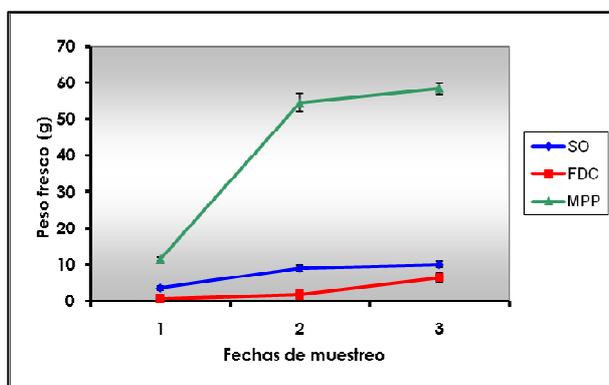


Figura 7.6. Evolución del peso fresco de petunia en las 3 fechas de muestreo creciendo en los sustratos SO, FDC, MPP sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

7.3.3.2. Peso Seco

Se pudo observar que los valores de PS en el ensayo variaron dentro de un rango comprendido entre 0,07 y 4,64 g (Figura 7.7). Del mismo modo que para la variable PF, los menores registros correspondieron a tratamientos donde se empleó FDC como medio de crecimiento (Figura 7.7).

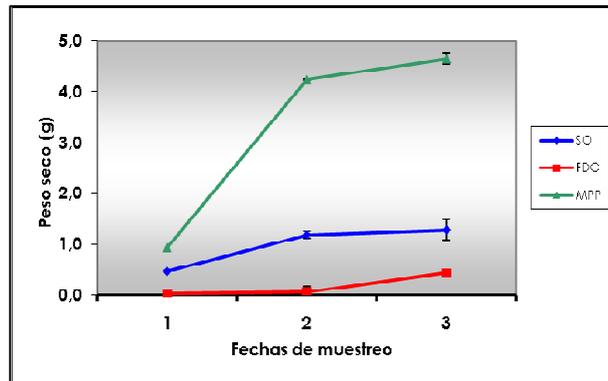


Figura 7.7. Evolución del peso seco de plantas de Petunia de Petunia creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

7.3.3.3. Area Foliar

Los valores registrados durante todo el período de ensayo para la variable AF variaron dentro del rango comprendido entre 13,77 y 535,46 cm² (Figura 7.8), con diferencias significativas para los 3 sustratos evaluados. Tal como ocurrió con el PF, se observó una mayor respuesta en el crecimiento de la planta cuando el sustrato MPP fue el medio de crecimiento. En contraposición a estas observaciones, las plantas que crecieron en FDC mostraron los menores registros.

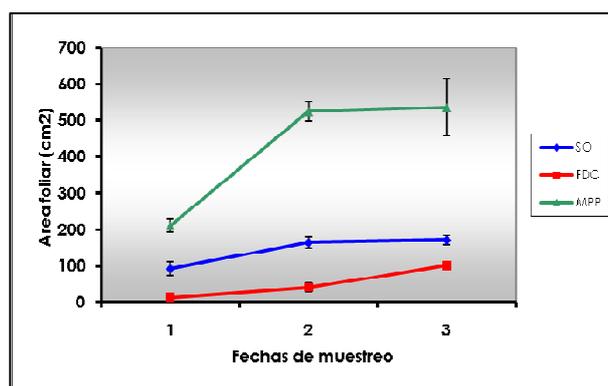


Figura 7.8. Evolución del área foliar de plantas de Petunia creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

7.3.3.4. Número de flores por planta

Los resultados de número de flores/planta a lo largo de los 45 días que se prolongó el ensayo registraron un rango de valores que oscilaron entre 0 y 1,17 flores/planta. El tipo de sustrato fue determinante del número de FPP ya que los valores mayores correspondieron al tratamiento donde se utilizó el sustrato MPP (Figura 7.9).

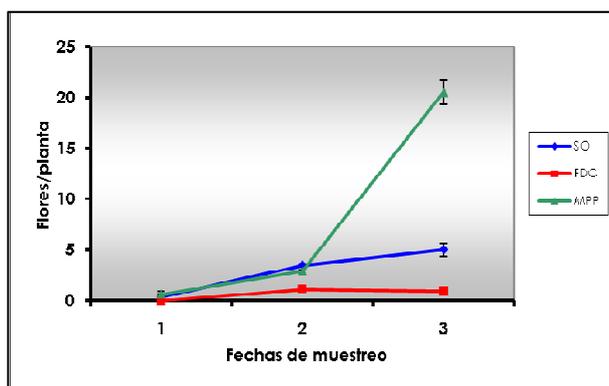


Figura 7.9. Evolución de la cantidad de flores/planta de Petunia creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

Los resultados obtenidos al analizar los parámetros de crecimiento y floración en las plantas de petunia podrían atribuirse a propiedades químicas y físicas de los sustratos empleados en este trabajo como se ha discutido anteriormente.

7.3.3.5. Contenido de Clorofila

Las estimaciones de los contenidos medios de Clorofila se hallaron dentro de un intervalo comprendido entre 20,99 y 35,45 unidades SPAD (Figura 7.10). Se observaron diferencias estadísticamente significativas principalmente al inicio del ensayo para el sustrato FDC respecto a los dos restantes. Para la fecha 2 y 3 de observaciones no se apreciaron estas diferencias entre el sustrato SO y el FDC, siendo menores que las medidas en las plantas que crecían en el MPP.

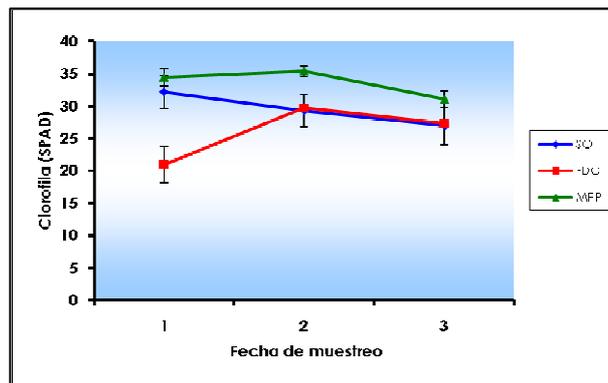


Figura 7.10. Evolución del contenido de clorofila de Petunia creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.

Las plantas con menor contenido de clorofila habían crecido en el sustrato FDC y fueron muestreadas en la fecha 1. Coincidentemente estos resultados se relacionaron con bajos valores de PF, PS, AF y FPP. En general el contenido de Clorofila descendió hacia el fin del ensayo, siendo esto más notorio para los sustratos FDC y MPP que para SO. Sin embargo, aunque el comportamiento de la variable es semejante para FDC y MPP, las razones son diferentes. En el tratamiento MPP, se observa un incremento de la superficie foliar a lo largo del periodo de ensayo (Figuras 7.1, 7.2 y 7.8), por lo tanto la disminución en el contenido de clorofila en la hoja no obedecería a una pérdida de contenido, sino a la mayor superficie en la que se distribuiría el pigmento. En tanto que en el caso de la FDC, las hojas no presentaron incremento de superficie (Figuras 7.1, 7.2 y 7.8), por lo que la disminución de la coloración sí que puede ser atribuida a pérdidas en el contenido de clorofilas.

7.3.3.6. Intensidad de coloración de la flor

Las mediciones de intensidad de Coloración realizadas sobre las flores de petunia presentaron diferencias significativas entre tratamientos como se verifica en la Figura 7.11. El valor L de intensidad de coloración osciló entre 27,68 y 44,10. El momento de toma de muestras y el tipo de sustrato determinaron los resultados de intensidad de coloración. Los valores más elevados correspondieron en un 90% al sustrato FDC en mediciones realizadas al fin del ensayo.

El valor 0 del sustrato FDC en la 1ª fecha de muestreo hace referencia a que en esta fecha las plantas aún no habían florecido. La intensidad de coloración para los sustratos SO y MPP se mantuvo en niveles similares a lo largo de los 45 días.

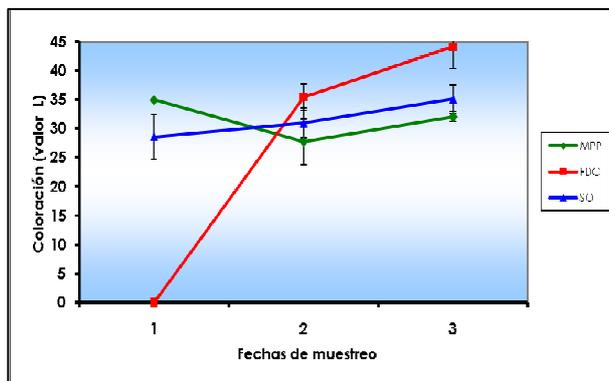


Figura 7.11. Evolución de la intensidad de coloración de la flor de Petunia creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

7.3.3.7. Análisis nutricional del vegetal

7.3.3.7.1. Contenido de Nitrógeno total

El contenido de Nt estuvo relacionado con el tipo de sustrato empleado y con el momento en que se realizó la toma de la muestra para su análisis. Los mayores valores correspondieron a plantas que crecían en el sustrato MPP en la 1ª fecha de muestreo (Figura 7.12). De acuerdo al Mills & Benton Jones (1996) y Röber & Schacht, (2008), sólo este grupo de resultados estarían considerados recomendables en un análisis foliar de este cultivo.

Los valores más bajos los dio el sustrato FDC en 1ª fecha de muestreo.

La evolución del contenido de Nt se muestra en la Figura 7.12. Se observó un notorio incremento en su contenido en el sustrato FDC, entre las fecha 1 y 2 de muestreo. En contraposición a ello, en las plantas creciendo en el sustrato MPP el contenido de Nt descendió a lo largo del período, sin embargo, los valores siempre fueron superiores a los observados en los otros tratamientos. Respecto al sustrato SO, como se comentó al analizar los resultados promedio de PS, el contenido de Nt a lo largo del tiempo no descendió en una proporción tan marcada como en el MPP, esto estaría indicando que las propiedades físicas del sustrato SO favorecerían la acumulación de N en forma de $N-NO_3^-$ y formas orgánicas solubles.

La disminución en el porcentaje de N está indicando que el PS aumenta en mayor proporción que el N ya que el 5% de N en 1g de PS indica un total de 50 mg de N total/planta para el 1º muestreo en sustrato MPP y 3% en 4,6 g de PS corresponde a 138 mg de N total por planta en el último muestreo, el N aumento 2,6 veces aproximadamente mientras que el PS aumentó 4,6 veces

El reducido crecimiento de las plantas en el sustrato FDC en etapas iniciales pudo atribuirse a una inmovilización temporal de N-NO₃⁻ presente en dicho sustrato (Tabla 7.1.) provocada por los microorganismos presentes en él. Similares resultados observa Handreck (1993a), que ensaya el crecimiento de *Petunia x hybrida* 'Celebrity Salmon' con residuos de FDC de distintos orígenes y advierte una importante inmovilización del N soluble, confirmada también por Creswell (1992).

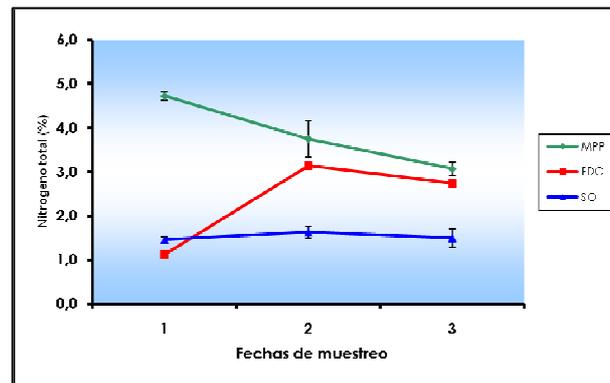


Figura 7.12. Evolución de contenido de nitrógeno total en hoja de plantas crecidas en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

7.3.3.7.2. Contenido de Calcio

Según se puede observar en la Figura 7.13., las determinaciones de Ca²⁺ en el tejido vegetal, fluctuaron dentro de un rango comprendido entre 0,36 y 1,29 %.

El contenido de Ca²⁺ en el tejido foliar y su evolución a lo largo de los 45 días de ensayo estuvo principalmente relacionado con el tipo de sustrato y con la calidad de agua de riego empleados, tal como se trató en el capítulo 6. A diferencia de la concentración de Nt, el contenido inicial de Ca²⁺ en los sustratos SO y MPP (14,2 y 72,9 ppm, Tabla 7.1), no se reflejó en el contenido de calcio en hoja en la fecha 1. Sí se observaron diferencias estadísticamente significativas respecto al sustrato FDC, que sólo contenía en solución 3,58 ppm de Ca²⁺. Se apreció en general descenso en dicho contenido a medida que transcurría el tiempo, con un leve aumento hacia el fin del ensayo para el sustrato SO. De todas formas la concentración final de este catión fue la misma para los 3 sustratos en esa fecha.

Salvo los contenidos iniciales de Ca²⁺ para la fecha 1 en las plantas que crecían en los sustratos SO y MPP, los resultados se encontraban por debajo de los recomendados como óptimos (Mills & Benton Jones, 1996, Röber y Schacht, 2008).

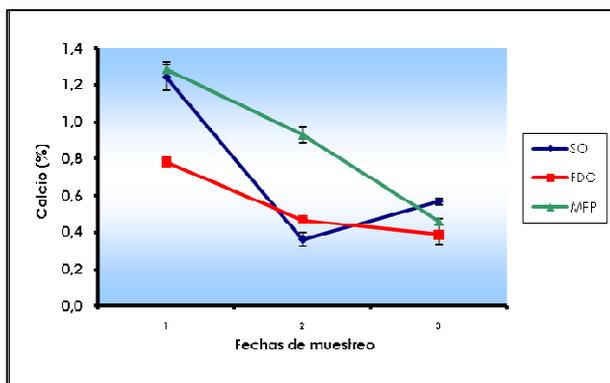


Figura 7.13. Evolución de contenido de calcio en hoja de plantas creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

7.3.3.7.3. Contenido de Magnesio

Los contenidos de Mg^{2+} en el tejido foliar variaron dentro de un intervalo comprendido entre 0,20 y 0,36 % (Figura 7.14). Su concentración estuvo mayormente condicionada por el tipo de sustrato empleado y el momento en que se realizó la observación. Se pudieron apreciar diferencias estadísticamente significativas sobre todo para la fecha 1 de muestreo.

El contenido de magnesio en la hoja se situó en todos los casos por debajo del rango recomendado por Mills & Benton Jones (1996) y Röber y Schacht (2008).

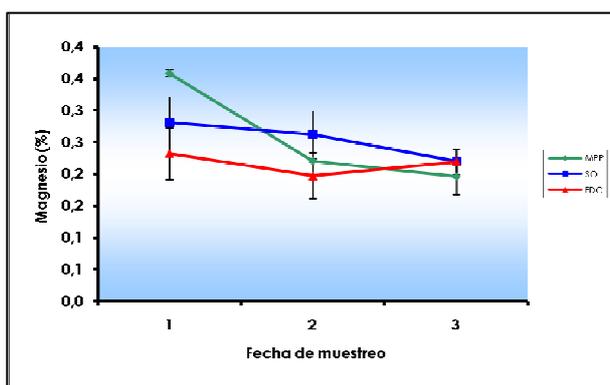


Figura 7.14. Evolución de contenido de magnesio en hoja de plantas creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12.

7.3.3.7.4. Contenido de Potasio

La concentración de K^+ en las hojas varió dentro de un rango comprendido entre 2,95 y 5,58 % (Figura 7.15). La concentración fue significativamente mayor para el sustrato MPP respecto de los otros 2 en la primera fecha de muestreo. No hubo diferencias al alcanzar las plantas la fecha 3 de observación.

Tal como se ha discutido en el capítulo 6, los contenidos de K^+ en el tejido foliar se hallaron dentro de los rangos recomendados por Mills & Benton Jones (1996) y Röber y Schacht, (2008). A diferencia del resto de los nutrientes, en este caso en particular ha de señalarse el consumo de "lujo" (Marschner, 1995) de K^+ en la etapa de plántula ya comentado.

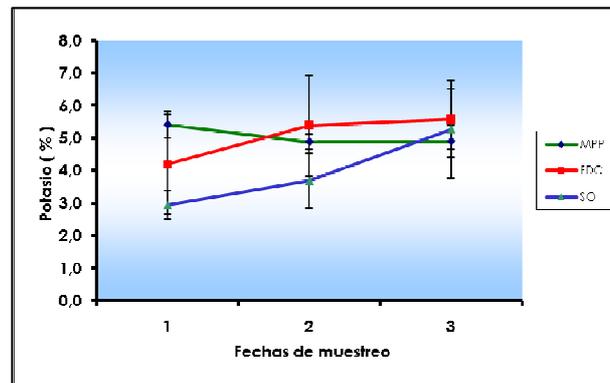


Figura 7.15. Evolución de contenido de potasio en hoja de plantas creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

7.3.3.7.5. Contenido de Sodio

La concentración de Na^+ en el tejido vegetal varió entre 0,52% y 1,51% (Figura 7.16). Para la mayoría de las especies vegetales este nutriente no es esencial para el crecimiento (Marschner, 1995). Como se puede apreciar el contenido de Na^+ superó casi en un 100 % el obtenido para fósforo y en un 300% el obtenido para Mg^{2+} , ambos macronutrientes esenciales para los requerimientos de la planta de petunia.

El aporte de este catión al tejido vegetal provino tanto de los sustratos como del agua de riego (capítulo 6). Sea cual fuere esa fuente, el Na^+ se encontraba presente en el tejido foliar de la planta de petunia, como ya se ha mencionado.

Es importante señalar que el Na^+ no parece haber competido con la absorción de K^+ .

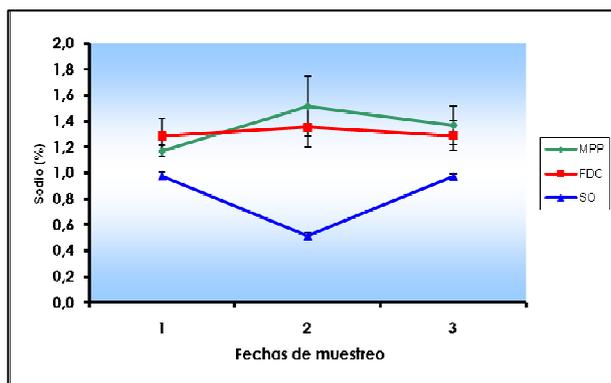


Figura 7.16. Evolución de contenido de sodio en hoja de plantas creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

7.3.3.7.6. Contenido de Fósforo

Los valores de fósforo se hallaron dentro del intervalo comprendido entre 0,17 y 0,41 % (Figura 7.17). Todos los valores se encontraban por debajo del rango recomendado por Mills & Benton Jones (1996) y Röber & Schacht (2008).

En la primera fecha de muestreo sólo se encontraron diferencias significativas entre el contenido de fósforo del tratamiento MPP y el de los tratamientos SO y FDC. Posteriormente estas diferencias se hicieron extensivas a los todos los sustratos.

Como se ha comentado en el capítulo 6, la disponibilidad de fósforo podría haber sido condicionada por las variaciones de pH ocurridas en los sustratos por el aporte de agua NF, con un alto contenido de HCO_3^- , principalmente de NaHCO_3 .

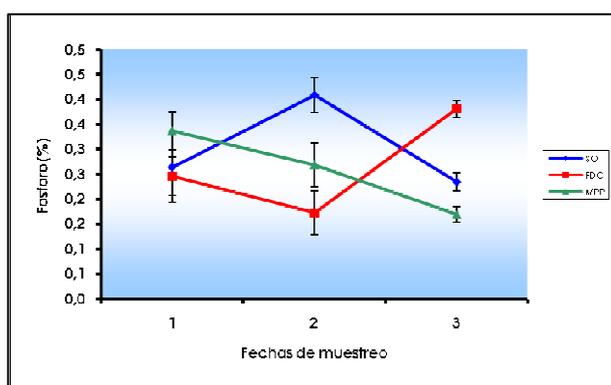


Figura 7.17. Evolución de contenido de fósforo en hoja de plantas creciendo en sustrato MPP, FDC y SO sin aporte de nutrientes. Fecha 1: 01/12, fecha 2: 15/12 y fecha 3: 30/12

7.4. Conclusiones

Para las condiciones establecidas en este ensayo se pudo constatar que los 3 sustratos empleados poseyeron características químicas y físicas distintivas que condicionaron tanto el crecimiento y desarrollo como el contenido de macronutrientes en el tejido vegetal.

La fertilidad química inherente al sustrato, en especial el contenido de N-NO_3^- , se constituyó en el factor determinante para los primeros quince días de cultivo.

Las características físicas influyeron directamente en los 30 días subsiguientes (hasta el fin del ensayo). La porosidad de aire, la granulometría y el tamaño y forma del contenedor fueron los factores determinantes de las diferencias encontradas entre los 3 sustratos.

De los resultados analizados en este capítulo se pudo comprobar la respuesta diferencial de la planta de *petunia* respecto al medio de crecimiento. Esta respuesta se reflejó principalmente en las variables que caracterizaban al crecimiento y desarrollo de este cultivo.

El sustrato MPP fue aquel que, tanto por sus propiedades químicas como físicas, presentó características que respondieron comparativamente mejor a los requerimientos de la planta de *petunia*. El análisis foliar en relación al contenido de Nt , Ca^{2+} , Mg^{2+} y P , reflejó un descenso progresivo de estos nutrientes en el tejido en relación al PS, a medida que se incrementaban las dimensiones (PF,PS y AF) y la cantidad de flores en la planta. Para los cationes K^+ y Na^+ no se apreciaron variaciones demasiado importantes durante la duración del ensayo más allá de un leve incremento en la concentración de este último por aporte progresivo en el agua de riego NF. La presencia de Na^+ tanto en el sustrato como en el agua de riego no pareció interferir en la absorción de K^+ ni en el crecimiento y floración de esta especie. Se podría afirmar, en una primera aproximación, que ambos cationes funcionarían de modo complementario para favorecer altas tasas de crecimiento y floración.

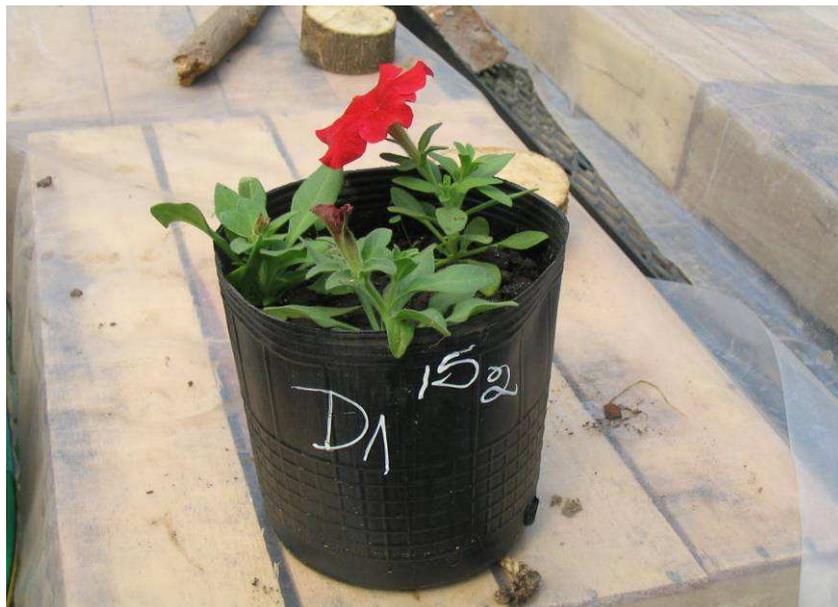
Como se comentó previamente en el caso del sustrato SO, la pérdida progresiva de porosidad total y de aire ocasionada por la subsidencia de las partículas de suelo fue la causa más importante para explicar la baja respuesta del crecimiento a los 15 días de cultivo. Al considerar las etapas iniciales la concentración de N-NO_3^- en el sustrato, también contribuyó al resultado final obtenido.

El empleo de residuos de fibra de coco (FDC) como componente único del sustrato para el cultivo de *petunia*, ha demostrado producir una respuesta pobre en el crecimiento y la floración de esta especie. El reducido contenido inicial de N-NO_3^- , la elevada relación Porosidad total/Sólido, el bajo % de porosidad interna y la altura del contenedor, han sido factores conducentes a estos resultados en la planta.

Tanto en SO como en FDC podría conjeturarse que el valor inicial en el contenido de Nt en el tejido foliar fue particularmente importante para determinar el comportamiento "a posteriori" de la planta de *petunia*.

CAPITULO 8

Efecto del tipo y dosis de fertilizante en el crecimiento, desarrollo y estado nutricional del cultivo de petunia, desde el transplante a la floración



8. Efecto del tipo y dosis de fertilizante sobre el crecimiento, desarrollo y estado nutricional del cultivo de petunia, desde el transplante a la floración.

8.1. Introducción

El manejo nutricional es importante dentro de la tecnología de producción de plantines florales herbáceos. Los nutrientes deben ser aplicados a la planta en crecimiento bajo la forma, cantidad, tiempo y lugar necesario para sustentar la absorción y prevenir deficiencias nutricionales como ya se ha destacado en el capítulo 1.

Minami (2000) cita factores importantes que influyen directamente en el estado nutricional de las plantas cultivadas en contenedores:

- *Sustrato*: Afecta directamente la nutrición de las plantas debido a su propia composición de nutrientes disponibles y aquellos aportados por los fertilizantes.
- *pH del sustrato*: La accesibilidad de algunos nutrientes, en especial los micronutrientes se encuentra condicionado por el pH del medio que depende de la materia prima empleada en la formulación del sustrato.
- *CIC*: La capacidad de intercambio catiónico es un factor muy importante ya que actúa como reservorio de nutrientes disponibles, sobre todo cuando el sustrato constituye parte importante del aporte de nutrientes para la planta. Asimismo reduce la pérdida de nutrientes por lixiviación.
- *Calidad y cantidad de agua*: El agua empleada para riego debe poseer características adecuadas en cuanto a condiciones químicas, físicas y biológicas.
- *Otros factores*: La temperatura del sustrato y del aire, el sombreado, las enfermedades, las plagas y los requerimientos nutricionales del material varietal con que se trabaja también son factores que afectan la nutrición de las plantas que se cultivan en contenedor.

En resumen el horticultor debe tener en cuenta que la corrección de una deficiencia nutricional depende de la identificación del nutriente o de los nutrientes deficitarios, del estado de desarrollo de la planta, el tipo y la cantidad de fertilizante a emplear y de la tecnología de aplicación.

El diagnóstico nutricional basado en la interpretación y aplicación del análisis tisular puede proveer información para optimizar el manejo de fertilizantes, asegurar la calidad del producto y reducir los riesgos ambientales de contaminación. Tiene tres propósitos fundamentales: 1) identificación del causante del crecimiento o problemas de calidad asociados con aplicaciones de fertilizantes; 2) identificación de potenciales problemas nutricionales; y 3) verificación de que el manejo nutricional es adecuado y apropiado, previniendo aplicaciones innecesarias de nutrientes

(van Iersel *et al.*, 1998). A pesar de la importancia del diagnóstico nutricional en plantines de especies anuales, existe poca información aplicable a plantas ornamentales. La mayor parte de los trabajos se centra en las aplicaciones de fertilizantes con escasa atención de los niveles de nutrientes en el tejido vegetal (Styer & Koranski, 1997). El análisis tisular brinda información de deficiencias o de toxicidades permitiendo ajustes en las prácticas de fertilización.

El **objetivo** de en este capítulo 8 es evaluar el efecto del tipo y dosis de fertilizante sobre el crecimiento, desarrollo y estado nutricional del cultivo, desde el trasplante a la floración.

8.2. Material y métodos

Las condiciones de cultivo, sistema de riego y fechas de muestreo fueron las descritas en el capítulo 3. Se utilizó como sustrato el suelo orgánico (SO) descrito en el capítulo 7 y el agua de riego de napa freática (NF) en el capítulo 5.

Se evaluaron dos tipos de fertilizantes,

- a) **Fertilizante GC:** Convencional granulado soluble Triple 15 (Siempre Verde Rox Lis. SRL Grado equivalente: 15-15-15)
- b) **Fertilizante LL:** de Liberación lenta (Multicote Haifa Chemicals Controlled Release Fertilizer Grado equivalente: 17-17-17)

Los requerimientos nutricionales de las petunias comerciales fueron recopilados por Nelson (1985). Whipker *et al.* (2001) consideró que plantas con altos requerimientos nutricionales requieren elevadas dosis de N para lograr plantas de calidad. Frett *et al.* (1985) incluyó al cultivo de petunia dentro de este grupo. Por tanto, las dosis empleadas fueron calculadas principalmente en base a los requerimientos de N de la planta de petunia (Cox, 2003; Röber & Schacht, 2008) a lo largo de su ciclo.

- a) **Dosis 0:** 0 ppm de N-P-K
- b) **Dosis npk:** 300 ppm de N-P-K
- c) **Dosis NPK:** 600 ppm de N-P-K

La fertilización se realizó a la vez que el trasplante de la bandeja de cultivo al contenedor definitivo. Se ajustó por consiguiente, al volumen del contenedor de 2 litros de capacidad y a la cantidad de 3 plantas trasplantadas a cada uno de ellos.

Las plantas se muestrearon a los 15, 30 y 45 días del transplante. Las variables evaluadas fueron peso seco, peso fresco, área foliar, número de flores/planta, contenido de clorofila, intensidad de coloración de la flor y contenidos de nitrógeno total, calcio, magnesio, potasio, sodio y fósforo en la planta (Tabla 9.1). Las técnicas para la determinación de estas variables se encuentran descritas en el capítulo 3.

La factorización del experimento fue de 2 tipos de fertilizante x 3 dosis x 3 repeticiones (macetas). Se utilizó un diseño estadístico completamente aleatorizado, variándose la disposición de las macetas diariamente para evitar el efecto bordura, y el análisis estadístico se realizó mediante comparación de medias con el test de Duncan, con niveles de significación $\leq 0,5\%$ (SAS Institute, 2002-2008).

8.3. Resultados y discusión

8.3.1. Determinaciones sobre el material vegetal

8.3.1.2. Peso Fresco

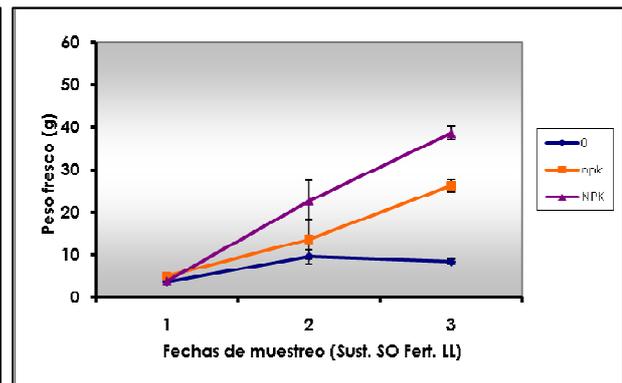
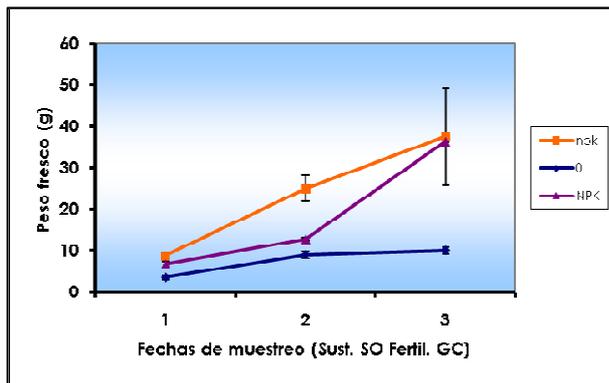
El PF de los tratamientos analizados en este capítulo, varió entre 3,56 y 38,55 g (Figuras 8.1 y 8.2). No se observaron diferencias estadísticamente significativas a favor del fertilizante GC respecto al LL cuando se compararon iguales aportes de fertilización de base.

Se pudo apreciar que la respuesta estuvo condicionada por la interacción de factores: tipo de fertilizante, dosis empleada y fecha de muestreo (Tabla 8.1). Pereyra *et al.* (2004) citan que el efecto de un factor es un cambio en la respuesta producida por un cambio en el nivel del factor. Cuando la diferencia en la respuesta entre los niveles de un factor no es la misma para todos los niveles de los otros factores, estos interactúan entre sí.

Tabla 8.1. Efectos principales del tipo de fertilizante, dosis y fecha de muestreo sobre las variables de crecimiento y desarrollo y nutricionales.

Efecto principal del tratamiento	VARIABLES MEDIDAS											
A.Tipo de fertilizante	PF (g)	PS (g)	AF (cm ²)	FPP (Flores)	Nt (%)	P (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Na (%)	Clorof (SPAD)	Color. (valor L)
GC	16,68a	2,57a	254,54a	4,60a	2,45a	0,25a	1,11a	0,26a	4,14a	0,88b	33,36b	26,11b
LL	14,57a	2,05b	208,70b	4,50b	2,53a	0,27a	1,06 a	0,24b	4,14a	1,00a	34,75a	31,29a
P	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	*	*
B.Dosis												
0	7,29b	1,02c	130,14c	2,98b	1,53c	0,30a	0,72b	0,26a	3,88b	0,82b	29,50b	31,54a
nPK	19,39a	2,39b	273,23b	5,22a	2,66b	0,23b	1,22a	0,26a	3,80b	0,99a	36,38a	27,34a
NPK	20,20a	3,52c	291,49a	5,45a	3,29a	0,24b	1,32a	0,26a	4,72a	1,02a	36,29a	27,22a
P	***	***	***	***	***	**	***	ns	***	**	***	ns
C.Fecha de muestreo												
1	5,26c	0,71c	127,28c	0,39c	2,39a	0,25a	1,30a	0,28a	3,20c	0,88b	33,51a	24,32b
2	15,41b	2,17b	262,37b	3,08b	2,43b	0,28a	0,96b	0,26b	4,18b	0,92b	35,04a	29,90a
3	26,20a	4,06a	305,21a	10,18a	2,66c	0,24a	1,02b	0,22b	5,02a	1,04a	33,63a	31,89a
P	***	***	***	***	ns	ns	***	**	***	**	ns	**
D. Interacción												
AXB	**	**	ns	ns	ns	ns	*	**	ns	**	*	ns
AXC	ns	*	ns	ns	**	*	**	*	**	**	ns	**
BXC	***	***	***	***	ns	***	***	***	*	***	***	ns
AXBXC	*	***	***	ns	***	*	ns	ns	ns	***	***	ns

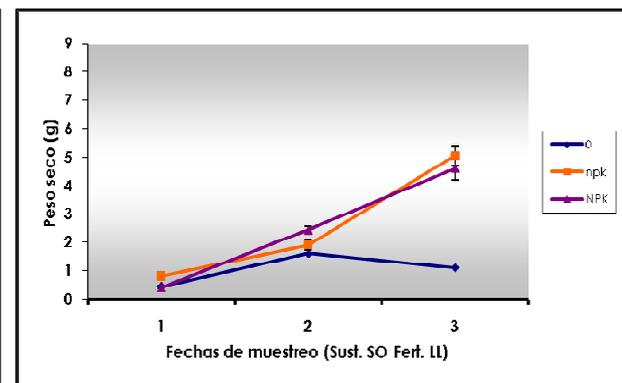
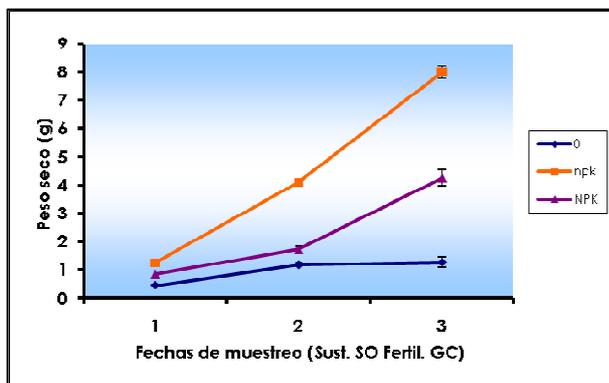
P: nivel de significación. ns, *, ** y *** indican diferencias no significativas o estadísticamente significativas a $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$ y $P \leq 0,001$, respectivamente. Valores en columna sin letra común difieren estadísticamente a $P \leq 0,05$ (test de Duncan)



Figuras 8.1 y 8.2. Evolución del peso fresco de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.)

8.3.1.2. Peso Seco

Cuando se analizaron las medias de PS, se observó que estas variaron entre 0,47 y 8,01 g (Figuras 8.3 y 8.4). Como en la variable anterior se pudo apreciar valores significativamente superiores de PS cuando las plantas crecieron con fertilizante GC. Como en el caso anterior se observaron interacciones entre los factores analizados: tipo de fertilizante, dosis aplicada y fecha de muestreo (Tabla 8.1).

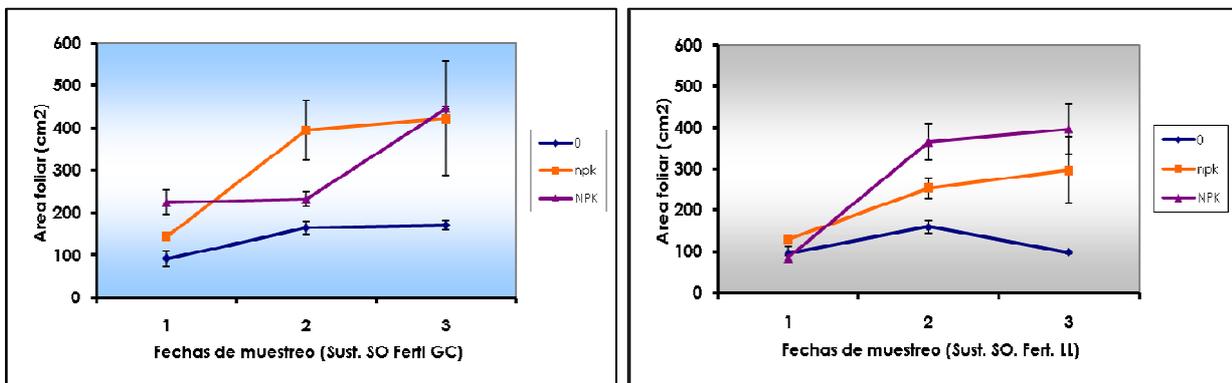


Figuras 8.3 y 8.4. Evolución del peso seco de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.)

8.3.1.3. Área foliar

Los valores promedio de AF medidos en las plantas de petunia a lo largo del período de ensayo variaron entre 83,59 y 446,99 cm² (Figuras 8.5 y 8.6). Como en las variables PF y PS, el AF fue mayor cuando las plantas fueron fertilizadas con GC. Con dosis npk y NPK, no hubo diferencias cuando se llegó a la fecha 3.

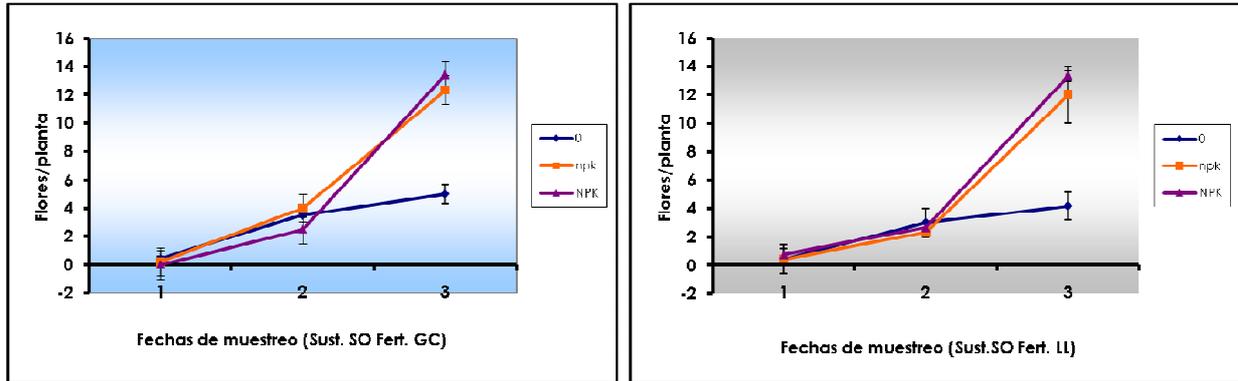
Para el fertilizante LL, las plantas respondieron al aporte progresivo de nutrientes mostrando mayores registros en las fechas 2 y 3. También se observaron para el AF interacciones entre tipo, dosis de fertilizante y la fecha de muestreo. (Tabla 8.1).



Figuras 8.5 y 8.6. Evolución del área foliar de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.)

8.3.1.4. Flores/planta

El conteo de FPP osciló entre 0,22 y 13,43 (Figuras 8.7 y 8.8). Este fue el único parámetro que no demostró diferencias entre tipo y dosis de fertilizante ya que los valores fueron aproximadamente iguales entre sí. Sólo en los tratamientos 0 (testigos) en la última fecha de muestreo, el número de FPP fue significativamente menor que para las dosis npk y NPK. El aporte de nutrientes vía fertilización, condicionó por tanto, la cantidad de flores desarrolladas en la planta.



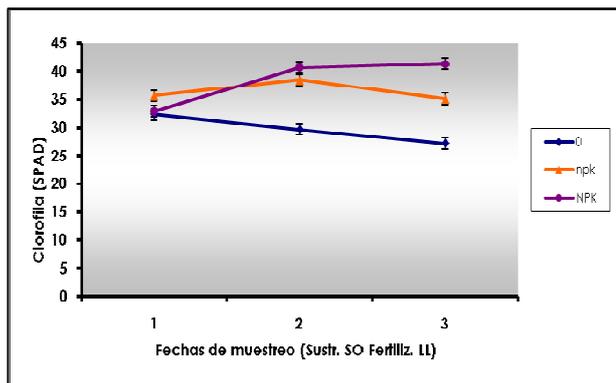
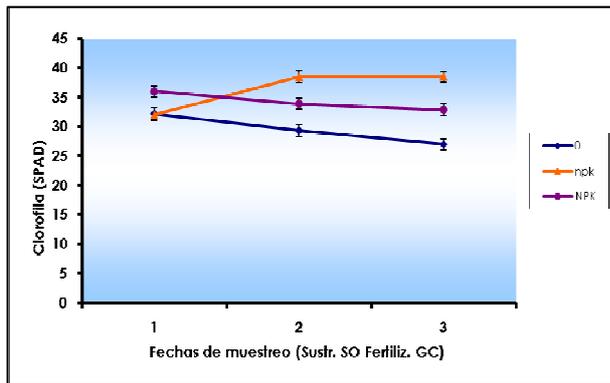
Figuras 8.7 y 8.8. Evolución del número de flores/planta de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.)

Como observación final respecto al crecimiento (variables PF, PS, AF y FPP) se podría afirmar que las plantas de petunia tuvieron mayor respuesta en el crecimiento a la disponibilidad inmediata de nutrientes del fertilizante GC que a la liberación progresiva de nutrientes del LL. Estos resultados coincidirían con las afirmaciones de Whipker *et al.* (2001) con referencia a los altos requerimientos nutricionales de la petunia, sobre todo de nitrógeno.

8.3.1.5. Contenido de clorofila

El contenido de Clorofila, medido por el método SPAD, arrojó valores comprendidos entre 26,97 y 41,35 unidades SPAD (Figuras 8.9 y 8.10). Las diferencias fueron significativas al comparar los dos tipos de fertilizantes y las tres dosis aplicadas al sustrato SO. Para el fertilizante GC, las mediciones hacia el fin del período de ensayo fueron superiores para la dosis npk, cuyo valor se incrementó a partir de la fecha 1 y se mantuvo aproximadamente constante en los siguientes 15 días. Igual comportamiento mostró el LL con dosis NPK. La liberación lenta de nutrientes condujo a un mayor contenido de pigmento cuando se dio por finalizado este trabajo.

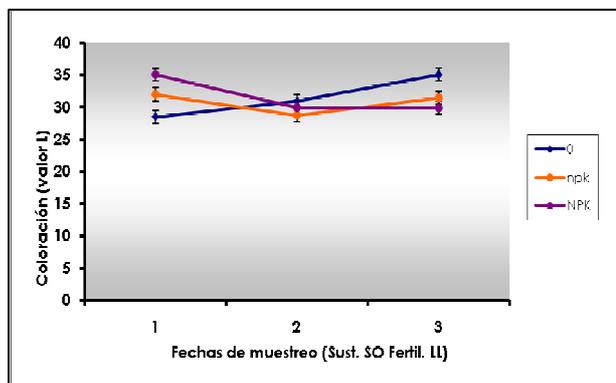
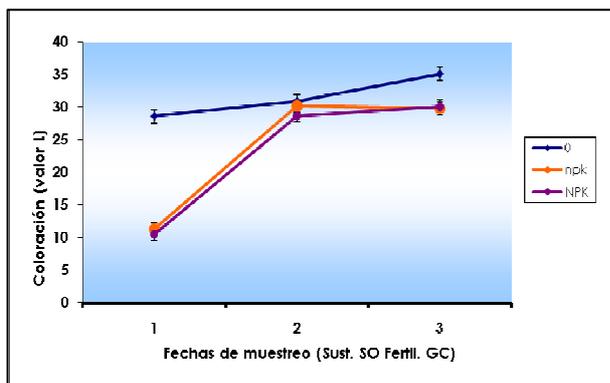
De todas formas, y como se puede apreciar en la Tabla 8.1, la respuesta de la planta estuvo condicionada a la interacción entre tipo, dosis de fertilizante y fecha en la que se realizaron las observaciones.



Figuras 8.9 y 8.10. Evolución del contenido de clorofila de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.)

8.3.1.6. Intensidad de coloración de la flor

Las mediciones de intensidad de coloración de la flor variaron entre valores de L de 10,47 y 35,09 (Figuras 8.11 y 8.12). Se registraron diferencias de comportamiento entre los dos fertilizantes empleados. Dicho parámetro fue significativamente menor cuando se consideraron las dosis npk y NPK para el fertilizante GC en la fecha 1 de muestreo. Para dosis 0 la intensidad de coloración registró valores y evolución similar para los 2 tipos de fertilizante.

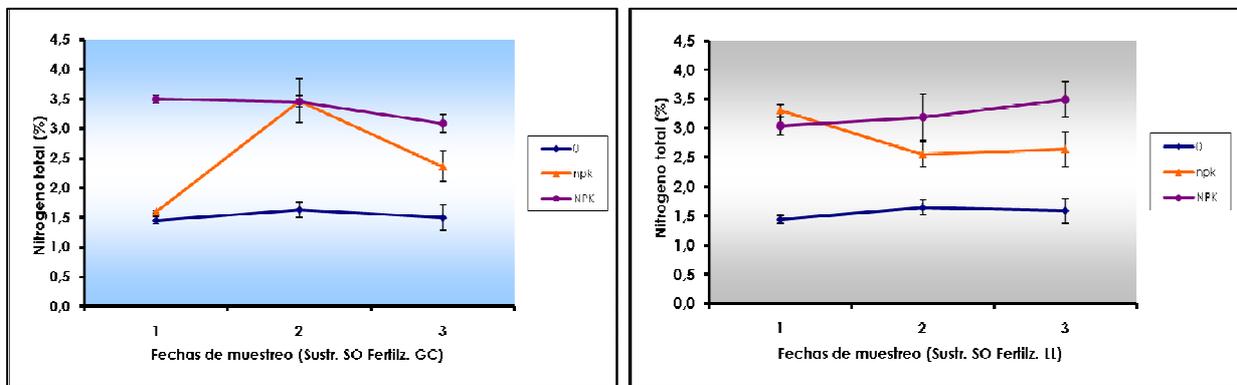


Figuras 8.11 y 8.12. Evolución de la intensidad de coloración de la flor de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.)

8.3.1.7. Análisis nutricional del vegetal

8.3.1.7.1. Contenido de Nitrógeno

Los contenidos de Nt en el tejido foliar se hallaron en un rango comprendido entre 1,44 y 3,49% (Figuras 8.13 y 8.14). Se observaron diferencias en la concentración de Nt para los dos tipos de fertilizante respecto a la dosis aplicada a lo largo del período de ensayo. Asimismo esta variable estuvo sujeta a las interacciones entre el tipo, la dosis de fertilizante y la fecha de muestreo (Tabla 8.1). Según Mills & Benton Jones (1996) y Röber & Schacht, (2008), la totalidad de los valores hallados en la hoja, empleando el sustrato SO se encontraron por debajo del rango recomendable para esta especie.

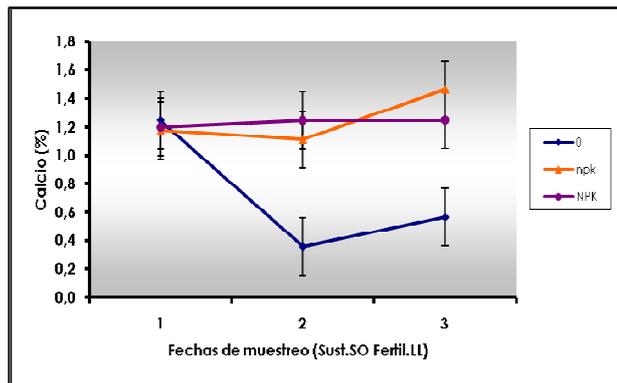
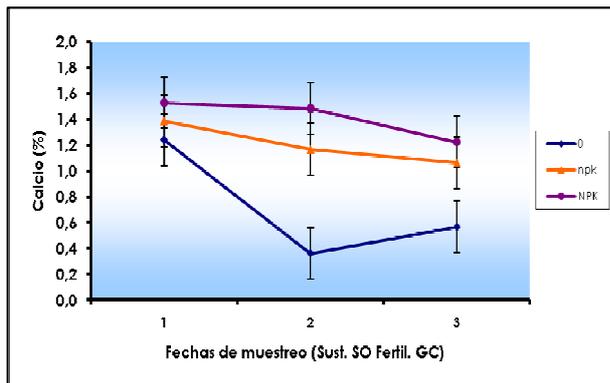


Figuras 8.13 y 8.14. Evolución del contenido de nitrógeno total de plantas de *Petunia* con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.)

8.3.1.7.2. Contenido de Calcio

Los contenidos de Ca^{2+} oscilaron entre 0,36 y 1,52% (Figuras 8.15 y 8.16). Se presentaron diferencias entre la dosis 0 y las dosis npk y NPK en la segunda y tercera fecha de muestreo en los dos tipos de fertilizante. También en este caso, se encontró que los resultados de contenido de calcio estaban sujetos a interacciones entre el tipo y la dosis de fertilizante (Tabla 8.1).

Sólo los tratamientos 0 (testigo) para la fecha 2 y 3, se encontraba por debajo de las concentraciones mínimas recomendadas para un óptimo crecimiento del cultivo (Mills & Benton Jones, 1996 y Röber & Schacht, 2008).

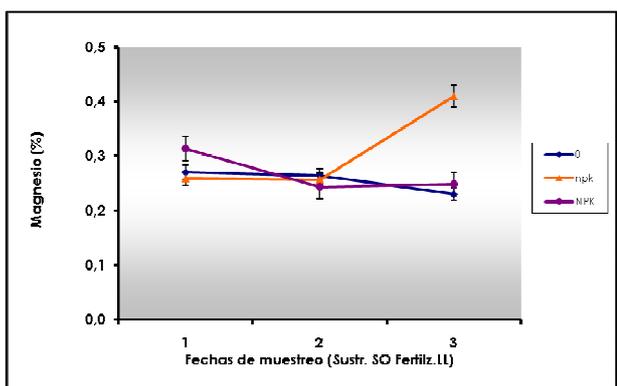
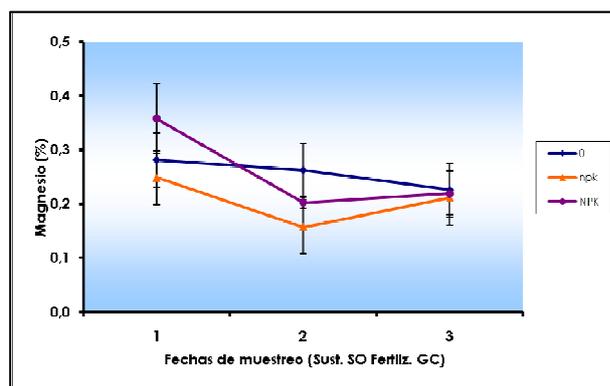


Figuras 8.15 y 8.16. Evolución del contenido de calcio de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.)

8.3.1.7.3. Contenido de Magnesio

Los resultados del análisis foliar para el contenido de Mg^{2+} variaron en un rango comprendido entre 0,16 y 0,41% (Figuras 8.17 y 8.18). Los contenidos iniciales y para la fecha 2 de muestreo presentaron diferencias significativas cuando se analizaron las plantas fertilizadas con GC. Cuando el fertilizante LL proveyó los nutrientes, sólo la dosis npk hacia el fin del ensayo mostró diferencias en la concentración de Mg^{2+} en el tejido foliar.

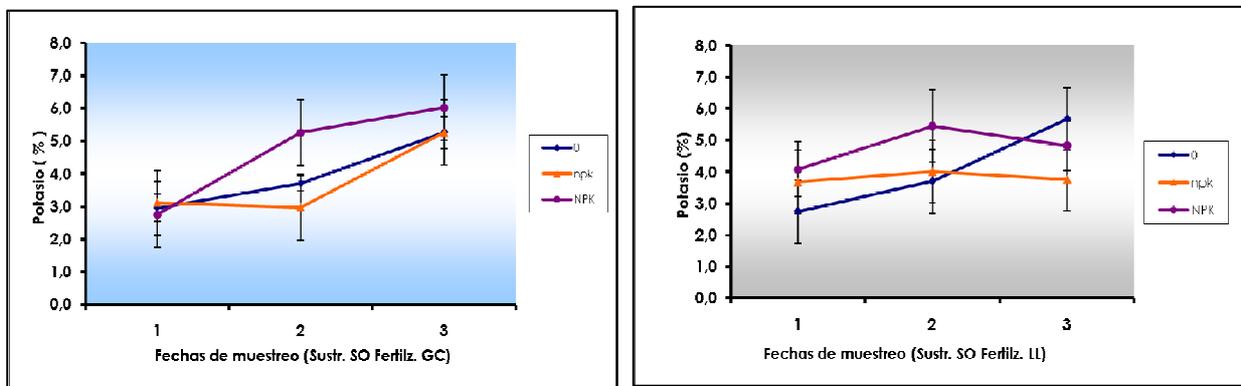
Sólo 2 de los valores hallados en la planta de petunia se encontraron incluidos dentro del rango recomendado (Mills & Benton Jones, 1996 y Röber & Schacht, 2008). Como en casos anteriores, se encontró que los resultados de contenido de magnesio estaban sujetos a interacciones entre tipo y dosis de fertilizante (Tabla 8.1).



Figuras 8.17 y 8.18. Evolución del contenido de magnesio de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.)

8.3.1.7.4. Contenido de Potasio

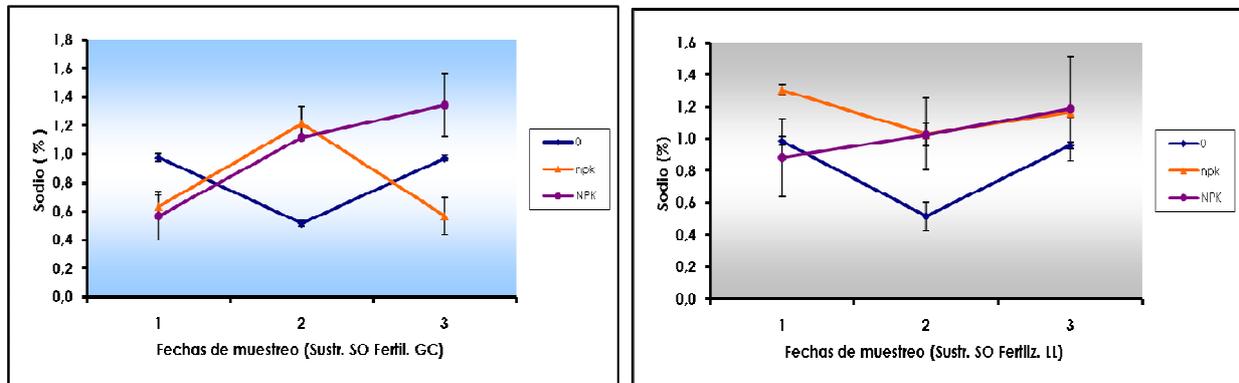
La concentración de K⁺ en la hoja de petunia varió entre 2,75 y 5,45 %. (Figuras 8.19 y 8.20). A pesar que el contenido inicial de este catión en aquellas plantas que se fertilizaron con GC, no mostraron diferencias estadísticamente significativas, en fechas posteriores se observó una respuesta superior en los tratamientos NPK respecto a los 0 y npk. La tendencia de este nutriente en el tratamiento GC fue hacia un aumento de su contenido en planta en el tiempo. Esta tendencia sólo se dio en el fertilizante LL en la dosis 0.



Figuras 8.19 y 8.20. Evolución del contenido de potasio de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.)

8.3.1.7.5. Contenido de Sodio

Para este nutriente considerado como no esencial para las plantas, la concentración en el tejido foliar osciló en un intervalo comprendido entre 0,52 y 1,34 %. Se apreció diferente concentración de sodio según la dosis de fertilizante aplicado y la fecha en que se realizó la toma de muestra (Figuras 8.21 y 8.22). Los resultados de contenido de sodio estuvieron sujetos a interacciones entre el tipo, la dosis de fertilizante y la fecha de muestreo (Tabla 8.1).



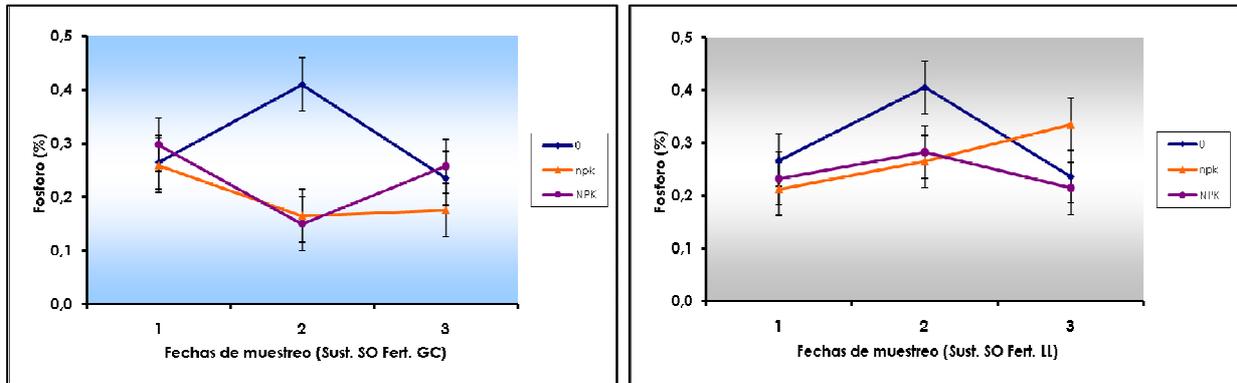
Figuras 8.21 y 8.22. Evolución del contenido de sodio de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.)

8.3.1.7.6. Contenido de Fósforo

La concentración de P en la hoja de petunia varió entre 0,17 y 0,30% (Figuras 8.23 y 8.24). Los valores fueron superiores para la fertilización con GC en la primera fecha y para la fertilización LL en la segunda fecha.

Llamativamente los mayores registros medios para esta fecha correspondieron a tratamientos sin fertilización. Como se discute en el capítulo 10, el aumento del pH ocasionado por la calidad del agua NF, podría haber causado una baja disponibilidad del P brindado por los fertilizantes. El efecto posiblemente haya sido mayor cuando la solubilización del fertilizante fue inmediata (GC). El contenido de de fósforo estuvo sujeto a interacciones entre el tipo, la dosis de fertilizante y la fecha de muestreo (Tabla 8.1).

Ninguno de estos contenidos se acercó al mínimo recomendado por Mills & Benton Jones (1996) y Röber & Schacht (2008).



Figuras 8.23 y 8.24. Evolución del contenido de fósforo de plantas de Petunia con diferentes regímenes de fertilización en las 3 fechas de muestreo, empleando dos tipos de fertilizante: GC (izq.) y LL (der.)

8.3.2. El suelo orgánico como sustrato

Ya se han comentado y discutido brevemente en el capítulo anterior, las características del suelo orgánico (SO) empleado como sustrato en relación a sus propiedades físicas (porosidad total, porosidad de aire, tamaño y forma de partícula y forma y altura del recipiente empleado) y químicas.

En rasgos generales, para el sustrato SO, la pérdida de porosidad total y aquella correspondiente a la porosidad de aire fue más importante que la provisión de nutrientes, para determinar los valores medidos en los parámetros de crecimiento PF, PS, AF y FPP. Valenzuela & Gallardo (2003) se refieren al suelo como un material inadecuado para su empleo como sustrato en contenedores y basan esta afirmación en su bajo porcentaje de espacio poroso, que generalmente no supera más del 50% (valores coincidentes con los obtenidos en este ensayo). Por otra parte, con contenidos hídricos altos se caracteriza por tener una muy baja proporción de poros con aire.

Las características propias de cada fertilizante respecto a su disponibilidad (rápida o progresiva) para el cultivo y la cantidad de nutrientes aportada por cada uno de ellos definieron situaciones particulares en cada variable analizada.

La presencia de interacciones entre el tipo de fertilizante, la dosis y la fecha de observación, dificultó en todas las situaciones poder efectuar un análisis integral de la respuesta de la planta cultivada en suelo orgánico.

8.4. Conclusiones

Para las condiciones impuestas en el ensayo de tipo de fertilizante y dosis empleada, se pudo comprobar que la respuesta de la planta de petunia dependió mayormente de la rápida disponibilidad de nutrientes, sobre todo en los primeros quince días tras el trasplante. Por lo tanto, se apreciaron ventajas comparativas del fertilizante GC respecto al LL, que principalmente se manifestaron en el crecimiento (PF, PS y AF). Se debe tener en cuenta que se minimizaron las pérdidas por lixiviación a causa del sistema de riego implementado.

El resto de las variables analizadas en este capítulo, mostraron en general, diferencias entre ambos tipos de fertilizante, estando su valor condicionado por la fecha de observación y por la dosis aplicada.

Más allá de las altas exigencias nutrimentales de petunia y de la importancia de la concentración inicial de nutrientes presentes en la solución, las propiedades físicas del sustrato cumplieron un rol fundamental en los resultados obtenidos. La porosidad total, la de aire y las características propias de las partículas del suelo parecieron determinar no sólo las condiciones para el crecimiento y desarrollo, sino también la absorción y la evolución del contenido de nutrientes a lo largo del período de ensayo.

CAPITULO 9

Análisis de la contribución relativa del sustrato, fertilizante, calidad del agua de riego y fecha de muestreo al crecimiento, desarrollo y estado nutricional del cultivo de petunia desde el trasplante a la floración



9. Análisis de la contribución relativa del sustrato, fertilizante, calidad del agua de riego y fecha de muestreo al crecimiento, desarrollo y estado nutricional del cultivo de petunia desde el trasplante a la floración

9.1. Introducción

En estudios sobre propiedades físicas, químicas o biológicas de los sustratos las variables suelen compararse una a una siguiendo procedimientos de tipo paramétrico (Abad et al., 2005; Bilderback *et al.*, 2005; Goh and Haynes, 1977; Hernández-Apaolaza *et al.*, 2005). Algunos autores, escogen el análisis multivariante ya que permite considerar simultáneamente conjuntos de variables (Broschat, 1979; Doi & Sakurai, 2004; Iezzoni & Pritts, 1991). Dentro del análisis multivariante destacan el análisis en componentes principales y el análisis en conglomerados jerárquicos, que no requieren premisas referentes al tipo de distribución. Algunos autores hacen uso simultáneamente de ambos métodos, por ejemplo para identificar clases de hábitat basándose en variables edáficas (Bredenkamp et al., 1983) o para agrupar mezclas de sustratos y poder comparar los grupos entre sí (Blythe and Merhaut, 2007). El análisis en componentes principales reduce la dimensionalidad de los datos multivariantes generando nuevas variables no correlacionadas a partir de las originales. Estas nuevas variables se pueden utilizar como variables de entrada del análisis en conglomerados. El análisis en conglomerados jerárquicos, por su parte, subraya las características que son homogéneas dentro de un grupo y que lo diferencian de otro grupo permitiendo calcular el grado de heterogeneidad o distancia entre grupos.

Como fue analizado en los capítulos anteriores, el crecimiento de plantas de petunia estuvo influido principalmente por el tipo de sustrato, la fecha de observación y la fertilización, en tanto que la calidad del agua de riego no mostró gran impacto (Cap. 6, 7 y 8). El objetivo de este estudio fue aplicar el análisis de componentes principales combinado con el análisis en conglomerados jerárquicos para:

1. sistematizar el estudio del efecto del sustrato, tipo y dosis de fertilizante y tipo de agua de riego en el desarrollo de petunia,
2. clasificar jerárquicamente los tratamientos (tipo de sustrato, tipo y dosis de fertilizante, tipo de agua de riego y fecha de muestreo) atendiendo al efecto que producen en el desarrollo y estado nutricional de la planta
3. ejemplificar la aplicación de este tipo de análisis como herramienta para el asesoramiento de floricultores en el manejo de petunia.

9.2. Material y métodos

Las plantas de petunia seleccionadas para este experimento y el manejo del cultivo se describen en el capítulo 3. Las propiedades físicas y químicas de los sustratos empleados se detallan en el capítulo 7 y los análisis químicos de los tipos de agua de riego en el capítulo 5 (Tabla 5.3: napa freática NF de ruta 4 UNLZ y agua desionizada AD).

- Diseño experimental

Los tratamientos consistieron en:

1. Tres tipos de sustratos con características diferentes: sustrato orgánico SO, mezcla para plantín MPP, y fibra de coco FDC
2. Dos tipos de fertilizante: granulado convencional GC y de liberación lenta LL. Las características están descritas en el capítulo 8.
3. Tres dosis de fertilizante: testigo 0, dosis baja npk y dosis alta NPK. Las cantidades de cada fertilizante y la formulación química se recogen en el capítulo 8.
4. Dos tipos de agua de riego: agua de pozo o napa freática NF y agua desionizada AD.
5. Tres fechas de muestreo: a los 15 días del trasplante desde el semillero, 1ª fecha de muestreo, a los 30 días, 2ª fecha de muestreo y a los 45 días, 3ª fecha de muestreo. La justificación de las fechas de muestreo se recoge en el capítulo 3.

La factorización de tratamientos resultó en:

3 tipos de sustratos x 2 tipos de fertilizante x 3 dosis de fertilizante x 2 tipos de agua de riego x 3 fechas de muestreo, es decir, 108 tratamientos.

Se montaron 3 repeticiones por tratamiento y las 324 macetas se dispusieron en un diseño estadístico completamente aleatorizado rotatorio, de manera que se variaba la disposición de las macetas cada día para evitar el efecto bordura.

Las 12 variables medidas en cada muestreo se recogen en la Tabla 9.1.

Tabla 9.1. Variables iniciales medidas en la planta de petunia y su correspondiente unidad de medición

Variable	Unidad
Peso fresco	gramos (g)
Peso seco	gramos (g)
Area Foliar	cm ²
Fósforo	%
Calcio	%
Magnesio	%
Potasio	%
Sodio	%
Nitrógeno total	%
Clorofila	SPAD
Flores/planta	flores
Intensidad de coloración de la flor	Índice de luminosidad L

El estudio estadístico, siguiendo los objetivos propuestos para este estudio, se basó, en primer lugar en el análisis en componentes principales para determinar el mínimo número de factores necesarios que justifican la porción máxima de varianza representada en la serie de 12 variables cuantitativas originales y, en segundo lugar, y, a partir de los factores obtenidos en el análisis de componentes principales, se agruparon los tratamientos según el método de análisis en conglomerados jerárquicos empleando el método de Ward. El número de agrupamientos se seleccionó en base al dendrograma de formación de conglomerados y mediante análisis discriminante posterior, empleando la tasa de validación cruzada (SAS Institute, 2002-2008).

Además se realizó un análisis de correlación entre las 12 variables dentro de cada grupo resultante del análisis en conglomerados para poder profundizar en aspectos fisiológicos del cultivo.

Los resultados se exponen y discuten organizados por componente principal y dentro de ella por grupo. Las correlaciones significativas entre las variables de cada grupo se presentan distribuidas en los cinco componentes principales.

9.3. Resultados y discusión

9.3.1. Metodología empleada y criterios de selección

Se efectuó un primer análisis individual de cada variable mediante ANOVA, trabajándose con un nivel de significación $\alpha = 5\%$. Para la separación de medias se utilizó el test de Duncan. En

esta primera evaluación variable a variable mediante arreglo factorial, se observaron interacciones del más alto orden (5° orden) estadísticamente significativas, en una elevada proporción de las 12 variables (Anexo II Tablas II.1 a la II.12).

Debido al grado de interacción entre tratamientos, se implementaron técnicas de análisis multivariado (Seber, 1984; Johnson & Wichern, 1992). Dichos análisis tuvieron como objeto, por un lado reducir la dimensionalidad de las respuestas logrando independencia entre los factores y por otro obtener grupos homogéneos de tratamientos para facilitar la interpretación, que se centra en aspectos agronómicos del ensayo (Khattree & Naik, 2000).

Se realizó análisis en Componentes Principales, a fin de determinar el mínimo número de factores necesarios para justificar la porción máxima de la varianza representada en la serie de 12 variables cuantitativas originales. A partir de los factores obtenidos se realizó un estudio de agrupamiento de los tratamientos empleando el método de Ward. El número de agrupamientos no sólo se seleccionó en base al dendrograma sino también mediante un análisis discriminante posterior empleando la tasa de validación cruzada (Anexo III Tabla III.1. y Figuras III.1 a la III.7).

Se procedió en una primera instancia al cálculo inicial de 4, 5 y 6 factores independientes que explicaban el 76, 81 y 86% de la varianza, es decir, entre el 70 y el 90% de la varianza total, tal como se recomienda en la literatura (Peña, 2002; Jolliffe, 2002). La agrupación con más sentido agronómico fue la de cinco factores. La varianza total explicada por cada uno de dichos factores una vez efectuada la rotación Varimax se resume en la Tabla 9.2.

Tabla 9.2. Determinación del número de factores independientes necesarios para justificar la porción máxima de la varianza para las 12 variables iniciales mediante autovalores de la matriz de correlación

Nº Factores	Autovalor	Diferencia	Proporción	Varianza acumulada
1	4,16230928	1,92816896	0,3469	0,3469
2	2,23414031	0,87377972	0,1862	0,5330
3	1,36036060	0,25367058	0,1134	0,6464
4	1,10669001	0,22532812	0,0922	0,7386
5	0,88136190	0,20692430	0,0734	0,8121
6	0,67443760	0,15445914	0,0562	0,8683
7	0,51997845	0,03036550	0,0433	0,9116
8	0,48961295	0,21768929	0,0408	0,9524
9	0,27192366	0,10442811	0,0227	0,9751
10	0,16749555	0,05494450	0,0140	0,9890
11	0,11255105	0,09341241	0,0094	0,9984

*Número total de variables 12

Como puede apreciarse en la Tabla 9.3. las 12 variables analizadas en el ensayo quedaron reducidas a 5 factores, que **explicaron un 81,21 % de la varianza total.**

Tabla 9.3. Patrón de factores rotados Varimax correspondiente a las 12 variables analizadas y sus correspondientes valores de correlación

Variable						
PF	m1	96*	13	11	-5	2
PS	m2	93*	15	7	-5	-7
AF	m3	92*	22	12	-6	2
N° Flores	m11	89*	-4	6	-12	4
Ca	m5	17	76*	-18	14	-16
Clorofila	m10	27	75*	28	-15	-5
Nt	m9	4	73*	49*	16	13
Coloración	m12	9	17	86*	-6	-16
K	m7	20	-5	63*	25	29
P	m4	-7	-2	18	90*	-3
Mg	m6	-28	47*	-16	62*	13
Na	m8	0	-6	2	1	97*

En la Tabla 9.4. se resume la agrupación de variables tras aplicar el método de Rotación ortogonal por el criterio Varimax y el porcentaje de varianza explicada por cada uno de los 5 componentes.

Tabla 9.4. Nuevas variables (Componentes principales: CP) obtenidas a partir de las 12 variables originales

COMPONENTE PRINCIPAL	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
	PF	Nt	K	P	Na
	PS	CLOROFILA	COLORACION	Mg	
	AF	Ca			
	FPP (*)				
VARIANZA EXPLICADA	34,7 %	18,6%	11 %	9%	7%

(*) FPP: n° de flores/planta

Como resultado final se pudo observar que dentro del:

- **CP1:** quedaron incluidas las variables de crecimiento y desarrollo PF, PS, AF y FPP, que explicaban el **34,7 %** de la varianza total
- **CP2:** incluyó las variables contenido de nitrógeno y de calcio, macronutrientes que, junto con el potasio, que se incluye en el CP3, suelen encontrarse en mayor concentración en la planta y que tienen funciones estructurales y de regulación, y el contenido en clorofila, estrechamente relacionado con el contenido en nitrógeno total. Este factor explicó el **18,6 %** de la varianza total

- **CP3:** incluyó las variables contenido en K, nutriente esencial con funciones de cofactor enzimático y de regulador osmótico e intensidad de coloración de la flor. Este factor explicó el **11 %** de la varianza total
- **CP4:** incluyó las variables contenido en fósforo y contenido en magnesio. Ambos nutrientes presentan rangos óptimos similares en cuanto a su requerimiento por las plantas. Este factor explicó el **9 %** de la varianza total.
- **CP5:** Este factor incluyó la variable contenido en sodio. Este nutriente no se considera esencial para las plantas en general. CP5 explicó el **7 %** de la varianza total.

El dendrograma ilustrativo de la obtención conglomerados o grupos jerárquicos se muestra en la Figura 9.1. En este caso tanto el análisis en 4 como el análisis en 5 conglomerados cumplen lo aceptado en la literatura (Peña, 2002). La decisión de tomar 5 conglomerados se basó en que con 4 el grupo "MPP – fecha 1" quedaba incluido en el "SO Fert + MPP fecha 2 y 3" siendo que para los componentes principales 1 y 2 este grupo de plantas presentó desde el inicio características diferenciales, como se verá más adelante en la discusión.

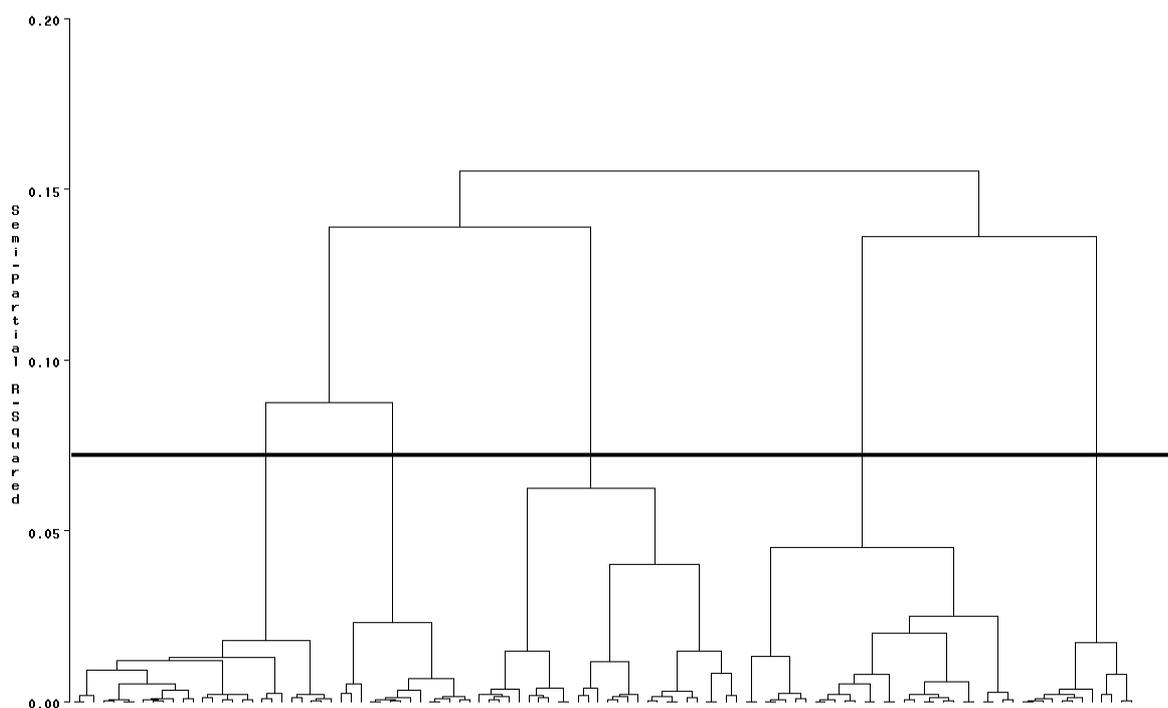


Figura 9.1. Dendrograma que muestra los cinco grupos jerárquicos determinados para los 108 tratamientos (3 sustratos x 2 tipos de fertilizante x 3 dosis de fertilizante x 2 tipos de agua de riego x 3 fechas de muestreo) con la suma de cuadrados entre grupos en cada paso de la formación de los grupos.

El conjunto de observaciones graficadas con las dos primeras coordenadas canónicas, que muestran la mayor discriminación entre los grupos, quedaron gráficamente distribuidas según se muestra en la Figura 9.2.

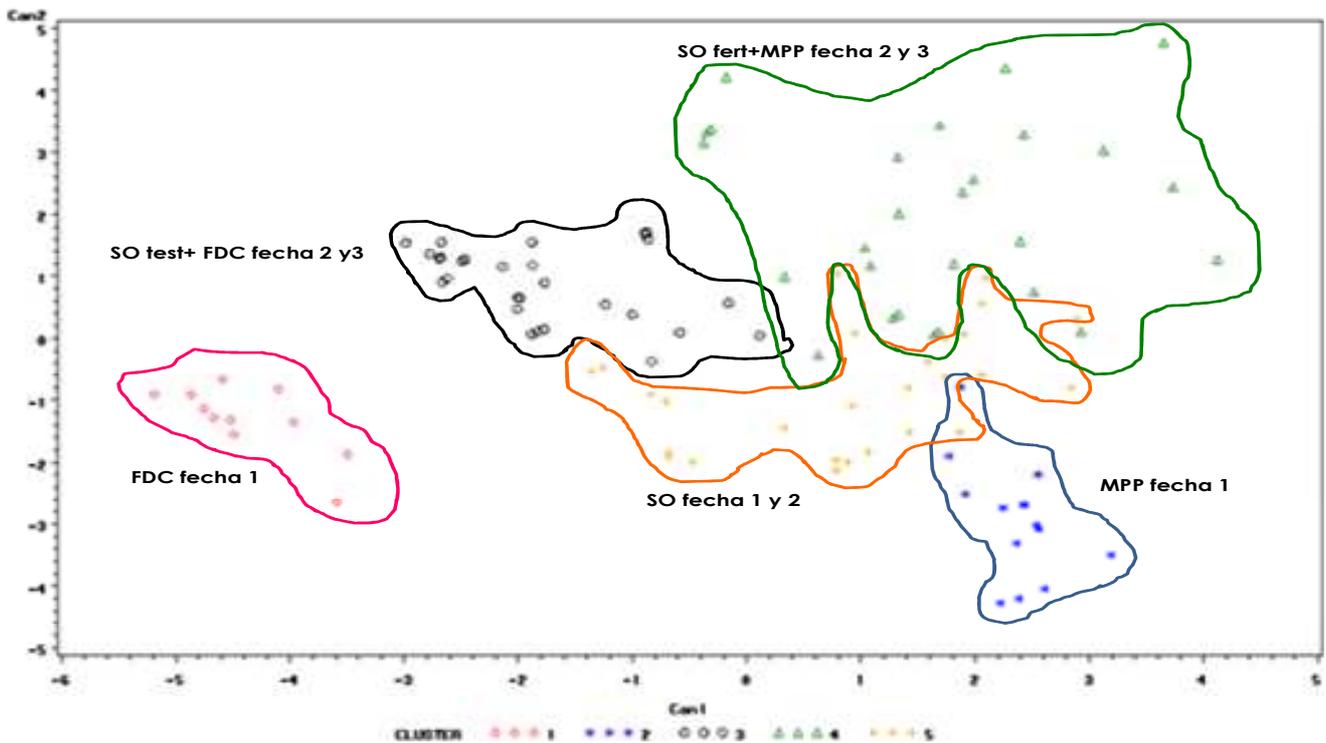


Figura 9.2. Distribución de las observaciones del ensayo agrupadas en 5 grupos jerárquicos. Los grupos se denominaron de acuerdo al sustrato y la fecha de muestreo predominantes.

Los tratamientos que contiene cada grupo se recogen en las tablas 9.5, 9.6, 9.7, 9.8 y 9.9.

Tabla 9.5. Tratamientos reunidos dentro del Grupo “FDC- 1”*

sustrato	fertilizante	dosis	agua	fecha
FDC	GC	0	NF	1
FDC	LL	0	NF	1
FDC	LL	npk	AD	1
FDC	LL	NPK	AD	1
FDC	GC	NPK	NF	1
FDC	GC	NPK	AD	1
FDC	LL	NPK	NF	1
FDC	LL	0	AD	1
FDC	LL	npk	NF	1
FDC	GC	0	AD	1
FDC	GC	npk	NF	1
FDC	GC	npk	AD	1

(*) Cada grupo fue denominado de acuerdo al sustrato y la fecha de muestreo predominantes

Tabla 9.6. Tratamientos reunidos dentro del Grupo “MPP- 1”*

sustrato	fertilizante	dosis	agua	fecha
SO	GC	NPK	NF	1
MPP	GC	0	NF	1
MPP	GC	0	AD	1
MPP	GC	npk	NF	1
MPP	GC	npk	AD	1
MPP	GC	NPK	NF	1
MPP	GC	NPK	AD	1
MPP	LL	0	NF	1
MPP	LL	0	AD	1
MPP	LL	npk	NF	1
MPP	LL	npk	AD	1
MPP	LL	NPK	NF	1
MPP	LL	NPK	AD	1

(*)Cada grupo fue denominado de acuerdo al sustrato y la fecha de muestreo predominantes

Tabla 9.7. Tratamientos reunidos dentro del Grupo "SO Test+ FDC- 2 y3"*

sustrato	fertilizante	dosis	agua	fecha
SO	GC	0	NF	2
SO	GC	0	NF	3
SO	GC	0	AD	2
SO	GC	0	AD	3
SO	LL	0	NF	2
SO	LL	0	NF	3
SO	LL	0	AD	2
SO	LL	0	AD	3
FDC	LL	npk	NF	3
FDC	GC	0	NF	2
FDC	GC	0	NF	3
FDC	GC	0	AD	3
FDC	GC	npk	NF	2
FDC	GC	npk	NF	3
FDC	GC	npk	AD	2
FDC	GC	npk	AD	3
FDC	GC	NPK	NF	2
FDC	GC	NPK	NF	3
FDC	LL	0	NF	2
FDC	GC	0	NF	3
FDC	GC	0	AD	3
FDC	LL	npk	NF	2
FDC	LL	npk	NF	3
FDC	LL	npk	AD	3
FDC	LL	NPK	NF	2
FDC	LL	NPK	NF	3
FDC	LL	NPK	AD	2
FDC	LL	NPK	AD	3

(*)Cada grupo fue denominado de acuerdo al sustrato y la fecha de muestreo predominantes

Tabla 9.8. Tratamientos reunidos dentro del Grupo SO Fert + MPP- 2 - 3*

sustrato	fertilizante	dosis	agua	fecha
SO	GC	npk	NF	3
SO	GC	npk	AD	2
SO	GC	npk	AD	3
SO	GC	NPK	NF	3
SO	GC	NPK	AD	3
SO	LL	npk	NF	3
SO	LL	npk	AD	3
SO	LL	NPK	NF	3
SO	LL	NPK	AD	3
MPP	GC	0	NF	2
MPP	GC	0	NF	3
MPP	GC	0	AD	2
MPP	GC	0	AD	3
MPP	GC	npk	NF	3
MPP	GC	npk	AD	2
MPP	GC	npk	AD	3
MPP	GC	NPK	NF	3
MPP	GC	NPK	AD	3
MPP	LL	0	NF	2
MPP	LL	0	NF	3
MPP	LL	0	AD	2
MPP	LL	0	AD	3
MPP	LL	npk	NF	3
MPP	LL	npk	AD	2
MPP	LL	npk	AD	3
MPP	LL	NPK	NF	2
MPP	LL	NPK	NF	3
MPP	LL	NPK	AD	3

(*)Cada grupo fue denominado de acuerdo al sustrato y la fecha de muestreo predominantes

Tabla 9.9. Tratamientos reunidos dentro del Grupo SO-Fecha 1 - 2*

sustrato	fertilizante	dosis	agua	fecha
SO	GC	0	NF	1
SO	LL	0	NF	1
SO	GC	npk	NF	1
SO	GC	npk	NF	2
SO	GC	npk	AD	1
SO	GC	NPK	NF	1
SO	GC	NPK	NF	2
SO	GC	NPK	AD	2
SO	LL	0	NF	1
SO	LL	0	AD	1
SO	LL	npk	AD	1
SO	LL	npk	NF	2
SO	LL	npk	NF	1
SO	LL	NPK	NF	1
SO	LL	NPK	NF	2
SO	LL	NPK	AD	1
SO	LL	NPK	AD	2
FDC	GC	0	AD	2
FDC	GC	NPK	AD	2
FDC	GC	NPK	AD	3
FDC	LL	0	AD	2
FDC	LL	npk	AD	2
MPP	GC	npk	NF	2
MPP	GC	NPK	NF	2
MPP	GC	NPK	AD	2
MPP	LL	npk	NF	2
MPP	LL	NPK	AD	2

(*)Cada grupo fue denominado de acuerdo al sustrato y la fecha de muestreo predominantes

9.3.2. Discusión de los resultados mediante el análisis de grupos

9.3.2.1. Consideraciones generales

La heterogeneidad obtenida dentro del conjunto de muestras pertenecientes a este ensayo se constituyó en la fase inicial para el comienzo de un análisis cuantitativo. Blythe & Merhaut (2007) señalan las ventajas del empleo de métodos de análisis multivariante que permiten consideraciones simultáneas de todas las variables, cuando se quieren comparar distintas mezclas potenciales para ser usadas como sustratos.

La técnica de análisis en conglomerados agrupó las observaciones en grupos de forma tal que existía homogeneidad entre ellos y heterogeneidad respecto a los otros grupos.

Se maximizó la semejanza entre observaciones dentro del mismo grupo y a su vez se extendieron las diferencias respecto a los otros grupos. De esta forma se redujo la dimensionalidad de datos multivariantes creando variables nuevas y no correlacionadas a partir de las variables originales. Estas técnicas descriptivas no requieren supuestos sobre distribuciones de los datos (p.e. normalidad).

En este caso en particular, la complejidad de los resultados se simplificó con la obtención de 5 nuevas variables (componentes principales) a partir de las 12 originales, lo que permitió allanar la interpretación del análisis de los resultados.

De esta forma, mediante el análisis de estas **5 nuevas variables** o **componentes principales** basado en un agrupamiento principalmente definido por el **tipo de sustrato** y la **fecha de muestreo**, se obtuvieron **5 conglomerados jerárquicos**. Las consideraciones iniciales fueron las siguientes:

- La calidad de agua- de napa freática o desionizada- no se constituyó en un factor separador de las observaciones y tampoco agrupador de los conglomerados. Estos resultados iniciales confirman la encuesta realizada a los productores de la zona, quienes destacaron la inexistencia de problemas referidos a la calidad de agua dentro del ciclo de producción de la petunia.
- Para la 1º fecha de muestreo, 11 días tras el transplante, las plantas que crecían en los sustratos SO y MPP presentaban ya tamaño y estructura adecuados para su comercialización. En ambos tratamientos aproximadamente el 90 % de las plantas presentaba botones florales y/o apertura de las flores (Figura 9.3).



Figura 9.3. Aspecto de las plantas de petunia 11 días después del trasplante desde la bandeja de cultivo al contenedor creciendo en el sustrato SO

- El tipo de fertilizante empleado tampoco fue, en general, una variable relevante para definir la separación de grupos. El sistema de subirrigación empleado en este ensayo no habría permitido pérdidas de nutrientes por lixiviación.
- En una evaluación previa general de los resultados se analizaron los valores promedio para cada grupo y se advirtió una clara diferencia entre grupos, principalmente en los parámetros de crecimiento. En aquellos grupos donde tuvo relevancia la participación del sustrato FDC (Grupos **1 FDC 1** y **3 SO Test+FDC 2 - 3**) los valores promedio de PF, PS y AF fueron sustancialmente inferiores respecto al resto de los conglomerados.

9.3.2.2. Características de los grupos obtenidos

Las medias de las variables originales para cada grupo y el error estándar se recogen en las Tablas 9.10 a 9.14.

Tabla 9.10. Valores promedio de cada variable perteneciente al Componente Principal 1 (Peso Fresco, Peso Seco, Area Foliar y Flores/Planta) en cada grupo jerárquico

GRUPO	PF (g)	PS (g)	AF (cm²)	FPP
Grupo 1 FDC-1	0,71 ± 0,10	0,05 ± 0,00	17,70 ± 2,22	0,00 ± 0,00
Grupo 2 MPP-1	11,27 ± 1,47	0,88 ± 0,08	213,23 ± 21,1	0,60 ± 0,17
Grupo 3 SO Test+FDC 2-3	9,02 ± 1,19	0,79 ± 0,08	137,50 ± 16,4	2,58 ± 0,37
Grupo 4 SO Fert +MPP 2-3	58,86 ± 3,39	5,22 ± 0,19	655,95 ± 46,2	13,43 ± 0,83
Grupo 5 SO 1- 2	14,85 ± 1,88	1,62 ± 0,15	249,23 ± 21,8	1,67 ± 0,27

Tabla 9.11. Valores promedio de cada variable perteneciente al Componente Principal 2 (contenidos de Nitrógeno total, clorofila y calcio) en cada grupo jerárquico

GRUPO	Nitrógeno total (%)	Clorofila (unidades SPAD)	Calcio (%)
Grupo 1 FDC-1	1,22 ± 0,07	21,91 ± 1,57	0,71 ± 0,09
Grupo 2 MPP-1	4,59 ± 0,19	34,06 ± 0,83	1,37 ± 0,12
Grupo 3 SO Test+FDC 2-3	2,59 ± 0,15	27,94 ± 2,00	0,67 ± 0,10
Grupo 4 SO Fert +MPP 2-3	3,05 ± 0,16	34,67 ± 1,03	1,06 ± 0,06
Grupo 5 SO 1- 2	3,14 ± 0,20	35,86 ± 1,20	1,12 ± 0,13

Tabla 9.12. Valores promedio de cada variable perteneciente al Componente Principal 3 (contenido de potasio y coloración de la flor) en cada grupo jerárquico

GRUPO	Potasio (%)	Coloración (valor L)
Grupo 1 FDC-1	3,64 ± 0,62	0,00 ± 0,00
Grupo 2 MPP-1	4,78 ± 0,60	30,42 ± 3,88
Grupo 3 SO Test+FDC 2-3	5,00 ± 0,85	38,36 ± 3,20
Grupo 4 SO Fert +MPP 2-3	4,89 ± 0,43	31,14 ± 1,54
Grupo 5 SO 1- 2	3,13 ± 0,52	29,91 ± 4,15

Tabla 9.13. Valores promedio de cada variable perteneciente al Componente Principal 4 (contenidos de fósforo y magnesio) en cada grupo jerárquico

GRUPO	Fósforo (ppm)	Magnesio (%)
Grupo 1 FDC-1	0,27 ± 0,04	0,24 ± 0,03
Grupo 2 MPP-1	0,36 ± 0,04	0,36 ± 0,03
Grupo 3 SO Test+FDC 2-3	0,29 ± 0,04	0,22 ± 0,03
Grupo 4 SO Fert +MPP 2-3	0,22 ± 0,03	0,22 ± 0,02
Grupo 5 SO 1- 2	0,24 ± 0,04	0,24 ± 0,03

Tabla 9.14. Valores promedio de cada variable perteneciente al Componente Principal 5 (contenido de sodio) y relación Na:K en cada grupo jerárquico

GRUPO	Sodio (%)	Na/K
Grupo 1 FDC-1	1,10 ± 0,09	0,30
Grupo 2 MPP-1	1,04 ± 0,05	0,22
Grupo 3 SO Test+FDC 2-3	1,00 ± 0,12	0,20
Grupo 4 SO Fert +MPP 2-3	1,00 ± 0,08	0,20
Grupo 5 SO 1- 2	0,90 ± 0,10	0,29

CP1 recoge las variables originales con mayor variabilidad. Aquí se incluyen las de crecimiento y desarrollo (PF, PS, AF y FPP). CP2, en orden descendente en cuanto a variabilidad explicada, agrupa las variables contenido de Nt, contenido de Clorofila y contenido de Ca²⁺ en hoja. Las variables originales constituyentes de estos dos componentes principales presentaron diferencias según el grupo de tratamientos.

Al analizar el resto de nuevas variables generadas mediante el método de Componentes Principales, se pudo apreciar que las diferencias entre los valores promedio (desde CP3 a CP5) eran progresivamente menores.

En definitiva, el componente principal que determinó la diferencia entre individuos pertenecientes a cada tratamiento fue, fundamentalmente, aquel definido por los parámetros de crecimiento y desarrollo de la planta de petunia (CP1), seguido por el que agrupa los contenidos de Nt, Clorofila y Ca en el tejido foliar (CP2) y en menor medida el que contiene la concentración de K y la intensidad de Coloración de la flor (CP3). Los dos componentes restantes CP4 (P y Mg) y CP5 (Na), tuvieron menor importancia en la respuesta obtenida.

9.3.2.3. Análisis de los grupos obtenidos mediante técnicas multivariantes

9.3.2.3.1. Consideraciones previas

Tras la obtención de los conglomerados o grupos y previo a su análisis destacaremos lo siguiente:

- Los tratamientos tipo de sustrato y 1º fecha de muestreo se distribuyeron claramente en 3 Grupos cada uno agrupando todos los tratamientos de un tipo de sustrato para esa primera fecha: **Grupo FDC- 1** para el sustrato FDC, **Grupo MPP-1** para el MPP y **Grupo SO 1 - 2** para el sustrato SO. En este último grupo también recoge el tratamiento SO en 2ª fecha de muestreo. De no haberse realizado tres muestreos separados por un lapso de 15 días, sino uno solo en la primera fecha, probablemente los tratamientos se habrían agrupado en tres conglomerados definidos por el tipo de sustrato.



Figura 9.4. Aspecto de una planta de petunia creciendo en el sustrato MPP en la 1ª fecha de muestreo luego de transcurridos 15 días desde el trasplante de la bandeja de cultivo al contenedor definitivo

- Es importante destacar que en el análisis químico realizado al sustrato MPP se encontraron cantidades importantes de Na⁺ (63,95 ppm), atribuibles a la presencia de estiércol vacuno en la mezcla (Tabla 7.1). La suplementación alimentaria del ganado vacuno con NaCl con objeto de mejorar la palatabilidad es una práctica usual en la producción ganadera extensiva en la Argentina, sobre todo cuando el contenido del alimento es alto en celulosa y en la estación

invernal, en que la oferta de pastos es pobre (Perego, 1996, Navarro, 2006). De todas formas y como se podrá apreciar con posterioridad, la presencia de Na^+ en el sustrato MPP y en el agua de riego, no tuvo efectos negativos sobre el crecimiento y desarrollo de la planta de petunia.

9.3.2.3.2. Componente Principal 1: Peso Fresco, Peso Seco, Area Foliar y número de flores por planta

9.3.2.3.2.1. Grupo 1 “ FDC- 1” (sustrato Fibra de Coco - 1ª fecha de muestreo)

En este Grupo, compuesto en un 100% por aquellos tratamientos en donde fue empleado el Sustrato FDC, en fecha 1, se pudo observar que se hallaba claramente diferenciado del resto por su reducido crecimiento, ausencia de floración y estado clorótico de las plantas (Figura 9.5). El PF varió dentro de un rango comprendido entre 0,55 y 0,92g, el PS entre 0,03 y 0,07g y el AF entre 13,77 y 24,06 cm^2 (Anexo IV Tabla IV.1).

No se observó floración (FPP) en ninguna de estas plantas, a diferencia de los tratamientos con los otros dos sustratos (SO y MPP) en los cuales se inició en los cuatro días previos a la toma de muestras. La calidad del agua no tuvo influencia relevante sobre los resultados obtenidos.

En el ANOVA se observaron diferencias estadísticamente significativas (test de Duncan) entre los tratamientos implicados en este grupo. La inmovilización de N-NO_3^- en el sustrato FDC en esta fase de cultivo, que se tratará posteriormente, tuvo consecuencias importantes en la respuesta de la planta de petunia en etapas sucesivas. Los tratamientos con dosis de fertilización npk y NPK determinaron mayores respuestas en el crecimiento que los de dosis 0.



Figura 9. 5. Vista general del ensayo. Los tratamientos FDC – 1ª fecha de muestreo en primer plano.

Análisis de correlación entre las variables de crecimiento y desarrollo de la planta de petunia

En este grupo sólo se obtuvo correlación entre el peso seco y el área foliar, que fue positiva y significativa ($r = 0,61^{**}$) (Anexo V. Tabla V.1).

Como se discutirá en apartados siguientes, se postula que la falta de correlaciones entre el resto de las variables de crecimiento, se produjo principalmente por problemas en el desarrollo debidos a la deficiencia de N en el tejido foliar a causa de la inmovilización de $N-NO_3^-$ en el sustrato FDC.

9.3.2.3.2.2. Grupo 2 “MPP- 1” (sustrato Mezcla Para Plantines – 1ª fecha de muestreo)

Este grupo reunió 13 tratamientos, todos ellos de la 1ª fecha de muestreo y quedaron incluidos en este grupo todos los tratamientos con sustrato MPP para esta fecha de muestreo.

Las medias de PF, PS, AF y FPP de cada tratamiento de este grupo ponen de manifiesto marcadas diferencias respecto al Grupo 1. El PF varió entre 6,79 y 14,65 g, el PS entre 0,49 y 1,32 g, el AF entre 149,5 y 275,0 cm^2 y el número de FPP entre 0,11 y 0,89 (Anexo IV. Tabla IV.1).

En general, no se observó una respuesta diferencial de las plantas de petunia al tipo de fertilizante, a la dosis de fertilización o a la calidad del agua de riego en este conjunto de tratamientos (Figura 9.6).



Figura 9.6. Vista general del ensayo. Los tratamientos MPP – 1ª fecha de muestreo en primer plano a la izquierda.

Si se comparan las medias de PF, PS y AF del Grupo 1 con las del Grupo 2 aquellas representaron el 6%, 4% y 8% respectivamente de las del Grupo 2. Es decir, en la primera fecha de muestreo las plantas que crecen en fibra de coco mostraron graves deficiencias en el desarrollo comparadas con las que crecieron en mezcla para plantines.

Análisis de correlación entre las variables de crecimiento y desarrollo de la planta de petunia

El análisis de correlación entre variables de crecimiento y desarrollo mostró que el peso fresco se correlacionaba positiva y significativamente con el peso seco ($r = 0,74^{**}$) y con el área foliar ($r = 0,64^{**}$). En esta fase el número de flores/planta (FPP) no guardaba relación con las dimensiones de la planta (Anexo V. Tabla V.2).

9.3.2.3.2.3. Grupo 3 “SO Test + FDC 2 – 3” (sustrato Suelo Orgánico sin fertilización y Fibra de Coco - 2º y 3º fecha de muestreo)

Reunió mayoritariamente a los tratamientos en los que se ensayó el sustrato FDC (66 %). Incluyó además los tratamientos con sustrato SO a dosis 0 de fertilización. Todos los tratamientos pertenecían a la 2ª y 3ª fecha de muestreo.

Con referencia a las variables del componente principal 1 en el Grupo 3, el PF registró valores en el rango de 1,77 a 19,84 g, el PS varió entre 0,07 y 1,76 g y el AF se mantuvo dentro del rango de 41,53 a 271,89 cm². El número de FPP osciló entre 0,67 y 6,5 (Anexo IV. Tabla IV.1).

En general, los mayores registros de PS, PF y AF dependieron del tipo de sustrato empleado y del nivel de fertilización. Las plantas que crecieron en el sustrato FDC con dosis npk y NPK presentaron los mayores valores de PS, PF y AF.

El mayor número de flores se dio, en general, en tratamientos con dosis 0 de fertilizante. El número de FPP observadas en el sustrato FDC no fue resultado del fertilizante ni la cantidad de nutrientes aplicada.

Análisis de correlación entre las variables de crecimiento y desarrollo de la planta de petunia

El análisis de correlación mostró correlaciones significativas entre PF y PS ($r = 0,62^{**}$) y entre PF y AF ($r = 0,64^{**}$). La escasez de correlaciones significativas entre las variables de crecimiento podría atribuirse, en el caso del sustrato FDC, a carencias arrastradas desde la 1ª fecha de muestreo (Anexo V. Tabla V.3).

9.3.2.3.2.4. Grupo 4 “SO Fert + MPP 2 – 3” (sustrato Suelo Orgánico con fertilización y Mezcla Para Plantines (MPP) - 2º y 3º fecha de muestreo)

Recoge los mayores registros de PF, PS, AF y FPP del ensayo. Este grupo está formado mayoritariamente por tratamientos con sustrato MPP. El sustrato SO, siempre con dosis npk y NPK, participó en menor proporción dentro de este grupo.

Este grupo se constituyó mayoritariamente con la 3ª fecha de muestreo. Los valores medios de PF en el Grupo 4 se encontraron en el rango entre 22,5 y 105,1 g, los de PS entre 7,16 y 23,0 g, los de AF entre 296,8 y 1.292,7 cm² y los de número de FPP entre 1,83 y 27,5 (Anexo IV. Tabla IV.1).

En rasgos generales, los mayores valores de PF, PS, AF y FPP en el Grupo 4 pertenecieron al sustrato MPP y los menores al sustrato SO. Los niveles de fertilización no fueron indicativos de mayores registros. No se observan diferencias en el crecimiento de las plantas por influencia de la calidad del agua de riego.

Análisis de correlación entre las variables de crecimiento y desarrollo de la planta de petunia

Para este Grupo la variable PF se relacionó positiva y significativamente con PS ($r = 0,53^{**}$), AF ($r = 0,93^{**}$) y FPP ($r = 0,60^{**}$) (Anexo V. Tabla V.4).

9.3.2.3.2.5. Grupo 5 “SO 1 – 2” (sustrato Sustrato Orgánico - 1º y 2º fecha de muestreo)

El Grupo 5 recogió 11 de los 12 tratamientos con sustrato SO en la 1ª fecha de muestreo y los SO con dosis npk y NPK de la 2ª fecha de muestreo. Un 18 % correspondió a tratamientos que empleaban el sustrato FDC regados con agua AD y un 15 % a tratamientos en donde se empleó sustrato MPP fertilizados con dosis npk y NPK en 2ª fecha de muestreo.

Las medias de PF en el Grupo 5 variaron entre 1,29 y 57,46 g, las de PS entre 0,092 y 4,79 g, las de AF entre 37,10 y 737,90 cm² y las de número de FPP entre 0 y 4 (Anexo IV. Tabla IV.1).

El ANOVA (test de Duncan) demostró que los valores mayores de las variables PF, PS, AF y FPP estuvieron supeditados al tipo de sustrato y a los niveles de fertilización. Las plantas de petunia que habían recibido fertilización fueron las de mayor crecimiento y desarrollo. La fecha en que se realizaron las observaciones también tuvo influencia en los resultados, principalmente en el recuento de flores/planta. Las plantas del sustrato SO muestreadas en la 1ª fecha, que casi en su totalidad se encontraban incluidas en este Grupo, presentaron menor cantidad de flores.

Análisis de correlación entre las variables de crecimiento y desarrollo de la planta de petunia

En este grupo se encontraron correlaciones entre PF y PS ($r = 0,88^{**}$), PF y AF ($r = 0,90^{**}$) y PF y FPP ($r = 0,70^{**}$), entre PS y AF ($r = 0,73^{**}$) y PS y FPP ($r = 0,70^{**}$), y entre AF y FPP ($r = 0,73^{**}$) (Anexo V. Tabla V.5).

Como consideraciones finales del análisis de correlación lineal, subrayar que en cada grupo la relación entre los parámetros de crecimiento y desarrollo fue diferente lo que indica que la planta responde de modo diferente, principalmente debido al tipo de sustrato empleado y a la fecha en que se realizó la observación.

Por otro lado, Burés (1997) resalta que durante el proceso de mezclado de los distintos componentes de los sustratos se pueden producir resultados con características físicas muy diferentes a las originales, particularmente cuando existen grandes contrastes en el tamaño de sus partículas. En razón de ello, puede ocurrir que durante este proceso, las partículas muy pequeñas llenen los intersticios o poros entre las mayores, reduciendo la fracción de volumen de poros totales y originando sustratos con características diferentes a las originales en sus capacidades de aireación y de retención de humedad. Esto sumado a que durante el llenado de los contenedores puede haber deposición de partículas más pesadas en el fondo y/o una posible falta de uniformidad en la incorporación de los distintos componentes podría explicar situaciones en que el crecimiento y desarrollo de la planta respondieran a sustratos diferentes de manera similar.

El efecto de cada sustrato puede apreciarse en las Figura 9.7.



Figura 9.7. Aspecto de las plantas al finalizar el ensayo (3° muestreo) para los 3 sustratos empleados (de izquierda a derecha, sustrato SO, FDC y MPP), para el fertilizante GC, dosis NPK y agua NF.

9.3.2.3.3. Componente Principal 2: Contenidos de Nitrógeno, Clorofila y Ca²⁺

9.3.2.3.3.1. Grupo 1 "FDC- 1" (sustrato Fibra de Coco - 1ª fecha de muestreo)

El rango del contenido de Nt en este grupo varió entre 1,04 y 1,38%. El contenido de nitrógeno medio del Grupo 1 supuso un 25% de aquel obtenido para el Grupo 2 " MPP - 1", considerando que salvo el tipo de sustrato se trató de los mismos tratamientos y fecha de muestreo (Anexo IV. Tabla IV.2)

Los niveles de nitrógeno en los tejidos son indicadores del estado nutricional de N. Esta es la base del análisis del contenido de nitrógeno en tejidos para valorar el estado nutricional en cultivos. Marschner (1995) cita valores del 2 al 5% para un óptimo crecimiento vegetal, dependiendo de la especie, estado de desarrollo y órgano. En el caso particular de petunia, Dole & Wilkins (1988) mencionan un rango óptimo que va desde 2,8 a 5,8 %. Mills & Benton Jones (1996), Röber & Schacht (2008), recomiendan porcentajes entre 3,85 y 7,60 % de Nitrógeno total en hoja. El contenido de nitrógeno en hoja en los tratamientos de este grupo presentó porcentajes muy inferiores a los citados por estos trabajos.

El contenido de Clorofila medido en las hojas de petunia como unidades SPAD se halló dentro del intervalo de 18,21 a 24,45 unidades SPAD, que representaba el 55 % del contenido medio del Grupo 2.

Los tratamientos con mayor contenido en Clorofila también fueron los de mayor contenido en nitrógeno. El contenido de Clorofila en hoja fue un parámetro tan sensible como el Nt en la caracterización del estado nutricional de N en la planta. Se evidenció una clara sintomatología clorótica al comparar los tratamientos FDC con los tratamientos SO y MPP.

No sólo los contenidos de Nt y Clorofila fueron significativamente los menores en este grupo, sino también la concentración de Ca²⁺ en el tejido vegetal. Las determinaciones analíticas sobre el material vegetal dieron valores entre 0,48 y 0,92 %. El contenido medio del grupo fue aproximadamente el 50 % de la media del Grupo 2 "MPP -1", hallándose, para todos los tratamientos, contenidos de calcio muy por debajo de los recomendados por Mills & Benton Jones (1996) y Röber & Schacht (2008), que citan porcentajes que oscilan entre el 1,20 y el 2,81% para esta especie en particular. Los dos valores mayores de contenido de calcio correspondieron a los tratamientos regados con agua AD y los menores a los regados con agua NF.

Análisis de correlación entre las variables originales del componente principal 2 (contenido de nitrógeno, de clorofila y de calcio) y las variables de los componentes 1 y 2

El análisis de correlación entre el contenido de Nt y el de Clorofila determinó que la correlación era positiva y estadísticamente significativa entre ambos ($r = 0,73^{**}$) (Anexo V. Tabla V.1). En este Grupo 1 "FDC- 1" fue notoria la deficiencia, principalmente de N, pero también de otros macronutrientes (P, Ca y Mg) en el sustrato, lo que se manifestó en una respuesta pobre en el crecimiento y desarrollo en las etapas iniciales del cultivo. Los contenidos de clorofila de este grupo también resultaron los más bajos de los cinco grupos. El grado de asociación entre contenido de nitrógeno y de clorofila resaltó la importancia de ambas variables en la relación metabolismo nitrogenado - fotosíntesis.

El reducido crecimiento, de las plantas en el sustrato FDC en etapas iniciales, incluso habiendo recibido una fertilización de base, pudo atribuirse a una inmovilización temporaria del Nitrógeno, por parte de los microorganismos. Creswell (1992) indica que tanto el contenido de N como de P en la mayoría de los medios orgánicos de crecimiento es demasiado bajo para contribuir en forma importante a los requerimientos vegetales. Para el caso particular del N, los microorganismos tienen capacidad para inmovilizar y transformarlo en no disponible para las plantas, dependiendo de la disponibilidad de C orgánico de los materiales, que es la fuente de energía para la biota presente en el sustrato. El fenómeno de inmovilización microbiana, en el caso de los residuos de FDC, sería mayor en que en el caso de la turba, pero inferior a la corteza de árbol compostada y/o el aserrín de madera (Prasad, 1980; Creswell, 1992; Handreck & Black, 2002; Jackson *et al.*, 2009).

Similares resultados observa Handreck (1993), quien testea el crecimiento de *Petunia x hybrida* 'Celebrity Salmon' con residuos de FDC de distintos orígenes. Advierte una importante inmovilización de N soluble, confirmada también por Creswell (1992). Las conclusiones obtenidas por Shinohara *et. al.*, (1999) y Noguera (2000) indican que, al utilizar el residuo de fibra de coco como sustrato, habría que contemplar el agregado de una cantidad "extra" de N mineral al programar la fertilización en condiciones de cultivo, con objeto de compensar la inmovilización de este nutriente que tiene lugar en el material.

Asimismo, el análisis químico inicial del sustrato FDC (Capítulo 7, Tabla 7.1.) mostró bajas concentraciones de N- NO_3^- en la solución. Por tanto, la baja disponibilidad de N mineral en la solución, como consecuencia de la inmovilización microbiana, se manifestó en un pobre crecimiento de la planta, retardo en el inicio de la floración y reducido contenido de este nutriente en el tejido vegetal.

9.3.2.3.3.2. Grupo 2 “MPP- 1” (sustrato Mezcla Para Plantines – 1ª fecha de muestreo)

El contenido de nitrógeno foliar varió 3,95 y 4,91 % en este grupo. Estos valores, se encontraron dentro de los recomendados por Dole & Wilkins, 1988; Mills & Benton Jones (1996) y Röber & Schacht (2008) (Anexo IV Tabla IV.2)

Los registros medios de Clorofila en hoja, variaron entre 32,57 y 36,00 unidades SPAD, observándose una clara homogeneidad. En comparación con los datos registrados para el Grupo 1 “FDC-1”, el valor medio de Clorofila del Grupo 2 superó en un 55 % a la media del Grupo 1.

El contenido inicial de NO₃⁻ disponible (63,5 ppm) en la solución del sustrato, fue, muy probablemente, determinante en los resultados de contenido de nitrógeno y clorofila en este grupo.

El contenido de Ca²⁺ en hoja varió en un intervalo comprendido entre 1,121 y 1,65 %. Para Dole & Wilkins (1988) el rango se encontraría dentro de los valores recomendados. Sólo uno de los casos, según Mills & Benton Jones (1996) y Röber & Schacht (2008) estaría levemente por debajo del mínimo recomendado por estos autores.

Análisis de correlación entre las variables originales del componente principal 2 (contenido de nitrógeno, de clorofila y de calcio) y las variables de los componentes 1 y 2

En este grupo sólo hubo correlación significativa entre el Peso fresco de la planta y el contenido de Nt ($r = 0,40^{**}$) (Anexo V. Tabla V.2).

Una relación directa y proporcional entre el contenido de Nt y el PF, ha de interpretarse basándose en el papel estructural del nitrógeno en la planta. En general, la proporción de N soluble se incrementa con elevados suministros de N y es mayor en hojas, adónde llega por transporte xilemático, y en órganos de almacenamiento que poseen un alto contenido de agua, adónde se trasfiere por vía floemática (Marschner, 1995). Esta afirmación se corrobora, como se ha mencionado con anterioridad, con los resultados obtenidos en un trabajo anterior sobre esta misma especie en donde se encontró un alto contenido de NO₃⁻ en la hoja (Hashimoto, 2004). La presencia en estadios tempranos de este anión, que no estaría formando estructura (Chapin 1980; Koch *et al.*, 1988; Salsac *et al.*, 1987), indicaría que las plantas están absorbiendo nutrientes en exceso respecto a sus requerimientos iniciales, pudiendo usar las reservas posteriormente para soportar el crecimiento cuando la provisión en el sustrato disminuye.

9.3.2.3.3. Grupo 3 “SO Test + FDC 2 – 3” (sustrato Suelo Orgánico sin fertilización y Fibra de Coco - 2º y 3º fecha de muestreo)

El contenido de nitrógeno en este grupo varió entre 1,27 y 3,60 %. En todos los casos el contenido de nitrógeno se encontraba por debajo del mínimo sugerido por Mills & Benton Jones (1996) y Röber & Schacht (2008) (Anexo IV Tabla IV.2).

El contenido en clorofila varió entre 17,23 y 36,28 unidades SPAD. Como se podrá apreciar en el punto siguiente de análisis y como ya se observó en el Grupo FDC - 1, los contenidos promedio de Nt y Clorofila no se correlacionaban significativamente en este Grupo. Nuevamente, la concentración de clorofila reflejó el contenido de Nt en planta: los tratamientos con contenido de nitrógeno bajo eran los de bajo contenido en clorofila y los de contenido alto en clorofila coincidían con los de elevada concentración de nitrógeno, aunque la tendencia no era tan clara como en el grupo anterior.

La concentración media de Ca^{2+} en los tejidos, varió entre 0,32 y 1,31 %. Sólo 2 de los 28 casos estudiados se encontraban cercanos al valor mínimo sugerido para este cultivo (Mills & Benton Jones, 1996; Röber & Schacht 2008). Para Dole & Wilkins (1988) los requerimientos para la especie son menores, motivo por el cual, si seguimos a estos autores, un alto porcentaje de tratamientos de este grupo estarían dentro del rango aconsejado para su cultivo.

La media de contenido de calcio para este grupo fue la menor de los cinco grupos. Dicho valor se correspondió con el 63 % del calculado para el Grupo 3 “SO fert+MPP 2 – 3”. Teniendo en cuenta que el calcio se mueve prioritariamente en el flujo xilemático por corrientes de origen transpiracional, podría asumirse, tras el reducido desarrollo inicial de la planta, que la escasez de órganos de alta transpiración conduzca a que el contenido de calcio haya sido el menor de los grupos analizados.

Análisis de correlación entre las variables originales del componente principal 2 (contenido de nitrógeno, de clorofila y de calcio) y las variables de los componentes 1 y 2

El Grupo 3 “SO Test+FDC 2-3” presentó correlación inversa y significativa entre el contenido de calcio y el de clorofila ($r = -0,40^{**}$) y entre la relación contenido de Ca/contenido de Mg y el contenido de clorofila ($r = -0,36^{**}$) (Anexo V. Tabla V.3). La relación Ca/Mg se calculó por el efecto inhibitorio del Ca^{2+} sobre el Mg^{2+} , que es de tipo competitivo (Marchner, 1995). La competencia entre la absorción de nitrógeno y la de calcio se manifestó en que la correlación entre el contenido de Clorofila y el de calcio fue inversa, la concentración de clorofila disminuyó a medida que la concentración de Ca^{2+} se incrementaba en el tejido foliar.

La vía apoplástica se caracteriza por ser un pasaje no selectivo de entrada de cationes divalentes (White, 2001; White & Davenport, 2002). Esta característica de falta de selectividad

puede en muchos casos resultar en la acumulación de elementos tóxicos como Sr^{2+} y Ba^{2+} en los brotes terminales. Además, implica que la acumulación de cationes divalentes en los brotes esté linealmente relacionada con la concentración de estos en la rizosfera (White, 2001). En contraste a ello, la vía simplástica permite a la planta el control de la tasa y selectividad del transporte de Ca^{2+} hacia los puntos de crecimiento (Clarkson, 1993; White, 2001).

La entrada de Ca^{2+} al citoplasma está mediada por canales permeables a los iones Ca^{2+} tanto desde la vía apoplástica como desde el retículo endoplasmático, la vacuola o incluso los cloroplastos. La ubicación intracelular de estos canales iónicos es asimismo crítica para dirigir diferentes procesos celulares. Generalmente, la célula responde con cambios metabólicos a cambios en la concentración de Ca^{2+} en el citosol, normalmente asociada a la actividad de canales iónicos. Por ejemplo, una concentración tan baja como $1 \mu\text{M}$ inhibe severamente la actividad del enzima fructosa 1,6-difosfatasa, que regula la síntesis de sacarosa, incluso con concentraciones 1000 veces superiores de Mg^{2+} (Marschner, 1995).

9.3.2.3.4. Grupo 4 “SO Fert + MPP 2 – 3” (sustrato Suelo Orgánico con fertilización y Mezcla Para Plantines - 2º y 3º fecha de muestreo)

En el Grupo 4 los valores medios de Nt variaron entre 1,30 y 4,04 %. Aproximadamente el 50 % de los contenidos medios de Nt y de Ca^{2+} estaban por debajo de los valores recomendados, aunque en un mismo tratamiento no coincidieron deficiencias en ambos nutrientes (Mills & Benton Jones, 1996; Röber & Schacht, 2008). Los mayores contenidos de Nt fueron determinados en aquellas plantas que habían recibido fertilización con dosis npk y NPK (Anexo IV. Tabla IV.2).

Estas consideraciones parciales, indicarían que una vez superada la primera fase del cultivo, en la cual la planta de petunia presentaba estructura y floración adecuadas para su comercialización, la provisión de nutrientes mediante fertilización sería esencial para el posterior desarrollo de la planta. Esta etapa comúnmente se desarrolla, en la Argentina, en cantero en suelo de jardín o en contenedores de mayor tamaño en balcones, una vez adquirida la planta. La evolución del posterior crecimiento y de la floración, dependería principalmente del contenido de nutrientes presentes en el sustrato o de los provistos vía fertilización.

El contenido en Clorofila, osciló entre 28,31 y 41,71 unidades SPAD. Los contenidos de Nt y los de Clorofila en hoja siguieron una tendencia similar. La dosis de fertilización condicionó la concentración de Clorofila en la hoja.

Los contenidos de Ca^{2+} se encontraron dentro del rango comprendido entre 0,46 y 1,46 %. Al igual que para el Nt, las mayores concentraciones correspondieron a plantas fertilizadas con npk y NPK. Los valores medios más bajos pertenecieron a tratamientos con dosis 0.

La alta concentración de Na^+ en el agua NF podría ser la causa de la baja absorción de calcio al ser el sodio competidor del calcio.

Análisis de correlación entre las variables originales del componente principal 2 (contenido de nitrógeno, de clorofila y de calcio) y las variables de los componentes 1 y 2

Se obtuvo una sola correlación directa y significativa entre el contenido de Clorofila y el de Nt ($r = 0,58^{**}$) para este grupo (Anexo V. Tabla V.4). Esta asociación fue la más estrecha de los 5 grupos estudiados, e indicaría que para las condiciones impuestas en este ensayo, altas tasas de crecimiento una vez iniciada la floración se expresaron en una relación ajustada entre los contenidos de Nt y de Clorofila.

9.3.2.3.3.5. Grupo 5 "SO 1 – 2" (sustrato Sustrato Orgánico - 1º y 2º fecha de muestreo)

Los contenidos de Nt se ubicaron dentro del rango 1,45 a 4,66 %. Sólo 3 tratamientos de los 27 de este grupo superaron el valor mínimo aconsejado para el cultivo de petunia por Mills & Benton Jones (1996), Röber y Schacht (2008) (Anexo IV. Tabla IV.2).

El contenido de Clorofila varió entre 29,01 y 40,70 unidades SPAD. Los resultados demostraron que, en general, los menores registros de parámetros de crecimiento y desarrollo PF, PS, AF Y FPP coincidieron con bajos contenidos de Nt y Clorofila en hojas. Estas observaciones pudieron verificarse en los análisis de correlación entre variables que se recogen en el punto siguiente.

El contenido de Ca^{2+} en hoja mostró valores entre 0,55 y 1,41 %. El 50% aproximadamente de los valores medios superaron el valor mínimo recomendado Mills & Benton Jones (1996), Röber y Schacht (2008). Se observó que aquellas plantas que presentaron concentraciones adecuadas de Ca^{2+} habían crecido en el sustrato SO.

Análisis de correlación entre las variables originales del componente principal 2 (contenido de nitrógeno, de clorofila y de calcio) y las variables de los componentes 1 y 2

Para este grupo de tratamientos que agrupa los de sustrato SO en la 1ª y 2ª fecha de muestreo las correlaciones Nt – PF ($r = 0,54^{**}$), Nt – PS ($r = 0,39^{**}$) y Nt – AF ($r = 0,55^{**}$) fueron directas y significativas (Anexo V. Tabla V.5). La asociación encontrada entre el contenido de Nt y las variables de crecimiento estuvo vinculada principalmente al contenido de nutrientes del sustrato, sobre todo para las plantas que cumplían su primera etapa de crecimiento luego del trasplante y en especial al contenido de N-NO_3^- . Se ha hecho mención en el capítulo 8 a la importancia de la rápida disponibilidad de nutrientes para satisfacer la demandada de petunia en etapas iniciales especialmente a la disponibilidad de nitrógeno.

9.3.2.3.4. Componente Principal 3: Contenido de Potasio e Intensidad de Coloración de la Flor

9.3.2.3.4.1. Grupo 1 "FDC- 1" (sustrato Fibra de Coco - 1ª fecha de muestreo)

El contenido de potasio varió entre 2,21 y 6,38 %. Es probable que el tratamiento de fertilización no haya influido en los resultados de la primera fecha de muestreo, ya que dentro de los valores medios más bajos se encontraban tratamientos con dosis NPK, tanto provenientes del fertilizante GC como el LL (Anexo IV. Tabla IV.3).

Los resultados de los análisis químicos de los sustratos mostraron que la concentración inicial de K^+ en la solución era similar en los tres sustratos (Tabla 7.1.) Es importante destacar que para las condiciones iniciales del ensayo, en el momento en que la planta fue extraída de la bandeja de cultivo y trasplantada a la maceta, el contenido de K fue de 6,34 % y que este valor disminuyó en todos los tratamientos en la 1ª fecha de muestreo. Para plantines de petunia creciendo en bandejas, Van Iersel (1998) indica valores óptimos de potasio del 5 a 6 %. La nutrición durante la producción de plántulas afecta al comportamiento en campo de varias especies (Dufault, 1986; Knavel, 1977; Tremblay *et al.*, 1987). Similares efectos podrían esperarse en plantas destinadas a canteros y borduras (van Iersel *et al.*, 1998). Marchner cita "consumos de lujo" de K^+ como fenómeno frecuente y que pueden interferir en la absorción de Ca^{2+} y Mg^{2+} . Los valores de potasio se encontraron dentro del rango de suficiencia para este cultivo en las etapas iniciales de crecimiento en plantas creciendo en el sustrato FDC, pero no fueron adecuados para activar el metabolismo de N y el proceso de fotosíntesis (Pflüger & Wiedemann; 1977, Tester & Blatt, 1989; Armengaud *et al.*, 2004)- los contenidos de nitrógeno y clorofila de este grupo fueron los más bajos del ensayo- (Figura 9.8).

En este grupo no hubo floración, por lo que no se obtuvieron datos de intensidad de coloración.



Figura 9.8. Aspecto de las plantas de petunia al momento de la fecha 1 de muestreo (15 días luego del trasplante desde la bandeja de cultivo al contenedor) creciendo en el sustrato FDC, mostrando síntomas de clorosis en las hojas basales.

9.3.2.3.4.2. Grupo 2 "MPP- 1" (sustrato Mezcla Para Plantines – 1ª fecha de muestreo)

Los valores medios de K^+ variaron entre 2,75 y 7,60 %. Sólo un 15 % de los tratamientos de este grupo dio contenidos de potasio en hoja por debajo de los niveles recomendados para este nutriente por Dole & Wilkins (1988), Mills & Benton Jones (1996) y Röber & Schacht (2008) (Anexo IV. Tabla VI.3). El contenido de K^+ no se relacionó con el tipo de fertilizante, dosis aplicada o la calidad de agua de riego empleada. El tipo de sustrato sí pudo determinar diferencias, ya que de los dos sustratos recogidos en este grupo fue el tratamiento SO el que registró la menor concentración de potasio.

En cuanto a la intensidad de Coloración, los valores promedio presentaron gran homogeneidad salvo en 2 casos, ambos correspondientes a tratamientos GC, NPK y NF, que coinciden con los más bajos contenidos en nitrógeno y fósforo y más altos en calcio y clorofila en hoja y con el menor número de FPP.

Análisis de correlación entre las variables originales del componente principal 3 (contenido de potasio e intensidad de coloración de la flor) y las variables de los componentes 1, 2 y 3

En este grupo se obtuvieron correlaciones positivas y significativas entre contenido de potasio e intensidad de coloración ($r = 0,55^{**}$) y entre contenido de potasio y nitrógeno total ($r = 0,47^{**}$) (Anexo V. Tabla V.2).

Se requiere potasio para la síntesis de las proteínas. El papel del potasio no se refleja exclusivamente, como activador de la NO_3^- reductasa, en la acumulación de compuestos nitrogenados solubles como aminoácidos, amidas y nitratos, sino también en la biosíntesis de proteínas y pigmentos (Pflüger & Wiedeman, 1977). Es probable que se encuentre involucrado en varios eslabones dentro del proceso de traducción, incluyendo la unión de RNAt a los ribosomas (Wyn Jones *et. al.*, 1979). La interacción positiva y sinérgica entre ambos nutrientes se manifiesta en la correlación obtenida entre contenidos de potasio y nitrógeno.

9.3.2.3.4.3. Grupo 3 “SO Test + FDC 2 – 3” (sustrato Suelo Orgánico sin fertilización y Fibra de Coco - 2º y 3º fecha de muestreo)

En el Grupo 3 la concentración de K^+ osciló entre 2,48 y 6,52 %. Sólo 3 de los 28 tratamientos del grupo tuvieron registros menores a los recomendados para este cultivo (Mills & Benton Jones, 1996; Röber & Schacht 2008). El contenido de K^+ estuvo, en general, relacionado con el nivel de fertilización. La fecha de muestreo no fue determinante del contenido en potasio (Anexo IV. Tabla IV.3).

La provisión de K^+ aportada principalmente por los fertilizantes pudo influir en el proceso de floración debido a que varios de los enzimas relacionadas con este proceso son bien dependientes de potasio, bien estimulados por este catión monovalente (Suelter, 1970). Además, se requieren elevadas concentraciones de potasio para la síntesis de proteínas (Marchner, 1995). Asimismo, se plantea la posibilidad de que ante una buena provisión de K^+ , no sólo aportada por los fertilizantes en el contenedor, sino también por el alto contenido inicial de la plántula, este catión haya competido con el Ca^{2+} y el Mg^{2+} por sitios de unión.

En cuanto a la intensidad de Coloración de la flor el valor L varió entre 30,94 y 58,16. Llamativamente aquel tratamiento con el menor contenido de K^+ presentó una coloración más intensa de las flores. Esta variable presentó mayor sensibilidad a la dosis de fertilizante aplicada, los menores valores medios correspondieron a tratamientos con dosis 0 para ambos sustratos. No se observaron diferencias debidas al tipo de agua de riego.

Análisis de correlación entre las variables originales del componente principal 3 (contenido de potasio e intensidad de coloración de la flor) y las variables de los componentes 1, 2 y 3

En este grupo se obtuvieron cinco correlaciones significativas: entre la intensidad de coloración y el contenido de Nt ($r = 0,47^{**}$), entre la intensidad de coloración y el contenido de clorofila ($r = -0,50^{**}$), entre la intensidad de coloración y la ratio sodio/potasio ($r = 0,30^{**}$), entre el contenido de potasio y el de clorofila ($r = 0,35^{**}$) y entre la ratio sodio/potasio y el contenido de clorofila ($r = -0,30^{**}$)(Anexo V. Tabla V.3).

Respecto a la Coloración de la flor, se sabe que los flavonoides se concentran en las vacuolas (Bohm, 1998). Se ha encontrado que tanto los flavonoides como carotenoides interactúan con proteínas específicas de la célula (Vishnevetsky *et al.*, 1999, Winefield, 2002).

En *Petunia x hybrida* el color rojo de la flor se debe exclusivamente a la acidificación del cianidín 3-O-glucósido y al 3,5-O-diglucósido en la vacuola de la célula (Nakajima *et al.*, 2005; Grotewold, 2006). Estos autores indican además que el fenotipo rojo del color de flor de petunias comerciales, se encuentra gobernado por el gene RT.

Sims & Gamon (2002) afirman, a su vez, que los pigmentos están íntegramente relacionados con las funciones fisiológicas de las hojas y que el contenido de clorofila tiende a disminuir con mayor rapidez que los carotenoides cuando las plantas se encuentran en condiciones de estrés o durante la senescencia foliar. Cabría pensar que también la síntesis de los pigmentos florales, en este caso los flavonoides, haya sido afectada en menor medida que la clorofila, luego de la deficiencia inicial principalmente de N en etapas tempranas del desarrollo.

El pH de la vacuola juega un importante rol en la coloración de la flor, un incremento en su valor produce un mayor tinte azulado en el color de los pétalos (Yamaguchi *et al.*, 2001). En el género *Merremia*, el gen Pr que codifica el intercambio de Na^+/H^+ , interviene en la elevación del pH vacuolar siendo responsable de la coloración azul de la flor (Fukuda-Tanaka, *et al.*, 2001). Estas observaciones realizadas en otras especies podrían explicar la correlación positiva y significativa entre la ratio Na^+/K^+ y la intensidad de coloración de la flor en el Grupo 3 "SO Test+FDC 2- 3".

Si consideramos que en el grupo 3 fue muy importante la participación del tratamiento Sustrato FDC, es posible que los efectos producidos por la absorción substancial de Na^+ durante los primeros estadios de crecimiento, se vieran reflejados en etapas posteriores del desarrollo. Por otro lado, es importante recordar que la deficiencia, en especial de nitrógeno y calcio, podría haber facilitado la absorción de Na^+ .

Por otra parte, se considera que en las hojas verdes, los cloroplastos cuentan con aproximadamente la mitad de las proteínas de la hoja. En plantas C3, la mayoría de la proteína del cloroplasto es RubisCO, y a su vez esta enzima es particularmente sensible a deficiencias de K^+ (Marschner, 1995). Para este caso en particular, los mayores valores promedio de K^+ en planta correspondieron al Grupo 3 "SO Test+FDC 2 – 3", sin embargo los contenidos medios de clorofila fueron un 20 % inferiores a los registrados para el Grupo 4 "SO Fert+MPP 2- 3", para las mismas fechas de muestreo. Por consiguiente, si la disponibilidad de K^+ en el sustrato no fue limitante, y en razón de la importancia del N para la formación de estructuras del cloroplasto y la síntesis de proteínas, en especial enzimas, es dable esperar que el nutriente responsable haya sido este último.

Al analizar la relación Na/K, se observó una tendencia negativa respecto a las concentraciones de clorofila, para el Grupo 3 "SO Test+FDC 2-3", que en etapas iniciales había

sufrido deficiencias de nitrógeno. Sairam *et al.* (2002) observan no sólo una disminución en el contenido de clorofila, sino también en el de los carotenoides y en la estabilidad de las membranas tilacoides por exposición a elevadas concentraciones de Na⁺ en cultivares de trigo. Chavez *et al.* (2009) indica que aquellas enzimas que requieren K⁺ como cofactor son particularmente sensibles a altas concentraciones de Na⁺ y/o altas relaciones Na⁺/K. Esto se constató en este trabajo sólo cuando la planta de petunia fue N-deficiente en etapas iniciales del desarrollo.

9.3.2.3.4.4. Grupo 4 “SO Fert + MPP 2 – 3” (sustrato Suelo Orgánico con fertilización y Mezcla Para Plantines (MPP) - 2º y 3º fecha de muestreo)

El contenido de K⁺ en el tejido foliar fluctuó dentro un intervalo comprendido entre 2,95 y 7,43 %. Los mayores valores medios, tanto para el contenido de K⁺ como para la intensidad de Coloración de la flor, se determinaron para el sustrato MPP. Los niveles de fertilización condicionaron la concentración de este nutriente en el tejido foliar. Para casi la totalidad de los tratamientos incluidos en este grupo, el contenido de K⁺ en la hoja se encontró dentro del rango de suficiencia sugerido por Mills & Benton Jones, (1996) y Röber & Schacht (2008) (Anexo II. Tabla II.3).

La intensidad de Coloración de la flor osciló entre valores de L de 27,81 y 38,62. En general, los valores menores de contenido de potasio se asociaron a valores bajos en coloración y los valores más altos de contenido de potasio a valores elevados de intensidad de coloración.

9.3.2.3.4.5. Grupo 5 “SO 1 – 2” (sustrato Suelo Orgánico - 1º y 2º fecha de muestreo)

Respecto al contenido de K⁺ en planta este osciló dentro de valores comprendidos entre 2,44 y 5,43 %. Sólo el 26 % de los tratamientos de este grupo registró contenidos inferiores a los recomendados por Mills & Benton Jones (1996) y Röber y Schacht (2008). La concentración de este catión no dependió del tipo de fertilizante, agua de riego o fecha de observación (Anexo IV. Tabla IV.3).

El valor L de intensidad de Coloración en la flor varió entre 10,47 y 44,60. Un hecho llamativo se observó en las mediciones realizadas en las flores de petunia para aquellas plantas creciendo en el sustrato SO fertilizadas con GC para la fecha 1 de muestreo. Estas plantas presentaron una marcada disminución en la tonalidad roja de la flor. Además estos tratamientos arrojaron los valores menores valores de concentración de Na⁺ para esa fecha (Anexo IV. Tabla IV.5). Ante una baja concentración de flavonoides, en razón del pH de la vacuola, es posible suponer que la intensidad en el color rojo se vio afectada.

9.3.2.3.5. Componente Principal 4: Contenidos de Fósforo y Magnesio

9.3.2.3.5.1. Grupo 1 “FDC- 1” (sustrato Fibra de Coco - 1ª fecha de muestreo)

El contenido de fósforo osciló entre 0,16 y 0,41 % y no alcanzó el valor mínimo aconsejado por Mills & Benton Jones (1996) y Röber y Schacht (2008) para esta especie en ninguno de los tratamientos de este grupo (Anexo IV. Tabla IV.4).

El contenido de magnesio varió entre 0,19 y 0,31 %. Todos los tratamientos incluidos en este Grupo, se encontraban por debajo del rango óptimo recomendado de magnesio para un óptimo crecimiento del cultivo (Dole & Wilkins, 1988; Mills & Benton Jones, 1996; Röber y Schacht, 2008). Las mayores concentraciones de este nutriente se observaron en los tratamientos de dosis npk y NPK tanto con fertilizante tipo GC como con fertilizante tipo LL.

Análisis de correlación entre las variables originales del componente principal 4 (contenidos de fósforo y de magnesio) y las variables de los componentes principales 1, 2, 3 y 4

Se halló correlación positiva y significativa entre el contenido de fósforo y el de clorofila ($r = 0,44^{**}$)(Anexo V. Tabla V.1).

Milton *et al.* (1991) citan que plantas de soja deficientes en fósforo muestran un comportamiento anormal de la clorofila a en la absorción de luz a 680 nm (“red edge”). El máximo de absorción puede desplazarse a longitudes de onda más cortas cuando la concentración de clorofila a disminuye como consecuencia del estrés nutricional (Horler *et al.*, 1983; Carter, 1994). Estas observaciones explican la relación directa existente entre las determinaciones analíticas del contenido de P y el contenido en clorofila en la hoja.

9.3.2.3.5.2. Grupo 2 “MPP- 1” (sustrato Mezcla Para Plantines – 1ª fecha de muestreo)

El contenido de P foliar en los tratamientos de este grupo varió entre 0,30 y 0,41 %. La adición de fertilizante no incrementó la concentración de fósforo en hoja. El único tratamiento con sustrato SO de este grupo presentó la menor concentración de fósforo en el grupo. La concentración de fósforo resultó por debajo del límite inferior sugerido por Dole & Wilkins (1988), Mills & Benton Jones (1996) y Röber & Schacht (2008) en todos los tratamientos del grupo 2 (Anexo IV. Tabla IV.4).

La concentración de Mg^{2+} se encontró en este grupo dentro del intervalo comprendido entre 0,29 y 0,39 %. Sólo un 30 % de los tratamientos del Grupo 2 se encontraban por debajo de los valores de contenido de magnesio recomendados (Mills & Benton Jones, 1996; Röber & Schacht 2008) (Anexo II. Tabla II.4).

Análisis de correlación entre las variables originales del componente principal 4 (contenidos de fósforo y de magnesio) y las variables de los componentes principales 1, 2, 3 y 4

Se obtuvieron correlaciones negativas significativas entre el contenido de magnesio y el peso fresco ($r = -0,33^*$) y el contenido de magnesio y el peso seco ($r = -0,38^*$) en las muestras pertenecientes a este grupo (Anexo V. Tabla V.2).

Dependiendo del estado nutricional de Mg^{2+} , entre el 6 y el 25 % del total se encuentra unido a la clorofila, el 5-10 % se encuentra firmemente unido a pectatos en las paredes de la célula o precipitado como sales solubles en las vacuolas, el 60-90 % restante es extraíble en agua. Una vez alcanzado el nivel que limita el crecimiento de la planta, el Mg^{2+} adicional es almacenado principalmente en las vacuolas, actuando como regulador de la concentración de Mg^{2+} en el "pool" metabólico (Marschner, 1995).

Cakman *et al.*, (1996) señalan la importancia del Mg^{2+} en la carga del floema y en la exportación y partición de fotosintatos desde las hojas fuente hacia los sumideros. En condiciones limitantes de restricción hídrica o de salinidad, el Mg^{2+} adicional pasa a ser almacenado dentro de la vacuola. Cuando los potenciales hídricos caen, la concentración de Mg^{2+} en el "pool" metabólico se incrementa, ocasionando una inhibición de la fotofosforilación y la fotosíntesis (Rao *et al.*, 1987).

La correlación negativa entre el contenido de magnesio y el peso de la planta sería indicativa de fenómenos de dilución causados por el gran crecimiento de las plantas debido, en este grupo y en esta fecha de muestreo, principalmente al tipo de sustrato.

9.3.2.3.5.3. Grupo 3 "SO Test + FDC 2 – 3" (sustrato Suelo Orgánico sin fertilización y Fibra de Coco - 2º y 3º fecha de muestreo)

El contenido medio de P se encontró comprendido dentro del rango de 0,17 a 0,49 %. A excepción del valor máximo que dio el tratamiento FDC LL NPK AD 2ª fecha, los 27 restantes se encontraban por debajo del mínimo recomendado (Mills & Benton Jones, 1996; Röber & Schacht 2008). No se halló correspondencia entre niveles de fertilización y contenido de P en planta (Anexo IV. Tabla IV.4).

El contenido de Mg^{2+} varió entre 0,15 y 0,30 %, siempre por debajo de los valores aconsejados para un óptimo rendimiento del cultivo (Mills & Benton Jones (1996), Röber & Schacht (2008)).

9.3.2.3.5.4. Grupo 4 “SO Fert + MPP 2 – 3” (sustrato Suelo Orgánico con fertilización y Mezcla Para Plantines (MPP) - 2º y 3º fecha de muestreo)

El contenido de P en los tratamientos de este grupo presentó valores comprendidos entre 0,15 y 0,47 %. Todos se hallaron por debajo del límite mínimo recomendado por Mills & Benton Jones, 1996 y Röber & Schacht, 2008 (Anexo IV. Tabla IV.4). El pH del medio de crecimiento al final del periodo de ensayo pudo influir en forma importante en la disponibilidad del P en solución, como se destacará en el Capítulo 10.

Los contenidos de Mg^{2+} en hoja de los tratamientos de este grupo variaron entre 0,14 y 0,41 %. Aunque los requerimientos de Mg^{2+} para el crecimiento óptimo se encontraron dentro del rango de 0,15-0,35 % (Marschner, 1995), todos los valores excepto el máximo se hallaron por debajo de los valores propuestos para este cultivo (Mills & Benton Jones, 1996 y Röber & Schacht, 2008).

Análisis de correlación entre las variables originales del componente principal 4 (contenidos de fósforo y de magnesio) y las variables de los componentes principales 1, 2, 3 y 4

El Grupo 4 “SO Fert+ MPP 2 – 3”, con un amplio predominio de plantas creciendo en el sustrato MPP, es el único caso de los estudiados donde se obtuvo una correlación positiva entre contenido de fósforo y contenido de magnesio ($r = 0,30^*$). En este grupo también se obtuvo correlación, en este caso negativa, entre el PF y contenido de P en el tejido vegetal ($r = -0,30^{**}$) (Anexo V. Tabla V.4).

La partición de fotoasimilados entre sumideros es un fenómeno complejo debido a que es el resultado de las interacciones entre fuentes y sumideros. Las relaciones fuente-sumidero se cuantifican con la introducción del concepto “fuerza” del sumidero (Warren-Wilson, 1972). Se ha propuesto un modelo mecanístico simple aplicable a un amplio rango de interacciones fuente-sumidero y entre sumideros (Minchin *et.al.*, 1993, Minchin & Lacoite, 2005). Se basa en el gradiente de presión osmótica generada, las resistencias variables dentro de las rutas metabólicas y las prioridades de descarga entre sumideros. La jerarquía de las prioridades entre sumideros puede estar fuertemente ligada al suministro de la fuente, sugiriendo que la aparente fuerza del

sumidero puede cambiar sin que ello implique variación de la capacidad de ese sumidero (Zamski & Schaffer, 1996).

En relación al estado de desarrollo de las plantas de petunia, la floración se inició en los 15 - 30 días previos a la toma de muestra, es posible suponer que la detención en el crecimiento radicular se haya producido en ese momento. En ese caso, la absorción de nutrientes, podría haberse visto circunscrita a un volumen de exploración del sustrato limitado. La flor como sumidero que competía con la raíz, habría limitado el suministro de fotoasimilados a la raíz y, en consecuencia, la absorción de P. Por lo tanto, sería dable esperar que ante tasas de crecimiento elevadas de la parte aérea y gran cantidad de flores/planta, el contenido de P en el tejido vegetal haya sido menor cuanto mayor fue el crecimiento de la planta. Estos mecanismos podrían haber influido en la relación inversamente proporcional entre PF y P.

La fase luminosa del proceso de fotosíntesis, es altamente dependiente de la concentración de P inorgánico, que debe hallarse dentro del rango 2,0-2,5 mM, en razón de la importante demanda de intermediarios fosforilados que requiere dicho proceso (Giersch & Robinson, 1987). Siendo el Mg^{2+} constituyente principal de la molécula del núcleo tetrapirrólico de la clorofila, es indiscutible la relación que existe entre ambos nutrientes para esta situación en particular, donde se ha observado el mayor crecimiento del ensayo.

9.3.2.3.5.5. Grupo 5 "SO 1 – 2" (sustrato Sustrato Orgánico - 1° y 2° fecha de muestreo)

El contenido de P de la hoja varió en este grupo entre 0,16 y 0,35 %. Todos los tratamientos dieron valores de concentración de fósforo en hoja por debajo de los aconsejados por Mills & Benton Jones (1996) y Röber y Schacht (2008) para petunia. De la misma forma que en el Grupo 4 "SO Fert + MPP 2 – 3", se considera que la elevación paulatina del pH a lo largo del ciclo de cultivo pudo disminuir la disponibilidad de este nutriente a pesar de la fertilización (Anexo IV. Tabla IV.4).

El contenido de magnesio varió en este grupo entre 0,14 y 0,36 %. En ningún tratamiento de este grupo se alcanzó el valor mínimo recomendado por Mills & Benton Jones (1996) y Röber y Schacht (2008).

Análisis de correlación entre las variables originales del componente principal 4 (contenidos de fósforo y de magnesio) y las variables de los componentes principales 1, 2, 3 y 4

En este grupo no se obtuvieron correlaciones significativas entre el contenido de fósforo y las demás variables y sí se obtuvieron correlaciones significativas, que además tuvieron signo negativo, entre el contenido de magnesio y las variables de crecimiento, en concreto el peso fresco ($r = -0,42^{**}$), el peso seco ($r = -0,49^{**}$) y el área foliar ($r = -0,40^{**}$) (Anexo V. Tabla V.5).

El bajo contenido en Mg en los sustratos SO y FDC pudo suponer en este grupo que se produjeran fenómenos de dilución al crecer la planta que serían proporcionales al crecimiento de ésta.

9.3.2.3.6. Componente Principal 5: Contenido de Sodio

9.3.2.3.6.1. Grupo 1 "FDC- 1" (sustrato Fibra de Coco - 1ª fecha de muestreo)

El rango de variación del contenido de Na⁺ se encontró comprendido entre 0,65 y 1,32 %. En general, las mayores concentraciones de sodio se observaron en los tratamientos de riego con agua de la napa freática. Los valores obtenidos para este conjunto de tratamientos fueron similares a los registrados por Fornes *et. al.* (2007) empleando el mismo sustrato y con agua de bajo tenor salino (Anexo IV. Tabla IV. 5).

Análisis de correlación entre la variable original del componente principal 5 (contenido de sodio) y el resto de variables

En este grupo no se encontraron correlaciones entre el contenido de sodio y el resto de variables.

Se sabe que se requiere Ca²⁺ para mantener o incrementar la absorción selectiva de K⁺ frente a altas concentraciones de Na⁺ (Epstein, 1998). En razón de la escasa presencia de calcio, es muy probable que se haya producido una mayor absorción de Na⁺ en detrimento del resto de nutrientes.

En adición a ello y como se ha mencionado anteriormente, la planta de petunia presentó bajos tenores de P en la hoja en este conjunto de tratamientos. Por tanto, no sólo cabía esperar que la planta mostrase síntomas de deficiencia de N, sino que además este hecho se agravase con la deficiencia de otros macronutrientes (P, Ca²⁺ y Mg²⁺) y la elevada concentración de Na⁺ en los tejidos. A consecuencia de los reducidos tenores de P en el tejido foliar, la mayor concentración de Na⁺ no pudo ser minimizada con la acumulación intravacuolar. Varios autores afirman que la síntesis de solutos compatibles para la regulación osmótica depende de compuestos fosforados ricoenergéticos (Bohnert & Jensen, 1996, Apse & Blumwald, 2002).

9.3.2.3.6.2. Grupo 2 "MPP- 1" (sustrato Mezcla Para Plantines – 1ª fecha de muestreo)

El contenido de Na⁺ varió entre 0,57 y 1,30 %. El valor mínimo lo dio el tratamiento con sustrato SO. La calidad del agua de riego no influyó directamente en los valores obtenidos (Anexo IV. Tabla IV.5).

Análisis de correlación entre la variable original del componente principal 5 (contenido de sodio) y el resto de variables

Yeo & Flowers (1983) mencionan que mediante el muestreo de hojas en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), con un amplio rango de concentración de sales, se observan relaciones inversas entre el contenido de clorofila y la concentración de Na^+ en el tejido vegetal. Dionisio-Sese y Tobita (2000) señalan que la eficiencia fotoquímica potencial del PSII se encuentra poco afectada por la salinidad y depende principalmente de factores genéticos de los cultivares de arroz. Esta asociación negativa del sodio con el contenido de Clorofila, observada por otros autores también se comprobó para este Grupo 2 "MPP-1", en el que se halló una correlación inversa entre ambas variables con $r = -0,58^{**}$. En este grupo también se encontró una correlación positiva y significativa entre el PF y el contenido de Na^+ ($r = 0,53^{**}$) y entre los contenidos de potasio y sodio ($r = 0,45^{**}$) (Anexo V. Tabla V.2).

Fornes *et. al.*, (2007) mencionan un incremento en el contenido de Nt como resultado de las condiciones de salinidad impuestas en su ensayo. Como resultado de ello, las plantas de petunia acumularían N-NO_3^- en hojas, probablemente, por reducción de la actividad de la N-NO_3^- reductasa. Esta observación es compatible con los resultados observados obtenidos para este grupo de tratamientos, donde no se apreció asociación entre concentraciones de Nt y de clorofila.

Las estimaciones de los contenidos promedio de Clorofila medidos en este grupo de tratamientos superaron casi en un 20 % los resultados obtenidos por Fornes *et al.* (2007) y el contenido de Nt duplicó el obtenido por estos autores. Esto implicaría que ante situaciones de mejores condiciones iniciales en cuanto a provisión de este nutriente, la planta estaría dentro de un contexto más favorable para regular la absorción de Na^+ y a la vez sostener altas tasas de crecimiento.

Existe poca evidencia de la redistribución de Na^+ desde los brotes hacia la raíz, hecho que indicaría que el transporte es unidireccional, con lo que se tendería a la acumulación con la edad de la hoja (Tester & Davenport, 2003). Para un amplio rango de especies, se ha encontrado, que las plantas con mayor capacidad para tolerar ambientes salinos tienen habilidad para excluir el Na^+ de los brotes o del limbo foliar y consecuentemente mantener altos niveles de K^+ (Greenway, 1962; Gorham, 1990; Schachtman *et al.*, 1992; Colmer *et al.*, 1995; Dubcovsky *et al.*, 1996; Munns *et al.*, 2000; Flowers & Hajibagheri, 2001; Zhu *et al.*, 2001). Los mayores niveles de K^+ en los tratamientos incluidos en el Grupo 2 "MPP-1" respecto al Grupo 1 "FDC-1", estarían indicando un mecanismo más eficiente de regulación de la absorción de Na^+ o la habilidad de compartimentalizar este anión en la vacuola para evitar su acumulación en el citoplasma. Este "secuestro" es importante como estrategia por su costo energético y efectividad para el ajuste osmótico y depende de la

expresión y la actividad de antiporters Na^+/H^+ (Chinnusamy *et al.*, 2005). La asociación directamente proporcional y significativa con el PF, podría deberse a la retención de agua provocada por el Na^+ .

A nivel celular, el secuestro de iones para el ajuste osmótico, la alta selectividad en el citosol (preferencia por el K^+ respecto al Na^+) y la acumulación de solutos orgánicos compatibles en el citosol para equilibrar el potencial hídrico a través del tonoplasto son mecanismos que contribuyen a la tolerancia a las sales (Greenway & Munns, 1980; Gorham *et al.*, 1985). El secuestro de iones potencialmente dañinos para el metabolismo celular (Cl^- y Na^+) en la vacuola mientras se mantiene alta la relación K^+/Na^+ en el citosol proveería por un lado de la fuerza osmótica requerida para la absorción de agua en ambientes inicialmente salinos y por otro permitiría la detoxificación iónica de manera eficiente (Greenway & Munns, 1980; Yeo & Flowers, 1983). En esta situación en particular, y en razón de las altas tasas de crecimiento por parte de la planta, la absorción de K^+ y Na^+ sería importante para mantener la turgencia de las células en momentos de alta demanda hídrica desde la atmósfera.

Un gran número de halófitas y especies tolerantes, incrementan su crecimiento en altas concentraciones de Na^+ en el sustrato. Sin embargo incluso para halófitas extremas este nutriente no funciona en calidad de macronutriente (Flowers *et al.*, 1977). Las respuestas de las halófitas al Na^+ reflejan la necesidad de este elemento mineral en la respuesta osmótica (Flowers & Läuchli, 1983), proceso para el cual el Na^+ puede ser más apropiado que el K^+ (Eshel, 1985).

Las Dicotiledóneas son más tolerantes al sodio que las Monocotiledóneas. Ello se debe a que las Dicotiledóneas pueden mantener valores más altos de Na^+ y elevadas relaciones Na^+/K^+ debido a su capacidad de almacenar la mayor parte de Na^+ en la vacuola y requerir relativamente poco K^+ para el metabolismo en el citosol, mientras que las Monocotiledóneas poseen menor habilidad para acumular sodio y requieren mayor cantidad de K^+ y osmolitos compatibles para la compartimentalización en el citosol (Flowers and Yeo, 1988; Glenn *et al.*, 1999). El mantenimiento de altas relaciones K^+/Na^+ es más importante para muchas especies que el simple mantenimiento de una baja concentración de Na^+ , ya que la toxicidad del Na^+ es debida a la competencia de éste con el K^+ por sitios de unión (Gorham *et al.*, 1990; Dubcovsky *et al.*, 1996; Maathuis and Amtmann, 1999; Cuin *et al.*, 2003).

Un hecho claro es que la entrada del Na^+ al citoplasma cortical de la raíz se produce de forma pasiva (Cheeseman, 1982). La acumulación neta se debe al balance entre el flujo pasivo de entrada y el flujo de salida activa. La exclusión de Na^+ desde la raíz en los sitios iniciales de entrada ha sido sugerida como un mecanismo importante para minimizar el daño en suelos salinos en algunas plantas (Schubert & Läuchli, 1990). La habilidad para regular la absorción de Na^+ y el transporte hacia los brotes es crítica en todas las plantas (Flowers and Yeo, 1986; Glenn *et al.*, 1999).

En los procesos de compartimentalización, el Na⁺ al entrar en las células de la hoja es bombeado a la vacuola antes de que su concentración aumente en el citoplasma. Este mecanismo es catalizado por un antiporter Na⁺/H⁺ asociado a una bomba ATPasa de protones y a proteínas pirofosfatásicas. Este fenómeno permite a las plantas acumular altos niveles de Na⁺ mientras mantienen el crecimiento y además tiene la cualidad de reducir significativamente las concentraciones de equilibrio de Na⁺ en condiciones de alcalinidad. Este fenómeno de compartimentalización del Na⁺ dentro de la vacuola, se ve favorecido por la síntesis de solutos compatibles en el citosol, que se caracterizan por no interferir en los procesos metabólicos de la célula. Entre ellos Hu *et al.* (2000) citan compuestos como la glicinabetaína, el manitol, la prolina y la sacarosa. Cheeseman (1988) cuestiona si el Na⁺ es necesariamente tóxico en el citoplasma, un aspecto sostenido por evidencias bioquímicas que demuestran que las reacciones citoplasmáticas podrían parecer tolerantes a altas concentraciones de Na⁺ (del orden de los 100 mM), en presencia de solutos compatibles e incluso intermediarios metabólicos como el fosfoenolpiruvato.

La falta de asociación entre el PF y el contenido de Na⁺ para la 2^o y 3^o fecha de muestreo, indicaron que este catión monovalente tuvo menor incidencia en esta etapa de desarrollo en que el crecimiento fue menor que a los 15 días iniciales. De todas formas, se manifestó tolerancia al sodio durante todo el ciclo de cultivo, ya que se dieron altos contenidos de este mineral en el tejido vegetal sin que se exhibieran síntomas de estrés por salinidad o alcalinidad.

Van Iersel (2006) afirma que las plantas que absorben Na⁺, lo acumulan en las hojas con lo cual se incrementa su concentración a lo largo del tiempo. En base a ello, los síntomas de toxicidad ocurren primero en las hojas más viejas, ya que su acumulación es mayor que en las jóvenes y sobre todo en los márgenes de las hojas, que parecen desecadas o presenta aspecto de quemado. Resultados similares citan Fornes *et al.*, (2007) para la misma especie cv "Costa Rosa Vivo", y sugieren que se dan fenómenos de adaptación a la salinidad/alcalinidad reflejados en una leve disminución del crecimiento y la falta de signos evidentes de toxicidad. Weinhold & Scharpf (1997) hacen también mención de un límite crítico de tolerancia de 840 ppm de sodio en petunia, empleando una mezcla de turba y dosis crecientes de compost. Estas consideraciones únicamente son válidas para el compost, motivo por el cual deben ser tenidas en cuenta cuando existen altas concentraciones en el agua de riego o en los residuos de FDC.

Debería plantearse, en base a los resultados obtenidos, la posibilidad de que las características adaptativas a condiciones de salinidad /alcalinidad hayan sido heredadas a través de líneas parentales de las Petunias comerciales, siendo la herencia en parte responsable de la tolerancia al Na⁺ por parte de esta especie.

Se conoce que las petunias comerciales son producto de la descendencia de híbridos interespecíficos de *Petunia integrifolia* (subsp. *integrifolia*) y *Petunia axillaris* subsp. *axillaris* (Paxton J., 1836, Sink, 1984), todas ellas originarias del cono sur de América. En adición a estos trabajos, Watanabe *et al.* (2001) y Ando *et al.* (2001) citan la posibilidad de cruzamientos artificiales, sugiriendo la ausencia de barreras de aislamiento genético entre especies. Para el caso de *Petunia axillaris* subsp. *axillaris*, Kokubun *et al.* (2006), mencionan que esta subespecie es autoincompatible, razón por la cual el cruzamiento con otras especies y/o subespecies sería potencialmente posible.

Estos mismos autores señalan la presencia de *Petunia axillaris* subsp. *axillaris* dentro de la geografía de la República Argentina, en zonas aledañas a Magdalena y Punta Indio, muy cercanas a la confluencia del Río de La Plata con el Océano Atlántico, en la Provincia de Buenos Aires. Esta región se halla geomorfológicamente comprendida dentro de la denominada "Pampa deprimida", al igual que la zona florícola en estudio (Figura 9.9).

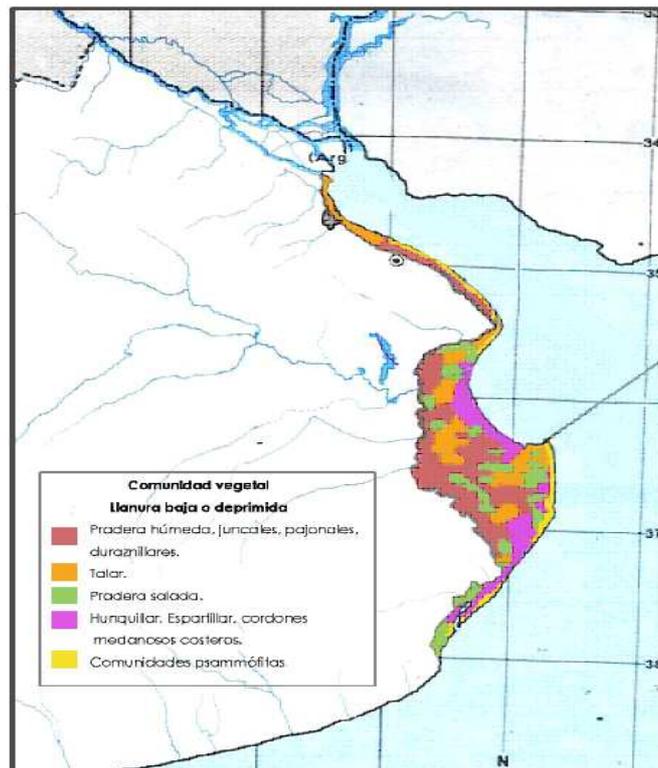


Figura 9.9 Distribución de las comunidades vegetales de la llanura costera de la Provincia de Buenos Aires. La zona ocupada por praderas saladas y talar corresponde a la zona donde Kokubun *et al.*, (2006) hallaron individuos nativos pertenecientes a *Petunia axillaris* subsp. *axillaris*. Fuente: Vilanova *et al.*, 2006

La transgresión de la última glaciación afectó una amplia área de terrenos ubicados en cotas menores de 5 m s. n. m. en el noreste y este de la provincia de Buenos Aires, durante el período Holoceno, de manera tal que la línea de costa se ubicó en promedio 30 km al oeste de la actual costa del Océano Atlántico (Codignotto & Aguirre, 1993; Violante *et al.*, 2001). Como resultado, el mar inundó las zonas ubicadas por detrás del paleoacantilado y se formaron llanuras de mareas hacia el norte (Violante, 1992), mientras que los cuerpos de agua dulce ubicados hacia el sur se salinizaron (Prieto *et al.*, 1998; Stutz *et al.*, 2002).

El análisis de varios registros palinológicos fósiles de las regiones costeras del sudeste y sudoeste de la provincia de Buenos Aires entre 37° y 40° S, muestra que las comunidades vegetales evolucionaron bajo la influencia de las fluctuaciones del nivel del mar y de los procesos costeros que se produjeron durante el Holoceno (Vilanova *et al.*, 2006). Por otro lado, en el área de ingresión marina, la falta de escurrimiento ha impedido la evacuación de sales hacia el océano generando la formación de suelos salino-alcálinos donde domina vegetación de tipo halomórfico (León, 1975).

También se ha mencionado la presencia en esta zona de *Callibrachoa parviflora* (*Petunia parviflora sensu Jussieu*). Batista (1992) y Burkart *et al.* (1990) ubican a *C. parviflora* dentro de aquellos grupos florísticos asociados a suelos salino-alcálinos con una alta concentración de sales en superficie. Precisamente *C. parviflora* es la que predomina en calidad de especie colonizadora y crece naturalmente en los bajos alcálinos aledaños a la laguna de Santa Catalina, donde se sitúa el predio de Universidad de Lomas de Zamora.

Aunque Ando *et al.* (2005) citan mecanismos de aislamiento genético en el género *Petunia sensu Jussieu*, en especial para la rama monofilética de *C. parviflora*, la certeza de los resultados necesita aún de posteriores estudios.

En base a los comentarios arriba expuestos, no se descarta, la posibilidad del aporte de tolerancia a la alcalinidad para condiciones de cultivo extremas, como las generadas por este ensayo, por ambas o por una de las ramas filogenéticas del género *Petunia sensu Jussieu*, para el híbrido F1 empleado en este ensayo.

9.3.2.3.6.3. Grupo 3 “SO Test + FDC 2 – 3” (sustrato Suelo Orgánico sin fertilización y Fibra de Coco - 2° y 3° fecha de muestreo)

La concentración de Na⁺ en los tejidos vegetales, varió dentro de un rango comprendido entre 0,50 y 1,38 %. No se pudo detectar la influencia del aporte de Na⁺ por parte del agua NF (pH 8,2), ya que en los tratamientos con agua AD algunas plantas presentaban concentraciones importantes de este catión en el tejido (Anexo IV. Tabla IV.5).

El Ca^{2+} desempeña un papel importante en los procesos fisiológicos de respuesta a la salinidad y a la alcalinidad. La repentina adición de Na^+ lleva a un aumento temporal del contenido de Ca^{2+} en el citosol (Knight *et al.*, 1997). Está por dilucidar el efecto de aumentos repentinos de calcio en ambientes relativamente ricos en sales. Sin embargo, se sabe que se producen cambios en la actividad de transportadores de Ca^{2+} y en los componentes de transducción de señales relacionadas con el Ca^{2+} (Tester & Davenport, 2003). En base a estas consideraciones previas, y en relación a los bajos contenidos de Ca^{2+} para este Grupo, es factible suponer que éstos hayan afectado a los mecanismos de respuesta a la salinidad, y así la incorporación de Na^+ a los tejidos no mostró relación con la calidad del agua de riego.

9.3.2.3.6.4. Grupo 4 “SO Fert + MPP 2 – 3” (sustrato Suelo Orgánico con fertilización y Mezcla Para Plantines (MPP) - 2º y 3º fecha de muestreo)

El contenido medio de Na^+ varió entre 0,32 y 1,51 % (Anexo IV Tabla IV.5). Se ha comentado anteriormente que el tipo de sustrato comercial empleado en el semillero, el volumen del contenedor y la calidad del agua de riego han afectado al contenido de Na^+ en plantas de petunia (Hashimoto, 2005).

Para las condiciones experimentales de este trabajo se ha encontrado que, en general, aquellas plantas que fueron regadas con agua desionizada disminuyeron su contenido de Na^+ respecto a la 1ª fecha de muestreo. En cambio la presencia de sodio en el agua de NF permitió que siguiera siendo absorbido por la planta. El empleo del sistema de subirrigación en este ensayo, no permitió la lixiviación de nutrientes del sustrato o de los fertilizantes y, además la evaporación de agua en la parte superior del sustrato provocó un movimiento ascendente de sales y fertilizantes provenientes de la parte media e inferior del contenedor. A medida que el agua en la superficie se fue evaporando, fueron quedando depositados los residuos de sales (Argo & Biernbaum, 1995 y Van Iersel, 2000). Van Iersel (2006) cita que el mayor volumen radicular se encuentra principalmente ubicado en la parte inferior de la maceta cuando el cultivo se realiza mediante subirrigación. Es factible suponer que para aquellos tratamientos en donde fue continuo el aporte de agua AD durante el ciclo de cultivo, la concentración de Na^+ en el tejido vegetal haya disminuido con el transcurso del tiempo por fenómenos de dilución.

Análisis de correlación entre la variable original del componente principal 5 (contenido de sodio) y el resto de variables

En este grupo se obtuvo una correlación positiva y significativa entre los contenidos de sodio y de nitrógeno ($r = 0,31^*$) (Anexo V. Tabla V.4). Se ha mencionado la importancia que posee el N como principal macronutriente para el crecimiento y desarrollo de cualquier especie vegetal. Por

lo tanto, fue peculiar observar que mayores contenidos de Nt se asociaban a valores más elevados de Na⁺. Como ya se ha expuesto el Na⁺ estaría cumpliendo funciones de regulación y aumento de la presión osmótica celular, dentro de las vacuolas, coincidiendo con altas tasas de crecimiento y de desarrollo de la planta.

9.3.2.3.6.5. Grupo 5 "SO 1 – 2" (sustrato Sustrato Orgánico - 1° y 2° fecha de muestreo)

En este grupo la concentración de Na⁺ se encontró dentro del rango comprendido entre 0,57 y 1,31 % (Anexo IV Tabla IV.5). El contenido de Na⁺ en el tejido foliar no se vio influido en gran medida por la calidad del agua, aunque dentro de los menores valores se encontraban plantas regadas con agua AD. En puntos anteriores se ha discutido el papel que podría estar desempeñando este nutriente en relación al crecimiento vegetal y su función como regulador osmótico en la vacuola de la célula vegetal. De los resultados expuestos cabría suponer que aún con bajas concentraciones de Na⁺ presentes en la solución existiría una absorción diferencial de este nutriente por la raíz.

9.3.3. Asesoramiento a floricultores

Entre las variables estudiadas, las indicadoras de calidad y que resultan útiles en la mejora de la comercialización de petunia son el peso fresco, el peso seco, el área foliar, el número de flores por planta, el contenido de clorofila y la intensidad de coloración de la flor. De ellas las cinco primeras muestran gran variabilidad, siendo cuatro constituyentes del componente principal 1 y una constituyente del componente principal 2.

El análisis de conglomerados ha permitido agrupar los tratamientos jerárquicamente destacando el Grupo 4 "SO Fert+ MPP- 2 – 3" como el de mejores resultados en los componentes 1 y 2.

Atendiendo a todo ello se podría recomendar el uso de suelo orgánico fertilizado o de mezcla para plantines (33 % resaca de río o turba subtropical + 33 % suelo orgánico + 33 % estiércol vacuno) en el cultivo de petunia y la comercialización en la segunda o tercera fecha de muestreo (a los 30 o 45 días del trasplante). El tipo de fertilizante y tipo de agua de riego no afectarían a la calidad de la planta, por lo que la elección se dejaría a discreción del floricultor.

En este tipo de asesoramiento no se han tenido en cuenta factores económicos ni ambientales. Respecto a los primeros podría resultar más oneroso para el floricultor el uso de suelo orgánico y de agua de napa freática. En cuanto al impacto ambiental, ya se ha discutido el deterioro que supone la extracción de suelo orgánico de los horizontes superiores en la zona del Gran Buenos Aires. Por su parte, el uso de agua de la napa freática, como se verá en el capítulo

10, supone un aumento de la salinidad en el sustrato que se debe valorar según el destino final de los plantines, para canteros o borduras o uso doméstico.

CAPITULO 10

Evolución del pH
y de la
conductividad
eléctrica del
sustrato durante
el período de
ensayo



10. Evolución del pH y de la conductividad eléctrica del sustrato durante el período de ensayo

10.1. Objetivo

Analizar el efecto del fertilizante y del tipo de agua de riego en la evolución del pH y la salinidad del sustrato entre el inicio y el final del cultivo de petunia.

10.2. Material y métodos

En este estudio se utilizaron por un lado los sustratos de partida FDC, SO y MPP y por otro los resultantes tras la realización del experimento descrito en el punto 9.2.

Se midieron el pH y la salinidad de todos los sustratos según método descrito en el punto 3.4.1.

Así pues se evaluó el efecto de los 2 fertilizantes (GC y LL), de las 3 dosis de fertilización (0: 0ppm NPK, npk: 300ppm NPK y NPK: 600ppm NPK) y de los 2 tipos de agua de riego (NF y AD) sobre el pH y la salinidad de los 3 sustratos (FDC, SO y MPP) tras el periodo de cultivo de 45 días. Así resultó el siguiente factorial: 2 fertilizantes x 3 dosis x 2 tipos de agua x 3 sustratos x 3 repeticiones.

Se realizó un estudio de medias por comparaciones múltiples mediante ANOVA utilizando el test de Duncan para la separación de medias para cada uno de los factores analizados: sustrato, tipo de fertilizante, dosis empleada y tipo de agua de riego.

10.3. Resultados y discusión

Los resultados de pH y CE tras el período de ensayo se presentan en la Tabla 10.1.

Para las determinaciones de pH las diferencias fueron estadísticamente significativas sólo en relación al tipo de sustrato empleado y la calidad del agua de riego al término del período de ensayo (Tabla 10.2).

Tabla 10.1. Valores de pH y conductividad eléctrica medido en el sustrato para cada uno de los tratamientos a los 45 días del trasplante.

TRATAMIENTOS				pH	CE (dS/m)
SO	GC	0	NF	6,70 ± 0,25	0,15 ± 0,07
SO	GC	0	AD	6,54 ± 0,49	0,16 ± 0,08
SO	GC	npk	NF	6,18 ± 0,01	0,19 ± 0,02
SO	GC	npk	AD	6,26 ± 0,13	0,41 ± 0,32
SO	GC	NPK	NF	6,33 ± 0,04	0,81 ± 0,25
SO	GC	NPK	AD	6,20 ± 0,14	0,99 ± 0,01
SO	LL	0	NF	5,95 ± 0,21	0,67 ± 0,46
SO	LL	0	AD	6,15 ± 0,49	0,87 ± 0,74
SO	LL	npk	NF	6,19 ± 0,43	1,36 ± 0,04
SO	LL	npk	AD	6,09 ± 0,29	1,01 ± 0,45
SO	LL	NPK	NF	6,04 ± 0,35	0,55 ± 0,20
SO	LL	NPK	AD	6,16 ± 0,52	0,30 ± 0,15
FDC	GC	0	NF	6,40 ± 0,08	2,11 ± 0,10
FDC	GC	0	AD	6,29 ± 0,23	3,33 ± 1,82
FDC	GC	npk	NF	6,08 ± 0,08	4,72 ± 0,13
FDC	GC	npk	AD	6,15 ± 0,18	3,91 ± 1,27
FDC	GC	NPK	NF	6,48 ± 0,28	2,51 ± 0,71
FDC	GC	NPK	AD	6,23 ± 0,64	2,23 ± 0,32
FDC	LL	0	NF	5,73 ± 0,07	2,74 ± 0,40
FDC	LL	0	AD	5,99 ± 0,44	2,46 ± 0,79
FDC	LL	npk	NF	6,36 ± 0,08	2,16 ± 0,36
FDC	LL	npk	AD	6,10 ± 0,44	3,28 ± 1,22
FDC	LL	NPK	NF	5,82 ± 0,04	3,36 ± 1,10
FDC	LL	NPK	AD	6,07 ± 0,33	2,40 ± 0,25
MPP	GC	0	NF	6,75 ± 0,20	1,73 ± 0,11
MPP	GC	0	AD	6,39 ± 0,71	1,47 ± 0,48
MPP	GC	npk	NF	6,02 ± 0,20	0,97 ± 0,23
MPP	GC	npk	AD	6,29 ± 0,18	1,41 ± 0,85
MPP	GC	NPK	NF	6,50 ± 0,11	2,18 ± 0,24
MPP	GC	NPK	AD	6,20 ± 0,54	1,89 ± 0,65
MPP	LL	0	NF	6,13 ± 0,29	2,10 ± 1,83
MPP	LL	0	AD	6,31 ± 0,04	3,13 ± 0,37
MPP	LL	npk	NF	5,87 ± 0,59	2,53 ± 0,47
MPP	LL	npk	AD	5,51 ± 0,08	2,73 ± 0,76
MPP	LL	NPK	NF	6,08 ± 0,73	2,54 ± 1,02
MPP	LL	NPK	AD	6,66 ± 0,10	1,80 ± 0,03

Tabla 10.2. Efecto del sustrato, tipo y dosis del fertilizante y calidad del agua de riego sobre el pH del sustrato en la 3ª fecha de muestreo luego de 45 días de iniciado el ensayo

Sustrato	pH	Fertilizante	pH	Dosis	pH	Agua	pH
SO	6,37 a	LL	6,35 a	0	6,35 a	NF	6,47 a
FDC	6,35 a	GC	6,23 a	npk	6,35 a	AD	6,11 b
MPP	6,14 b			NPK	6,17 a		

Valores en columna con diferente letra difieren estadísticamente al 5 % de probabilidad (Test de Duncan)

Respecto a la conductividad eléctrica se hallaron diferencias significativas tanto para el tipo de sustrato como para la dosis de fertilizante empleada independientemente de que el fertilizante fuese un soluble convencional o de liberación lenta (Tabla 10.3).

Tabla 10.3. Efecto del sustrato, tipo y dosis del fertilizante y tipo de agua de riego sobre la CE del sustrato en la 3ª fecha de muestreo luego de 45 días de iniciado el ensayo

Sustrato	CE (dS/m)	Fertilizante	CE (dS/m)	Dosis	CE (dS/m)	Agua	CE (dS/m)
FDC	3,21 a	LL	1,98 a	NPK	2,38 a	NF	1,93 a
MPP	1,95 b	GC	1,84 a	npk	1,72 b	AD	1,90 a
SO	0,58 c			0	1,65 b		

Valores en columna con diferente letra difieren estadísticamente al 5 % de probabilidad (Test de Duncan)

10.3.1. pH del sustrato

10.3.1.1. Tipo de sustrato

Se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de pH de los 3 sustratos tras los 45 días de cultivo. Los mayores valores de pH correspondieron a los sustratos que contenían suelo: MPP y SO. Figura 10.1.

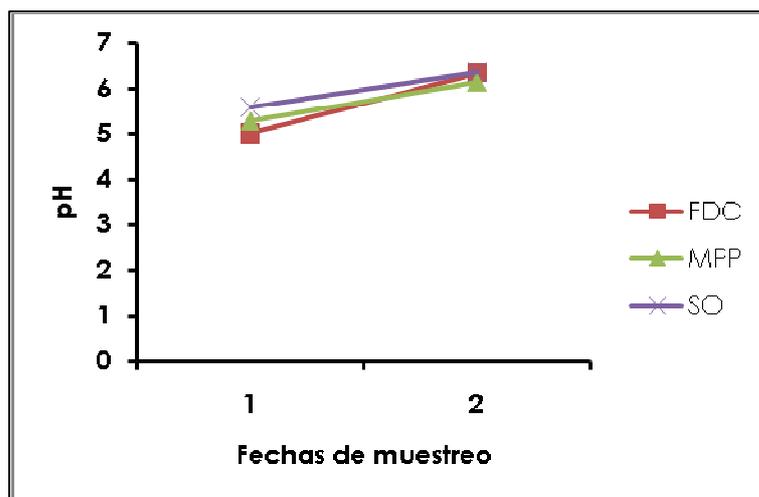


Figura 10.1. Variación del pH en los 3 sustratos desde el inicio* al fin del ensayo**.

(*) Inicio del ensayo: Fecha 1 (15/11): trasplante

(**) Fin del ensayo: Fecha 2 (30/12): a los 45 días del trasplante

10.3.1.2. Fertilizante y Dosis aplicada

A pesar de que el potencial de acidez para el fertilizante soluble GC es superior al de LL, debido a su mayor proporción de formas nitrogenadas en forma de NH_4^+ + urea (Bailey *et al.*, 2005), no se observaron diferencias de pH al finalizar el ensayo entre los dos tipos de fertilizante, ni para la dosis aplicada (Tabla 10.4).

Tabla 10.4. Acidez potencial y porcentaje de N total en forma de amonio+urea en los fertilizantes empleados en el ensayo

Fertilizante	Acidez potencial (*)	% NH_4^+ (**)
GC	261	52
LL	218	51

(*) libras de CaCO_3 requeridas para neutralizar la acidez causada por el empleo de 1 tonelada de fertilizante, (**) % del nitrógeno total que se encuentra en forma de NH_4^+ + urea, la proporción restante corresponde a N-NO_3^-

Fuente: Bailey *et al.*, 2005

10.3.1.2. Calidad del agua de riego

El pH de los tratamientos regados con agua NF fue superior al de los regados con AD. El aporte de Carbonatos y Bicarbonatos de Ca^{2+} , Mg^{2+} y principalmente de Na^+ fue el responsable del incremento de pH en los sustratos más allá de la acidez potencial que podría haber generado el fertilizante GC.

10.3.2. Conductividad eléctrica del sustrato

10.3.2.1. Tipo de sustrato

Los mayores valores de salinidad al inicio del cultivo correspondieron a los tratamientos con sustrato MPP (CE: 1,95 dS/m). Sin embargo a los 45 días, la mayor CE pertenecía al sustrato FDC (Tabla 11.1). Como se trató en el capítulo 9, las variables de crecimiento en este sustrato (Componente Principal 1, Grupo 1 "FDC – fecha 1"), fueron las más bajas a los 15 días del transplante y los problemas de crecimiento se arrastraron a lo largo del ensayo (Componente Principal 1, Grupo 3 "SO Test+ FDC-Fecha 2 y3"). La cantidad de nutrientes solubilizada o liberada por los fertilizantes no habría sido efectivamente absorbida por la planta y, quedando como remanente en el sustrato, habría incrementado la CE.

La variación salinidad a lo largo del cultivo fue significativa para los sustratos SO y FDC. La capacidad de intercambio catiónico del sustrato MPP permitió mantener valores de CE constantes en este sustrato durante el cultivo ya que el complejo de cambio pudo adsorber los nutrientes que podían estar en exceso en la solución (Figura 10.2).

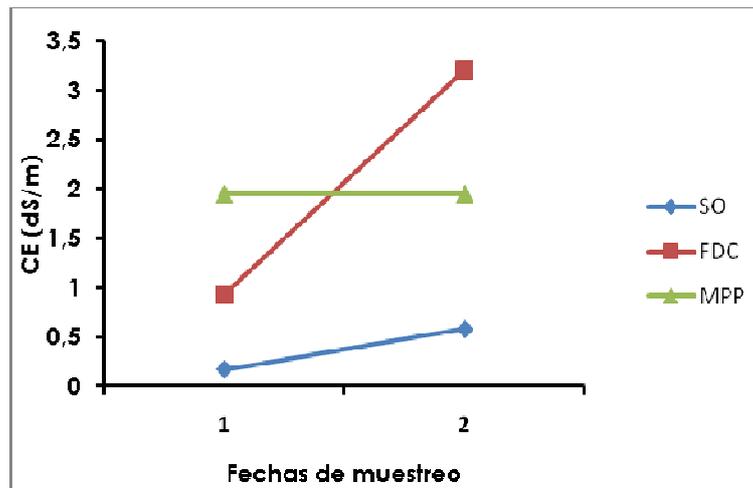


Figura 10.2. Variación de la conductividad eléctrica en los 3 sustratos desde el inicio* al fin del ensayo**.

(*) Inicio del ensayo: Fecha 1 (15/11): trasplante.

(**) Fin del ensayo: Fecha 2 (30/12): a los 45 días del trasplante

10.3.2.2. Fertilizante y Dosis aplicada

No se observaron diferencias estadísticamente significativas en los valores de CE para el tipo de fertilizante y sí para el nivel de fertilización. Con dosis NPK la CE de los sustratos vio incrementado su valor en razón del aporte de sales de los fertilizantes a la solución.

10.3.2.3. Calidad del agua de riego

El origen del agua empleada para el riego de los contenedores no pareció influir en los valores de CE tras 45 días de cultivo.

10.4. Conclusiones

Como comentario final, en general, se apreciaron aumentos importantes en los valores promedio de pH y CE una vez finalizado en ensayo. Dichos resultados se hallaban muy por encima de aquellos recomendados para el cultivo en contenedores (Biernbaum, 1994; Biernbaum & Bos Versluys, 1998, Vomocil & Hart, 1998, Bailey *et al.*, 2005, Instituto de Floricultura INTA, 2008). Estos incrementos se debieron fundamentalmente al aporte de sales a través de los fertilizantes y del agua de riego. El mayor valor de CIC en el sustrato MPP

actuó como regulador de las variaciones de CE causadas por la fertilización y minimizó los efectos del estrés salino para las plantas.

CAPITULO 11

Efecto del contenido de sales en el medio en la germinación de *Petunia x hybrida*.



11. Efecto del contenido de sales en el medio en la germinación de *Petunia x híbrida*

11.1. Introducción

Como ya se ha señalado en otros capítulos de la tesis la salinidad es uno de los principales factores que producen estrés abiótico, afectando negativamente el rendimiento y la productividad de los cultivos.

En algunas zonas del AMBA, el proceso de germinación de las especies sensibles se constituye en un factor limitante para el éxito de la producción y su posterior salida al mercado. Los productores han detectado problemas en esta etapa debidos a la calidad del agua. Asimismo, se han registrado elevados contenidos de sodio en aguas de riego en dichas zonas productoras como ya se ha ido señalando en esta tesis.

El objetivo de este capítulo es evaluar el efecto del contenido en sales del medio en la germinación de *Petunia x híbrida*

11.2. Material y métodos

11.2.1. Material botánico

Se emplearon semillas de *Petunia x híbrida* Mix, utilizadas en la producción comercial de plantines para borduras y canteros, provistas por un productor de la zona de Ministro Rivadavia.

11.2.2. Evaluación del Porcentaje de Germinación (PG)

Se efectuaron pruebas de germinación según las normas ISTA (1996) en una cámara con iluminación continua, con un $n=100$ y 4 repeticiones/tratamiento, a $22\pm 1^\circ\text{C}$ durante 10 días. Las semillas se depositaron en placas Petri de 5,5 cm de diámetro sobre papel hidratado con el tratamiento correspondiente. Los recuentos se efectuaron a los 4, 6, 8 y 10 días a partir de la siembra. Se tomó como criterio para esos recuentos, la emergencia de la radícula para considerar que la semilla había germinado

11.2.3. Tratamientos

A fin de evaluar el efecto de la salinidad y de la alcalinidad sobre la germinación de semillas de petunia, se emplearon concentraciones crecientes de NaCl-CaCl_2 (50-100-200-400 ppm), y de NaHCO_3 (100-200-300-400 ppm). Para contrastar los resultados se trabajó con dos testigos: 1)

solución nutritiva (N(NO₃) 198,3 ppm, N(NH₄⁺) 24 ppm, P 40,2 ppm, K 341,8 ppm, Ca 149,3 ppm, Mg 24,6 ppm, S 73,2 ppm, Fe 1,8 ppm, pH 3,96 y CE 2,37 dS/cm) y 2) agua desionizada.

Los valores de CE y pH de cada uno de los tratamientos evaluados se recogen en la Tabla 11.1

Tabla 11.1: Conductividad eléctrica (dS/m) y pH de las soluciones correspondientes a los tratamientos de germinación

TRATAMIENTO	CE dS/m	pH
1: 50 ppm NaCl-CaCl ₂	2,64	4,0
2: 100 ppm NaCl-CaCl ₂	2,89	4,4
3: 200 ppm NaCl-CaCl ₂	3,03	4,7
4: 400 ppm NaCl-CaCl ₂	3,70	5,3
5: 100 ppm NaHCO ₃	3,69	6,8
6: 200 ppm NaHCO ₃	5,51	7,1
7: 300 ppm NaHCO ₃	5,62	7,7
8: 400 ppm NaHCO ₃	5,92	8,0
9: Testigo sn nutritiva	2,37	3,9
10: Testigo agua deioniz.	0,01	4,9

11.2.4. Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó un diseño completamente aleatorizado con 4 repeticiones (placas Petri). Los datos obtenidos se evaluaron mediante ANOVA y se utilizó el test de Tuckey para comparación de medias considerándose el nivel de significación $\leq 5\%$. Se efectuó un análisis de correlación entre los datos de PG a los 4, 6, 8 y 10 días y un análisis de regresión entre las variables que habían resultado significativas en el análisis de correlación (entre PG 4 días y PG 6 días y entre PG 4 y 6 días y PG total).

11.3. Resultados y discusión

11.3.1. Evaluación del Porcentaje de Germinación (PG)

Los resultados del ANOVA mostraron diferencias significativas en el valor de PG de los distintos tratamientos ensayados, para los distintos períodos de recuento.

A los 4 días desde la siembra, el tratamiento con agua desionizada fue significativamente superior al resto de los tratamientos, con 74% de semillas germinadas.

En general, se observó mayor germinación cuando el medio se encontraba carente de NaHCO₃. Las observaciones posteriores a los 6, 8 y 10 días desde el inicio del ensayo no mostraron comportamientos significativamente distintos entre tratamientos respecto al

testigo de solución nutritiva correspondiente al agua AD. Las semillas de petunia presentarían, por lo tanto, una sensibilidad mayor a la alcalinidad que al contenido creciente de sales en la solución. La concentración de sales en la solución no sería el factor limitante para el inicio del proceso de germinación, sino el contenido de sodio en cantidades elevadas como elemento tóxico para la semilla sobre todo en altas concentraciones (Tobe et. al., 2002 Sosa et al., 2005). Sharma & Yamdagni (1989) citan una disminución en los valores de germinación con un incremento en los niveles de salinidad, valores éstos que superaron ampliamente los de CE para este ensayo.

Las plántulas, principalmente aquellas sometidas a dosis crecientes de NaHCO_3 , presentaron síntomas de bronceado u oscurecimiento en los cotiledones, los ápices y partes del talluelo, tal como fue observado por Kuehny & Morales (1998) (Figura 11.1).

La sensibilidad a la salinidad para una determinada especie o cultivar puede cambiar durante la ontogenia, pudiendo aumentar o disminuir, de acuerdo a la especie, cultivar o factores ambientales (Marschner, 1995). El contenido de sales puede afectar posteriormente a la fotosíntesis a nivel estomático o de mesófilo (Longstreth & Nobel, 1979).

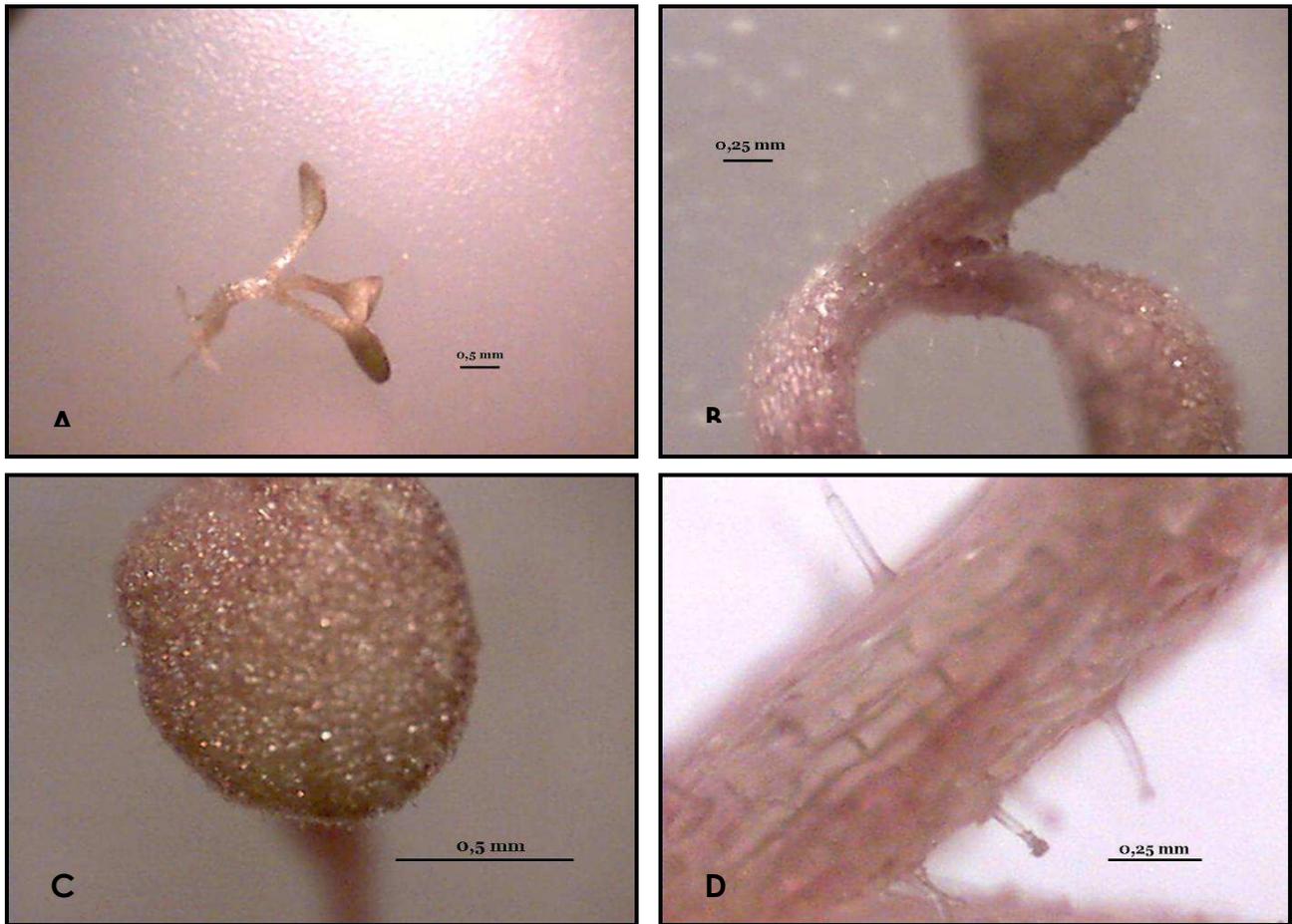


Figura 11.1. A-D: Aspecto morfológico y micromorfológico de la plántula de petunia germinada en solución de NaHCO_3 , donde es posible observar la típica sintomatología originada por la toxicidad del ión sodio. A, Aspecto general de la plántula; B, Detalle de la zona del nudo cotiledonar; C, Aspecto de la epidermis glandulosa de un cotiledón; D: Detalle de los pelos glandulares en el hipocófilo.

Es importante destacar que si se considera la totalidad de semillas germinadas a lo largo de todo el período de observación, el valor de PG para todos los tratamientos ensayados es aproximadamente similar (Figuras 11.2 y 11.3). La germinación se produjo con posterioridad a los 4 días especialmente en aquellos tratamientos que contenían dosis crecientes de NaHCO_3 . El testigo con agua desionizada, en este caso, presentó ventajas comparativas respecto a la precocidad en la germinación ya que podría adelantar dicho proceso en valores cercanos a 4 días, respecto a contenidos salinos o alcalinos variables del agua de riego.

De todas formas, al no contar con un medio provisto de nutrientes, la supervivencia de las plántulas se vio comprometida luego de finalizado el ensayo.

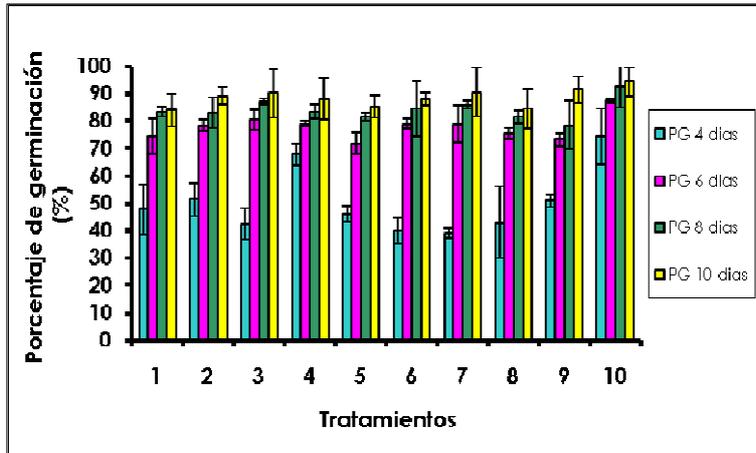


Figura 11.2. Poder germinativo (PG) a los 4, 6, 8 y 10 días para los distintos tratamientos. Tratamientos: 1) 50 ppm NaCl-CaCl₂, 2) 100 ppm NaCl-CaCl₂, 3) 200 ppm NaCl-CaCl₂, 4) 400 ppm NaCl-CaCl₂, 5) 100 ppm NaHCO₃, 6) 200 ppm NaHCO₃, 7) 300 ppm NaHCO₃, 8) 400 ppm NaHCO₃, 9) Testigo solución nutritiva y 10) Testigo agua desionizada

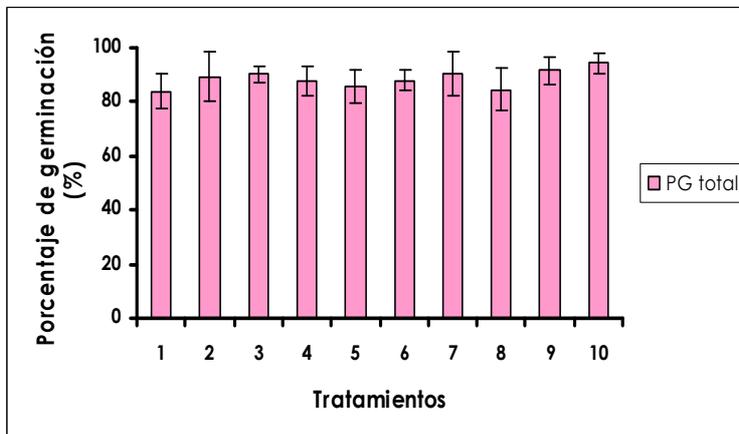


Figura 11.3. Porcentaje de germinación total (PG total) medido al final del ensayo. Tratamientos: 1) 50 ppm NaCl-CaCl₂, 2) 100 ppm NaCl-CaCl₂, 3) 200 ppm NaCl-CaCl₂, 4) 400 ppm NaCl-CaCl₂, 5) 100 ppm NaHCO₃, 6) 200 ppm NaHCO₃, 7) 300 ppm NaHCO₃, 8) 400 ppm NaHCO₃, 9) Testigo solución nutritiva y 10) Testigo agua desionizada

11.3.2. Análisis de correlación y de regresión

El análisis de correlación entre valores de PG de los distintos períodos, determinó una asociación estadísticamente significativa ($r = -0,86^{**}$) entre el valor de PG a los 4 días y el de los 6 días (Figura 11.4.). Aquellos tratamientos con altos porcentajes de semillas germinadas desde el inicio mostraron una tendencia decreciente con el tiempo. La correlación entre el PG a los 4 días y el PG total fue menor ($r = 0,62^*$). La cantidad de semillas germinadas para el primer período de observación (4 días) sería determinante en periodos posteriores. Para el resto de periodos analizados no se encontró ningún tipo de asociación.

Estas apreciaciones son importantes ya que aquellas semillas que germinan lentamente y necesitan mayor tiempo de imbibición generalmente producen pocas plántulas vigorosas (Basra, 1995). El porcentaje de germinación es la suma de semillas vigorosas y débiles, estas últimas posiblemente tendrán un pobre desempeño en el cultivo sobre todo ante posibles condiciones predisponentes a cualquier tipo de estrés (Copeland, 2001).

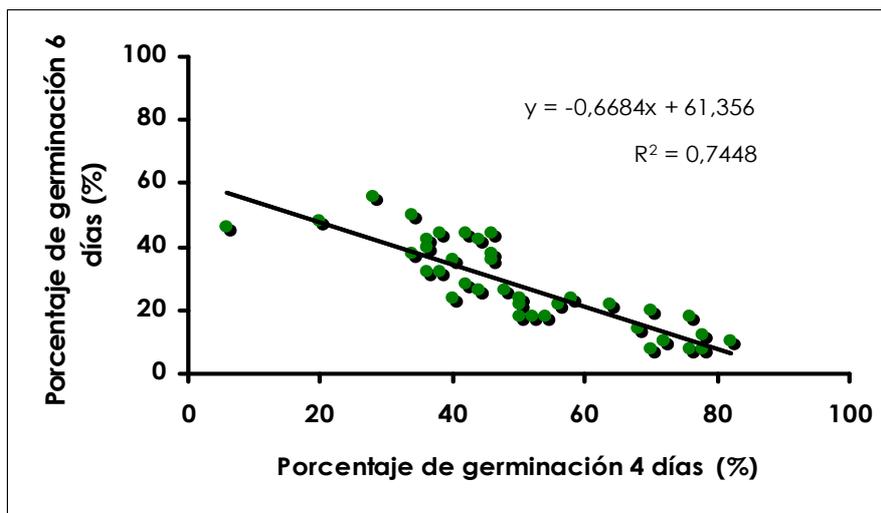


Figura 11.4. Relación entre los valores de PG medidos a los 4 días y PG a los 6 días desde la siembra

Se procedió a analizar, en consecuencia, el grado de dependencia que existía entre el valor de PG a los 4 días y el correspondiente a los 6 días. El valor hallado fue $R^2: 0,745^{**}$. En este caso, la germinación a los 6 días desde la siembra, estaría condicionada en un 75% por aquellas semillas germinadas a los 4 días.

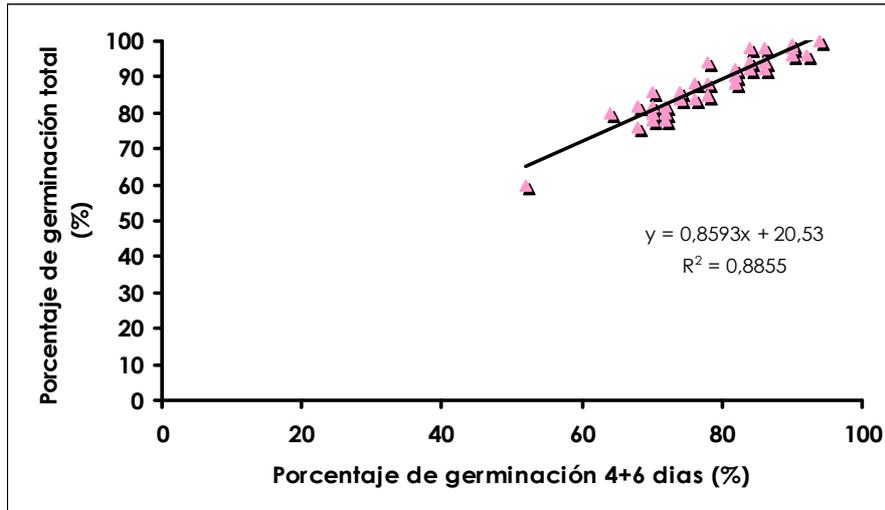


Figura 11.5. Relación entre los valores de PG total y PG medidos a los 4+6 días desde la siembra

En relación a los tratamientos aplicados a las semillas, el Na^+ y/o HCO_3^- adicionados parecieron actuar como competidores para el Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ . Este mecanismo de competencia ha sido citado por Kuehny & Morales (1998) para *Impatiens wallerana* y *Viola x wittrockiana*. Esto condujo a desbalance nutricional favoreciendo el ingreso de Na^+ a los jóvenes tejidos de la plántula y produciendo síntomas de bronceado (Figura 11.1). La tolerancia a este catión se produciría gradualmente con el crecimiento de la planta a medida que es capaz de producir solutos compatibles y alojar altas concentraciones de Na^+ en la vacuola o de regular la tasa de absorción por parte de la raíz (Chinnusamy *et al.*, 2005).

Si consideramos aquellas semillas germinadas entre los 4 y 6 días, el valor final del PG dependió casi en un 90% de estos resultados ($R^2 = 0,89^{**}$). Este valor estaría indicando que más allá de las características propias del agua con que se efectuó el proceso de germinación, los primeros 6 días habrían sido críticos y determinantes para definir la cantidad final de semillas que iniciaron este proceso. En razón de ello, radica la importancia del medio para poder lograr un mayor porcentaje de semillas germinadas en un corto tiempo, teniendo en cuenta que aquellas que emerjan posteriormente no presentarán los mismos caracteres de vigor en el cultivo.

11.4. Conclusiones

De los resultados obtenidos se pudo concluir que en etapas tempranas del desarrollo de la plántula de petunia, la presencia concreta de Na^+ en el medio de crecimiento tuvo mayor incidencia y efectos negativos que la propia salinidad.

La alcalinidad, en el estadio de plántula y durante la germinación mostró sintomatología propia de toxicidad por presencia de Na^+ .

Efecto del contenido de sales en la germinación

Se presume que a lo largo del proceso de crecimiento y desarrollo, la especie va desarrollando mecanismos de tolerancia a la presencia de Na^+ de modo tal que permite el crecimiento y desarrollo una vez superada la etapa de plántula.

CAPITULO 12

Conclusiones



12. Conclusiones

1. El inventario de los productores florícolas de la zona de Esteban Echeverría, Almirante Brown y Presidente Perón caracterizó un sistema productivo con dificultades para la adopción de nuevas estrategias tecnológicas para lograr una mejora en la producción, principalmente de tipo económico. Específicamente para la producción del cultivo de petunia se caracterizaba por el empleo de suelo orgánico como sustrato único o parte de mezcla para sustrato, deficiente calidad del agua de riego proveniente de la napa freática y falta de uso de fertilizantes. Debido en concreto al uso de suelo orgánico y agua de riego de baja calidad el impacto ambiental dentro de los agroecosistemas de cultivo intensivo se encuentra hoy seriamente comprometido dentro del Area Metropolitana de Buenos Aires.
2. La calidad del agua de riego para la zona estudiada, presentó variaciones en los distintos sectores donde se localizaban los establecimientos productores de plantines anuales florales. En general exhibió calificaciones desde regular a riesgosa para la producción de cultivos en contenedores, máxime en razón de la reducida capacidad del recipiente que emplean los productores para este cultivo. El riesgo se basó principalmente en los altos contenidos de HCO_3Na presentes. Las propiedades químicas de las muestras analizadas dependieron de particularidades propias de los acuíferos (Pampeano y Puelche), del nivel piezométrico en relación al freático, características de la perforación (profundidad y encamisado) y proximidad a algún tipo de fuente contaminante.
3. La calidad del agua de riego empleada en la producción del cultivo de petunia, en relación al sustrato más utilizado por los productores (suelo orgánico), demostró un comportamiento diferencial en parámetros de crecimiento, desarrollo y nutrición mineral de esta especie. En general, salvo para el número de flores por planta, el resto de las variables fueron superiores cuando se regó con agua de napa freática. A excepción del Ca^{2+} , la concentración de nutrientes en el tejido vegetal fue igual o superior cuando el riego era con agua de napa freática que cuando se utilizó agua desionizada. La concentración foliar de Na^+ fue apreciable independientemente de las características químicas del agua empleada.
4. El tipo de sustrato utilizado para el cultivo de petunia representó un factor relevante sobre todo para las variables de crecimiento y desarrollo de la planta de petunia, cuando no se efectuó aporte de nutrientes por fertilización. El sustrato MPP exhibió las mejores características químicas y físicas para el crecimiento y floración de la planta de petunia. La

Conclusiones

mezcla de componentes orgánicos de distinto origen, que constituyen este sustrato, ha resultado en un producto con características adecuadas para el cultivo de esta especie, a pesar de la calidad dudosa del agua de riego de napa freática aportada al cultivo y la concentración inicial de Na^+ presente en el sustrato.

5. La respuesta de la planta de petunia cultivada en suelo orgánico a la aplicación de nutrientes en dosis crecientes se manifestó en una respuesta positiva en el crecimiento. El sistema de subirrigación empleado en este ensayo, que impidió la lixiviación, favoreció el suministro de nutrientes principalmente en etapas iniciales del desarrollo. Superados los 30 días en contenedor la nutrición dejó de incidir, en general, en el contenido de nutrientes de la planta. La respuesta al tipo y dosis de fertilizante estuvo condicionada a interacciones entre ambos factores.
6. Del análisis multivariante para evaluar el grado de contribución del tipo de sustrato, tipo y dosis de fertilizante y tipo de agua de riego en relación a la fecha de muestreo se concluyó lo siguiente: El análisis en componentes principales incluyó en el primer componente las variables de crecimiento y desarrollo y en el segundo el contenido de nitrógeno, el de clorofila y el de calcio, siendo los que explicaban el mayor porcentaje de variabilidad del ensayo. El análisis en conglomerados jerárquicos clasificó los tratamientos en cinco grupos, definidos principalmente por el tipo de sustrato y la fecha de muestreo. El uso combinado de ambos análisis multivariantes permitió dirigir la discusión de los resultados desde un enfoque agronómico. Además se probó la utilidad de este tipo de análisis en el asesoramiento técnico al horticultor. En este sentido, los tratamientos con sustrato MPP muestreados a los 30 y 45 días del transplante serían los recomendables.
7. La fertilización y el riego incrementaron el pH y, muy especialmente, la conductividad eléctrica del sustrato a lo largo de los 45 días de experimentación. Los valores alcanzados se hallaban muy por encima de aquellos recomendados para el cultivo en contenedores. La mayor capacidad de intercambio catiónico en el sustrato MPP actuó como regulador de las variaciones de conductividad eléctrica causadas por la fertilización y el agua de riego y minimizó los efectos del estrés salino en este sustrato.
8. La alcalinidad del agua durante la germinación hizo que se manifestara la sintomatología propia de toxicidad por presencia de Na^+ . Se presume que a lo largo del proceso de crecimiento y desarrollo la especie va desarrollando los mecanismos de tolerancia a la presencia de Na^+ propios de petunia de modo tal que en etapas posteriores contribuiría al crecimiento y desarrollo, una vez superada la etapa de plántula. El empleo de agua

desionizada para la germinación de las semillas de petunia mostró ventajas respecto a soluciones de salinidad variable ya que podría anticipar la emergencia de la plántula.

9. Como comentario final, los resultados obtenidos en este trabajo podrían resultar útiles para modificar aspectos referidos al manejo tecnológico del cultivo de petunia. El uso de sustratos y agua de riego adecuados minimizarían el impacto ambiental. Por otro lado, el avance de la salinización en suelos agrícolas hace necesaria la búsqueda de variedades tolerantes como complemento a otras estrategias para paliar este inconveniente a corto plazo.

CAPITULO 13

Bibliografía



13. Bibliografía

- ABAD, M. 1993. Sustratos para cultivo sin suelo: Inventario y características. En: Curso superior de especialización para cultivos sin suelo. pp. 63-80. F. Cánovas y J-R. Díaz (Eds). IEA/FIAPA. Almería. España.
- ABAD, M. & NOGUERA, P., 1998. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. En: Fertirrigación. Cultivos Hortícolas y Ornamentales. C. Cadahía (Coord.). Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, pp. 287-342.
- ABAD, M.; NOGUERA, P.; NOGUERA, V.; ROIG, A.; CEGARRA, J. & PAREDES, C. 1997. Reciclado de residuos orgánicos y su aprovechamiento como sustratos de cultivo. *Actas de Horticultura*. 19: 92-109.
- ABAD, M.; FORNES, F.; CARRION, C; NOGUERA, V; NOGUERA, P; MAQUIEIRA, A. & PUCHADES, R. 2005. Physical properties of various coconut coir dusts compared to peat. *HortScience*. 40:(7): 2138-2144.
- ALBANESI, R.; CASSINERA, A.; PROPERSI, P.; QUESTA, T. & ROSENSTEIN, S. 1995. Proyecto de Desarrollo Hortícola para el Área de Rosario. Segunda Etapa. Limitantes en la comercialización y organización del trabajo en los productores hortícolas del área. Mimeo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario.
- ALMEIDA, E.; OLIVEIRA PAIVA, P.; FRAZÃO MORAIS, J.; SOUZA SANTOS, F.; RESENDE, F. & CAMPOS, L. 2008. Diferentes doses de NPK e esterco no crescimento e producto de inflorescencias em plantas de copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*). IV Congreso Argentino de Floricultura y Plantas Ornamentales. X Jornadas Nacionales de Floricultura. Corrientes. Argentina. 264-268.
- ATLAND, J. & BUAMSCHA, M. 2007. Nutrient Availability from Douglas Fir Bark in Response to Substrate pH. *HortScience*. 43(2): 478-483.
- ATLAND, J.; OWEN, J. 2008. Container Height and Douglas Fir Bark Texture Affect Substrate Physical Properties. *HortScience*. 43:505-508.

Bibliografía

- ANDO, T.; KOKUBUN, H.; WATANABE, H.; TANAKA, N.; YUKAWA, T.; HASHIMOTO, G.; MARCHESI, E.; SUÁREZ, E. & BASUALDO, I. 2005. Phylogenetic Analysis of *Petunia sensu* Jussieu (Solanaceae) using Chloroplast DNA RFLP. *Annals of Botany*. 96(2): 289-297.
- ANDO, T.; NOMURA, M.; TSUKAHARA, J.; WATANABE, H.; KOKUBUN, H.; TSUKAMOTO, T.; HASHIMOTO, G.; MARCHESI, E.; KITCHING, I. 2001. Reproductive isolation in a native population of *Petunia sensu* Jussieu (Solanaceae). *Annals of Botany*. 88(3): 403-413.
- ANDRADE SODRÉ, G., CORA, J.; SILVA FONTES, L.; CARVALHO FERNANDES S. 2005. Características químicas de substratos utilizados na produção de mudas de cacaueiros. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 27(3): 514-516.
- ANDRIOLO, J.; DUARTE, T.; LUDKE, L. & SKREBSKY, E. 1999. Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro sem solo. *Horticultura Brasileira*. 17 (3): 215-219.
- ANSORENA MINER, J. 1994. Sustratos: Propiedades y caracterización. Madrid: Mundi-Prensa. 172p.
- APSE, M. & BLUMWALD, E. 2002. Engineering salt tolerance in plants. *Current Opinion in Biotechnology*. 13 (2): 146-150.
- ARENAS, M.; VAVRINA, C.; CORNELL, J.; HANLON, E. & HOCHMUTH, G. 2002. Coir as an Alternative to Peat in Media for Tomato Transplant Production. *HortScience*. 37(2): 309-312.
- ARGO, W. & BIERNBAUM, J. 1995. The effect of irrigation method, water-soluble fertilization, preplant nutrient charge, and surface evaporation on early vegetative and root growth of poinsettia. *Journal of American Society of Horticultural Science*. 120:163-169.
- ARGO, W. & BIERNBAUM, J. 1996. Component comparisons: coconut coir. *Grower Talks*. February: 62-66.
- ARGO, W.; BIERNBAUM, J. & WARNCKE, D. 1997. Geographical characterization of greenhouse irrigation water. *HortTechnology*. 7(1): 49-55.
- ARMENGAUD, P.; BREITLING, R. & AMTMANN, A. 2004. The potassium-dependent transcriptome of *Arabidopsis* reveals a prominent role of Jasmonic Acid in nutrient signaling. *Plant physiology*. 136:2556-2576.

- ARMITAGE, A. 1985. Petunia. In: Handbook of flowering IV. pp. 41-46. A.H. Harley Ed. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- ARMITAGE, A. 1994. Ornamental Bedding Plants. Wallingford, CAB International. 175 pp. (Crop Production Science in Horticulture, 4).
- AUGE, M. 1997. Deterioro de acuíferos por sobreexplotación y contaminación. Congreso Internacional sobre aguas. UBA. Buenos Aires. 1-40.
- AUGE, M. 2002. Hidrogeología ambiental-Quinto curso de posgrado. UBA. Buenos Aires. Inédito: 1-161.
- AUGE, M.; HIRATA, R. & LOPEZ VERA, F. 2004. Vulnerabilidad a la contaminación por nitratos del acuífero Puelche en La Plata-Argentina. Informe científico final. CEAL-UAM-SCH. 187 pp.
- BACKES, M. 1989. Composto de lixo urbano como substrato para plantas ornamentais. Porto Alegre. Faculdade de Agronomia da UFRGS. Dissertação de Mestrado. 78 pp.
- BACKES, M.; KÄMPF, A. & BORDÁS, J. 1988. Substratos para a produção de plantas em viveiros. In: Congresso Forestal Estadual, Nova Prata. Anais.Nova Prata: Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul. 665-675.
- BAILEY, D.; NELSON, P.; FONTENO, W.; LEE, J. & HUANG, J. 1996. Breakthrough plug reasearch: pH, fertilization and nutrition. Floraculture International. January: 18-19.
- BAILEY, D.; NELSON, P. & FONTENO, W. 2005. Greenhouse substrates and fertilization. Raleigh: North Caroline State University.URL: <http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/floriculture/plugs/ghsubfert.pdf>
- BAILEY, D.; NELSON, P.; FONTENO, W., LEE, J. & HUANG, J. 1996. Breakthrough plug reasearch: pH, fertilization and nutrition. Floraculture International. January: 18-19.
- BAILEY, D. & ALLEN- HAMMER, P. 1986. Growth and nutritional status of petunia and tomato seedlings with acidified irrigation water. *HortScience* 21 (3): 423-425.
- BÁRBARO, L.; BUYATTI, M.; KARLANIAN, M. & MORISIGUE, D. 2008. Resto de poda compostados como alternativa de uso de suelo como sustrato para plantas ornamentales en maceta.

Bibliografía

- Actas del IV Congreso Argentino de Floricultura y Plantas Ornamentales. X Jornadas Nacionales de Floricultura. Corrientes. Argentina. 318-323.
- BARBARO, L.; KARLANIAN, M.; VALENZUELA, O.; GALLARDO, C.; GONZÁLEZ, J.; DEL PARDO, C.; VIVAS, S.; BALCAZA, L.; MIZUNO, M.; FERNÁNDEZ, H.; FERNÁNDEZ, R. & MORISIGUE, D. 2007. Caracterización y evaluación de sustratos de siembra utilizados para el cultivo de especies ornamentales. Actas de las IX Jornadas Nacionales de Floricultura. Salta. CD-ROM.
- BARTON, C. 1948. Photometric analysis on phosphate rock. *Industrial and Engineering Chemistry Analysis*. Ed. 20: 1068-1073.
- BASRA, A. 1995. Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications. Amarjit S. Basra (Ed.) The Haworth Press. 389 pp.
- BATISTA, W. & LEÓN, R. 1992. Asociación entre comunidades vegetales y algunas propiedades del suelo en el centro de la Depresión del Salado. *Ecologia Austral* 2: 47-55.
- BAUDER, T.; WASKOM, R.; DAVIS, J. 2008. Irrigation Water Quality Criteria. Colorado State University Extension. Fact Sheets. N° 0506.
- BAYOUMI, Y.; EL MAHROUK, M. ; EL AIDY, F. & PAP, Z. 2008. Using compost of grape manufacture and farm wastes as growing media in vegetable and ornamental nurseries. *International Journal of Horticultural Science*. 14 (3): 45-50.
- BELLE, S.; KÄMPF, A. 1994. Utilização de casca de arroz carbonizada como condicionador hortícola para um solo orgânico. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 29 (8): 1265-1271.
- BELTRÃO LACERDA, M.; PASSOS, M.; RODRIGUES, J. & BARRETO, L. 2006. Características físicas e químicas de sustratos a base de pó de coco e residuo de fibra sisal para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). *Arvore*. 30 (2): 163-170.
- BEZERRA, F.; ROSA, M.; BRÍGIDO, A.; NORÕES, E. 2001. Utilização de pó de coco como substrato de enraizamento para estacas de crisântemo. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental* 7(2):129-134.
- BIERNBAUM, J. 1994. Water quality. In: H. Tayama, T. Roll, and M. Gaston (eds.). Tips on growing bedding plants. 3rd ed. Ohio Florists' Assn. Columbus.

- BIERNBAUM, J. & BOS VERSLUYS, N. 1998. Water Management. *HortTechnology*. 8(4): 504-509.
- BILDERBACK, T.; WARREN, S.; OWEN, J. & ALBANO, J. 2005. Healthy substrates need physicals too! *HortTechnology*. 15: 747-751.
- BLOM, T. 1999. Coco coir versus granulated rockwool and 'arching' versus traditional harvesting of roses in a recirculating system. *Acta Horticulturae*. 481: 503-510.
- BLYTHE, E. & MERHAUT, D. 2007. Container Substrates Based on Physical Properties Using Exploratory Multivariate Statistical Methods. *HortScience*. 42: 353-363.
- BOBADILLA, S. & LEXOW, G. 2007. Cultivo de peonías en el noroeste de Chubut. Actas de las IX Jornadas Nacionales de Floricultura. Salta. Argentina. Noviembre. CD-Rom.
- BOHM, B. 1998. Introduction to Flavonoids. Harwood Academic Publishers. 503 pp.
- BOHNERT, H. & JENSEN, R.. 1996. Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. Trends in *Biotechnology*. 14 (3): 89-97.
- BOSCHI, C. & MOLINARI, J. 1996. El desarrollo de la floricultura en la Argentina. *Horticultura Internacional*. Diciembre (14): 107-113.
- BROSCHAT, T. 1979. Principal components analysis in horticultural research. *HortScience*. 14: 114-117.
- BUALÓ, R.; KARLANIAN, M.; VIVAS, S.; GARCIA LAGER, E. & HAGIWARA, J. 2005. Efecto del agua de riego sobre el crecimiento de *Calibrachoa kleinii*. Actas de las VII Jornadas Nacionales de Floricultura. Trevelin. Chubut. Argentina. Octubre. CD-ROM.
- BUNT, A. 1988. Media and mixes for container-grown plants. 2nd. Edition. Unwin Hyman Ltd, London, UK . 309 pp.
- BURES, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnica . 342 pp.
- BURKART, S.; LEÓN R. & MOVIA, C. 1990. Inventario fitosociológico del pastizal de la Depresión del Salado (Prov. Bs. As.) en un área representativa de sus principales ambientes. *Darwiniana* 30: 27-69.

Bibliografía

- CABRERA, R . 1998. Evaluating water quality for ornamental plant production. Fact Sheets. Rutgers Cooperative Extension, New Jersey Agricultural Experiment Station, The State University of New Jersey. FS893.
- CABRERA, R. 2002. Manejo de sustratos para la producción de plantas ornamentales en maceta. Department of Horticultural Sciences. Texas A&M University.
URL: <http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort02/Ponencia06>
- CADAHIA, C.; CADAHÍA LÓPEZ, C. 2005. Fertirrigación: Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Mundi-Prensa Libros. 610 pp.
- CAKMAN, I.; ROHWER, J.; SCHUETZ R.; KIRCHNER, H. & RINK, L. 1996. Dysregulation between TH1 and TH2 T cell subpopulations in the elderly. *Mechanisms of Ageing and Development*. 87 (3): 197-209.
- CANTLIFFE, D.; CASTELLANOS, J. & PARANJPE, A. 2007. Yield and Quality of Greenhouse-grown Strawberries as Affected by Nitrogen Level in Coco Coir and Pine Bark Media. *Proceedings of Florida State Horticultural Society*. 120:157–161.
- CARPENTER, W. & CARLSON, W. 1974. Comparison of photoperiodic and high intensity lighting on the growth and flowering of *Petunia hybrida* Vilm. *Florist's Review*. July. 18: 27-28.
- CARTENSEN, U. 1999. Comunicación personal.
- CARTER, G. 1993. Responses of leaf spectral reflectance to plant stresses. *American Journal of Botany*. 80:239–243
- CHAPIN, F. III. 1980. The mineral nutrition of wild plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 11: 233-260.
- CHAVEZ, M.; FLEXAS, J. & PINHEIRO, C. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany* .103(4):551-560.
- CHEESEMAN J. 1982. Pump-leak sodium fluxes in low salt corn roots. *Journal of Membrane Biology*. 70: 157–164.

- CHINNUSAMY, V.; JAGENDORF, A.; ZHU, J. 2005. Understanding and Improving Salt Tolerance in Plants. *Crop Science*. 45:437-448.
- CLARKSON, D. 1993. Roots and the delivery of solutes to the xylem. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. Series B 341: 5-17.
- CLOQUELL, S.; ALBANESI, R.; DE NICOLA, M.; PREDI, G. & PROPERSI, P. 2000. Transformaciones en el área agrícola del sur de Santa Fe: las estrategias de los productores familiares capitalizados. XXXI Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economistas Agrarios. Trabajo Completo en C.D AAEA.
URL: <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Investigacion/revista/rev.1/7.htm>
- CODIGNOTTO, J. & AGUIRRE, M. 1993. Coastal evolution, changes in sea level and molluscan fauna in northeastern Argentina during the Late Quaternary. *Marine Geology* 110: 163-173.
- COLLA, G.; ROUPHAEL, Y.; POSSANZINI, G.; CARDARELLI, M.; TEMPERINI, O.; SACCARDO, F.; PIERANDREI, F. & REA, E. 2007. Coconut coir as a potting media for organic lettuce transplant production. *Acta Horticulturae*. 747:293-296.
- COMPTON, A. & NELSON, P. 1997. Timing is crucial for plug seedling substrate testing. *Hort Technology*. 7: 63-68.
- COOPERATIVA ARGENTINA DE FLORICULTORES. 2008. URL: <http://www.floricultores.com.ar>
- COO.VI.FLOR. 2007. Cooperativa de Viveristas y Floricultores de Salta. IX Jornadas Nacionales de Floricultura. Salta. Argentina. Noviembre. CD-Rom.
- COPELAND, L. & MCDONALD, M. 2001. Principles of Seed Science and Technology. Kluwer Academic Publishers. 4th. Edition. 267 pp.
- CRAMER, G. 2002. Sodium-calcium interactions under salinity stress. pp. 205-227. In: Läuchli, A, Lüttge U, eds. Salinity. Environment-plants-molecules. Dordrecht: Kluwer,.
- CRESSWELL, G. 1992. Coir dust – a viable alternative to peat? In: Proceedings of the Australian Potting Mix Manufacturers Conference, Sydney. 1-5.

Bibliografía

- CUIN T.; MILLER, A.; LAURIE, S. & LEIGH, R. 2003. Potassium activities in cell compartments of salt-grown barley leaves. *Journal of Experimental Botany*. 54 (383) 657-661.
- CURBO DE CASAS, S; FRANZUN DE MENDIENDO, E. & LORENZINI, H. 1977. La Floricultura en la Argentina. Instituto de la Producción. Facultad de Ciencias Económicas. UNLP.
- DE BOOT, M. & VERDONCK, O. 1972. Physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Horticulturae*. 26: 37-44.
- DE GRAZIA, J.; TITTONELL, P.& CHIESA, A. 2007. Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annum*). *Ciencia e Investigación Agraria* 34(3): 195-204.
- DE MAGISTRIS, A. & BAIGORRIA, J. 2007. Santa Catalina: relicto histórico y núcleo de biodiversidad en el conurbano-sur bonaerense (Provincia de Buenos Aires). En: Panorama de la ecología de paisajes en Argentina y países sudamericanos. pp. 351-364. Silvia D. Mateucci (Ed.) GEPAMA-INTA.SECYT.
- DEPORTES, L.; GILLY,G.; CUANY,A.; MERCIER,S.; POUPET,A. & MARAIS, A. 1979. A contribution to the study of certain technical problems posed by violet culture. *Pepinieristes-Horticulteurs-Maraichers*. 200: 13-21.
- DERBY, S. & HINESLEY, E. 2005. Growth of containerized atlantic white cedar seedlings as affected by container volume, substrate, fertilizer, and irrigation. *Hortscience*. 40 (6): 1755-1759.
- .
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. 1989. Torfe und Torfprodukte, DIN 11540. Beuth, Berlin. (86): 52-53. Dev 17: 469-472.
- DI BENEDETTO, A.; MOLINARI, J.; C. BOSCHI; KLASMAN, R. & BENEDICTO, D. 2000. Adaptación de cuatro especies florales anuales a diferentes sustratos de crecimiento. *Agro Sur*. 28 (32): 69-76.
- DI BENEDETTO, A.; PETRACCHI, J.; MARCELLA, G.; MONTARON, P. & CHAVEZ, W. 2006. Evaluation of alternative substrates for bedding plants. *International Journal of Agricultural Research*. 1 (6): 545-554.

- DIONISIO SESE, M. & TOBITA, S. 2000. Effects of salinity on sodium content and photosynthetic responses of rice seedlings differing in salt tolerance. *Journal of plant physiology*. 157(1): 54-58.
- DOI, R. & SAKURAI, K. 2004. Principal components derived from soil physic-chemical data explained a land degradation gradient and suggested the applicability of new indexes for estimation of soil productivity in the Sakaerat Environmental Research Station , Thailand. *International Journal of Sustainable Development World Ecology*. 11: 298-311.
- DOLE, J. & WILKINS, H. 1988. University of Minnesota Tissue Analysis Standards. Minnesota State Florist Bulletin, 37 (6):10-13.
- DUBCOVSKY J.; SANTA MARIA G.; EPSTEIN E.; LUO, M. & DVOŘÁK, J. 1996. Mapping of the K⁺/Na⁺ discrimination locus *Kna1* in wheat. *Theoretical and Applied Genetics*. 92: 448-454.
- DUFAULT, R. 1986. Influence of nutritional conditioning on muskmelon transplant quality and early yield. *Journal of American Society of Horticultural Science*. 111:698-703.
- DWYER, L.; TOLLENAAR, M. & HOUWING, L. 1991. A nondestructive method to monitor leaf greenness in corn. *Canadian Journal of Plant Science*. 71: 505-509.
- DYSKO, J.; KANISZEWSKI, S. & KOWALCZYK, W. 2008. The effect of nutrient solution pH on phosphorus availability in soilless culture of tomato. *Journal of Elementology*. 13 (2): 189-198.
- ENDO, M.; KIRIWA, Y. & NUKAYA, A. 2004. Substrate Culture of Tomatoes Using Processed Liquid Cattle Manure. *Horticultural Research*. 3 (3) 267-271.
- ERB, H.; GASHU, T.; GIRO, L.; MILANESE, N. & MOLFINO, S. 1968. La inmigración japonesa en la República Argentina. En Separata del Boletín de Estudios Geográficos 58, Vol. XV, enero-marzo.
- ESHEL, A. 1985. Effects of NaCl and KCl on growth and ionic composition of the halophytic C₄ succulent chenopods *Salsola kali*, *Suaeda monoica* and *Suaeda aegyptiaca*. *Australian Journal of Plant Physiology*. 12 (3): 319-328.
- EVANS, M. 2008: Floraculture International Growing media: developments and grower choice. February.

- EVANS, M.; KONDURU, S. & STAMPS, R. 1996. Source variation in physical and chemical properties of coconut coir dust. *HortScience*. 31:965-967
- FARNHAM, D. 1985. Water quality: Its effects on ornamental plants. University of California . Division of Agricultural and Natural Resources, Oakland, California. Cooperative Extension Leaflet No.2995.
- FERMINO, M.; KÄMPF, A. & TRENTIN, A. 2000. Caracterização física e química de materiais alternativos para composição de substratos para plantas. 1. Resíduos industriais e agrícolas. En: Substrato para plantas. A base de produção vegetal em recipientes. Anais do I Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas (ENSub). 241-248.
- FERNANDES, P.; DE OLIVEIRA, G. & HAAG, H. 1975. Nutricao mineral de plantas ornamentais. VIII - Absorcao e deficiencias de nutrientes pelo *Chrysanthemum morifolium*. cv. Suzuki [Crisantemo]. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 32 : 471-492.
- FISCHER, P. 1996. Kultursubstrate. En: Horn, W. (Ed.) Zierpflanzenbau. Blackwell Wissenschafts, Berlin.
- FLOWERS, T. & HAJIBAGHERI, M. 2001. Salinity tolerance in *Hordeum vulgare*: ion concentrations in root cells of cultivar differing in salt tolerance. *Plant and Soil*. 231: 1-9.
- .
- FLOWERS, T. & LÄUCHLI, A. 1983. Sodium versus potassium: substitution and compartmentation. pp. 651-681. In A. Läuschli and J.L. Bielecki (Eds.) Inorganic Plant Nutrition. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- FLOWERS, T. ; TROKE, P. & YEO, A. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual review of plant physiology*. 1 (38): 1950-1987.
- FLOWERS, T. & YEO, A. 1988. Ion relations of salt tolerance. pp. 392-416. In: Baker D. Halls J. Eds. Solute transport in plant cells and tissues. Harlow: Longman.
- FLYNN, R.; BALL, S.& BAKER,R. 1999. Sampling for Plant Tissue Analysis. College of Agriculture and Home Economics New Mexico State University. Guide A-123.

- FONSECA, T. G. 2001. Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO₂ na água de irrigação. 72f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- FONTENO, W. 1993. Problems and considerations in determining physical properties of horticultural substrates. *Acta Horticulturae*. 342: 197-204.
- FORNES, F.; BELDA, R.; ABAD, M.; NOGUERA, P.; PUCHADES, R.; MAQUIEIRA, A. & NOGUERA, V. 2003. The microstructure of coconut coir dusts for use as alternatives to peat in soilless growing media. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 43 (9): 1171-1179.
- FORNES, F.; BELDA, R.; CARRION, C.; NOGUERA, V. ; GARCIA-AGUSTIN, P. & ABAD, M. 2007. Pre-conditioning ornamental plants to drought by means of saline water irrigation as related to salinity tolerance. *Scientia Horticulturae*. 113 (1): 52-59.
- FORO DE FLORICULTURA. 2006. Actas de la 1ra. Reunión: Noviembre. Instituto de Floricultura. INTA Castelar. Argentina
- FORO DE FLORICULTURA. 2007. Actas de la 3ra. Reunión: Marzo. Instituto de Floricultura, INTA Castelar. Argentina
- FREITAS ROSA, M.; BEZERRA, F.; CORREIA, D.; SEIXAS SANTOS, F. & PINTO DE ABREU, F. 2002. Utilização da Casca de Coco como Substrato Agrícola. Embrapa Agroindústria Tropical. Documento 52: 24 pp.
- FRETT, J.; DIRR, M. & ARMITAGE, A.. 1985. Nitrogen and calcium requirements of *Petunia x hybrida* 'Coral Sea.' *Scientia Horticulturae*. 26: 351-359.
- FUKADA-TANAKA, S.; INAGAKI, Y.; YAMAGUCHI, T. & IIDA, S. 2001. Simplified Transposon Display (STD): a New Procedure for Isolation of a Gene Tagged by a Transposable Element Belonging to the Tpn1 Family in the Japanese Morning Glory. *Plant Biotechnology*. 18 (2):143-149.
- GALLARDO, C. 2005. Bases técnicas para la elección de los sustratos: Problemas y soluciones más comunes. Apuntes técnicos. Boletín de Floricultura. Ediciones INTA. Diciembre. N° 35.

Bibliografía

- GALLARDO, C. 2006. Materiales comúnmente utilizados en la formulación de sustratos. Seminario Taller "Sustratos para plantas en contenedores". Corrientes. Argentina. Agosto-setiembre.
- GALLARDO, C. & VALENZUELA, O. 2005. Alcances de la investigación argentina sobre cualidades y usos agronómicos del lombricompost. *Revista Científica Agropecuaria*. 9 (1): 55-61.
- GARCÍA FILGUEIRA, S. & DI STÉFANO, D. 2002. Informe sobre la situación del sector floricultura en Argentina. URL: [http://: www.cfired.org.ar](http://www.cfired.org.ar).
- GARCÍA, O.; ALCANTAR, G.; CABRERA, R.; GAVI, F. & VOLKE, V. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra*. 19 (3): 249-258.
- GARIGLIO, N.; ALSINA, D., NESCIER, I. & CASTELLANO, F. 2001. Corrección del pH en sustratos a base de serrín de Salicáceas. *Investigación Agraria*. 16(2):205-211.
- GENEVE, R. 1998. Seed dormancy in commercial vegetable and flower species. *Seed Technology*. 20(2): 236-250.
- GIERSCH, C. & ROBINSON, S. 1987. Regulation of photosynthetic carbon metabolism during phosphate limitation of photosynthesis in isolated spinach chloroplasts. *Photosynthesis Research*. 14 (3): 211-227.
- GILLY, G .1977. Morphological, histological and chemical disorders due to mineral deficiencies in *Chrysanthemum morifolium*. *Annales Agronomiques*. 28(6): 637-650.
- GLENN, E.; BROWN, J. & LUMWALD E. 1999. Salt tolerance and crop potential of halophytes. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 18: 227-255.
- GORHAM J. 1990. Salt tolerance in the *Triticeae*: Ion discrimination in rye and triticale. *Journal of Experimental Botany*. 41: 609-614.
- GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. MINISTERIO DE ECONOMIA. MINISTERIO DE ASUNTOS AGRARIOS. 2006. Censo Hortiflorícola. Provincia de Buenos Aires. URL: [http://: www.ec.gba.gov.ar/Estadistica/FTP/chfba/censohort.htm](http://www.ec.gba.gov.ar/Estadistica/FTP/chfba/censohort.htm).

- GOH, K. & HAYNES, R. 1977. Evaluation of potting media for commercial nursery production of container-grown plants. I. Physical and chemical characteristics of soil and soilless media and their constituents. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 20: 363-370.
- GORHAM J. 1990. Salt tolerance in the *Triticeae*: Ion discrimination in rye and triticale. *Journal of Experimental Botany*. 41: 609–614.
- GORHAM, J.; MCDONNELL, E., BUDREWICZ, E. & WYN JONES, R. 1985. Salt Tolerance in the *Triticeae*: Growth and Solute Accumulation in Leaves of *Thinopyrum bessarabicu*. *Journal of Experimental Botany*. 36 (7): 1021-1031.
- GRACA, M. & HAMILTON, D. 1982. How Cotoneaster cuttings respond to nitrogen and potassium treatments. *American Nurseryman*. 155(8): 46-49.
- GRATTAN, S. & GRIEVE, C. 1999. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. pp. 203–229. In: Pessaraki M.: Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, New York.
- GREENWAY , H. 1962. Plant response to saline substrates. I. Growth and ion uptake of several varieties of *Hordeum* during and after sodium chloride treatment. *Australian Journal of Biological Sciences*. 15: 16–38.
- GROTEWOLD, E. 2006 The genetics and biochemistry of floral pigments. *The Annual Review of Plant Biology*. 57:761–80.
- GUERIN, V. ; LEMAIRE, F. ; MARFA, O. ; CACERES, R & GIUFFRIDA, F. 2001. Growth of *Viburnum tinus* in peat-based and peat-substitute growing media. *Scientia horticultrae* . 89 (2): 129-142.
- HANDRECK, K. 1993a. Immobilisation of nitrogen in potting media. *Acta Horticulturae*. International Symposium on Horticultural Substrates other than Soil in situ. 342:121-126.
- HANDRECK, K. 1993b. Properties of coir dust, and its use in the formulation of soilless potting media. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 24:349-363.
- HANDRECK, K. & BLACK, N. 2002. Growing media for ornamental plants and turf. 3rd. Edition. UNSW Press. 542 pp.

Bibliografía

- HASHIMOTO, P. 2005. Efecto del sustrato de cultivo y de la fertilización en la composición mineral y el desarrollo de *Petunia x hybrida* Vilm. y *Gardenia fortunei*. Memoria presentada para optar por el Diploma de Estudios Avanzados (DEA). Departamento de Biología Vegetal. Universidad Politécnica de Valencia. 55 pp.
- HASHIMOTO, P.; RODRIGUEZ, M.; FORTUNATA, A. & CHIESA, A. 2000. Fecha de siembra y calidad comercial en plantas de petunia (*Petunia x hybrida* Vilm.). pp. 263-270. En: Mascarini, I., Vilella, F., Wright, E. Floricultura en la Argentina: Investigación y Tecnología de producción. Edit. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- HASHIMOTO, P. & VAZQUEZ, J. 2006. Caracterización de la producción de *Petunia x hybrida* Vilm. en los Pdos. De E. Echeverría, Alnte. Brown y Pte. Perón. Actas de las IX Jornadas Nacionales de Floricultura. Salta. Argentina. 183-185.
- HERNADEZ-APAOLAZA, L.; GASCO, A.; GASCO, J. & GUERRERO, F. 2005. Reuse of waste materials as growing media for ornamental plants. *Bioresource Technology*. 96: 125-131.
- HIROSE, T. 2007. Comunicación personal.
- HOLCOMB, E. & WHITE, J. 1980. Correlation among soil test values and elemental composition of chrysanthemums. *Plant and Soil*. 54 (1): 45-50.
- HORLER, D.; DOCKRAY, M.; & BARBER, J. 1983. The red edge of plant leaf reflectance. *International Journal of Remote Sensing*. 4:273-288.
- HU, Y.; SCHNYDER, H. & SCHMIDHALTER U. 2000. Carbohydrate deposition and partitioning in elongating leaves of wheat under saline soil conditions. *Australian Journal of Plant Physiology* 27: 363-370.
- HU, Y. & SCHMIDHALTER, U. 1997. Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat. 2. Composition. *Journal of Plant Nutrition*. 20:1169-1182.
- HUME, E. P. 1949. Coir dust or cocopeat - a by-product of the coconut. *Economic Botany* 3: 42-45.
- IEZZONI, A. & PRITTS, M. 1991. Applications of principal components analysis to horticultural research. *HortScience* 26: 334-338.

- INBAR, Y.; CHEN, Y. & HADAR, Y. 1986. The use of composted separated cattle manure and grape marc as peat substitute in horticulture. *Acta Horticulturae* . 178:147-154.
- INGLES, O. & AITCHISON, G. 1970. Soil-water disequilibrium as a cause of subsidence in natural soils and earth embankments . In: Proceedings of the Tokyo Symposium on Land Subsidence. International Association of Scientific Hydrology and UNESCO. Tokyo. 2: 342-353.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS (INDEC). 1988. Censo nacional agropecuario 1988 : resultados generales. Características básicas. INDEC. Buenos Aires. 26 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA (INTA) ESTACION EXPERIMENTAL AGROPECUARIA (EEA) ROQUE SAENZ PEÑA-CHACO. 2005. Procedimientos de técnicas para aguas. Laboratorio de suelos y agua. 17 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA (INTA) . 2003, Programa Hortalizas y Flores.
URL: [http:// www.inta.gov.ar](http://www.inta.gov.ar).
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA (INTA): INSTITUTO DE FLORICULTURA. Laboratorio de Sustratos y Agua. 2008. Tabla de datos orientativos para el uso agrícola del agua. Servicios de asesoramiento a los productores florícolas del AMBA. Certificación Normas ISO 9100 (en trámite).
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). 1996. International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*. 24 pp.
- ISAAC, R. & KERBER, J. 1971. Atomic absorption and flame photometry: Techniques and uses in soil, plant, and water analysis. pp. 18-37. In LM Walsh (ed) Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue. *Soil Science Society of American Journal.*, Madison, WI.
- JACKSON, B. & WRIGHT, R. 2009. Pine tree substrate: an alternative and renewable substrate for horticultural crop production. *Acta Horticulturae*. 819: 265-272.
- JACKSON, B.; WRIGHT, R. & BARNES, M. 2008. Pine Tree Substrate, Nitrogen Rate, Particle Size, and Peat Amendment Affect Poinsettia Growth and Substrate Physical Properties. *HortScience*. 43(7): 2155–2161.
- JACKSON, M. L. 1976. Análisis químico de suelos. 3º Edición Ed. Omega. Barcelona. 662 pp.

- JACKSON, B. & WRIGHT, R. 2009. Pine tree substrate: an alternative and renewable substrate for horticultural crop production. *Acta Horticulturae*. 819: 265-272.
- JAIN, R.; GARG, V. & KHANDUJA, S. 1981. Macronutrient element composition of leaves from some ornamental shrubs grown on normal and alkali soils. *Journal of Horticultural Science*. 56(2): 169-171.
- JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) & INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA (INTA). 2003. Estudio sobre la caracterización de la Producción Florícola en la Argentina. INTeA Innovaciones Tecnológicas Agropecuarias S.A. 88 pp.
- JAPANESE AMERICAN NATIONAL MUSEUM. 2000. International Nikkei Research Project. 369 East First Street. Los Angeles, USA. URL: [http://: www.janm.org/projects](http://www.janm.org/projects).
- JIMÉNEZ, R. & CABALLERO, M. 1990. El Cultivo Industrial de Plantas en Maceta. Barcelona; España: Ediciones Horticultura. 664 pp.
- JOHNSON, R. & WICHERN, D. 1992. Applied multivariate statistical analysis. Prentice- Hall 3th Ed.
- KÄMPF, A. 2000. Seleçao de Materiais para uso como Substrato. En: Substrato para plantas. A base de produção vegetal em recipientes. Anais do I Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas (ENSub). 139-145.
- KÄMPF, A. 2005. Produção comercial de plantas ornamentais. Guaíba: Agrolivros. 256 pp.
- KÄMPF, A. & FERMINO, M. 2000. Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre .Gênesis,. 312 pp.
- KÄMPF, A. & JUNG, M. 1991. The use of carbonized rice hulls as an horticultural substrate. *Acta Horticulturae*. 294: 271-284.
- KÄMPF, A.; TAKANE, R. & VITAL DE SIQUEIRA, T. 2006. Técnicas de preparo de substratos. LK Editora e Comunicação. Brasília (DF). 132 pp.
- KARACAS, B.; LO BIANCO, R. & RIEGER, M. 2000. Association of marginal leaf scorch with sodium accumulation in salt-stressed peach. *HortScience*. 35 (1): 83-84.

- KARLSSON, M. 1996. Control of flowering in petunia by photoperiod and irradiance. *HortScience*. 31: 681. (Abstract).
- KHATTREE, R. & NAIK, D. 2000. Multivariate data reduction and discrimination with SAS software, Cary, NC: SAS Institute Inc.
- KAZIMIROVA, R. 1977. Leaf analysis for determining the nutrient requirement of carnations. *Trudy-Gosudarstvennogo Nikitskogo Botanicheskogo Sada*. 71: 79-91.
- KESSLER, R. 1998. Greenhouse production of petunias. Alabama Cooperative Extension System. ANR-1118. URL: <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-1118/>
- KESSLER, R. 2004. Growing and marketing bedding plants. Alabama Cooperative Extension System. ANR-0559. URL: <http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-0559/>
- KHATTAB, M.; KAUFMANN, H. & BORNER, R. 1977. Results of studies on leaf analysis of carnations for the determination of macro-nutrient status during different growth stages. *Archiv fur Gartenbau*. 25 (6): 289-304.
- KJELDÄHL, J. 1883. A new method for determination of nitrogen in organic matter. *Zeitschreff fur Analytische Chemie*. 22: 366.
- KNAVEL, D. 1977. The influence of nitrogen on pepper transplant growth and yielding potential of plants grown with different levels of soil nitrogen. *Journal of American Society of Horticultural Science*. 102: 533-535.
- KNIGHT, H.; TREWAVAS, A. & KNIGHT, M. 1997. Calcium signalling in *Arabidopsis thaliana* responding to drought and salinity. *Plant Journal*. 12: 1067-1078.
- KOCH, G.; SCHULZE, E.; PERCIVAL, H.; MOONEY, H. & CHU, C. 1988. The nitrogen balance of *Raphanus sativus* x *Raphanistrum* plants. II Growth, nitrogen redistribution and photosynthesis under NO₃- deprivation. *Plant Cell and Environment*. 11: 755-767.
- KOKUBUN, H.; NAKANO, M.; TSUKAMOTO, T.; WATANABE, H.; HASHIMOTO, G.; MARCHESI, E.; BULLRICH, L.; BASUALDO, I.; THE-HUI, K. & ANDO, T. 2006. Distribution of self - compatible and self - incompatible populations of *Petunia axillaris* [Solanaceae] outside Uruguay. *Journal of Plant Research*. 119: 419-430.

- KOWALCZYK W.; KANISZEWSKI S. & DYŚKO J. 2006. Wpływ pH pożywki na dostępność żelaza w uprawie ogórka w wętnie mineralnej. *Folia Horticulturae*. Supl. 1: 263-267.
- KUEHNY, J.S. & MORALES, B.1998. Effects of salinity and alkalinity on pansy and impatiens in three different growing media. *Journal of Plant Nutrition*. 21: 1011-1023.
- LAMONT, A. 1998. Composting in a municipal recycling programme - the dundee experience. *Acta Horticulturae*. 469: 35-42.
- LARCHER, F. & SCARIOT, V. 2009. Assessment of Partial Peat Substitutes for the Production of *Camellia japonica*. *HortScience*. 44 (2): 312-316.
- LAUMONIER, I. 1989. Japoneses, esa otra inmigración. *Todo es historia*. 263 : 62-91.
- LEE, R.; PURVES, J.; RATCLIFFE, R. & SAKER, L. 1992. Nitrogen assimilation and the control of ammonium and nitrate absorption by maize roots. *Journal of Experimental Botany*. 43: 1385-1396.
- LEÓN, R. 1975. Las comunidades herbáceas de la región de Castelli-Pila. En: Productividad Primaria Neta de Sistemas Herbáceos. Monografías 5: 75-107. C.I.C. La Plata.
- LOH, F.; GRABOVSKY, J. & BASSUK, N. 2002. Using the SPAD 502-meter to assess to chlorophyll and nitrogen content in Benjamin fig and cottonwood leaves. *HortTechnology*. 12 (4): 682-686.
- LONGONI, P., RANERO, P., LAGOUTTE, S., GASTELU, C., SISARO, D., VILELLA, F. & DIVO DE CESAR, M. 2006. Plantas de *Petunia x hybrida* cv dream mix: Influencia del tamaño de celda en el crecimiento inicial. III Congreso Argentino de Floricultura. La Plata. Noviembre. 164-167.
- LONGSTRETH, D. & NOBEL, P. 1979. Salinity Effects on Leaf Anatomy. *Plant Physiology*. 63:700-703.
- LOPEZ-MOSQUERA, M. & MACIAS, F.1994 Nutritional status of carnations under protected cultivation in Galicia. *Investigacion Agraria, Produccion y Protección Vegetal*. 9 (3): 411-425.
- LORENZI, H. 1999. Sistema de produção de mudas em plug: propagação vegetativa de hibisco, *Hibisco rosa-sinensis*, L. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 61 pp.

- LORENZI, H. 2002. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum. 179 pp.
- MILTON, N.; EISWERTH, B. & AGER, C. 1991. Effect of phosphorus deficiency on spectral reflectance and morphology of soybean plants. *Remote Sensing of Environment*. 36 (2): 121-127.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (M .A. P. A.). ESPAÑA. 1986. Métodos oficiales de análisis.
- MAATHUIS, F. 2005. The role of monovalent cation transporters in plant responses to salinity. *Journal of Experimental Botany*. 56(422): 3149-3158.
- MAAS, E. & HOFFMAN, G. 1977. Crop salt tolerance: evaluation of existing data. American Society Civil Engineers. *Journal of Irrigation and Drainage Division*. 103:115-134.
- MADEIRA, A.; FERREIRA, A. ; VARENNES, A. & VIEIRA, M. 2003. SPAD meter versus tristimulus colorimeter to estimate chlorophyll content and leaf color in sweet pepper. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 34 (17-18): 2461-2470.
- MARFÀ, O.; TORT, J.; OLIVELLA, C.; CÁCERES, R. & MARTÍNEZ, F. 1998. Cattle manure compost as substrate. II - Conditioning and formulation of growing media for cut flower cultures. *Acta Horticulturae*. 469: 305-312.
- MARKWELL, J. & BLEVINS, D. 1999. The Minolta SPAD-502 Leaf Chlorophyll Meter: An Exciting New Tool for Education in the Plant Sciences. *American Biology Teacher*. 61 (9): 672-676.
- MARQUARD, R. & TIPTON, J. 1987. Relationship between extractable chlorophyll and an in situ method to estimate leaf greenness. *HortScience*. 22 (6): 1327.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. 2nd Edition. 889 pp.
- MATOFF, E. & ORECCHIA, E. 2008. Utilización de urea para disminuir la relación C/N del aserrín. Evaluación de posibles efectos fitotóxicos. IV Congreso Argentino de Floricultura y Plantas Ornamentales. X Jornadas Nacionales de Floricultura. Corrientes. Argentina. 359-364.
- MATSUMOTO, J. 2003. Los "nikkei" de Japón y los desafíos del futuro. *Nikkei Argentino*. N° 184.

- MEEROW, A. 1994. Growth of two subtropical ornamentals using coir dust (coconut mesocarp pith) as a peat substitute. *HortScience*. 29:1484-1486.
- MEEROW, A. 1997. Coir Dust, A Viable Alternative to Peat Moss. *Greenhouse Product News*. January. 17-21.
- MILKS, R.; FONTENO, W. & LARSON, R. 1989. Hydrology of horticultural substrates. II. Predicting physical properties of media in containers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 114(1): 53-56.
- MILLS, H. & BENTON JONES, J. 1996. Plant analysis Handbook II. Micro Macro Publishing, Athens, Georgia. USA. 422 pp.
- MINAMI, K. 2000. Adubação em Substrato. En: Substrato para plantas. Anais do 1º Encontro nacional sobre substrato para plantas (ENSub). Atelene Kämpf, María Fermino Editores-Porto Alegre. 147-152.
- MINCHIN, P. & LACOINTE, A. 2005. New understanding on phloem physiology and possible and possible consequences to modelling long distance carbon transport. *New Phytologist*. 166: 771-779.
- MINCHIN, P.; THORPE, M. & FARRAR, J. 1993. A simple mechanistic model of phloem transport which explains sink priority. *Journal of Experimental Botany*. 44: 947-955.
- MONJE, O. & BUGBEE, B. 1992. Inherent limitations of nondestructive chlorophyll meters: comparison of two types of meters. *HortScience*. 27: 69-71.
- MORISIGUE, D. El INTA y la floricultura argentina. 2007. Actas de las IX Jornadas Nacionales de Floricultura. Salta. Argentina. Noviembre. CD-Rom.
- MORISIGUE, D. & KARLANIAN, M. 2006. Análisis del agua de riego utilizado en el Area Metropolitana de Buenos Aires para el cultivo de flores y plantas ornamentales. Actas del III Congreso Argentino de Floricultura. VIII Jornadas Nacionales de Floricultura. La Plata. Argentina. 219-221.

- MORISIGUE, D.; KARLANIAN, M.; MONTENEGRO, A.; BUALO, R. & BULLRICH, L. 2003. Efectos del sodio en el agua de riego sobre el cultivo de pensamiento. Actas de las V Jornadas Nacionales de Floricultura. S. Miguel de Tucumán. Argentina. CD-ROM.
- MORISIGUE, D. & VILLAREAL, F. 2003, Situación de la producción de flores y plantas ornamentales de la Argentina. Actas de las V Jornadas Nacionales de Floricultura. Tucumán. CD-Rom.
- MUNNS R.; HARE, R.; JAMES, R. & REBETZKE G.. 2000. Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*. 51: 69-74.
- NAASZ, R.; CARON, J.; LEGAULT, J. & PICHETTE, A. 2009. Efficiency Factors for Bark Substrates: Biostability, Aeration, or Phytotoxicity . *Soil Science Society of American Journal*. 73: 780-791.
- NAKAJIMA, T.; MATSUBARA, K.; KODAMA, H.; KOKUBUN, H.; WATANABE, H. & ANDO, T. . 2005. Insertion and excision of a transposable element governs the red floral phenotype in commercial petunias. *Theoretical and Applied Genetics*. 110 (6): 1038-1043.
- NAVARRO, M. 2006. En: Manual Ganadero Rosenbusch: Capítulo 5.
URL: www.rosenbusch.com.ar/argentina/manual .
- NELSON, P. ; OH, Y-M. & CASSEL, D. 2004. Changes in physical properties of coir dust substrates during crop production. *Acta Horticulturae*. 644: 261-268.
- NELSON, P.; ELLIOTT, G. & MINGIS,N. 1980 Sampling procedure for foliar analysis of *Kalanchoe blossfeldiana* 'Feuerzauber'. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 105 (4): 599-603.
- NELSON,P.; KRAUSKOPF,D.& MINGIS,N.. 1979. Minimum critical foliar levels of K, Mg, and B in Rieger elatior begonia. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. . 104(6): 793-796.
- NELSON. P. 1985. Fertilization. In: Bedding plantas III, J.W. Mastalerz & E.J. Holcomb Eds.. Pennsylvania Flower Growers, University Park, Pennsylvania. 182-211.
- NICHOLS, M. 2007. COIR - A XXIST Century sustainable growing medium. *Acta Horticulturae*. 747:91-95.

Bibliografía

- NOGUERA, P. 2000. Caracterización y evaluación agronómica del residuo de fibra de coco: un nuevo material para el cultivo en sustrato. Memoria presentada para optar al Grado de Doctor en Ciencias Químicas, en el Departamento de Química de la Universidad Politécnica de Valencia.
- NOGUERA, P.; ABAD, M.; PUCHADES, R.; MAQUIEIRA, A. & NOGUERA, V. 2003. Influence of Particle Size on Physical and Chemical Properties of Coconut Coir Dust as Container Medium. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 34 (3): 593-605.
- O'HALLORANS, J.; MUÑOZ, M. & COLBERG, O. 1993. Effect of chicken manure on chemical properties of a Mollisol and tomato production. *Journal Agriculture of the University of Puerto Rico*. 77:181-191.
- OFFORD, C.; MUIR, S. & TYLER, J. 1998. Growth of selected Australian plants in soilless media using coir as a substitute for peat. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 38(8): 879 – 887.
- OLIVO, V. & BUDUBA, C. 2006. Influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa* producido en contenedores bajo condiciones de invernáculo. *Bosque*. 27(3): 267-271.
- PALAU, H. & JATIB, M. 2000. Restricciones institucionales, organizacionales y tecnológicas en la floricultura argentina y su impacto en el escenario comercial. pp. 373-384. En *Floricultura en la Argentina: investigación y tecnología de producción*. Edit. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- PASTOR, J. 2000. Utilización de sustratos en viveros. *Terra*. 17 (3): 231-235.
- PAXTON J. 1836. *Petunia nyctaginiflora violacea*. Paxton's Magazine of Botany 2: 173.
- PEÑA, D. 2002. Análisis de datos multivariantes. Ed. McGraw Hill. Madrid. 539pp.
- PEREGO, I. 1996. La suplementación mineral del ganado vacuno en la provincia de Misiones. INTA E.E.A. Cerro Azul, Misiones. Miscelánea N° 35.
URL: www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral.
- PEREIRA, E.; PEREIRA, A.; SILVA, D. & VIEIRA, R. 2006. Seedling growth of mamacadela (*Brosimum gaudichaudii* Trec.) on six different substrates. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s. 8 (N° Espec.): 190-192.

- PEREYRA, A.; ABBIATI, N. & FERNANDEZ, E. 2004. Manual de estadística para proyectos de investigación. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. 187 pp.
- PERUZZOTTI, P. 2002. Exigencias fitosanitarias para exportación e importación de flores de corte. pp. 343 -349. En: Floricultura en la Argentina: Investigación y Tecnología de Producción. Edit. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- PFLÜGER, R. & WIEDEMANN, R. 1977. Der Ein fluss monovalent Kationen auf die Nitratereduktion von *Spinacea oleracea* L.Z. *Pflanzenphysiol.* 85: 125-133.
- PHILL, W. 1995. Low water potential and presowing germination. Treatments to improve seed quality. Chapter 10. In: BASRA, A. (Ed.) Seed quality: Basic mechanisms and agricultural applications. The Haworth Press Inc. 389 pp.
- PIZANO, M. 2008. Soilless production of cut flowers continues to increase. Floraculture International. February.
- POOLE, R. & CONOVER, C. 1981 Influence of N-P-K factorial fertilization on growth characteristics and foliar content of 4 foliage plants. *HortScience.* 16 (6): 771-772.
- PRASAD, M. 1980. Retention of nutrients by peats and wood wastes. *Scientia Horticulturae* 12: 203–209.
- PRIETO, A.; STUTZ, S.; FERRERO, L.; ESPINOSA, M.; DE FRANCESCO, C. & ISLA, F. 1998. Evidencias de la transgresión holocénica en la laguna Hinojales (37° 34' S, 57° 27' O). Actas de las 5° Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses (Mar del Plata). 257-258.
- PRYCE, S., 1991. The Peat Alternatives Manual. Friends of the Earth, London . United Kingdom, 133 pp.
- RAINBOW, A. & WILSON, N. 1998. The transformation of composted organic residues into effective growing media. *Acta Horticulturae.* 469:79-88.
- RAO, I.; SHARP, R. & BOYER, J. 1987. Leaf magnesium alters photosynthetic response of low water potentials in sunflower. *Plant Physiology.* 84: 1214-1219.

Bibliografía

- RAVIV, M., CHEN, Y. & INBAR, Y. 1986. Peat and peat substitutes as growth media for container-grown plant. In: *The Role of Organic Matter in Modern Agriculture*. pp.257-287. Y. Chen and Y. Avnimelech (Eds.). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht (The Netherlands).
- RISTA, L. 1999. Manejo de enfermedades en cultivos hortícolas bajo invernaderos pp. 89-118. . EN: *Curso de producción de hortalizas bajo invernadero: "Principales técnicas"*. Univ. Nac. del Litoral-Univ. Nac. Lomas de Zamora.
- RÖBER, R. 2000. Gärtnersche Substrate: Möglichkeiten und Grenzen ihrer Herstellung und Verwendung; Beispiele aus Forschung, Industrie und Anwendung. pp.105-121. En: *Substrato para plantas. A base de produção vegetal em recipientes*. Anais do I Encontro Nacional sobre Substrato para Plantas (ENSub).
- RÖBER, R. & SCHACHT, H. 2008. *Pflanzenenährung im gartenbau*. Eugen Ulmer KG. 444 pp.
- RODRIGUEZ, M. 2003. Efectos de la salinidad en *Primula obconica* Hance. V Jornadas Nacionales de Floricultura. Tucumán. CD-Rom.
- RODRÍGUEZ, M. & GAVIOLA, J.C., 2005: Producción de bulbos de cebolla cv. Valcatorce INTA a partir de cepellones obtenidos con diferentes tamaños de celda y sustratos. EEA La Consulta Mendoza: Informe anual de progresos.
- ROSE, R. & HAAS, R. 2000. The Use of Coir as a Containerized Growing Medium for Douglas-fir seedlings. *Native Plants Journal*. 1(2):107-111.
- RUGGERI, P., LOPEZ, B., VELOCCE, S. & FISCHER, S. 2007. Caracterización del sector de producción de plantines florales en la provincial de Mendoza. IX Jornadas Nacionales de Floricultura. Salta. Argentina. CD-Rom.
- SAIRAM, R.; VEERABHADRA RAO, K. & SRIVASTAVA G. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science*. 163(5):1037-1046.
- SALSAC, L.; CHAILLOU, S.; MOROT GAUDRY, J.; LEISANT, T. & JOLIVET, E. 1987. Nitrate and ammonium nutrition in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 25: 805-812.

- SALTER, P. 1985. Crop establishment: recent research and trends in commercial practice. *Scientific Horticulture*. 36: 32-47.
- SANGIACOMO, M. & PUERTA, A. Alternativas al bromuro de metilo en la desinfección de suelos y sustratos utilizados en el sector florícola y ornamental. Coordinación "Proyecto Tierra Sana" MP/ARG/00/033. IX Jornadas Nacionales de Floricultura. Salta. Argentina. CD-Rom.
- SANT' ANNA TUCCI, M.; ALVES BOVI, M.; CARUSO MACHADO, E. & HEIDEN SPIERING, S. 2007. Seasonal growth variation of peach palms cultivated in containers under subtropical conditions. *Scientia agrícola*. 64 (2): 138-146.
- SANTHA, L. & SANTHA C. 1999. Facts on Coir: Lessons from the Past. Landscape Architect and Specifier. RoLanka International, Inc. URL: [http://: www.rolanka.com](http://www.rolanka.com)
- SAS INSTITUTE INC. 2002-2008. SAS Software 9.2.TS Level2M2). Site 70071442. Cary, NC, USA
- SCAGEL, C.; BI, G.; FUCHIGAMI, L.& REGAN, R. 2007. Seasonal Variation in Growth, Nitrogen Uptake and Allocation by Container-grown Evergreen and Deciduous Rhododendron Cultivars. *Hortscience*. 42(6):1440-1449.
- SCHACHTMAN, D.; LAGUDAH, E. & MUNNS, R. 1992. The expression of salt tolerance from *Triticum tauschii* in hexaploid wheat. *Theoretical and Applied Genetics (TAG)*. 84: 714-719.
- SCHLITING, E. 1976. Pflanzen- und Bodenanalysen zur Charakterisierung des Nähstoffzustandes von Standorten. *Landwirtsch Forsh*. 29: 317-321.
- SCHMILEWSKI, G. 2001. Limitations of additional organic material in growing media. *FlowerTech*. 4(2): 20-23.
- SCHUBERT, S. & LÄUCHLI, A. 1990. Sodium exclusion mechanisms at the root surface of two maize cultivars. *Plant and Soil*. 123: 205-209.
- SCOGGINS, H.; BAILEY, D. & NELSON, P. 2001. Development of the Press Extraction Method for Plug Substrate Analysis: Quantitative Relationships Between Solution Extraction Techniques. *HortScience*. 36: 837-998.

Bibliografía

- SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA Y PESCA (SEAGyP), INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA (INTA). 1989. Mapa de Suelos de la Provincia de Buenos Aires. Edipubli S.A. 472 pp.
- SEBER, G. 1984. Multivariate Observations. John Wiley and Sons, New York.
- SHAN-SEI-FAN, A; MORARD, P; FRAGOSO, M. (ED.) & BEUSICHEM, M. VAN. 1993. Nutrient uptake by Toulouse violet (*Viola odorata* var. *parmensis*) during its developmental cycle. Optimization of plant nutrition. VIII International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition. Lisbon, Portugal. 269-275.
- SHAHABI, A.; MALAKOUTI, M. & FALLAHI, E. 2005. Effects of bicarbonate content of irrigation water on nutritional disorders of some apple varieties. *Journal of Plant Nutrition*. 28 (9): 1663-1678.
- SHARMA S. & YAMDAGNI, R. 1989. Salt studies on winter garden annuals. 1-Effect of salinity on seed germination and survival of the seedling. *Research and Development Report*. 6: 107-111.
- SHINOHARA, Y.; HATA, T.; MARUO, T; HOHJO, M. & ITO, T. 1999. Chemical and physical properties of the coconut-fiber substrate and the growth and productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants. *Acta Horticulturae*. 481: 145-149.
- SIMS, D. & GAMON, J. 2002 Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote sensing environmental*. 81: 337-354.
- SINGH, P. & WALLENDER, W. 2006. Land Subsidence, Inter-particle Contact Stress and Saturated Hydraulic Conductivity. American Geophysical Union, Fall Meeting Suppl. 87 (52).
- SINK, K. 1984. Taxonomy. pp. 3-9. In: Monographs on Theoretical and Applied Genetics Petunia (Sink, K.C., ed.), Springer Verlag.
- SMITH, E. 1981. Foliar analysis survey of woody ornamentals. Ornamental-plants. A summary of research. 30-34.
- SOSA, L.; LLANES, A.; REINOSO, H.; REGINATO, M. & LUNA, V. 2005. Osmotic and Specific Ion Effects on the Germination of *Prosopis strombulifera*. *Annals of Botany*. 96(2):261-267.

- STUTZ, S.; PRIETO, A. & E ISLA, F. 2002. Historia de la vegetación del Holoceno de la laguna Hinojales, sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ameghiniana*. 39: 85-94.
- STYER, R. & KORANSKI, D. 1997. Plug and transplant production. A grower's guide. Ball Pub. , Batavia. Illinois. 374 pp.
- SUELTER, C. 1970. Enzymes activated by monovalent cations. *Science*. 168: 789-795.
- SVARTZ, H.; RODRIGUEZ, M.; GONZALEZ, M. & TRIPICCHIO, D. 2003. Perspectivas del uso de bajazo de caña desmedulada como aireador en mezclas y la respuesta en un cultivo de geranio. pp. 125-138. En: Mascarini, L.; Vilella, F.; Wright, En :Floricultura en la Argentina. Investigación y tecnología de producción.
- TESTER, M. & DAVENPORT, R. 2003. Na⁺ Tolerance and Na⁺ Transport in Higher Plants. *Annals of Botany*. 91: 503-527.
- TOBE, K.; LI, X. & OMASA, K. 2002. Effects of sodium, magnesium and calcium salts on seed germination and radicle survival of a halophyte, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae). *Australian Journal of Botany*. 50(2): 163–169.
- TOLHYESI, G. & KAPOSÍ, P. 1976. Microelement and habitat requirements of *Vinca minor* L. *Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae.*, 25(1-2): 69-78.
- TREMBLAY, M. ; YELLE, S. & GOSSELIN, A. 1987. Effects of CO₂ enrichment, nitrogen and phosphorus fertilization on growth and yield of celery transplants. *HortScience*. 22: 875-876.
- VALENZUELA, O. & GALLARDO, C. 2003. Sustratos hortícolas: Un insumo clave en los sistemas de producción de plantines. *IDIA XXI*: 25-29.
- VALENZUELA, O.; LALLANA, V.; TONELLI, B.; ROTHMAN, S. & LALLANA, M. 2000. Modificación de las propiedades físicas, pH y conductividad eléctrica de lombricompuestos inducida por el agregado de arena. pp.191-196. En: Substrato para plantas. Anais do 1º Encontro nacional sobre substrato para plantas (ENSub). Atelene Kämpf, María Fermino Editores- Porto Alegre.
- VAN IERSEL, M.; BEVERLY, R.; THOMAS, P.; LATIMER, J.& MILLS, H. 1998. Fertilizer effects on the growth of *Impatiens*, *Petunia*, *Salvia* and *Vinca* plug seedlings. *HortScience*. 33 (4):678-682.

Bibliografía

- VAN MEGGELEN - LAAGLAND, I. 1995. Golden future for coco substrate. *FloraCulture International*, December. :16-18.
- VAN MEGGELEN-LAAGLAND, I. 1996. Coir media: the newest peat substitute? *GrowerTalks*. August. pp. 96, 98, 103.
- VARGAS TAPIA, P.; CASTELLANOS RAMOS, J.; SÁNCHEZ GARCÍA, P.; TIJERINA, L.; LOPEZ ROMERO, R. & OJODEAGUA, J. 2008. Caracterización física, química y biológica de sustratos de polvo de coco. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31 (4): 375-381.
- VÁZQUEZ, J., HASHIMOTO, P. & FORTE, L. 2005. Floricultura: un nexo entre la Comunidad y la Producción al sur del conurbano bonaerense. VII Jornadas Nacionales de Floricultura. Trevelin. Chubut. CD-Rom.
- VILANOVA, I. ; PRIETO, A. & STUTZ, S. 2006. Historia de la vegetación en relación con la evolución geomorfológica de las llanuras costeras del este de la provincia de Buenos Aires durante el Holoceno. *Ameghiniana*. 43(1): 147-159.
- VILLIERS, T. 1972. Seed dormancy. In: KOZLOWSKY, T.T. pp. 220-282. (Ed.). *Seed biology*. New York: Academic Press.
- VIOLANTE, R. 1992. Ambientes sedimentarios asociados a un sistema de barrera litoral del Holoceno en la llanura costera al sur de Villa Gesell, Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 47: 201-214.
- VIOLANTE, R.; PARKER, G. & CAVALLOTTO, J. 2001. Evolución de las llanuras costeras del este bonaerense entre la bahía Samborombón y la laguna Mar Chiquita durante el Holoceno. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 56: 51-66.
- VOMOCIL, J. & HART, J. 1998. Irrigation wáter quality. Fertilizer guide. Oregon State University. Extension Service. FG76:1-3.
- VISHNEVETSKY, M.; OVADIS, M.; ZUKER, A. & VAINSTEIN, A. 1999. Molecular mechanisms underlying carotenogenesis in the chromoplast: multilevel regulation of carotenoid-associated genes. *Plant Journal*. 20:423-431.

- WARREN-WILSON J. 1972. Control of crop processes, in: Rees A.R., Cockshull K.E., Hand D.W., Hurd R.G. (Eds.), *Crop processes in controlled environment*, Academic Press, New York, , 7-30.
- WATANABE, H.; ANDO, T.; TSUKAMOTO, T.; HASHIMOTO, G. & MARCHESI, E. 2001. Cross-compatibility of *Petunia excerta* with other *Petunia* taxa. *Journal of Japanese Society of Horticultural Science*. 70 (1): 33-40.
- WEINHOLD, F. & SCHARPF, H. 1997. Tolerance of ornamental plants to salt, sodium and chloride in potting substrates containing compost made of separately collected organic residues. *Acta Horticulturae*. 450: 221-228.
- WHIPKER, B. 1999. Irrigation water quality for container-grown plants. Iowa State University Horticulture Guide. Iowa State University. University extension. Pm- 1699. February.
- WHIPKER, B.; DOLE, K.; CAVINS, T.; GIBSON, J.; FONTENO, W.; NELSON, P.; PITCHAY, D. & BAILEY, D. 2001. Plant root zone management. N.C. Commercial Flower's Association, Raleigh. N.C. 88 pp.
- WHITE, P. 2001. The pathways of calcium movement to the xylem. *Journal of Experimental Botany*. 52: 891-899.
- WHITE, P. & DAVENPORT R. 2002. The voltage-independent cation channel in the plasma membrane of wheat roots is permeable to divalent cations and may be involved in cytosolic Ca²⁺ homeostasis. *Plant Physiology*. 130: 1386-1395.
- WILKINS, H. & PEMBERTON, H. 1981. Interaction of growth regulators and light. Proceedings 14 th. International Bedding Plant Conference, Seattle, Washington. 14: 182-188.
- WINEFIELD, C. (2002). The final steps in anthocyanin formation: a story of modification and sequestration. *Advances in Botanical Research*. 37: 55-74.
- WRIGHT, R. & BROWDER, J. 2005. Chipped Pine Logs: A Potential Substrate for Greenhouse and Nursery Crops. *HortScience*. 40: 1166-1586.
- WYN JONES, R.G.; BRADY, C.; SPEIRS, J. 1979. Ionic and osmotic relations in plant cells. In "Recent advances in the Biochemistry of cereals". pp 63-103 D. L. Laidman & R. Wyn Jones Eds. Academic Press London..

Bibliografía

- XIA-YP; GUO-YJ; YAO-YQ .1993. Studies on the diagnosis of magnesium deficiency in chrysanthemum. *Acta Horticulturae Sinica*. 20(4): 384-388.
- YAMAGUCHI, T.; FUKUDA-TANAKA, S.; INAGAKI, Y.; SAITO, N.; YONEKURA-SAKAKIBARA, K.; TANAKA, Y.; KUSUMI, T. & IIDA, S. . 2001. Genes Encoding the Vacuolar Na⁺/H⁺ Exchanger and Flower Coloration. *Plant Cell Physiology*. 42(5):451-461.
- YAMAWAKI, Y. 2007. Comunicación personal.
- YEO, A. R. & FLOWERS, T. 1983. Varietal differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves. *Physiologia Plantarum*. 59 (2): 189-195.
- ZAMSKI, E. & SCHAFFER, A. 1996. Photoassimilate Distribution in Plants and Crops: Source--sink Relationships. CRC Press, 905 pp.
- ZHU ,G.; KINET, J. ; LUTTS S. 2001. Characterization of rice (*Oryza sativa* L.) F-3 populations selected for salt resistance. I. Physiological behaviour during vegetative growth. *Euphytica*. 121: 251–263.
- ZULIANI, S.; ALBANESI, R.; QUAGLIANI, A.; RIVERA RÚA, V.; TREVIZÁN, A. 2003. Modificaciones estructurales en las PyMes hortícolas del cinturón rosarino (Argentina) ante los cambios del contexto nacional. Rev. De Investigaciones de la Fac. de Cs. Agrarias. Universidad Nacional de Rosario .Número III.
URL: <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Investigacion/revista/rev3/6.htm>

ANEXO I

Ficha técnica
para el inventario
de los productores



ANEXO I.1.: Ficha técnica empleada para el inventario de los productores



Censo de Productores Florícolas

Facultad de Ciencias Agrarias-Univ. Nac. de Lomas de Zamora (UNLZ)

Nombre y Apellido:

Nacionalidad:

Domicilio:

E-mail:

Localidad:

Teléfono:

Producción					
Actividad	Temporada	De Corte	Interior	Perennes	Otras
Proporción					
Detalle de la producción					
Especie/ Variedad		Superficie de cultivo		Cant. macetas-corte/año	

Anexo I: Ficha técnica para el inventario de los productores

Total		

Personal: cantidad de personas que trabajan en el cultivo					
Dueños		Hijo/a		Mujer (Emp)	
Dueños		Gerente		Técnico	
Recursos humanos	Dueños		Gerente		Técnico
Destino de venta	Mercado	En el cultivo	Vendedor	Hipermercado	Florería
Tenencia de la tierra	Propietario		Arrendatario		Mediero (*)
Años de producción	0 a 5	6 a 10	11 a 15	16 a 20	Más de 20
Superficie de explotación	Bajo invernáculo (hás)		A campo (hás)		Otros (hás)

Invernáculos					
Materiales		Vidrio		Polietileno	
Estructura		Hierro		Madera	
		Aluminio		Mixto	
Control de bajas temperaturas (Heladas)					
Calefacción		Sí		No	
Combustible		Gas-oil		Querosene	
		Carbón		Otros	
Control de altas temperaturas					
Media sombra		Pintado de techos		Cortinas móviles	
		Nebulización		Ventilación	
				Otros	
Riego					

Anexo I: Ficha técnica para el inventario de los productores

Aspersión	Goteo	Nebulización	Manual	Otros
Otras instalaciones				
Galpones m ²		Cámaras m ²		Otros

Insumos				
Fertilizantes		Granulado	Liberac. lenta	Foliar
Otros agroquímicos				
Insecticidas		Funguicidas	Hormonas	Enanizantes
Macetas	N°	N°	N°	N°

Sustratos		
Vermiculita	Perlita	Fibra de coco
Turba	Resaca	Cama de pollo
Cáscara de arroz	Estiércol vacuno	Pinocha
Compost	Lombricompuesto	A serrín
Arena	Corteza de pino	Otros

Asesoramiento		
Permanente	Temporario	Otros

(*) Se define a la **mediería** como la relación en la cual el productor propietario participa del proceso productivo con la tierra, el capital fijo, una parte de los insumos y una cuota de trabajo, ya sea administrativo o físico. El mediero aporta el resto de los insumos y asume la responsabilidad del trabajo físico necesario para llevar adelante los cultivos, ya sea con la presencia de los miembros de su familia o la contratación de fuerza de trabajo asalariada en caso de necesitarse. Esta forma laboral garantiza la presencia continua de trabajo a lo largo de todo el ciclo productivo, la asunción compartida de los gastos que de él deriven y de los riesgos propios tanto de la producción como de la comercialización (Albanesi, *et al*, 1995).

IMPORTANTE: Se pone en conocimiento del Sr. Productor que la información vertida en esta Planilla de Censo es **absolutamente confidencial**. Asimismo, los resultados obtenidos se encontrarán **a disposición de Ud.**, y del conjunto de **productores** que se encuentren interesados en evaluar la información proporcionada.

ANEXO I.2: FICHA CUESTIONARIO PARA PRODUCTORES DE PETUNIA

Control de bajas temperaturas (Heladas)					
Calefacción		Sí		No	
Combustible	Gas-oil	Querosene	Carbón	Otros	
Control de altas temperaturas					
Media sombra	Pintado de techos	Cortinas móviles	Nebulización	Ventilación	Otros
Riego					
Sistemas					
Aspersión	Goteo	Nebulización	Manual	Otros	
Origen del Agua	Lluvia	Napa	Mixto		
Insumos					
Fertilizantes					
Granulado		Liberac. lenta		Foliar	
Otros agroquímicos					
Funguicidas		Insecticidas		Hormonas	
Sustratos					
Vermiculita		Perlita		Fibra de coco	
Turba		Resaca		Cama de pollo	
Cáscara de arroz		Estiércol vacuno		Pinocha	
Compost		Vermicompuesto		Aserrín	
Arena		Corteza de pino		Otros	

ANEXO II

Interacciones
de los 5 factores
analizados para
las 12 variables
estudiadas



**Tabla I I.1. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable
Peso Fresco**

Peso fresco	GL	SC	CMe	Valor F	Pr > F
sust*fert	2	444,50342	222,25171	18,41	<,0001
sust*dos	4	1620,63479	405,15870	33,57	<,0001
sust*agua	2	89,87174	44,93587	3,72	0,0257
sust*fecha	4	31091,03004	7772,75751	643,95	<,0001
fert*dos	2	202,43250	101,21625	8,39	0,0003
fert*agua	1	395,00017	395,00017	32,72	<,0001
fert*fecha	2	0,43496	0,21748	0,02	0,9821
dos*agua	2	50,53004	25,26502	2,09	0,1258
dos*fecha	4	6011,08971	1502,77243	124,50	<,0001
agua*fecha	2	123,63855	61,81928	5,12	0,0067
sust*fert*dos	4	638,02228	159,50557	13,21	<,0001
sust*fert*agua	2	137,55832	68,77916	5,70	0,0039
sust*fert*fecha	4	99,84893	24,96223	2,07	0,0861
sust*dos*agua	4	404,46967	101,11742	8,38	<,0001
sust*dos*fecha	8	2451,57774	306,44722	25,39	<,0001
sust*agua*fecha	4	276,91488	69,22872	5,74	0,0002
fert*dos*agua	2	247,68847	123,84424	10,26	<,0001
fert*dos*fecha	4	198,83872	49,70968	4,12	0,0031
dos*agua*fecha	4	821,84253	205,46063	17,02	<,0001
fert*agua*fecha	2	969,35206	484,67603	40,15	<,0001
sust*fert*dos*agua	4	1213,71591	303,42898	25,14	<,0001
sust*fert*dos*fecha	8	779,92637	97,49080	8,08	<,0001
fert*dos*agua*fecha	4	481,96498	120,49124	9,98	<,0001
sus*fer*dos*agu*fech	8	1289,59642	161,19955	13,35	<,0001
sust*fert*agua*fecha	4	1645,14229	411,28557	34,07	<,0001
sust*fert*dos*agua*fecha	8	1459,39678	182,42460	15,11	<,0001

**Tabla I I.2. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable
Peso Seco**

Peso seco	GL	SC	CMe	Valor F	Pr > F
sust*fert	2	101,791984	50,895992	108,42	<,0001
sust*dos	4	410,639608	102,659902	218,69	<,0001
sust*agua	2	7,412032	3,706016	7,89	0,0005
sust*fecha	4	1224,370868	306,092717	652,04	<,0001
fert*dos	2	51,040394	25,520197	54,36	<,0001
fert*agua	1	47,536428	47,536428	101,26	<,0001
fert*fecha	2	53,757621	26,878810	57,26	<,0001
dos*agua	2	27,322263	13,661131	29,10	<,0001
dos*fecha	4	418,128513	104,532128	222,67	<,0001
agua*fecha	2	7,415492	3,707746	7,90	0,0005
sust*fert*dos	4	129,659522	32,414880	69,05	<,0001
sust*fert*agua	2	15,944240	7,972120	16,98	<,0001
sust*fert*fecha	4	51,353805	12,838451	27,35	<,0001
sust*dos*agua	4	111,202969	27,800742	59,22	<,0001
sust*dos*fecha	8	254,427075	31,803384	67,75	<,0001
sust*agua*fecha	4	15,535209	3,883802	8,27	<,0001
fert*dos*agua	2	31,303811	15,651905	33,34	<,0001
fert*dos*fecha	4	41,822252	10,455563	22,27	<,0001
dos*agua*fecha	4	99,931001	24,982750	53,22	<,0001
fert*agua*fecha	2	63,365489	31,682745	67,49	<,0001
sust*fert*dos*agua	4	102,504591	14,252219	54,59	<,0001
sust*fert*dos*fecha	8	60,010177	7,501272	15,98	<,0001
fert*dos*agua*fecha	4	33,827272	8,456818	18,01	<,0001
sus*fer*dos*agu*fech	8	116,823329	14,602916	30,36	<,0001

Tabla II.3. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable Area Foliar

Area Foliar	GL	SC	CMe	Valor F	Pr > F
sust*fert	2	26212,56	13106,28	6,39	0,0020
sust*dos	4	202979,73	50744,93	24,74	<,0001
sust*agua	2	25231,84	12615,92	6,15	0,0025
sust*fecha	4	3039990,54	759997,63	370,46	<,0001
fert*dos	2	102170,70	51085,35	24,90	<,0001
fert*agua	1	6358,73	6358,73	3,10	0,0797
fert*fecha	2	17021,08	8510,54	4,15	0,0171
dos*agua	2	40030,78	20015,39	9,76	<,0001
dos*fecha	4	530116,14	132529,03	64,60	<,0001
agua*fecha	2	30257,23	15128,62	7,37	0,0008
sust*fert*dos	4	212413,23	53103,31	25,88	<,0001
sust*fert*agua	2	12260,80	6130,40	2,99	0,0525
sust*fert*fecha	4	12440,41	3110,10	1,52	0,1986
sust*dos*agua	4	86448,46	21612,12	10,53	<,0001
sust*dos*fecha	8	237891,35	29736,42	14,49	<,0001
sust*agua*fecha	4	36295,69	9073,92	4,42	0,0019
fert*dos*agua	2	8396,41	4198,20	2,05	0,1317
fert*dos*fecha	4	126451,21	31612,80	15,41	<,0001
dos*agua*fecha	4	36821,23	9205,31	4,49	0,0017
fert*agua*fecha	2	55555,91	27777,95	13,54	<,0001
sust*fert*dos*agua	4	12524,03	3131,01	1,53	0,1956
sust*fert*dos*fecha	8	263919,90	32989,99	16,08	<,0001
fert*dos*agua*fecha	4	32545,55	8136,39	3,97	<,0001
sus*fer*dos*agu*fech	8	54665,56	6833,19	4,47	<,0001
sust*fert*agua*fecha	4	108412,52	27103,13	13,21	<,0001
sust*fert*dos*agua*fecha	8	73405,51	9175,69	3,33	<,0001

Tabla II.4. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable Flores/planta

Flores/planta	GL	SC	CMe	Valor F	Pr > F
sust*fert	2	55,344190	27,672095	52,41	<,0001
sust*dos	4	46,484531	11,621133	22,01	<,0001
sust*agua	2	61,603556	30,801778	58,34	<,0001
sust*fecha	4	3164,485883	791,121471	1498,39	<,0001
fert*dos	2	23,941490	11,970745	22,67	<,0001
fert*agua	1	18,676803	18,676803	35,37	<,0001
fert*fecha	2	29,924565	14,962283	28,34	<,0001
dos*agua	2	7,672723	3,836361	7,27	0,0009
dos*fecha	4	330,345164	82,586291	156,42	<,0001
agua*fecha	2	124,365943	62,182972	117,77	<,0001
sust*fert*dos	4	32,029709	8,007427	15,17	<,0001
sust*fert*agua	2	52,648669	26,324334	49,86	<,0001
sust*fert*fecha	4	96,529105	24,132276	45,71	<,0001
sust*dos*agua	4	24,618760	6,154690	11,66	<,0001
sust*dos*fecha	8	87,904625	10,988078	20,81	<,0001
sust*agua*fecha	4	16,691457	47,836903	90,60	<,0001
fert*dos*agua	2	191,347612	8,345729	15,81	<,0001
fert*dos*fecha	4	29,470160	7,367540	13,95	<,0001
dos*agua*fecha	4	17,045835	4,261459	8,07	<,0001
fert*agua*fecha	2	28,234896	14,117448	26,74	<,0001
sust*fert*dos*agua	4	13,855585	3,463896	6,56	<,0001
sust*fert*dos*fecha	8	53,168947	6,646118	12,59	<,0001
fert*dos*agua*fecha	4	28,449419	7,112355	13,47	<,0001
sus*fer*dos*agu*fech	8	32,157556	4,019694	11,48	<,0001
sust*fert*agua*fecha	4	96,594474	24,148619	45,74	<,0001
sust*fert*dos*agua*fecha	8	48,486554	6,060819	7,61	<,0001

Tabla II.5. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable contenido de Clorofila

Clorofila	GL	SC	CMe	Valor F	Pr > F
sust*fert	2	603,934255	14,726806	4,15	0,0170
sust*dos	4	241,753957	150,983564	42,57	<,0001
sust*agua	2	1259,428107	120,876979	34,08	<,0001
sust*fecha	4	17,553150	314,857027	88,77	<,0001
fert*dos	2	5,961736	8,776575	2,47	0,0866
fert*agua	1	4,311091	1,905036	1,68	0,1962
fert*fecha	2	299,284249	2,155545	0,54	0,5852
dos*agua	2	1,806372	74,821062	0,61	0,5455
dos*fecha	4	33,588531	0,903186	21,10	<,0001
agua*fecha	2	37,435846	8,397133	0,25	0,7754
sust*fert*dos	4	38,601743	9,650436	2,37	0,0538
sust*fert*agua	2	552,763971	6,188942	5,28	0,0058
sust*fert*fecha	4	192,492731	69,095496	2,72	0,0306
sust*dos*agua	4	27,083117	48,123183	1,74	0,1412
sust*dos*fecha	8	53,563133	13,541558	19,48	<,0001
sust*agua*fecha	4	37,972804	13,390783	13,57	<,0001
fert*dos*agua	2	0,132572	9,493201	3,82	0,0235
fert*dos*fecha	4	78,255576	0,066286	3,78	0,0055
dos*agua*fecha	4	156,307380	19,563894	2,68	0,0328
fert*agua*fecha	2	33,186989	19,538422	0,02	0,9815
sust*fert*dos*agua	4	58,860357	7,357545	5,52	0,0003
sust*fert*dos*fecha	8	31,787765	14,726806	5,51	<,0001

Tabla II.6. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable intensidad de Coloración de la flor

Intensidad de coloración	GL	SC	Cme	Valor F	Pr > F
sust*fert	2	120,20566	60,10283	3,35	0,0370
sust*dos	4	228,27786	57,06947	3,18	0,0145
sust*agua	2	206,20875	103,10438	5,74	0,0037
sust*fecha	4	24917,86094	6229,46524	346,94	<,0001
fert*dos	2	152,17944	76,08972	4,24	0,0157
fert*agua	1	147,43356	147,43356	8,21	0,0046
fert*fecha	2	280,50544	140,25272	7,81	0,0005
dos*agua	2	304,57062	152,28531	8,48	0,0003
dos*fecha	4	260,21529	65,05382	3,62	0,0070
agua*fecha	2	254,52878	127,26439	7,09	0,0010
sust*fert*dos	4	82,09916	20,52479	1,14	0,3372
sust*fert*agua	2	33,20204	16,60102	0,92	0,3983
sust*fert*fecha	4	241,63873	60,40968	3,36	0,0107
sust*dos*agua	4	40,22094	10,05524	0,56	0,6919
sust*dos*fecha	8	220,89114	27,61139	1,54	0,1455
sust*agua*fecha	4	113,82620	28,45655	1,58	0,1794
fert*dos*agua	2	104,27205	52,13602	2,90	0,0570
fert*dos*fecha	4	176,86270	44,21567	2,46	0,0462
dos*agua*fecha	4	23,87536	5,96884	0,33	0,8560
fert*agua*fecha	2	400,65295	200,32647	11,16	<,0001
sust*fert*dos*agua	4	139,09012	34,77253	1,94	0,1055
sust*fert*dos*fecha	8	235,15787	29,55183	1,64	0,1133
fert*dos*agua*fecha	4	392,75571	98,18893	5,47	0,0003
sust*fert*dos*agu*fech	8	471,74602	58,96825	3,28	0,0015
sust*fert*agua*fecha	4	236,41467	108,69914	1,65	0,0001
sust*fert*dos*agua*fecha	8	434,79654	29,39473	6,05	0,1157

Tabla II.7. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable contenido de Nitrógeno total en hoja

Nitrógeno total	GL	SC	Cme	Valor F	Pr > F
sust*fert	2	0,0277907	0,2859093	0,29	0,7522
sust*dos	4	33,6054216	8,4013554	172,38	<,0001
sust*agua	2	1,8417302	0,9208651	18,89	<,0001
sust*fecha	4	141,6522272	35,4130568	726,62	<,0001
fert*dos	2	0,9385185	0,4692593	5,87	<,0001
fert*agua	1	0,3520444	0,3520444	7,22	0,0078
fert*fecha	2	0,3706167	0,1853083	3,80	0,0238
dos*agua	2	1,9053728	0,9526864	19,55	<,0001
dos*fecha	4	2,3691975	0,5922994	12,15	<,0001
agua*fecha	2	2,4244488	1,2122244	24,87	<,0001
sust*fert*dos	4	0,8471796	0,2117949	4,35	0,0021
sust*fert*agua	2	0,6655167	0,3327583	6,83	0,0013
sust*fert*fecha	4	0,1591259	0,0397815	0,82	0,5160
sust*dos*agua	4	4,0749105	1,0187276	20,90	<,0001
sust*dos*fecha	8	5,6392395	0,7049049	14,46	<,0001
sust*agua*fecha	4	3,5736346	0,8934086	18,33	<,0001
fert*dos*agua	2	0,2486889	0,1243444	2,55	0,0803
fert*dos*fecha	4	1,4494370	0,3623593	7,44	<,0001
dos*agua*fecha	4	0,3944198	0,0986049	2,02	0,0923
fert*agua*fecha	2	1,7237241	0,8618620	17,68	<,0001
sust*fert*dos*agua	4	0,5481944	0,1370486	2,81	0,0264
sust*fert*dos*fecha	8	2,8524481	0,3565560	7,32	<,0001
fert*dos*agua*fecha	4	1,0104593	0,2526148	5,18	0,0005
sus*fer*dos*agu*fech	8	2,2872741	0,6809073	13,97	<,0001
sust*fert*agua*fecha	4	1,5826815	0,3956704	8,12	<,0001
sust*fert*dos*agua*fecha	8	5,4472580	0,0138954	9,63	<,0001

Tabla II.8. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable contenido de Calcio en hoja

Calcio	GL	SC	Cme	Valor F	Pr > F
sust*fert	2	203,24451	101,62225	2,29	0,1034
sust*dos	4	1970,78981	492,69745	11,12	<,0001
sust*agua	2	1853,65488	926,82744	20,92	<,0001
sust*fecha	4	4416,88019	1104,22005	24,92	<,0001
fert*dos	2	711,95728	355,97864	8,03	0,0004
fert*agua	1	55,17188	55,17188	1,25	0,2657
fert*fecha	2	369,03877	184,51938	4,16	0,0168
dos*agua	2	214,79284	107,39642	2,42	0,0910
dos*fecha	4	2168,10926	542,02731	12,23	<,0001
agua*fecha	2	2849,80543	1424,90272	32,16	<,0001
sust*fert*dos	4	1727,34623	431,83656	9,75	<,0001
sust*fert*agua	2	133,17414	66,58707	1,50	0,2248
sust*fert*fecha	4	2013,78364	503,44591	11,36	<,0001
sust*dos*agua	4	2016,80401	504,20100	11,38	<,0001
sust*dos*fecha	8	3450,98593	431,37324	9,73	<,0001
sust*agua*fecha	4	1321,34920	330,33730	7,45	<,0001
fert*dos*agua	2	390,11877	195,05938	4,40	0,0134
fert*dos*fecha	4	290,84420	72,71105	1,64	0,1651
dos*agua*fecha	4	4622,21346	1155,55336	26,08	<,0001
fert*agua*fecha	2	441,19432	220,59716	4,98	0,0077
sust*fert*dos*agua	4	2755,80438	688,95110	15,55	<,0001
sust*fert*dos*fecha	8	2619,67062	327,45883	7,39	<,0001
fert*dos*agua*fecha	4	1703,36198	425,84049	9,61	<,0001
sus*fer*dos*agu*fech	8	7497,48469	937,18559	21,15	<,0001
sust*fert*agua*fecha	4	2550,10105	637,52526	14,39	<,0001
sust*fert*dos*agua*fecha	8	5411,99432	676,49929	15,27	<,0001

Tabla II.9. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable contenido de Magnesio en hoja

Magnesio	GL	SC	CMe	Valor F	Pr > F
sust*fert	2	4,9878395	2,4939198	0,81	0,4450
sust*dos	4	13,1469444	3,2867361	1,07	0,3717
sust*agua	2	102,9289506	51,4644753	16,77	<.0001
sust*fecha	4	588,2695370	147,0673843	47,93	<.0001
fert*dos	2	15,2126080	7,6063040	2,48	0,0862
fert*agua	1	8,9334568	8,9334568	2,91	0,0894
fert*fecha	2	26,7759877	13,3879938	4,36	0,0139
dos*agua	2	18,2816821	9,1408410	2,98	0,0529
dos*fecha	4	33,8903704	8,4725926	2,76	0,0286
agua*fecha	2	77,6396914	38,8198457	12,65	<.0001
sust*fert*dos	4	79,9604938	19,9901235	6,51	<.0001
sust*fert*agua	2	18,9402469	9,4701235	3,09	0,0477
sust*fert*fecha	4	22,8069753	5,7017438	1,86	0,1189
sust*dos*agua	4	40,1838272	10,0459568	3,27	0,0124
sust*dos*fecha	8	162,3228241	20,2903530	6,61	<.0001
sust*agua*fecha	4	91,2304012	22,8076003	7,43	<.0001
fert*dos*agua	2	17,5562191	8,7781096	2,86	0,0594
fert*dos*fecha	4	69,3629012	17,3407253	5,65	0,0002
dos*agua*fecha	4	54,1344753	13,5336188	1,93	0,0019
fert*agua*fecha	2	2,6491358	5,9258005	0,43	0,6500
sust*fert*dos*agua	4	44,5691049	11,1422762	3,63	0,0069
sust*fert*dos*fecha	8	117,1320525	14,6415066	4,77	<.0001
fert*dos*agua*fecha	4	4,2607716	1,0651929	0,35	0,8458
sus*fer*dos*agu*fech	8	47,4064043	25,9333353	8,45	0,0567
sust*fert*agua*fecha	4	25,1504938	6,2876235	2,05	0,0886
sust*fert*dos*agua*fecha	8	207,4666821	1,3245679	4,41	<.0001

Tabla II.10. Interacciones de los 5 factores analizados en este ensayo para la variable contenido de Potasio en hoja

Potasio	GL	SC	CMe	Valor F	Pr > F
sust*fert	2	9682,5593	4841,2797	2,70	0,0698
sust*dos	4	14605,6066	3651,4017	2,03	0,0909
sust*agua	2	15550,8456	7775,4228	4,33	0,0143
sust*fecha	4	121128,7059	30282,1765	16,86	<.0001
fert*dos	2	13797,5993	6898,7997	3,84	0,0230
fert*agua	1	3810,3185	3810,3185	2,12	0,1467
fert*fecha	2	8653,5371	4326,7685	2,41	0,0923
dos*agua	2	60749,1686	30374,5843	16,91	<.0001
dos*fecha	4	59394,8540	14848,7135	8,27	<.0001
agua*fecha	2	26919,3512	13459,6756	7,49	0,0007
sust*fert*dos	4	10331,7803	2582,9451	1,44	0,2225
sust*fert*agua	2	29215,1786	14607,5893	8,13	0,0004
sust*fert*fecha	4	40193,7414	10048,4354	5,59	0,0003
sust*dos*agua	4	36308,2566	9077,0642	5,05	0,0007
sust*dos*fecha	8	29775,2388	3721,9048	2,07	0,0397
sust*agua*fecha	4	18930,2685	4732,5671	2,63	0,0351
fert*dos*agua	2	1706,4834	853,2417	0,48	0,6225
fert*dos*fecha	4	16907,1770	4226,7942	2,35	0,0550
dos*agua*fecha	4	179579,8933	44894,9733	24,99	<.0001
fert*agua*fecha	2	14396,0927	7198,0463	4,01	0,0196
sust*fert*dos*agua	4	22349,7281	5587,4320	3,11	0,0162
sust*fert*dos*fecha	8	41080,1906	5135,0238	2,86	0,0048
fert*dos*agua*fecha	4	29528,6896	7382,1724	4,11	0,0031
sus*fer*dos*agu*fech	8	17060,7562	3924,9105	2,19	0,3079
sust*fert*agua*fecha	4	10952,6722	2132,5945	1,19	0,1961
sust*fert*dos*agua*fecha	8	31399,2843	2738,1680	1,52	0,0297

Tabla I.11. Interacciones de los 5 factores para la variable contenido de Sodio en hoja

Sodio (%)	GL	SC	CMe	Valor F	Pr > F
sust*fert	2	136,51185	68,25593	1,65	0,1950
sust*dos	4	1060,45185	265,11296	6,40	<,0001
sust*agua	2	5188,65506	2594,32753	62,61	<,0001
sust*fecha	4	334,83796	83,70949	2,02	0,0927
fert*dos	2	41,00722	20,50361	0,49	0,6103
fert*agua	1	163,98225	163,98225	3,96	0,0479
fert*fecha	2	240,21463	120,10731	2,90	0,0572
dos*agua	2	570,61228	285,30614	6,89	0,0013
dos*fecha	4	1017,41407	254,35352	6,14	0,0001
agua*fecha	2	2553,80377	1276,90188	30,82	<,0001
sust*fert*dos	4	192,59704	48,14926	1,16	0,3285
sust*fert*agua	2	1474,28469	737,14235	17,79	<,0001
sust*fert*fecha	4	1555,15463	388,78866	9,38	<,0001
sust*dos*agua	4	2952,53160	738,13290	17,81	<,0001
sust*dos*fecha	8	3798,07222	474,75903	11,46	<,0001
sust*agua*fecha	4	1429,52401	357,38100	8,63	<,0001
fert*dos*agua	2	234,26414	117,13207	2,83	0,0614
fert*dos*fecha	4	122,62037	30,65509	0,74	0,5657
dos*agua*fecha	4	2394,71235	598,67809	14,45	<,0001
fert*agua*fecha	2	895,98525	447,99262	10,81	<,0001
sust*fert*dos*agua	4	2045,45531	511,36383	12,34	<,0001
sust*fert*dos*fecha	8	1007,73926	125,96741	3,04	0,0029
fert*dos*agua*fecha	4	572,66753	473,34211	11,42	0,0092
sust*fert*dos*agu*fech	8	3786,73691	416,98318	10,06	<,0001
sust*fert*agua*fecha	4	889,09475	222,27369	5,36	0,0004
sust*fert*dos*agua*fecha	8	3335,86543	143,16688	3,46	<,0001

Tabla II.12. Interacciones de los 5 factores para la variable contenido de Fósforo en hoja

Fósforo	GL	SC	CMe	Valor F	Pr > F
sust*fert	2	219,098723	109,549361	4,50	0,0122
sust*dos	4	253,101799	63,275450	2,60	0,0372
sust*agua	2	285,700675	142,850337	5,87	0,0033
sust*fecha	4	4388,579551	1097,144888	45,06	<,0001
fert*dos	2	316,386595	158,193298	6,50	0,0018
fert*agua	1	587,523735	587,523735	24,13	<,0001
fert*fecha	2	179,791149	89,895574	3,69	0,0265
dos*agua	2	595,160669	297,580335	12,22	<,0001
dos*fecha	4	1062,955757	265,738939	10,91	<,0001
agua*fecha	2	199,308049	99,654024	4,09	0,0180
sust*fert*dos	4	326,039622	81,509905	3,35	0,0110
sust*fert*agua	2	1169,481067	584,740534	24,01	<,0001
sust*fert*fecha	4	144,533818	36,133454	1,48	0,2081
sust*dos*agua	4	1059,572877	264,893219	10,88	<,0001
sust*dos*fecha	8	1386,972775	173,371597	7,12	<,0001
sust*agua*fecha	4	1152,999903	288,249976	11,84	<,0001
fert*dos*agua	2	181,037854	90,518927	3,72	0,0259
fert*dos*fecha	4	45,904523	11,476131	0,47	0,7568
dos*agua*fecha	4	1021,391286	255,347822	10,49	<,0001
fert*agua*fecha	2	320,964264	160,482132	6,59	0,0017
sust*fert*dos*agua	4	1143,853477	285,963369	11,74	<,0001
sust*fert*dos*fecha	8	265,856204	33,232026	1,36	0,2134
fert*dos*agua*fecha	4	889,370764	222,342691	9,13	<,0001
sust*fert*dos*agu*fech	8	1303,723501	162,965438	6,69	<,0001
sust*fert*agua*fecha	4	145,048851	64,943851	2,67	0,0082
sust*fert*dos*agua*fecha	8	519,550804	36,262213	1,49	0,2065

ANEXO III

Grupos
obtenidos por el
método de Ward



Tabla III.1. Cantidad de grupos obtenidos a través del método de Ward y valores de estadísticos heurísticos RMSTD, SPRSQ, RSQ, CCC, PSF, PST2, BCSS

Nº Grupos	Grupos unidos		Frecuencia	RMSTD	SPRSQ	RSQ	CCC	PSF	PST2	BCSS
15	CL98	CL37	21	0.5203	0.0132	.799	19.1	87.5	68.9	21.215
14	CL34	CL20	30	0.5826	0.0147	.784	17.9	86.5	25.8	23.577
13	CL31	CL29	30	0.5673	0.0149	.769	16.8	86.3	29.2	23.842
12	CL30	CL21	36	0.5761	0.0174	.752	15.6	85.8	31.6	27.954
11	CL16	CL46	81	0.5650	0.0178	.734	14.7	86.3	22.8	28.573
10	CL22	CL24	51	0.5452	0.0202	.714	13.7	86.9	37.9	32.387
9	CL25	CL23	42	0.5986	0.0230	.691	12.7	87.9	40.5	36.976
8	CL10	CL35	63	0.6212	0.0250	.666	12.0	89.8	30.8	40.139
7	CL18	CL14	51	0.7711	0.0402	.625	9.60	88.2	37.6	64.509
6	CL15	CL8	84	0.7263	0.0450	.580	7.50	88.0	40.4	72.217
5	CL13	CL7	81	0.8595	0.0624	.518	8.00	85.7	40.5	100.18
4	CL11	CL9	123	0.7485	0.0876	.430	6.90	80.6	84.6	140.58
3	CL6	CL12	120	0.9124	0.1361	.294	2.26	66.9	93.0	218.37
2	CL4	CL5	204	0.9206	0.1389	.155	0.02	59.3	70.7	222.94
1	CL2	CL3	324	0.9969	0.1554	.000	0.00	.	59.3	249.46

RMSTD: Root-Mean-Square Standard Deviation, SPRSQ: Semipartial R², RSQ: R², CCC: Cubic Cluster Criterion, PSF: Pseudo F, PST2: Pseudo T²

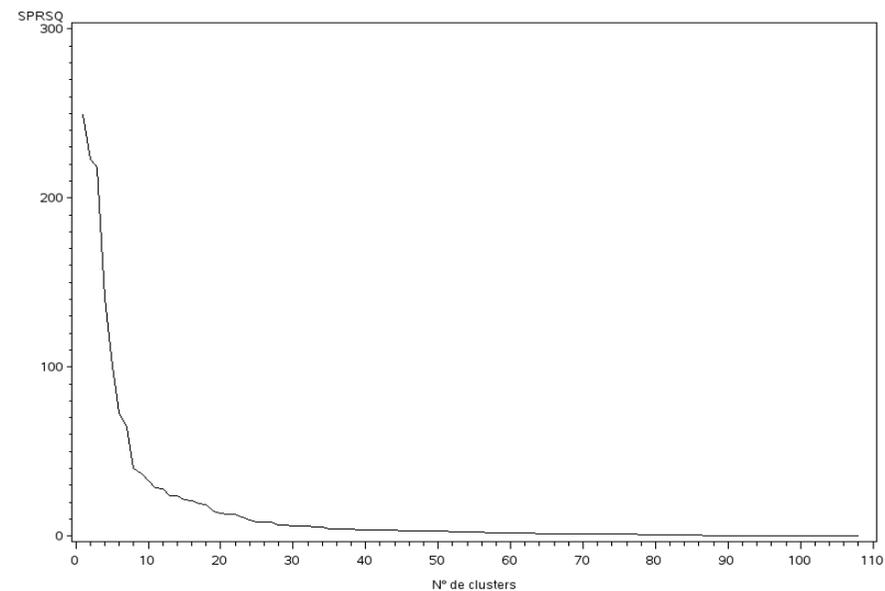
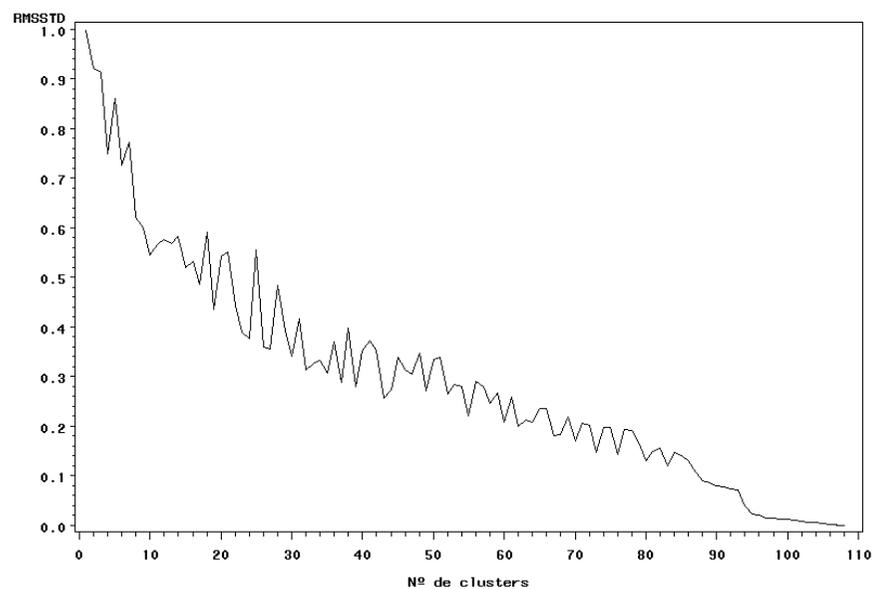


Figura III.1. Representación gráfica de los valores de RMSTD (“Root mean square standard deviation”) y SPRSQ (“Semipartial R²”) empleados como estadísticos heurísticos para seleccionar un óptimo número de grupos (“clusters”), mediante los métodos de Componentes principales y de Ward en el análisis de grupos jerárquicos, basado en las 12 variables originales (PF,PS,AF, FPP, Nt, P, Ca²⁺, Mg, K, Na, Clorofila e Intensidad de coloración de la flor) determinado para el total de 108 tratamientos.

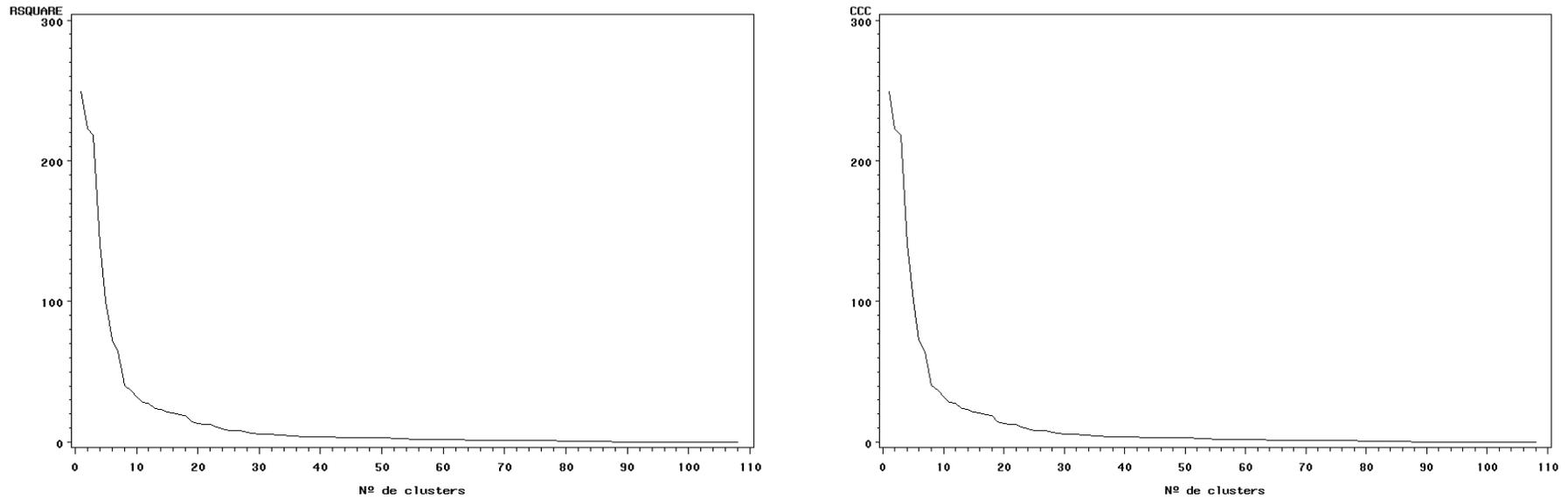
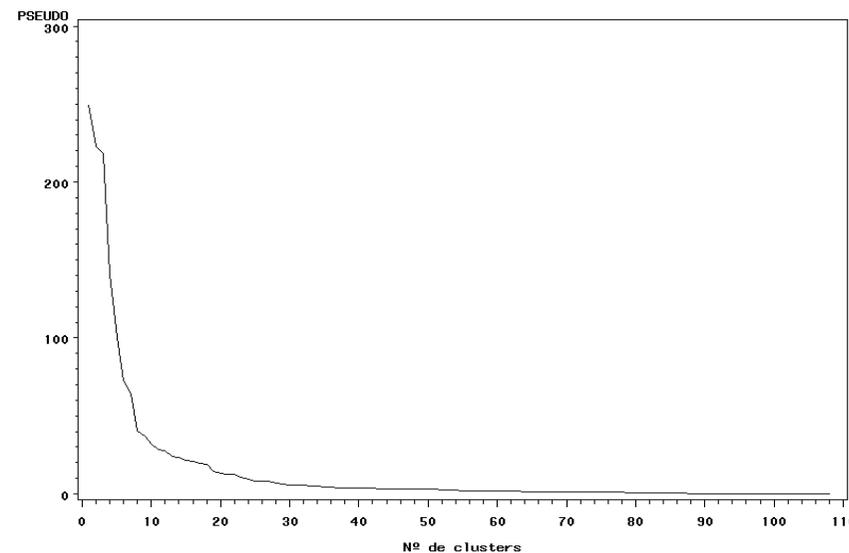
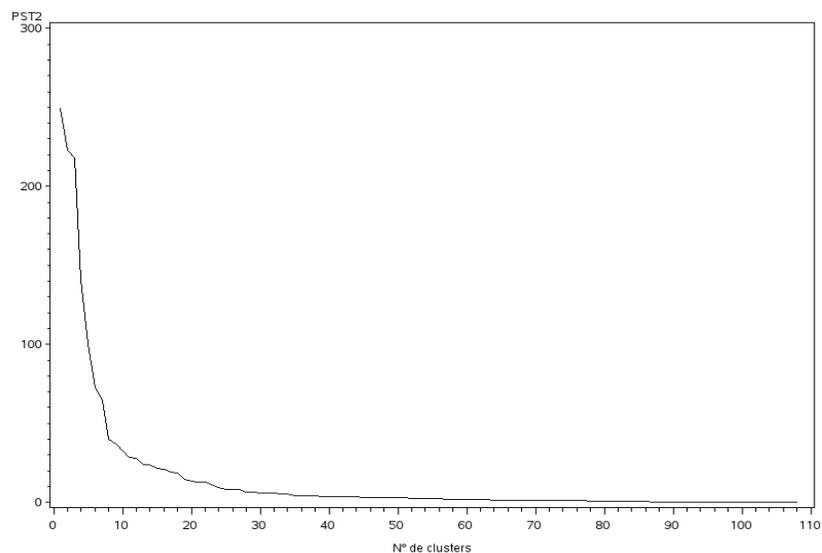


Figura III.2. Representación gráfica de los valores de RSQ (“Root square”) y CCC (“Cubic Cluster Criterion”) empleados como estadísticos heurísticos para seleccionar un óptimo número de grupos (“clusters”), mediante los métodos de Componentes principales y de Ward en el análisis de grupos jerárquicos, basado en las 12 variables originales (PF,PS,AF, FPP, Nf, P, Ca, Mg, K, Na, Clorofila e Intensidad de coloración de la flor) determinado para el total de 108 tratamientos.



Figura

ra III.3. Representación gráfica de los valores de PST2 ("Pseudo T²") y PSF ("Pseudo F") empleados como estadísticos heurísticos para seleccionar un óptimo número de grupos ("clusters"), mediante los métodos de Componentes principales y de Ward en el análisis de grupos jerárquicos, basado en las 12 variables originales (PF,PS,AF, FPP, Nt, P, Ca²⁺, Mg, K, Na, Clorofila e Intensidad de coloración de la flor) determinado para el total de 108 tratamientos.

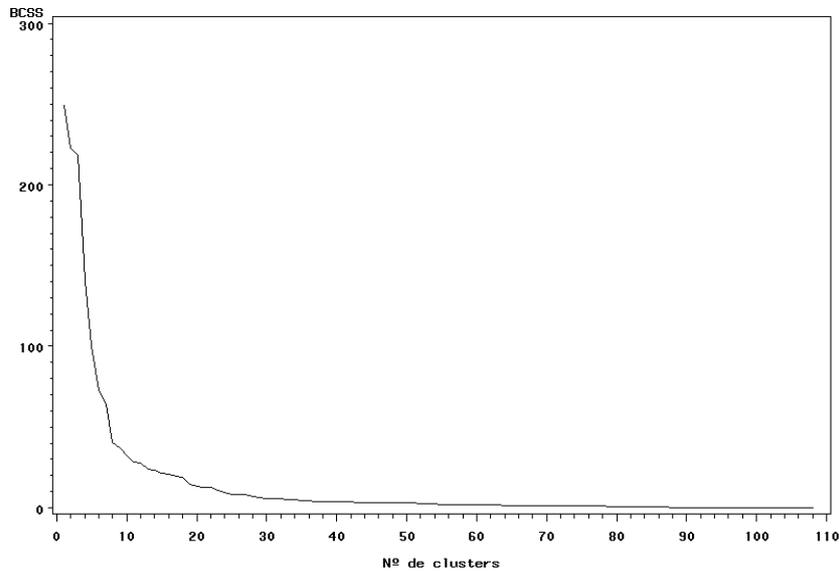


Figura III.4. Representación gráfica de los valores de BCSS (“Between clusters sum of squares”) empleados como estadístico heurístico para seleccionar un óptimo número de grupos (“clusters”), mediante los métodos de Componentes principales y de Ward en el análisis de grupos jerárquicos, basado en las 12 variables originales (PF,PS,AF, FPP, Nt, P, Ca²⁺, Mg, K, Na, Clorofila e Intensidad de coloración de la flor) determinado para el total de 108 tratamientos.

ANEXO IV

Medias y desvíos
estándar de las
variables de los 5
componentes
principales



Tabla IV.1. Media y desviación estándar de las variables de la Componente Principal 1 (peso fresco, peso seco, área foliar y flores/planta) para cada uno de los 5 grupos jerárquicos obtenidos

sustrato	fertilizante	dosis	agua	fecha	PF (g)	PS (g)	AF (cm ²)	FPP (flores)
FDC FECHA 1								
FDC	GC	0	NF	1	0,64 ± 0,09	0,04 ± 0,01	13,77 ± 2,19	0,00
FDC	LL	0	NF	1	0,55 ± 0,08	0,04 ± 0,03	13,79 ± 0,51	0,00
FDC	LL	npk	AD	1	0,73 ± 0,13	0,04 ± 0,00	15,82 ± 0,82	0,00
FDC	LL	NPK	AD	1	0,59 ± 0,03	0,05 ± 0,00	17,70 ± 2,95	0,00
FDC	GC	NPK	NF	1	0,87 ± 0,23	0,03 ± 0,00	20,34 ± 4,98	0,00
FDC	GC	NPK	AD	1	0,77 ± 0,15	0,04 ± 0,01	24,06 ± 3,67	0,00
FDC	LL	NPK	NF	1	0,60 ± 0,11	0,04 ± 0,00	14,21 ± 1,19	0,00
FDC	LL	0	AD	1	0,61 ± 0,13	0,06 ± 0,01	14,17 ± 1,79	0,00
FDC	LL	npk	NF	1	0,82 ± 0,09	0,07 ± 0,00	20,86 ± 1,57	0,00
FDC	GC	0	AD	1	0,62 ± 0,11	0,06 ± 0,01	15,68 ± 0,47	0,00
FDC	GC	npk	NF	1	0,92 ± 0,05	0,05 ± 0,00	20,03 ± 2,95	0,00
FDC	GC	npk	AD	1	0,80 ± 0,03	0,04 ± 0,00	21,94 ± 3,50	0,00
MPP FECHA 1								
SO	GC	NPK	NF	1	6,79 ± 0,71	0,85 ± 0,05	224,21 ± 29,25	0,11 ± 0,19
MPP	GC	0	NF	1	11,53 ± 0,35	0,93 ± 0,00	209,92 ± 17,95	0,67 ± 0,33
MPP	GC	0	AD	1	14,60 ± 3,02	1,30 ± 0,34	209,80 ± 3,69	0,78 ± 0,27
MPP	GC	npk	NF	1	14,65 ± 2,59	1,32 ± 0,38	249,61 ± 38,48	0,67 ± 0,00
MPP	GC	npk	AD	1	8,27 ± 0,23	0,49 ± 0,01	183,53 ± 16,67	0,78 ± 0,19
MPP	GC	NPK	NF	1	12,15 ± 0,92	0,93 ± 0,02	209,44 ± 15,34	0,11 ± 0,19
MPP	GC	NPK	AD	1	8,46 ± 1,13	0,50 ± 0,02	163,63 ± 20,27	0,67 ± 0,00
MPP	LL	0	NF	1	11,53 ± 0,35	0,89 ± 0,07	209,92 ± 17,95	0,67 ± 0,33
MPP	LL	0	AD	1	14,39 ± 2,15	1,11 ± 0,17	212,24 ± 3,69	0,78 ± 0,19
MPP	LL	npk	NF	1	14,37 ± 1,39	1,00 ± 0,00	274,78 ± 14,41	0,44 ± 0,20
MPP	LL	npk	AD	1	7,41 ± 1,95	0,54 ± 0,05	149,50 ± 40,27	0,89 ± 0,19
MPP	LL	NPK	NF	1	12,66 ± 2,10	0,97 ± 0,07	275,00 ± 6,17	0,44 ± 0,20
MPP	LL	NPK	AD	1	9,74 ± 2,25	0,84 ± 0,13	200,26 ± 45,16	0,89 ± 0,19

Anexo I V: Medias y desvíos de las variables de los 5 componentes principales

SO TESTIGO+FDC FECHA 2 Y 3								
SO	GC	0	NF	2	9,08 ± 0,83	1,19 ± 0,07	164,10 ± 15,52	3,50 ± 0,17
SO	GC	0	NF	3	10,06 ± 0,80	1,28 ± 0,20	170,90 ± 12,19	5,00 ± 0,67
SO	GC	0	AD	2	5,47 ± 0,30	0,65 ± 0,05	93,30 ± 2,95	2,50 ± 0,50
SO	GC	0	AD	3	7,78 ± 0,84	1,04 ± 0,12	134,35 ± 23,20	6,50 ± 0,83
SO	LL	0	NF	2	9,56 ± 0,83	1,62 ± 0,00	164,10 ± 15,52	3,50 ± 0,17
SO	LL	0	NF	3	8,39 ± 0,58	1,12 ± 0,02	97,57 ± 3,94	5,00 ± 0,67
SO	LL	0	AD	2	5,47 ± 0,30	0,90 ± 0,00	90,35 ± 5,92	2,50 ± 0,50
SO	LL	0	AD	3	7,41 ± 0,84	1,04 ± 0,12	93,23 ± 17,96	6,50 ± 0,83
FDC	LL	npk	NF	3	13,10 ± 2,05	1,77 ± 0,09	271,89 ± 61,29	3,00 ± 0,33
FDC	GC	0	NF	2	1,77 ± 0,39	0,07 ± 0,01	41,53 ± 12,93	1,17 ± 0,16
FDC	GC	0	NF	3	6,44 ± 1,29	0,43 ± 0,10	100,91 ± 0,68	1,00 ± 0,33
FDC	GC	0	AD	3	10,45 ± 0,31	0,88 ± 0,02	137,85 ± 10,65	1,83 ± 0,83
FDC	GC	npk	NF	2	5,49 ± 1,45	0,43 ± 0,14	117,71 ± 18,53	1,83 ± 0,16
FDC	GC	npk	NF	3	12,42 ± 0,61	0,94 ± 0,22	145,74 ± 15,67	3,00 ± 0,00
FDC	GC	npk	AD	2	5,79 ± 1,99	0,44 ± 0,15	123,92 ± 36,27	0,67 ± 0,33
FDC	GC	NPK	NF	2	5,79 ± 1,25	0,40 ± 0,11	163,52 ± 14,22	1,67 ± 0,33
FDC	GC	NPK	NF	3	15,78 ± 2,30	1,44 ± 0,22	167,23 ± 10,49	3,50 ± 0,50
FDC	LL	0	NF	2	1,62 ± 0,39	0,07 ± 0,01	41,53 ± 12,93	1,17 ± 0,16
FDC	GC	0	NF	3	6,09 ± 1,29	0,28 ± 0,06	100,91 ± 0,68	1,00 ± 0,33
FDC	GC	0	AD	3	10,13 ± 0,31	0,69 ± 0,02	137,85 ± 10,65	1,83 ± 0,83
FDC	LL	npk	NF	2	6,09 ± 1,28	0,53 ± 0,02	139,59 ± 14,49	1,17 ± 0,16
FDC	LL	npk	NF	3	19,84 ± 7,52	0,81 ± 0,09	163,09 ± 8,92	2,50 ± 0,83
FDC	LL	npk	AD	3	15,17 ± 0,41	0,95 ± 0,00	185,43 ± 2,47	2,50 ± 0,50
FDC	LL	NPK	NF	2	5,89 ± 1,09	0,17 ± 0,02	134,96 ± 48,73	1,83 ± 0,16
FDC	LL	NPK	NF	3	19,65 ± 0,62	1,25 ± 0,03	161,59 ± 13,44	4,17 ± 0,16
FDC	LL	NPK	AD	2	5,28 ± 0,30	0,13 ± 0,00	113,99 ± 6,34	1,00 ± 0,00
FDC	LL	NPK	AD	3	10,05 ± 1,85	0,62 ± 0,14	191,83 ± 25,99	0,83 ± 0,16

Anexo I V: Medias y desvíos de las variables de los 5 componentes principales

SO FERTILIZADO+ MPP FECHA 2 Y 3								
SO	GC	npk	NF	3	37,57 ± 11,73	8,00 ± 0,27	422,16 ± 133,75	12,33 ± 2,66
SO	GC	npk	AD	2	22,47 ± 3,35	2,99 ± 0,31	309,44 ± 60,66	2,67 ± 0,33
SO	GC	npk	AD	3	35,97 ± 0,62	6,48 ± 0,11	395,38 ± 9,42	11,32 ± 1,00
SO	GC	NPK	NF	3	36,39 ± 0,21	4,26 ± 0,20	446,99 ± 3,73	13,43 ± 0,82
SO	GC	NPK	AD	3	48,76 ± 1,71	8,21 ± 0,03	455,50 ± 34,11	11,83 ± 0,50
SO	2	npk	NF	3	28,16 ± 4,28	2,56 ± 0,29	322,84 ± 10,25	11,00 ± 1,15
SO	2	npk	AD	3	38,55 ± 1,51	4,62 ± 0,11	396,86 ± 60,92	13,33 ± 0,33
SO	2	NPK	NF	3	38,73 ± 3,49	4,48 ± 0,17	373,73 ± 68,09	10,00 ± 2,67
SO	2	NPK	AD	3	54,48 ± 3,35	4,10 ± 0,01	524,38 ± 27,62	2,89 ± 0,19
MPP	GC	0	NF	2	58,43 ± 1,53	4,64 ± 0,11	535,46 ± 78,94	20,50 ± 1,17
MPP	GC	0	NF	3	49,21 ± 3,58	3,74 ± 0,16	602,16 ± 35,87	3,00 ± 0,00
MPP	GC	0	AD	2	61,00 ± 6,10	5,62 ± 0,57	739,12 ± 167,85	18,33 ± 0,44
MPP	GC	0	AD	3	95,11 ± 2,35	7,25 ± 0,14	1292,71 ± 38,25	25,33 ± 1,33
MPP	GC	npk	NF	3	82,10 ± 11,93	6,38 ± 0,79	884,92 ± 111,18	3,83 ± 0,16
MPP	GC	npk	AD	2	94,90 ± 12,31	7,27 ± 0,67	1142,33 ± 168,61	18,67 ± 2,33
MPP	GC	npk	AD	3	82,00 ± 6,12	5,31 ± 0,23	873,08 ± 33,14	24,17 ± 2,50
MPP	GC	NPK	NF	3	70,21 ± 5,24	5,69 ± 0,46	734,07 ± 6,84	14,67 ± 0,66
MPP	GC	NPK	AD	3	52,86 ± 2,53	3,79 ± 0,13	554,10 ± 33,81	2,50 ± 0,30
MPP	LL	0	NF	2	60,01 ± 1,60	4,25 ± 0,25	535,46 ± 78,94	20,50 ± 1,17
MPP	LL	0	NF	3	50,95 ± 3,38	3,39 ± 0,15	575,96 ± 46,87	3,00 ± 0,00
MPP	LL	0	AD	2	62,96 ± 5,09	5,60 ± 0,57	754,88 ± 167,85	19,50 ± 0,83
MPP	LL	0	AD	3	84,84 ± 5,75	6,14 ± 0,49	822,96 ± 12,34	22,00 ± 2,00
MPP	LL	npk	NF	3	47,42 ± 2,65	3,42 ± 0,29	626,82 ± 43,54	3,89 ± 0,19
MPP	LL	npk	AD	2	83,58 ± 3,33	5,62 ± 0,36	854,70 ± 74,66	21,25 ± 0,75
MPP	LL	npk	AD	3	54,71 ± 6,16	4,55 ± 0,36	756,41 ± 123,21	4,50 ± 0,83
MPP	LL	NPK	NF	2	85,45 ± 4,58	5,69 ± 0,27	1044,10 ± 28,14	27,50 ± 0,17
MPP	LL	NPK	NF	3	105,13 ± 11,28	7,19 ± 0,48	1093,32 ± 51,24	22,17 ± 1,16
MPP	LL	NPK	2	3	26,25 ± 5,11	5,05 ± 0,34	296,77 ± 79,91	12,00 ± 2,00

Anexo I V: Medias y desvíos de las variables de los 5 componentes principales

SO FECHA 1 Y 2								
SO	GC	0	NF	1	3,56 ± 0,77	0,46 ± 0,06	92,10 ± 22,56	0,44 ± 0,20
SO	LL	0	NF	1	3,87 ± 0,80	0,61 ± 0,18	81,35 ± 5,29	0,44 ± 0,33
SO	GC	npk	NF	1	8,79 ± 0,03	1,27 ± 0,00	143,52 ± 1,67	0,22 ± 0,19
SO	GC	npk	NF	2	25,07 ± 3,13	4,09 ± 0,41	394,82 ± 70,74	4,00 ± 0,00
SO	GC	npk	AD	1	6,70 ± 0,61	0,84 ± 0,05	136,54 ± 12,77	0,44 ± 0,20
SO	GC	NPK	NF	1	6,79 ± 0,71	0,85 ± 0,05	224,21 ± 29,26	0,22 ± 0,12
SO	GC	NPK	NF	2	12,83 ± 0,31	1,73 ± 0,01	232,07 ± 17,75	2,50 ± 1,02
SO	GC	NPK	AD	2	29,16 ± 9,01	4,79 ± 0,09	261,03 ± 52,42	2,83 ± 0,16
SO	LL	0	NF	1	3,71 ± 0,56	0,46 ± 0,02	94,10 ± 17,82	0,44 ± 0,20
SO	LL	0	AD	1	4,20 ± 1,23	0,74 ± 0,13	106,37 ± 25,47	0,33 ± 0,33
SO	LL	npk	AD	1	4,97 ± 0,42	0,83 ± 0,01	128,21 ± 4,10	0,44 ± 0,20
SO	LL	npk	NF	2	13,66 ± 0,06	1,92 ± 0,18	253,89 ± 25,50	2,33 ± 0,10
SO	LL	npk	NF	1	4,97 ± 0,15	0,82 ± 0,02	96,39 ± 12,40	0,56 ± 0,20
SO	LL	NPK	NF	1	3,88 ± 0,14	1,19 ± 0,05	83,59 ± 4,51	0,78 ± 0,39
SO	LL	NPK	NF	2	22,76 ± 4,67	2,45 ± 0,13	365,24 ± 43,76	2,67 ± 0,14
SO	LL	NPK	AD	1	4,42 ± 1,18	0,78 ± 0,08	81,72 ± 14,20	0,56 ± 0,20
SO	LL	NPK	AD	2	11,49 ± 1,58	1,35 ± 0,12	215,40 ± 36,62	2,78 ± 0,19
FDC	GC	0	AD	2	1,29 ± 0,23	0,13 ± 0,01	41,39 ± 4,28	1,00 ± 0,00
FDC	GC	NPK	AD	2	6,30 ± 0,03	0,49 ± 0,00	136,11 ± 10,85	1,17 ± 0,16
FDC	GC	NPK	AD	3	20,06 ± 3,83	1,73 ± 0,09	241,39 ± 35,45	3,00 ± 0,33
FDC	LL	0	AD	2	1,00 ± 0,07	0,09 ± 0,01	37,10 ± 3,90	1,00 ± 0,03
FDC	LL	npk	AD	2	8,20 ± 1,72	0,546 ± 0,04	182,44 ± 33,75	0,44 ± 0,33
MPP	GC	npk	NF	2	15,30 ± 1,70	1,40 ± 0,23	603,31 ± 9,07	4,00 ± 1,00
MPP	GC	NPK	NF	2	37,76 ± 0,19	2,65 ± 0,05	572,58 ± 4,53	3,33 ± 0,33
MPP	GC	NPK	AD	2	45,94 ± 9,70	3,11 ± 0,66	680,96 ± 1,58	3,22 ± 0,69
MPP	LL	npk	NF	2	57,46 ± 4,22	13,32 ± 0,94	737,90 ± 53,80	2,50 ± 0,17
MPP	LL	NPK	AD	2	36,77 ± 3,32	2,66 ± 0,01	505,42 ± 34,06	4,00 ± 0,88

Tabla IV.2. Media y desviación estándar de las variables de la Componente Principal 2 (contenidos de nitrógeno, Clorofila y calcio en hoja) para cada uno de los 5 grupos jerárquicos obtenidos

Anexo I V: Medias y desvíos de las variables de los 5 componentes principales

sustrato	fertilizante	dosis	agua	fecha	Nt (%)	Clorofila (SPAD)	Ca (%)
FDC FECHA 1							
FDC	GC	0	NF	1	1,12 ± 0,05	20,98 ± 2,85	0,78 ± 0,12
FDC	LL	0	NF	1	1,31 ± 0,02	23,82 ± 0,68	0,53 ± 0,03
FDC	LL	npk	AD	1	1,36 ± 0,07	24,41 ± 1,23	0,48 ± 0,02
FDC	LL	NPK	AD	1	1,04 ± 0,06	18,34 ± 0,16	0,76 ± 0,03
FDC	GC	NPK	NF	1	1,20 ± 0,17	18,22 ± 3,70	0,55 ± 0,13
FDC	GC	NPK	AD	1	1,31 ± 0,02	23,31 ± 0,64	0,890 ± 0,02
FDC	LL	NPK	NF	1	1,14 ± 0,03	21,10 ± 1,77	0,79 ± 0,12
FDC	LL	0	AD	1	1,17 ± 0,13	21,21 ± 3,19	0,67 ± 0,110
FDC	LL	npk	NF	1	1,26 ± 0,00	22,87 ± 0,96	0,81 ± 0,25
FDC	GC	0	AD	1	1,15 ± 0,11	21,27 ± 0,70	0,92 ± 0,05
FDC	GC	npk	NF	1	1,24 ± 0,06	22,99 ± 1,05	0,56 ± 0,10
FDC	GC	npk	AD	1	1,38 ± 0,08	24,45 ± 1,95	0,76 ± 0,06
MPP FECHA 1							
SO	GC	NPK	NF	1	3,50 ± 0,07	36,00 ± 0,46	1,53 ± 0,25
MPP	GC	0	NF	1	4,72 ± 0,09	34,46 ± 1,30	1,29 ± 0,04
MPP	GC	0	AD	1	4,76 ± 0,02	32,59 ± 0,31	1,21 ± 0,05
MPP	GC	npk	NF	1	4,63 ± 0,21	33,49 ± 0,01	1,39 ± 0,14
MPP	GC	npk	AD	1	4,58 ± 0,40	33,54 ± 1,73	1,48 ± 0,11
MPP	GC	NPK	NF	1	4,27 ± 0,08	35,38 ± 0,09	1,65 ± 0,29
MPP	GC	NPK	AD	1	4,91 ± 0,42	35,40 ± 2,83	1,49 ± 0,01
MPP	LL	0	NF	1	4,75 ± 0,32	34,66 ± 1,27	1,30 ± 0,17
MPP	LL	0	AD	1	4,85 ± 0,19	32,59 ± 0,31	1,41 ± 0,24
MPP	LL	npk	NF	1	4,76 ± 0,14	34,69 ± 1,27	1,12 ± 0,17
MPP	LL	npk	AD	1	4,75 ± 0,32	33,54 ± 0,60	1,32 ± 0,01
MPP	LL	NPK	NF	1	4,56 ± 0,15	33,21 ± 0,07	1,34 ± 0,15
MPP	LL	NPK	AD	1	4,61 ± 0,23	33,40 ± 0,53	1,13 ± 0,01

Anexo I V: Medias y desvíos de las variables de los 5 componentes principales

SO TESTIGO+FDC FECHA 2 Y 3							
SO	GC	0	NF	2	1,63 ± 0,13	29,33 ± 2,46	0,36 ± 0,03
SO	GC	0	NF	3	1,50 ± 0,21	26,97 ± 2,83	0,57 ± 0,10
SO	GC	0	AD	2	1,41 ± 0,08	24,77 ± 1,69	1,00 ± 0,20
SO	GC	0	AD	3	1,27 ± 0,10	25,28 ± 1,05	1,00 ± 0,20
SO	LL	0	NF	2	1,65 ± 0,13	29,69 ± 2,47	0,38 ± 0,03
SO	LL	0	NF	3	1,59 ± 0,21	26,71 ± 2,83	0,57 ± 0,16
SO	LL	0	AD	2	1,43 ± 0,08	25,84 ± 1,69	1,00 ± 0,23
SO	LL	0	AD	3	1,27 ± 0,10	25,28 ± 1,05	1,06 ± 0,27
FDC	LL	nPK	NF	3	3,01 ± 0,65	36,28 ± 0,98	0,74 ± 0,13
FDC	GC	0	NF	2	3,14 ± 0,06	29,74 ± 0,07	0,47 ± 0,06
FDC	GC	0	NF	3	2,74 ± 0,08	27,34 ± 0,21	0,39 ± 0,10
FDC	GC	0	AD	3	3,50 ± 0,13	28,75 ± 2,38	0,63 ± 0,16
FDC	GC	nPK	NF	2	3,25 ± 0,09	30,93 ± 0,11	0,33 ± 0,01
FDC	GC	nPK	NF	3	2,85 ± 0,09	22,38 ± 2,28	1,31 ± 0,07
FDC	GC	nPK	AD	2	2,98 ± 0,12	34,29 ± 0,65	0,77 ± 0,10
FDC	GC	NPK	NF	2	3,09 ± 0,23	29,21 ± 2,76	0,81 ± 0,13
FDC	GC	NPK	NF	3	2,92 ± 0,18	31,81 ± 0,20	0,42 ± 0,08
FDC	LL	0	NF	2	3,41 ± 0,11	17,23 ± 5,20	1,21 ± 0,02
FDC	GC	0	NF	3	3,17 ± 0,04	29,74 ± 0,07	0,47 ± 0,06
FDC	GC	0	AD	3	2,74 ± 0,08	27,34 ± 0,22	0,39 ± 0,10
FDC	LL	nPK	NF	2	3,50 ± 0,13	28,75 ± 2,39	0,62 ± 0,16
FDC	LL	nPK	NF	3	2,25 ± 0,13	34,45 ± 4,18	0,42 ± 0,05
FDC	LL	nPK	AD	3	3,01 ± 0,25	20,17 ± 5,91	0,77 ± 0,10
FDC	LL	NPK	NF	2	2,34 ± 0,04	27,79 ± 0,63	0,68 ± 0,09
FDC	LL	NPK	NF	3	2,96 ± 0,07	33,57 ± 0,59	0,88 ± 0,24
FDC	LL	NPK	AD	2	3,39 ± 0,35	22,05 ± 4,38	0,30 ± 0,06
FDC	LL	NPK	AD	3	3,60 ± 0,06	33,90 ± 3,34	0,42 ± 0,02

Anexo I V: Medias y desvíos de las variables de los 5 componentes principales

SO FERTILIZADO+ MPP FECHA 2 Y 3							
SO	GC	npk	NF	3	2,36 ± 0,26	38,53 ± 0,83	1,06 ± 0,11
SO	GC	npk	AD	2	3,01 ± 0,33	35,23 ± 1,28	1,32 ± 0,14
SO	GC	npk	AD	3	2,74 ± 0,07	34,12 ± 1,68	1,36 ± 0,12
SO	GC	NPK	NF	3	3,09 ± 0,15	32,85 ± 0,88	1,22 ± 0,11
SO	GC	NPK	AD	3	3,53 ± 0,16	34,67 ± 0,46	1,17 ± 0,27
SO	2	npk	NF	3	2,20 ± 0,23	32,62 ± 0,98	1,06 ± 0,04
SO	2	npk	AD	3	3,49 ± 0,30	41,35 ± 0,85	1,25 ± 0,10
SO	2	NPK	NF	3	2,78 ± 0,22	37,08 ± 1,68	1,15 ± 0,27
SO	2	NPK	AD	3	3,75 ± 0,41	35,45 ± 0,78	0,93 ± 0,08
MPP	GC	0	NF	2	3,07 ± 0,15	31,06 ± 1,30	0,46 ± 0,06
MPP	GC	0	NF	3	3,10 ± 0,23	36,65 ± 1,97	0,86 ± 0,10
MPP	GC	0	AD	2	1,30 ± 0,26	28,30 ± 4,19	1,09 ± 0,12
MPP	GC	0	AD	3	3,54 ± 0,06	37,10 ± 0,08	1,45 ± 0,10
MPP	GC	npk	NF	3	3,37 ± 0,29	31,91 ± 0,54	0,91 ± 0,12
MPP	GC	npk	AD	2	3,69 ± 0,73	35,46 ± 1,00	1,00 ± 0,17
MPP	GC	npk	AD	3	3,07 ± 0,15	31,06 ± 1,30	0,46 ± 0,06
MPP	GC	NPK	NF	3	3,13 ± 0,12	35,50 ± 1,97	0,90 ± 0,15
MPP	GC	NPK	AD	3	1,40 ± 0,10	28,31 ± 3,95	1,06 ± 0,22
MPP	LL	0	NF	2	2,65 ± 0,06	32,52 ± 0,44	1,11 ± 0,10
MPP	LL	0	NF	3	3,84 ± 0,09	36,504 ± 0,17	1,32 ± 0,17
MPP	LL	0	AD	2	2,94 ± 0,60	33,39 ± 0,65	0,70 ± 0,13
MPP	LL	0	AD	3	4,04 ± 0,12	37,95 ± 0,38	0,57 ± 0,12
MPP	LL	npk	NF	3	3,23 ± 0,37	34,85 ± 0,63	1,29 ± 0,12
MPP	LL	npk	AD	2	3,20 ± 0,12	34,77 ± 1,80	1,32 ± 0,14
MPP	LL	npk	AD	3	2,64 ± 0,29	35,12 ± 1,68	1,46 ± 0,12
MPP	LL	NPK	NF	2	3,54 ± 0,06	37,10 ± 0,08	1,45 ± 0,10
MPP	LL	NPK	NF	3	3,37 ± 0,29	31,91 ± 0,54	0,91 ± 0,12
MPP	LL	NPK	AD	3	3,69 ± 0,73	35,46 ± 1,00	1,00 ± 0,17

Anexo I V: Medias y desvíos de las variables de los 5 componentes principales

SO FECHA 1 Y 2							
SO	GC	0	NF	1	1,45 ± 0,06	32,22 ± 2,52	1,24±0,15
SO	LL	0	NF	1	1,65 ± 0,09	37,00 ± 0,93	0,57±0,07
SO	GC	npk	NF	1	1,59 ± 0,02	32,03 ± 0,25	1,39±0,17
SO	GC	npk	NF	2	3,47 ± 0,37	38,44 ± 1,15	1,16 ± 0,20
SO	GC	npk	AD	1	3,54 ± 0,11	35,31 ± 1,50	0,83 ± 0,14
SO	GC	NPK	NF	1	3,50 ± 0,07	36,00 ± 0,46	1,53 ± 0,25
SO	GC	NPK	NF	2	3,46 ± 0,09	33,91 ± 0,69	1,48 ± 0,10
SO	GC	NPK	AD	2	3,31 ± 0,30	37,59 ± 1,67	0,80 ± 0,23
SO	LL	0	NF	1	1,45 ± 0,20	33,24 ± 1,01	1,25 ± 0,17
SO	LL	0	AD	1	1,66 ± 0,09	37,00 ± 0,93	0,57±0,07
SO	LL	npk	AD	1	3,31 ± 0,11	35,67 ± 2,40	1,17±0,11
SO	LL	npk	NF	2	2,56 ± 0,22	38,51 ± 0,27	1,11 ± 0,10
SO	LL	npk	NF	1	3,55 ± 0,04	36,00 ± 0,72	1,34 ± 0,07
SO	LL	NPK	NF	1	3,04 ± 0,15	32,93 ± 0,90	1,20 ± 0,13
SO	LL	NPK	NF	2	3,19 ± 0,40	40,70 ± 0,83	1,25 ± 0,15
SO	LL	NPK	AD	1	3,03± 0,09	32,42 ± 0,55	1,41 ± 0,21
SO	LL	NPK	AD	2	3,23 ± 0,10	39,55 ± 2,28	1,41 ± 0,14
FDC	GC	0	AD	2	3,30 ± 0,22	33,23 ± 1,46	0,55 ± 0,07
FDC	GC	NPK	AD	2	3,53 ± 0,12	35,84 ± 0,49	1,50 ± 0,11
FDC	GC	NPK	AD	3	3,66 ± 0,55	29,01± 3,00	1,24 ± 0,08
FDC	LL	0	AD	2	3,30 ± 0,14	33,39 ± 2,26	0,62 ± 0,06
FDC	LL	npk	AD	2	3,54 ± 0,14	37,39 ± 0,05	1,31±0,07
MPP	GC	npk	NF	2	3,32 ± 0,31	39,52 ± 1,05	1,13 ± 0,16
MPP	GC	NPK	NF	2	4,66 ± 0,09	40,15 ± 0,78	0,78 ± 0,19
MPP	GC	NPK	AD	2	4,47 ± 0,28	35,83 ± 3,10	1,09 ± 0,15
MPP	LL	npk	NF	2	3,66 ± 0,33	36,90 ± 0,57	1,22 ± 0,17
MPP	LL	NPK	AD	2	4,25 ± 0,53	38,33 ± 0,66	1,13 ± 0,10

Tabla IV.3. Media y desviación estándar de las variables de la Componente Principal 3 (contenidos de potasio en hoja y intensidad de coloración de la flor) para cada uno de los 5 grupos jerárquicos obtenidos

sustrato	fertilizante	dosis	agua	fecha	K (%)	Coloración (valor L)
FDC FECHA 1						
FDC	GC	0	NF	1	4,19 ± 1,55	0,00
FDC	LL	0	NF	1	3,41 ± 0,59	0,00
FDC	LL	npk	AD	1	6,38 ± 1,48	0,00
FDC	LL	NPK	AD	1	2,21 ± 0,60	0,00
FDC	GC	NPK	NF	1	3,70 ± 0,28	0,00
FDC	GC	NPK	AD	1	3,64 ± 0,08	0,00
FDC	LL	NPK	NF	1	4,21 ± 1,79	0,00
FDC	LL	0	AD	1	3,22 ± 0,84	0,00
FDC	LL	npk	NF	1	3,17 ± 1,13	0,00
FDC	GC	0	AD	1	3,86 ± 0,08	0,00
FDC	GC	npk	NF	1	2,35 ± 0,08	0,00
FDC	GC	npk	AD	1	3,34 ± 0,19	0,00
MPP FECHA 1						
SO	GC	NPK	NF	1	2,75 ± 0,23	10,47 ± 18,13
MPP	GC	0	NF	1	5,41 ± 0,44	34,95 ± 0,22
MPP	GC	0	AD	1	4,71 ± 1,10	35,12 ± 0,65
MPP	GC	npk	NF	1	5,46 ± 1,72	29,74 ± 2,25
MPP	GC	npk	AD	1	3,57 ± 0,89	31,99 ± 4,16
MPP	GC	NPK	NF	1	2,98 ± 0,36	10,87 ± 18,83
MPP	GC	NPK	AD	1	5,00 ± 0,07	34,24 ± 1,33
MPP	LL	0	NF	1	5,43 ± 0,40	34,67 ± 0,43
MPP	LL	0	AD	1	4,65 ± 1,51	35,20 ± 0,02
MPP	LL	npk	NF	1	7,60 ± 0,03	36,22 ± 0,78
MPP	LL	npk	AD	1	5,15 ± 0,29	34,29 ± 2,02
MPP	LL	NPK	NF	1	4,94 ± 1,06	34,24 ± 1,33
MPP	LL	NPK	AD	1	4,60 ± 0,59	33,21 ± 0,10

Anexo I V: Medias y desvíos de las variables de los 5 componentes principales

SO TESTIGO+FDC FECHA 2 Y 3						
SO	GC	0	NF	2	3,70 ±0,23	30,94 ± 2,52
SO	GC	0	NF	3	5,26 ± 0,49	35,09 ± 2,47
SO	GC	0	AD	2	4,46 ± 0,57	31,26 ± 4,68
SO	GC	0	AD	3	5,23 ± 0,84	32,76 ± 3,96
SO	LL	0	NF	2	3,72 ± 0,77	30,92 ± 5,46
SO	LL	0	NF	3	4,99 ± 0,86	35,06 ± 7,85
SO	LL	0	AD	2	4,48 ± 0,62	31,55 ± 5,58
SO	LL	0	AD	3	5,00 ± 0,86	33,03 ± 2,16
FDC	LL	npk	NF	3	5,95±1,65	31,34 ±2,51
FDC	GC	0	NF	2	5,39 ± 1,55	35,45 ± 2,28
FDC	GC	0	NF	3	5,58 ± 0,93	44,10 ± 3,68
FDC	GC	0	AD	3	5,20 ± 0,17	45,63 ± 1,75
FDC	GC	npk	NF	2	4,39 ± 0,40	39,04 ± 5,44
FDC	GC	npk	NF	3	4,65 ±1,20	43,18 ± 1,65
FDC	GC	npk	AD	2	6,52 ±0,11	37,88 ± 5,87
FDC	GC	NPK	NF	2	4,71 ± 0,90	41,43 ± 2,06
FDC	GC	NPK	NF	3	4,48 ±0,81	32,94 ± 2,69
FDC	LL	0	NF	2	5,96 ± 0,81	43,19 ± 1,62
FDC	GC	0	NF	3	5,39 ±1,55	35,46 ± 2,29
FDC	GC	0	AD	3	5,58 ± 0,93	44,11 ± 3,68
FDC	LL	npk	NF	2	5,19 ± 0,17	45,63 ± 1,75
FDC	LL	npk	NF	3	5,00 ±1,45	32,69 ± 7,74
FDC	LL	npk	AD	3	2,48 ± 0,71	58,16 ± 9,55
FDC	LL	NPK	NF	2	5,45 ± 1,62	45,26 ±1,62
FDC	LL	NPK	NF	3	6,47 ± 0,93	31,61 ± 4,39
FDC	LL	NPK	AD	2	4,31 ± 1,44	44,44 ± 1,56
FDC	LL	NPK	AD	3	5,98 ± 0,46	33,90 ± 0,56

Anexo I V: Medias y desvíos de las variables de los 5 componentes principales

SO FERTILIZADO+ MPP FECHA 2 Y 3						
SO	GC	npk	NF	3	5,26 ± 1,19	29,78 ± 2,00
SO	GC	npk	AD	2	5,11 ± 0,17	26,58 ± 6,52
SO	GC	npk	AD	3	6,33 ± 0,73	31,46 ± 1,13
SO	GC	NPK	NF	3	6,02 ± 0,20	30,09 ± 1,36
SO	GC	NPK	AD	3	3,16 ± 0,28	31,01 ± 1,49
SO	2	npk	NF	3	3,84 ± 0,34	30,92 ± 1,51
SO	2	npk	AD	3	4,83 ± 0,79	29,86 ± 0,41
SO	2	NPK	NF	3	4,88 ± 0,70	35,20 ± 4,24
SO	2	NPK	AD	3	4,88 ± 0,85	27,68 ± 3,91
MPP	GC	0	NF	2	4,90 ± 1,50	32,06 ± 0,87
MPP	GC	0	NF	3	3,09 ± 0,69	28,70 ± 2,36
MPP	GC	0	AD	2	4,79 ± 0,30	31,54 ± 2,01
MPP	GC	0	AD	3	2,95 ± 0,18	31,09 ± 0,99
MPP	GC	npk	NF	3	7,43 ± 0,72	27,85 ± 1,75
MPP	GC	npk	AD	2	5,20 ± 0,07	31,50 ± 0,50
MPP	GC	npk	AD	3	5,26 ± 0,26	30,60 ± 1,23
MPP	GC	NPK	NF	3	4,57 ± 1,00	29,87 ± 0,74
MPP	GC	NPK	AD	3	4,89 ± 0,65	27,81 ± 10,96
MPP	LL	0	NF	2	4,90 ± 1,50	32,06 ± 0,87
MPP	LL	0	NF	3	3,11 ± 0,92	28,70 ± 2,360
MPP	LL	0	AD	2	4,82 ± 0,52	31,54 ± 2,011
MPP	LL	0	AD	3	4,22 ± 1,03	30,960 ± 0,79
MPP	LL	npk	NF	3	6,50 ± 0,44	31,09 ± 3,62
MPP	LL	npk	AD	2	6,03 ± 1,61	38,62 ± 2,0
MPP	LL	npk	AD	3	4,90 ± 0,40	35,72 ± 2,83
MPP	LL	NPK	NF	2	5,85 ± 0,91	29,70 ± 0,52
MPP	LL	NPK	NF	3	5,43 ± 0,18	39,34 ± 0,32
MPP	LL	NPK	AD	3	3,77 ± 0,34	31,42 ± 3,51

Anexo I V: Medias y desvíos de las variables de los 5 componentes principales

SO FECHA 1 Y 2						
SO	GC	0	NF	1	2,95 ± 0,41	28,59 ± 3,91
SO	LL	0	NF	1	3,59 ± 0,40	31,21 ± 5,19
SO	GC	npk	NF	1	3,11 ± 0,25	11,23 ± 19,46
SO	GC	npk	NF	2	2,97 ± 0,10	30,16 ± 3,50
SO	GC	npk	AD	1	2,44 ± 0,24	32,00 ± 4,16
SO	GC	NPK	NF	1	2,75 ± 0,23	10,47 ± 18,13
SO	GC	NPK	NF	2	5,26 ± 0,26	28,64 ± 3,28
SO	GC	NPK	AD	2	4,60 ± 0,95	29,12 ± 3,91
SO	LL	0	NF	1	2,75 ± 0,68	28,48 ± 3,91
SO	LL	0	AD	1	3,60 ± 0,39	31,21 ± 5,19
SO	LL	npk	AD	1	3,68 ± 0,35	31,97 ± 3,24
SO	LL	npk	NF	2	4,01 ± 1,10	28,75 ± 3,97
SO	LL	npk	NF	1	3,73 ± 0,36	30,34 ± 4,32
SO	LL	NPK	NF	1	4,07 ± 0,87	35,05 ± 3,18
SO	LL	NPK	NF	2	5,45 ± 1,15	29,94 ± 1,81
SO	LL	NPK	AD	1	3,44 ± 0,16	29,67 ± 4,11
SO	LL	NPK	AD	2	5,43 ± 0,18	33,52 ± 2,20
FDC	GC	0	AD	2	3,68 ± 0,21	27,70 ± 0,47
FDC	GC	NPK	AD	2	3,68 ± 0,40	39,08 ± 0,38
FDC	GC	NPK	AD	3	2,86 ± 0,04	44,60 ± 3,35
FDC	LL	0	AD	2	3,64 ± 0,14	27,50 ± 0,47
FDC	LL	npk	AD	2	5,68 ± 2,02	31,09 ± 0,91
MPP	GC	npk	NF	2	3,49 ± 1,21	31,56 ± 3,47
MPP	GC	NPK	NF	2	3,16 ± 0,10	30,72 ± 2,56
MPP	GC	NPK	AD	2	4,96 ± 0,18	35,72 ± 2,83
MPP	LL	npk	NF	2	3,15 ± 0,72	30,78 ± 1,04
MPP	LL	NPK	AD	2	4,31 ± 0,94	28,45 ± 3,19

Tabla IV.4. Media y desviación estándar de las variables de la Componente Principal 4 (contenidos de fósforo y magnesio en la hoja) para cada uno de los 5 grupos jerárquicos obtenidos

sustrato	fertilizante	dosis	agua	fecha	P (%)	Mg (%)
FDC FECHA 1						
FDC	GC	0	NF	1	0,25 ± 0,00	0,23 ± 0,03
FDC	LL	0	NF	1	0,41 ± 0,01	0,21 ± 0,02
FDC	LL	npk	AD	1	0,34 ± 0,00	0,27 ± 0,06
FDC	LL	NPK	AD	1	0,16 ± 0,00	0,21 ± 0,01
FDC	GC	NPK	NF	1	0,20 ± 0,02	0,24 ± 0,02
FDC	GC	NPK	AD	1	0,21 ± 0,02	0,26 ± 0,03
FDC	LL	NPK	NF	1	0,25 ± 0,01	0,24 ± 0,02
FDC	LL	0	AD	1	0,28 ± 0,05	0,23 ± 0,04
FDC	LL	npk	NF	1	0,20 ± 0,07	0,31 ± 0,08
FDC	GC	0	AD	1	0,35 ± 0,09	0,25 ± 0,03
FDC	GC	npk	NF	1	0,22 ± 0,02	0,23 ± 0,02
FDC	GC	npk	AD	1	0,37 ± 0,04	0,19 ± 0,02
MPP FECHA 1						
SO	GC	NPK	NF	1	0,30 ± 0,02	0,36 ± 0,06
MPP	GC	0	NF	1	0,34 ± 0,04	0,36 ± 0,00
MPP	GC	0	AD	1	0,41 ± 0,07	0,30 ± 0,11
MPP	GC	npk	NF	1	0,40 ± 0,02	0,38 ± 0,03
MPP	GC	npk	AD	1	0,40 ± 0,06	0,39 ± 0,01
MPP	GC	NPK	NF	1	0,30 ± 0,03	0,30 ± 0,07
MPP	GC	NPK	AD	1	0,39 ± 0,0	0,39 ± 0,03
MPP	LL	0	NF	1	0,34 ± 0,16	0,35 ± 0,00
MPP	LL	0	AD	1	0,41 ± 0,07	0,36 ± 0,03
MPP	LL	npk	NF	1	0,31 ± 0,07	0,29 ± 0,03
MPP	LL	npk	AD	1	0,33 ± 0,01	0,35 ± 0,01
MPP	LL	NPK	NF	1	0,40 ± 0,01	0,39 ± 0,02
MPP	LL	NPK	AD	1	0,31 ± 0,01	0,35 ± 0,02

Anexo I V: Medias y desvíos de las variables de los 5 componentes principales

SO FECHA 1 Y 2						
SO	GC	0	NF	1	0,26 ± 0,07	0,27 ± 0,04
SO	LL	0	NF	1	0,28 ± 0,03	0,26 ± 0,04
SO	GC	npk	NF	1	0,26 ± 0,06	0,25 ± 0,06
SO	GC	npk	NF	2	0,16 ± 0,05	0,16 ± 0,03
SO	GC	npk	AD	1	0,30 ± 0,09	0,25 ± 0,03
SO	GC	NPK	NF	1	0,30 ± 0,02	0,36 ± 0,06
SO	GC	NPK	NF	2	0,15 ± 0,02	0,20 ± 0,01
SO	GC	NPK	AD	2	0,26 ± 0,02	0,19 ± 0,02
SO	LL	0	NF	1	0,27 ± 0,07	0,27 ± 0,09
SO	LL	0	AD	1	0,25 ± 0,07	0,26 ± 0,04
SO	LL	npk	AD	1	0,21 ± 0,02	0,26 ± 0,01
SO	LL	npk	NF	2	0,26 ± 0,02	0,26 ± 0,02
SO	LL	npk	NF	1	0,18 ± 0,02	0,22 ± 0,01
SO	LL	NPK	NF	1	0,23 ± 0,05	0,31 ± 0,05
SO	LL	NPK	NF	2	0,28 ± 0,11	0,24 ± 0,02
SO	LL	NPK	AD	1	0,20 ± 0,03	0,26 ± 0,03
SO	LL	NPK	AD	2	0,15 ± 0,02	0,17 ± 0,00
FDC	GC	0	AD	2	0,21 ± 0,02	0,27 ± 0,06
FDC	GC	NPK	AD	2	0,18 ± 0,01	0,18 ± 0,02
FDC	GC	NPK	AD	3	0,24 ± 0,04	0,21 ± 0,03
FDC	LL	0	AD	2	0,21 ± 0,03	0,26 ± 0,07
FDC	LL	npk	AD	2	0,27 ± 0,06	0,29 ± 0,02
MPP	GC	npk	NF	2	0,24 ± 0,04	0,18 ± 0,01
MPP	GC	NPK	NF	2	0,24 ± 0,07	0,16 ± 0,02
MPP	GC	NPK	AD	2	0,28 ± 0,03	0,27 ± 0,01
MPP	LL	npk	NF	2	0,34 ± 0,08	0,14 ± 0,02
MPP	LL	NPK	AD	2	0,27 ± 0,04	0,28 ± 0,02

Anexo I V: Medias y desvíos de las variables de los 5 componentes principales

SO FERTILIZADO+ MPP FECHA 2 Y 3						
SO	GC	npk	NF	3	0,18 ± 3,50	0,21 ± 0,03
SO	GC	npk	AD	2	0,47 ± 12,32	0,19 ± 0,06
SO	GC	npk	AD	3	0,44 ± 0,01	0,20 ± 0,04
SO	GC	NPK	NF	3	0,26 ± 9,49	0,22 ± 0,04
SO	GC	NPK	AD	3	0,30 ± 0,05	0,21 ± 0,05
SO	2	npk	NF	3	0,29 ± 0,02	0,24 ± 0,00
SO	2	npk	AD	3	0,21 ± 0,03	0,25 ± 0,07
SO	2	NPK	NF	3	0,38 ± 0,09	0,17 ± 0,03
SO	2	NPK	AD	3	0,27 ± 0,04	0,22 ± 0,00
MPP	GC	0	NF	2	0,17 ± 0,02	0,20 ± 0,03
MPP	GC	0	NF	3	0,24 ± 0,03	0,28 ± 0,02
MPP	GC	0	AD	2	0,19 ± 0,02	0,15 ± 0,01
MPP	GC	0	AD	3	0,15 ± 0,03	0,16 ± 0,03
MPP	GC	npk	NF	3	0,45 ± 0,02	0,29 ± 0,03
MPP	GC	npk	AD	2	0,39 ± 0,02	0,20 ± 0,06
MPP	GC	npk	AD	3	0,15 ± 0,02	0,20 ± 0,01
MPP	GC	NPK	NF	3	0,25 ± 0,02	0,19 ± 0,02
MPP	GC	NPK	AD	3	0,27 ± 0,07	0,23 ± 0,00
MPP	LL	0	NF	2	0,17 ± 0,02	0,20 ± 0,03
MPP	LL	0	NF	3	0,24 ± 0,02	0,29 ± 0,02
MPP	LL	0	AD	2	0,19 ± 0,04	0,14 ± 0,01
MPP	LL	0	AD	3	0,27 ± 0,02	0,25 ± 0,02
MPP	LL	npk	NF	3	0,24 ± 0,01	0,21 ± 0,01
MPP	LL	npk	AD	2	0,25 ± 0,01	0,29 ± 0,05
MPP	LL	npk	AD	3	0,31 ± 0,04	0,26 ± 0,03
MPP	LL	NPK	NF	2	0,29 ± 0,05	0,20 ± 0,02
MPP	LL	NPK	NF	3	0,15 ± 0,02	0,16 ± 0,01
MPP	LL	NPK	AD	3	0,33 ± 0,05	0,41 ± 0,04

Anexo I V: Medias y desvíos de las variables de los 5 componentes principales

SO TESTIGO+FDC FECHA 2 Y 3						
SO	GC	0	NF	2	3,70 ±0,23	30,94 ± 2,52
SO	GC	0	NF	3	5,26 ± 0,49	35,09 ± 2,47
SO	GC	0	AD	2	4,46 ± 0,57	31,26 ± 4,68
SO	GC	0	AD	3	5,23 ± 0,84	32,76 ± 3,96
SO	LL	0	NF	2	3,72 ± 0,77	30,92 ± 5,46
SO	LL	0	NF	3	4,99 ± 0,86	35,06 ± 7,85
SO	LL	0	AD	2	4,48 ± 0,62	31,55 ± 5,58
SO	LL	0	AD	3	5,00 ± 0,86	33,03 ± 2,16
FDC	LL	npk	NF	3	5,95±1,65	31,34 ±2,51
FDC	GC	0	NF	2	5,39 ± 1,55	35,45 ± 2,28
FDC	GC	0	NF	3	5,58 ± 0,93	44,10 ± 3,68
FDC	GC	0	AD	3	5,20 ± 0,17	45,63 ± 1,75
FDC	GC	npk	NF	2	4,39 ± 0,40	39,04 ± 5,44
FDC	GC	npk	NF	3	4,65 ±1,20	43,18 ± 1,65
FDC	GC	npk	AD	2	6,52 ±0,11	37,88 ± 5,87
FDC	GC	NPK	NF	2	4,71 ± 0,90	41,43 ± 2,06
FDC	GC	NPK	NF	3	4,48 ±0,81	32,94 ± 2,69
FDC	LL	0	NF	2	5,96 ± 0,81	43,19 ± 1,62
FDC	GC	0	NF	3	5,39 ±1,55	35,46 ± 2,29
FDC	GC	0	AD	3	5,58 ± 0,93	44,11 ± 3,68
FDC	LL	npk	NF	2	5,19 ± 0,17	45,63 ± 1,75
FDC	LL	npk	NF	3	5,00 ±1,45	32,69 ± 7,74
FDC	LL	npk	AD	3	2,48 ± 0,71	58,16 ± 9,55
FDC	LL	NPK	NF	2	5,45 ± 1,62	45,26 ±1,62
FDC	LL	NPK	NF	3	6,47 ± 0,93	31,61 ± 4,39
FDC	LL	NPK	AD	2	4,31 ± 1,44	44,44 ± 1,56
FDC	LL	NPK	AD	3	5,98 ± 0,46	33,90 ± 0,56

Tabla IV.5. Media y desviación estándar de las variables de la Componente Principal 5 (contenido de sodio en la hoja) para cada uno de los 5 grupos jerárquicos obtenidos

sustrato	fertilizante	dosis	agua	fecha	Na (%)
FDC FECHA 1					
FDC	GC	0	NF	1	1,29 ± 0,13
FDC	LL	0	NF	1	1,11 ± 0,17
FDC	LL	npk	AD	1	1,28 ± 0,05
FDC	LL	NPK	AD	1	0,92 ± 0,05
FDC	GC	NPK	NF	1	1,21 ± 0,04
FDC	GC	NPK	AD	1	1,04 ± 0,06
FDC	LL	NPK	NF	1	1,28 ± 0,16
FDC	LL	0	AD	1	1,13 ± 0,18
FDC	LL	npk	NF	1	1,32 ± 0,04
FDC	GC	0	AD	1	0,65 ± 0,05
FDC	GC	npk	NF	1	1,22 ± 0,10
FDC	GC	npk	AD	1	0,73 ± 0,04
MPP FECHA 1					
SO	GC	NPK	NF	1	0,57 ± 0,17
MPP	GC	0	NF	1	1,18 ± 0,05
MPP	GC	0	AD	1	1,07 ± 0,06
MPP	GC	npk	NF	1	1,05 ± 0,03
MPP	GC	npk	AD	1	1,07 ± 0,04
MPP	GC	NPK	NF	1	1,04 ± 0,08
MPP	GC	NPK	AD	1	0,87 ± 0,02
MPP	LL	0	NF	1	1,20 ± 0,04
MPP	LL	0	AD	1	1,06 ± 0,05
MPP	LL	npk	NF	1	1,17 ± 0,09
MPP	LL	npk	AD	1	1,07 ± 0,05
MPP	LL	NPK	NF	1	1,30 ± 0,01
MPP	LL	NPK	AD	1	1,02 ± 0,02

Anexo I V: Medias y desvíos de las variables de los 5 componentes principales

SO TESTIGO+FDC FECHA 2 Y 3					
SO	GC	0	NF	2	0,52 ± 0,02
SO	GC	0	NF	3	0,97 ± 0,02
SO	GC	0	AD	2	0,76 ± 0,13
SO	GC	0	AD	3	0,90 ± 0,14
SO	LL	0	NF	2	0,52 ± 0,09
SO	LL	0	NF	3	0,96 ± 0,02
SO	LL	0	AD	2	0,77 ± 0,17
SO	LL	0	AD	3	0,90 ± 0,20
FDC	LL	npk	NF	3	1,09 ± 0,14
FDC	GC	0	NF	2	1,35 ± 0,15
FDC	GC	0	NF	3	1,29 ± 0,11
FDC	GC	0	AD	3	0,50 ± 0,13
FDC	GC	npk	NF	2	1,16 ± 0,36
FDC	GC	npk	NF	3	1,32 ± 0,09
FDC	GC	npk	AD	2	0,53 ± 0,12
FDC	GC	npk	AD	3	0,54 ± 0,18
FDC	GC	NPK	NF	2	1,36 ± 0,09
FDC	GC	NPK	NF	3	1,26 ± 0,04
FDC	LL	0	NF	2	1,35 ± 0,15
FDC	GC	0	NF	3	1,29 ± 0,11
FDC	GC	0	AD	3	0,50 ± 0,13
FDC	LL	npk	NF	2	1,38 ± 0,10
FDC	LL	npk	NF	3	1,11 ± 0,32
FDC	LL	npk	AD	3	1,18 ± 0,07
FDC	LL	NPK	NF	2	1,13 ± 0,15
FDC	LL	NPK	NF	3	1,30 ± 0,18
FDC	LL	NPK	AD	2	1,16 ± 0,05
FDC	LL	NPK	AD	3	0,74 ± 0,09

Anexo I V: Medias y desvíos de las variables de los 5 componentes principales

SO FERTILIZADO + MPP FECHA 2 Y 3					
SO	GC	npk	NF	3	0,57 ± 0,13
SO	GC	npk	AD	2	1,13 ± 0,18
SO	GC	npk	AD	3	1,34 ± 0,13
SO	GC	NPK	NF	3	1,34 ± 0,22
SO	GC	NPK	AD	3	0,52 ± 0,13
SO	2	npk	NF	3	0,32 ± 0,02
SO	2	npk	AD	3	1,19 ± 0,33
SO	2	NPK	NF	3	0,50 ± 0,14
SO	2	NPK	AD	3	1,51 ± 0,23
MPP	GC	0	NF	2	1,37 ± 0,14
MPP	GC	0	NF	3	0,59 ± 0,07
MPP	GC	0	AD	2	0,81 ± 0,10
MPP	GC	0	AD	3	1,23 ± 0,11
MPP	GC	npk	NF	3	0,79 ± 0,18
MPP	GC	npk	AD	2	1,20 ± 0,13
MPP	GC	npk	AD	3	1,12 ± 0,02
MPP	GC	NPK	NF	3	0,81 ± 0,22
MPP	GC	NPK	AD	3	1,41 ± 0,25
MPP	LL	0	NF	2	1,37 ± 0,14
MPP	LL	0	NF	3	0,57 ± 0,01
MPP	LL	0	AD	2	0,79 ± 0,14
MPP	LL	0	AD	3	1,02 ± 0,25
MPP	LL	npk	NF	3	1,10 ± 0,21
MPP	LL	npk	AD	2	1,11 ± 0,13
MPP	LL	npk	AD	3	1,33 ± 0,10
MPP	LL	NPK	NF	2	1,04 ± 0,05
MPP	LL	NPK	NF	3	0,66 ± 0,05
MPP	LL	NPK	AD	3	1,16 ± 0,03

Anexo I V: Medias y desvíos de las variables de los 5 componentes principales

SO FECHA 1 Y 2					
SO	GC	0	NF	1	0,98 ± 0,03
SO	LL	0	NF	1	0,99 ± 0,06
SO	GC	npk	NF	1	0,63 ± 0,08
SO	GC	npk	NF	2	1,21 ± 0,12
SO	GC	npk	AD	1	0,89 ± 0,02
SO	GC	NPK	NF	1	0,57 ± 0,22
SO	GC	NPK	NF	2	1,12 ± 0,02
SO	GC	NPK	AD	2	0,85 ± 0,22
SO	LL	0	NF	1	0,87 ± 0,08
SO	LL	0	AD	1	0,99 ± 0,07
SO	LL	npk	AD	1	1,31 ± 0,04
SO	LL	npk	NF	2	1,03 ± 0,23
SO	LL	npk	NF	1	0,77 ± 0,02
SO	LL	NPK	NF	1	0,88 ± 0,25
SO	LL	NPK	NF	2	1,02 ± 0,07
SO	LL	NPK	AD	1	0,99 ± 0,19
SO	LL	NPK	AD	2	0,70 ± 0,02
FDC	GC	0	AD	2	0,89 ± 0,07
FDC	GC	NPK	AD	2	0,57 ± 0,12
FDC	GC	NPK	AD	3	0,60 ± 0,11
FDC	LL	0	AD	2	0,90 ± 0,02
FDC	LL	npk	AD	2	0,68 ± 0,11
MPP	GC	npk	NF	2	1,22 ± 0,05
MPP	GC	NPK	NF	2	1,00 ± 0,22
MPP	GC	NPK	AD	2	0,75 ± 0,03
MPP	LL	npk	NF	2	1,12 ± 0,10
MPP	LL	NPK	AD	2	0,77 ± 0,02

ANEXO V

Correlación de las
12 variables para
cada uno de los 5
grupos



Tabla V.1. : Correlación entre las 12 variables para el Grupo 1 "FDC fecha 1" (n= 36)

COMPONENTE PRINCIPAL	Variable	CP1				CP2			CP3		CP4		CP5
		PF	PS	AF	FPP	Nt	Clorof	Ca ²⁺	K	Color	P	Mg	Na
CP1	PF	0,61 **											
	PS												
	AF	0,61**											
	FPP												
CP2	Nt					0,73**					0,43*		
	Clorof					0,73**					0,44*		
	Ca ²⁺												
CP3	K												
	Color												
CP4	P					0,43* 0,44*							
	Mg												
CP5	Na												

(*) valores significativos a: 5%

(**) valores significativos a: 1%

Tabla V.2. : Correlación entre las 12 variables para el Grupo 2 “MPP fecha 1” (n=39)

COMPONENTE PRINCIPAL	Variable	CP1				CP2			CP3		CP4		CP5	
		PF	PS	AF	FPP	Nt	Clorof	Ca ²⁺	K	Color	P	Mg	Na	
CP1	PF		0,74**	0,64**		0,40**						-0,33*	0,53**	
	PS	0,74**		0,54**								-0,38*		
	AF	0,64**	0,54**											
	FPP													
CP2	Nt	0,40**						0,47**					0,54**	
	Clorof													-0,58**
	Ca ²⁺													
CP3	K					0,47**			0,55**				0,45**	
	Color									0,55**				
CP4	P													
	Mg	-0,33*	-0,38*											
CP5	Na	0,53**				0,54**	-0,58**		0,45**					

(*) valores significativos a: 5%

(**) valores significativos a: 1%

Tabla V.3. : Correlación entre las 12 variables para el Grupo 3 “SO Test+ FDC-Fecha 2 y 3” (n= 84)

COMPONENTE PRINCIPAL	Variable	CP1				CP2			CP3		CP4		CP5
		PF	PS	AF	FPP	Nt	Clorof	Ca ²⁺	K	Color	P	Mg	Na
CP1	PF		0,64**	0,62**			0,43**			0,51**	0,43**		
	PS	0,64**		0,61**	0,65**								
	AF	0,62**	0,61**										
	FPP		0,65**										
CP2	Nt								0,47**				
	Clorof	0,43**						0,40**		0,35**	-0,50**		
	Ca ²⁺						0,40**						
CP3	K						0,35**						
	Color	0,51**				0,47**	-0,50**						
CP4	P	0,43**											
	Mg												
CP5	Na												

(*) valores significativos α : 5%

(**) valores significativos α : 1%

Tabla V.4. : Correlación entre las 12 variables para el Grupo “SO Fert + MPP-Fecha 2 y 3” (n=81)

COMPONENTE PRINCIPAL	Variable	CP1				CP2			CP3		CP4		CP5
		PF	PS	AF	FPP	Nt	Clorof	Ca ²⁺	K	Color	P	Mg	Na
CP1	PF		0,53**	0,93**	0,60**						-0,30*		
	PS	0,53**		0,48**									
	AF	0,93**	0,48**										
	FPP	0,60**											
CP2	Nt						0,58**						0,31*
	Clorof					0,58**							
	Ca ²⁺												
CP3	K												
	Color												
CP4	P	-0,30*										0,30*	
	Mg										0,30*		
CP5	Na					0,31*							

(*) valores significativos α : 5%

(**) valores significativos α : 1%

Tabla V.5. : Correlación entre las 12 variables para el Grupo "SO-Fecha 1 y 2" (n=81)

COMPONENTE PRINCIPAL	Variable	CP1				CP2			CP3		CP4		CP5
		PF	PS	AF	FPP	Nt	Clorof	Ca ²⁺	K	Color	P	Mg	Na
CP1	PF		0,88**	0,90**	0,70**	0,54**	0,38**					-0,42**	
	PS	0,88**		0,73**	0,70**	0,39**	0,38**					-0,49**	
	AF	0,90**	0,73**		0,73**	0,55**	0,49**					-0,40**	
	FPP	0,70**	0,70**	0,73**									
CP2	Nt	0,54**	0,39**	0,55**									
	Clorof	0,38**	0,38**	0,49**								-0,27*	
	Ca ²⁺												
CP3	K												
	Color												
CP4	P												
	Mg	-0,42**	-0,49**	-0,40**			-0,27*						
CP5	Na												

(*) valores significativos α : 5%

(**) valores significativos α : 1%