
FLORICULTURA

Agrowaste compost as a component of substrates for ornamental plants

Compost de agroresiduos como componente de sustratos para plantas ornamentales

Gutiérrez, A.¹; Orden, L.^{2,3}; Postemsky, P.¹; Iocoli, G.^{1,2}; Mockel, G.¹; Marinangeli, P.^{1,2*}

¹ Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (Universidad Nacional del Sur – UNS, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - CONICET).

² Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur. San Andrés 800, 8000, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

³ Estación Experimental Agropecuaria – EEA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA Ascasubi. Ruta 3 Km 794, 8142, Hilario Ascasubi, Buenos Aires, Argentina.

* Autor para correspondencia: pamarina@criba.edu.ar

Recibido: 03/07/2021

Aceptado: 20/10/2021

ABSTRACT

Gutiérrez, A.; Orden, L.; Postemsky, P.; Iocoli, G.; Mockel, G., Marinangeli, P. 2022. Agrowaste compost as a component of substrates for ornamental plants. *Horticultura Argentina* 41 (104): 7-18. <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/mqwusrfaa>

The formulation of substrates for ornamental plants in containers implicates a compromise between physicochemical and biological characteristics, costs, and environmental impact for the use of peat. A way to optimize this relationship is by using local components. This work proposes the elaboration of a substrate based on *Sphagnum* peat and perlite, complemented with compost from regional agricultural residues as a possible replacement for a commercial substrate. The growth and development of *Impatiens walleriana* and *Antirrhinum majus* L. plants were compared in containers with different substrates: commercial (SC), peat/perlite 9/1 (TP), pure compost (C), and four TP/C

mixtures (v:v): 8/2, 6/4, 4/6 and 2/8. The parameters evaluated in *Impatiens walleriana* were foliar area, number of flowers and accumulated biomass and in *Antirrhinum majus* L., plant height, nodes per plant, chlorophyll content (SPAD), estimated flowering percentage and accumulated biomass. A physicochemical characterization was carried out for the substrates, and it showed that the main limitation of incorporating compost is the increase of electric conductivity and pH, but with good management it is possible to increase its proportion in the mixtures. The TP/C 8/2 treatment obtained the best results among the mixtures, significantly exceeding the rest. No significant differences were found with the commercial substrate for most of the parameters measured in both ornamental species. The TP/C 8/2 treatment is the more economical and sustainable option due to the reduction in the use of peat and the recovery of wastes.



Additional keywords: *Antirrhinum majus*, *Impatiens walleriana*, Container plants, Greenhouse, Organic waste.

RESUMEN

Gutiérrez, A.; Orden, L.; Postemsky, P.; Iocoli, G.; Mockel, G., Marinangeli, P. 2022. Compost de agroresiduos como componente de sustratos para plantas ornamentales. Horticultura Argentina 41 (104): 7-18. <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/mqwusrfaa>

En la formulación de sustratos para plantas ornamentales en contenedores existe un compromiso entre las características físicoquímicas y biológicas, los costos y el impacto ambiental por el uso de turba. Una forma de optimizar esta relación es utilizando componentes locales. Este trabajo propone la elaboración de un sustrato en base a turba *Sphagnum* y perlita, complementado con compost de residuos agropecuarios regionales como posible reemplazo de un sustrato comercial. Se comparó el crecimiento y desarrollo de plantas de *Impatiens walleriana* y *Antirrhinum majus* L. en contenedores con diferentes sustratos: comercial (SC), turba/perlita 9/1 (TP), compost puro (C), y cuatro mezclas TP/C (v:v): 8/2, 6/4, 4/6 y 2/8. Los parámetros evaluados fueron: área

foliar, número de flores y biomasa acumulada para *Impatiens walleriana* y altura de planta, nudos por planta, contenido de clorofila (SPAD), porcentaje de floración estimado y biomasa acumulada para *Antirrhinum majus* L. Se realizó la caracterización físicoquímica de los sustratos evaluados, observándose que la principal limitante de incorporar compost es el incremento en la conductividad eléctrica y en el pH, pero que con buen manejo permite incrementar su proporción en las mezclas. El tratamiento TP/C 8/2 obtuvo los mejores resultados entre las mezclas, superando significativamente al resto. No se encontraron diferencias significativas con el sustrato comercial para la mayoría de los parámetros medidos en ambas especies ornamentales. El tratamiento TP/C8/2 es la opción más económica y sustentable debido a la reducción del uso de turba y al aprovechamiento de residuos.

Palabras claves adicionales: *Antirrhinum majus*, *Impatiens walleriana*, Invernadero, Plantas en contenedores, Residuos orgánicos.

1. Introducción

En los últimos años, el uso de sustratos se ha incrementado y en algunos casos sustituye al cultivo tradicional en suelo (Tzortzakis *et al.*, 2020). La turba *Sphagnum* se utiliza como componente principal en las mezclas de sustratos en los viveros y, para evitar su extracción indiscriminada y el deterioro ambiental asociado (pérdida de funciones hidrogeológicas y reserva de C), algunos países están comenzando a imponer restricciones a su utilización y promoviendo el uso de materiales renovables (Greco *et al.*, 2021).

Los residuos orgánicos de origen agroindustrial constituyen un recurso muchas veces desaprovechado, que pueden convertirse en valiosos productos mediante tratamientos adecuados. Si dichos procesos son sustentables las ventajas son múltiples: se consigue eliminar los residuos, se obtiene una ganancia económica a partir de ellos y no se ve perjudicado el medio ambiente (Moreno *et al.*, 2016). Una alternativa de tratamiento es el compostaje, que genera un producto orgánico estable denominado compost. El compost se utiliza en la producción de cultivos bajo cubierta como un sustituto más económico que la turba y otros

componentes orgánicos que se emplean como medios de cultivos (Greco *et al.*, 2020). En general, las propiedades físicas de los compost (porosidad, retención de agua, densidad) son adecuadas para su uso como sustrato, mientras que las propiedades químicas (pH y salinidad) son más desfavorables (Cáceres & Marfà, 2003; Wu *et al.*, 2014; Greco *et al.*, 2020). Se debe tener presente al mezclar diversos materiales que las propiedades físicas de las mezclas no siguen relaciones lineales, por lo que es importante analizar sus propiedades antes de emplearlos (Bárbaro & Karlanian, 2012). La composición de este tipo de sustratos cambia a diferentes tasas a lo largo del tiempo dependiendo de la estabilidad de sus materiales orgánicos (Yang *et al.*, 2020), por lo que es necesario conocer el comportamiento de acuerdo al ciclo fenológico del cultivo para el que se los utilice.

La utilización de compost de agroresiduos en la elaboración de sustratos para plantas ornamentales es una solución parcial a los problemas ambientales asociados a los agroresiduos. Adicionalmente, podría reducir la demanda de *Sphagnum* y la energía utilizada para su extracción y transporte (Greco *et al.*, 2021). Utilizar residuos regionales, contribuiría al desarrollo de economías circulares, sin embargo, existe un compromiso entre las características físicoquímico-biológicas requeridas y los costos, por lo que es fundamental realizar estudios detallados sobre las particularidades de los materiales y sus posibles combinaciones, como también el efecto sobre el desarrollo de los cultivos (Greco *et al.*, 2019).

En este sentido, con el objetivo de establecer sustratos sustentables para plantas a partir de residuos regionales, en este trabajo se propone evaluar el reemplazo de distintas proporciones de turba *Sphagnum* con compost en la preparación de un sustrato para cultivo en contenedores, evaluando sus características a través de análisis físicoquímicos y su efecto sobre el desarrollo y crecimiento de plantas ornamentales.

2. Materiales y Métodos

Los sustratos a evaluar fueron elaborados a base de turba *Sphagnum* y perlita complementados con diferentes proporciones (de 20% a 80% v:v) de compost. Para la obtención del compost de calidad con fines agrícolas, se procedió a realizar el proceso de compostaje en un sistema de pilas abiertas con remoción mecanizada (Removedora de compost RCO, El Pato Maquinarias Agrícolas®) en la “Planta Demostrativa de Compostaje” de la EEA INTA Ascasubi (33°45'43.8" S - 59°43'53.5" O) entre los meses de febrero a junio de 2019 (Figura 1). El tratamiento de residuos orgánicos incluyó residuos de producciones agropecuarias regionales: i) como material estructurante con alta relación C:N, una mezcla de sustrato residual en base a cáscara de girasol (*Helianthus annuus*) del cultivo de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*) bajo producción en invernadero (Bahía Blanca, Buenos Aires) y rastrojos de gramíneas de lotes productivos (Hilario Ascasubi, Buenos Aires); y ii) como material con baja relación C:N, guano avícola de gallinas ponedoras de cría intensiva en galpones automatizados (Mayor Buratovich, Buenos Aires). Se analizaron las propiedades físicas y la composición química de los mismos y se formuló una biomezcla (2:1, v:v) para el co-compostaje con una relación C:N adecuada (30:1) y un contenido de humedad del 60%. Las pilas de compost se conformaron sobre pisos de cemento, con una longitud de 30 m de largo 2 m de ancho y 1 m de altura (60 m³). Se formaron por triplicado las hileras con una mini pala cargadora frontal (Liugong® CLG 365). Se controló periódicamente la humedad y se programaron los volteos de acuerdo a la evolución de la temperatura, medida con un termómetro digital (TES®1300) y una varilla con termocupla, como indicador del proceso. Se registraron temperaturas $\geq 55^{\circ}\text{C}$ durante la fase bio oxidativa del proceso que incluyó 5 volteos para la reducción de patógenos, durante 45-60 días. El tiempo de estabilización y madurez se realizó a campo durante 2-3 meses.

Se tomaron tres submuestras de compost y, una vez secadas al aire, se homogeneizaron mediante moledoraa martillo y tamizado (malla < 5 mm). Se realizaron análisis físicos, fisicoquímicos y químicos según se detalla más abajo.

Se realizó un ensayo para evaluar el desarrollo y crecimiento de plantas de las especies ornamentales *Impatiens walleriana* (alegría del hogar) y *Antirrhinum majus* (conejo) cultivadas en contenedores de polietileno negro soplado N° 12 (12 cm de diámetro de boca y 950 cm³ de volumen) llenos con diferentes sustratos compuestos por: sustrato comercial a base de turba (SC), turba/perlita 9/1 v:v (TP), compost puro (C), y mezclas TP/C en proporciones (v:v): 8/2, 6/4, 4/6 y 2/8. El ensayo se realizó en Bahía Blanca (38°39'59.5"S - 62°14'5.6" O) entre julio y noviembre de 2019, en invernadero con fotoperíodo natural, temperatura controlada máxima de 35 °C y mínima de 14 °C, y riego manual. Los parámetros evaluados semanalmente para la especie *Impatiens walleriana* fueron área foliar, número de flores y biomasa acumulada sobre peso seco multiplicada por 100. Además, se utilizó como índice de calidad ornamental a la relación número de flores/área foliar. Los parámetros evaluados semanalmente para la especie *Antirrhinum majus* fueron altura de planta, nudos por planta, contenido de clorofila (SPAD), porcentaje de floración estimado y biomasa acumulada.

El diseño experimental fue totalmente al azar y se evaluaron 140 plantas en total (70 plantas por especie y 10 individuos por cada tratamiento).

La caracterización fisicoquímica del compost y los sustratos se realizó en el Laboratorio de sustratos del Instituto de Floricultura del INTA, evaluando capacidad de retención de agua (kg m⁻³), materia orgánica (%), conductividad eléctrica (dS m⁻¹), pH y macro y micronutrientes (NO³⁻, P, Ca, Mg, K, Na, Zn, Mn, Cu y Fe).

Sobre los datos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y se utilizó el test LSD de Fisher (p < 0.05) para la comparación de medias, utilizando el software estadístico Infostat (Di Renzo *et al.*, 2008).



Figure 1: A) Production of Oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on artificial trunk of sunflower husk. B) Degraded substrate after fungal growth. C) Agricultural waste load for the assembly of compost piles. D) Assembly of the compost pile with a front mini loader. E) Mechanized removal of the compost rows with RCO-El Pato Compost Remover. Buenos Aires, Argentina, 2019.

Figura 1: A) Producción de hongos Girgolas (*Pleurotus ostreatus*) sobre tronco artificial de cáscara de girasol. B) Sustrato gastado luego de la producción de hongos. C) Carga de los residuos agropecuarios para el armado de las pilas de compost. D) Armado de las pilas con minipala cargadora frontal. E) Remoción mecanizada de las hileras de compost con Removedora de compost RCO-El Pato. Buenos Aires, Argentina, 2019.

3. Resultados y Discusión

El compost resultante estuvo bien provisto de materia orgánica y de macro y micronutrientes (Tablas 1 y 2). Los valores de pH y CE están dentro de los rangos admisibles para ser utilizados como enmiendas orgánicas dentro de las normativas vigentes en Argentina (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria y Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental. 2019). El contenido de metales pesados y otros elementos en el compost resultante, arrojó valores por debajo de los límites admisibles, mientras que los ensayos de germinación de plantas superiores dieron resultados satisfactorios con respecto al suelo de referencia, indicando la ausencia de efectos fitotóxicos (datos no mostrados).

Table 1: Physicochemical parameters evaluated (apparent density on dry basis, AD; water retention capacity, WRC; organic matter, OM; electrical conductivity, EC and pH on the different substrates (CS (commercial substrate), PP (peat / perlite 9/1) and different proportions of PP and compost (C): PP/C 8/2, PP/C 6/4, PP/C 4/6 and PP/C 2/8). Buenos Aires, Argentine, 2019.

Tabla 1: Parámetros fisicoquímicos evaluados (densidad aparente sobre base seca, DA; capacidad de retención de agua, CRA; materia orgánica, MO; conductividad eléctrica, CE y pH sobre los diferentes sustratos (SC (sustrato comercial), TP (turba/perlita 9/1) y diferentes proporciones de TP y compost (C): TP/C 8/2, TP/C 6/4, TP/C 4/6 y TP/C 2/8). Buenos Aires, Argentina, 2019.

Tratamiento	DA (kg m ⁻³)	CRA (%)	MO (%)	CE (dS m ⁻¹)	pH
SC	126.9 c	66.6 e	86.9 d	0.6 b	5.2 b
TP	51.7 a	44.2 c	84.4 d	0.1 a	3.4 a
TP/C 8/2	101.9 b	49.2 d	72.4 c	2.2 c	6.3 c
TP/C 6/4	142.1 d	47.4 d	46.6 a	2.9 d	6.7 d
TP/C 4/6	180.9 e	45.2 c	45.4 a	4.3 e	7.7 e
TP/C 2/8	202.0 f	41.0 b	58.6 b	5.1 f	7.3 f
C	244.1 g	36.1 a	45.1 a	5.4 g	7.5 g

Letras diferentes indican diferencias significativas (P <0.05) con la prueba LSD de Fisher.

A los 45 días del trasplante de la especie *Impatiens walleriana*, los plantines de los tratamientos SC, TP y TP/C 8/2 lograron el área foliar mínima para su comercialización (154 cm²) y más de dos flores abiertas por planta. En el tratamiento de compost puro (C) las plantas no prosperaron y en el resto de los tratamientos llegaron a floración, pero no alcanzaron el área mínima requerida. Además, en TP/C 2/8 no se logró la media de dos flores abiertas por planta. El índice de calidad ornamental de los tratamientos TP/C 8/2 y TP/C 6/4 superaron significativamente al de SC y TP, que no difirieron entre sí; mientras que en el resto de los tratamientos el valor más alto se debió principalmente a la baja área foliar (Tabla 3).

Table 2: Micronutrient content (mg L⁻¹) in wet samples of the different substrates (CS (commercial substrate), PP (peat / perlite 9/1) and different proportions of PP and pure compost (C): PP / C 8/2, PP / C 6/4, PP / C 4/6 and PP / C 2/8). Buenos Aires, Argentina, 2019.

Tabla 2: Contenido de micronutrientes (mg L⁻¹) en muestras húmedas de los diferentes sustratos (SC (sustrato comercial), TP (turba/perlita 9/1) y diferentes proporciones de TP y compost puro (C): TP/C 8/2, TP/C 6/4, TP/C 4/6 y TP/C 2/8). Buenos Aires, Argentina, 2019.

Tratamiento	NO ₃ ⁻	P	Ca	Mg	K	Na	Zn	Mn	Cu	Fe
SC	504.2b	24.9b	64.9b	45.3b	93.1a	91.5b	0.18bc	0.28ab	0.07a	1.0ab
TP	7.87a	2.6a	1.4a	4.5a	8.7a	39.2a	0.02a	0.02a	0.04a	0.2a
TP/C 8/2	831.8c	10.8ab	76.6c	62.2c	133.7b	207.0c	0.10ab	0.56bc	0.13a	0.8ab
TP/C 6/4	1,288.3d	12.3ab	77.3c	84.1d	1,269.4c	262.7d	0.16b	0.40bc	0.13a	1.0ab
TP/C 4/6	1,954.4e	117.6c	77.0c	115.7e	2,245.3d	384.4e	0.26cd	0.34abc	0.27b	2.1b
TP/C 2/8	2,148.9f	109.3c	79.0c	126.9e	2,729.5e	460.7f	0.33d	0.69c	0.40c	2.4b
C	2,544.0g	122.9c	91.6d	145.1f	3,243.3f	549.5g	0.46e	0.54bc	0.55d	2.2b

Letras diferentes indican diferencias significativas (P <0.05) con la prueba LSD de Fisher.

La biomasa total sobre peso seco del tratamiento SC fue significativamente superior a TP y TP/C 8/2, que no se diferenciaron entre ellos. Para las biomásas parciales (hoja, tallo y raíz) no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Figura 2).

Table 3: Mean values of leaf area (cm²), number of open flowers and ornamental quality index (ICO) after 45 days after transplantation for *Impatiens walleriana* plants grown in different substrates (treatments): CS (commercial substrate), PP (peat / perlite 9/1) and different proportions of TP and compost (C): PP/C 8/2, PP/C 6/4, PP/C 4/6 and PP/C 2/8. Buenos Aires, Argentina, 2019.

Tabla 3: Valores medios del área foliar (cm²), número de flores abiertas e índice de calidad ornamental (ICO) a los 45 días del trasplante para plantas de *Impatiens walleriana* crecidas en diferentes sustratos (tratamientos): SC (sustrato comercial), TP (turba/perlita 9/1) y diferentes proporciones de TP y compost (C): TP/C 8/2, TP/C 6/4, TP/C 4/6 y TP/C 2/8.

Tratamiento	Área foliar (cm ²) ^z	Nº flores abiertas ^y	ICO ^x
SC	495.8 d	5.0 c	1.0 a
TP	313.1 c	2.9 b	0.9 a
TP/C 8/2	228.3 b	5.1 c	2.2 b
TP/C 6/4	128.1 a	4.5 c	3.5 b
TP/C 4/6	91.2 a	2.4 b	2.6 b
TP/C 2/8	71.9 a	1.8 a	2.5 b

Letras diferentes indican diferencias significativas (P <0.05) con la prueba LSD de Fisher.^zÁrea foliar esperada para uso comercial: valores ≥ 150 cm².^yValor esperado de flores abiertas para uso comercial: dos flores abiertas.^xICO para uso comercial: valores ≥ 0.009.

A los 77 días desde el trasplante de la especie *Antirrhinum majus* L., más del 50% de los plantines de los tratamientos SC, TP y TP/C 8/2 llegaron a floración y lograron una altura adecuada para su comercialización (25 cm). En el resto de los tratamientos, los plantines no alcanzaron los 20 cm de altura y no llegaron a floración, el número de ramificaciones fue menor y manifestaron diferente grado de clorosis en sus hojas (Tabla 4).

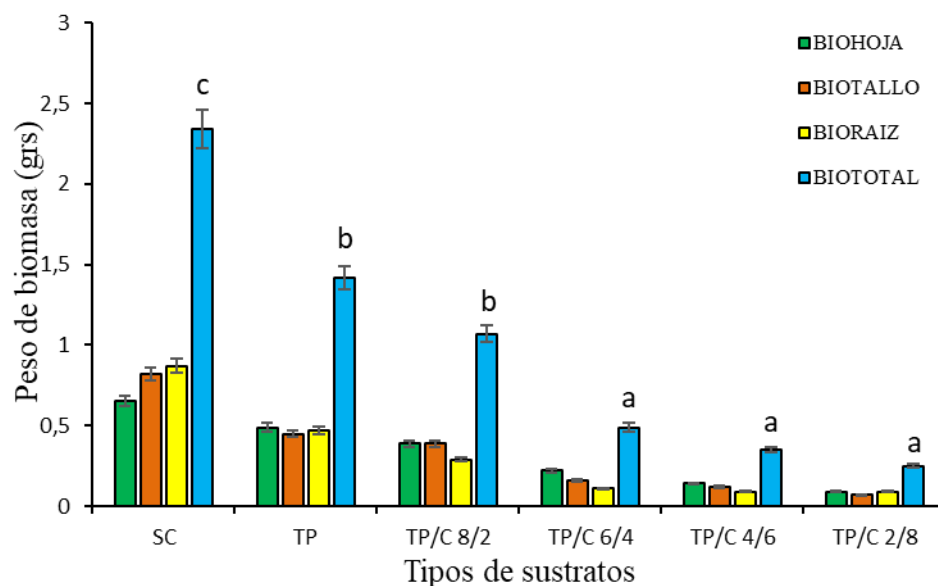


Figure 2: Means (\pm SE) of total biomass on dry weight, for leaf, stem and root at the end of the trial, of *Impatiens walleriana* plants grown in different substrates (treatments): CS (commercial substrate), PP (peat / perlite 9/1) and different proportions of PP and compost (C): PP/C 8/2, PP/C 6/4, PP/C 4/6 and PP/C 2/8. Different letters indicate significant differences ($P < 0.05$) with Fisher's LSD test. Buenos Aires, Argentina, 2019.

Figura 2: Medias (\pm ES) de biomasa total sobre peso seco, de hoja, de tallo y de raíz al finalizar el ensayo, para plantas de *Impatiens walleriana* crecidas en diferentes sustratos (tratamientos): SC (sustrato comercial), TP (turba/perlita 9/1) y diferentes proporciones de TP y compost (C): TP/C 8/2, TP/C 6/4, TP/C 4/6 y TP/C 2/8. Diferentes letras indican diferencias significativas ($P < 0.05$) con la prueba LSD de Fisher. Buenos Aires, Argentina, 2019.

Al final del ensayo (15 semanas desde el trasplante), los valores de biomasa total sobre peso seco de los tratamientos SC y TP/C 8/2 fueron significativamente superiores al resto y no difirieron entre ellos, además los plantines de estos tratamientos produjeron significativamente más tallos floríferos que el resto (Figura 3). Si consideramos como indicadores de calidad ornamental de los plantines al porcentaje de floración estimado, el porte y el verdor de las plantas (contenido de clorofila), el tratamiento que incorpora 20% v:v de compost en la formulación superó significativamente al resto y no se diferenció del sustrato comercial, convirtiéndolo en una buena opción para su reemplazo.

Comparando las características físicoquímicas de los sustratos evaluados, encontramos que la densidad aparente es adecuada en todas las mezclas, aunque va aumentando a medida que aumenta la proporción de compost (Tabla 1). La densidad del sustrato comercial se ubica entre la de TP/C 8/2 y TP/C 6/4, sin embargo, la capacidad de retención de agua es significativamente superior en SC, seguida por TP/C 8/2 y 6/4, luego TP/C 4/6 y TP y finalmente TP/C 2/8. El contenido de materia orgánica es muy alto en SC (87%) y va disminuyendo a medida que aumenta la proporción de compost en la muestra.

Table 4: Mean values of plant height (cm), number of nodes per plant, chlorophyll content (SPAD values) and estimated flowering plants (%) at 77 days of *Antirrhinus majus* transplantation, grown in different substrates (treatments): CS (commercial substrate), PP (peat / perlite 9/1) and different proportions of PP and compost (C): PP/C 8/2, PP/C 6/4, PP/C 4 / 6 and PP/C 2/8. Buenos Aires, Argentina, 2019.

Tabla 4: Valores medios de altura de planta (cm), número de nudos por planta, contenido de clorofila (valores SPAD) y floración estimada (% de plantas con flores) a los 77 días del trasplante para plantas de *Antirrhinus majus* crecidas en diferentes sustratos (tratamientos): SC (sustrato comercial), TP (turba/perlita 9/1) y diferentes proporciones de TP y compost (C): TP/C 8/2, TP/C 6/4, TP/C 4/6 y TP/C 2/8. Buenos Aires, Argentina, 2019.

Tratamientos	Altura planta (cm) ^z	Nº de nudos	Contenido de clorofila (valores SPAD)	Floración estimada
SC	32,2 d	19,9 c	35,3 cd	Mayor al 50%
TP	31,0 d	18,4 c	36,5 d	Mayor al 50%
TP/C 8/2	30,9 d	20,3 c	32,3 c	Mayor al 50%
TP/C 6/4	23,5 c	15,5 b	25,8 b	0%
TP/C 4/6	17,4 b	14,7 b	22,4 ab	0%
TP/C 2/8	12,6 a	12,5 a	19,6 a	0%

Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$) con la prueba LSD de Fisher.^zAltura comercial esperada: 25 cm.

Esto se explica por el proceso de mineralización a que fue sometida la materia orgánica durante el compostaje y a los materiales de origen. La conductividad eléctrica es inferior a 1 dS m^{-1} en TP y SC, siendo adecuada para un sustrato de cultivo para la mayoría de las especies ornamentales; y es alta ($>2 \text{ dS m}^{-1}$) para TP/C 8/2 y 6/4 y muy alta para el resto de los sustratos (Bárbaro *et al.*, 2019). Esta puede haber sido la causa del menor crecimiento y de la alta mortandad de plantas en los tratamientos con mezclas con mayor proporción de compost. En un estudio de cultivo de salvia en sustrato donde se reemplazó el 40% de turba con compost, también se registró una significativa elevación de la CE ($2,8 \text{ dS.m}^{-1}$) acompañado por el contenido de sodio y calcio, aunque no afectó significativamente el contenido de nutrientes ni de aceites esenciales de las hojas (Greco *et al.*, 2021). Sin embargo, los resultados de un estudio realizado previamente por los autores (Greco *et al.*, 2020) utilizando los mismos sustratos para el cultivo de salvia sugirieron que podrían reducir el área foliar y el peso de hojas, raíces y tallos, así como la longitud de las raíces.

El pH de las mezclas TP/C 8/2 y 6/4 están dentro del rango considerado óptimo, i.e. 5.5-6.8 (Tabla 1). Es algo bajo para SC, muy bajo para TP y alto para el resto de las mezclas (Bárbaro *et al.*, 2019). El pH elevado en los sustratos con alta proporción de compost puede haber sido responsable por los síntomas de deficiencia de micronutrientes detectados en las plantas de conejito debido a su inmovilización por precipitación (Figura 4). Un efecto similar debido al pH elevado fue reportado para los barros provenientes de la digestión anaeróbica para producción de biogas (Möller & Müller, 2012).

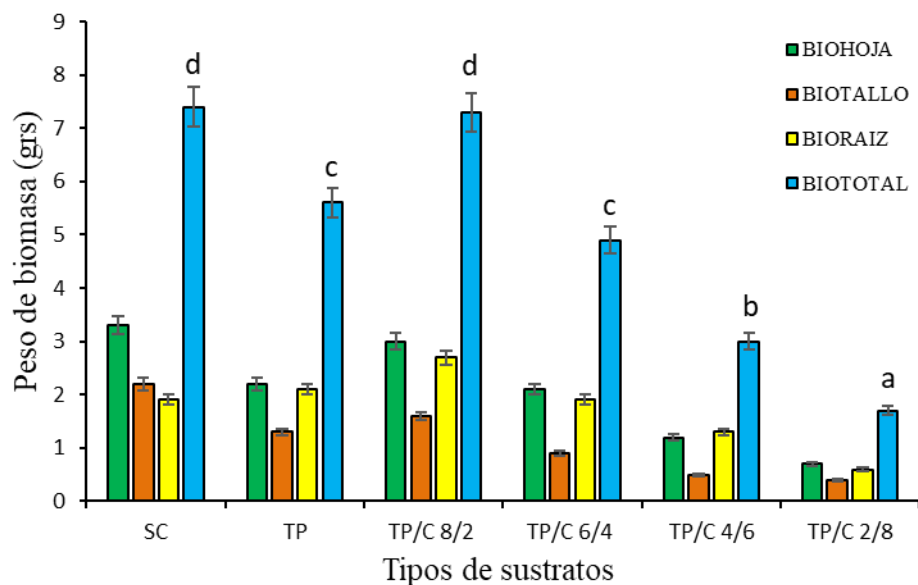


Figure 3: Means (\pm SE) of total biomass on dry weight, leaf, stem and root at the end of the test, for *Antirrhinus majus* plants grown in different substrates (treatments): CS (commercial substrate), PP (peat / perlite 9/1) and different proportions of PP and compost (C): PP/C 8/2, PP/C 6/4, PP/C 4/6 and PP/C 2/8. Different letters indicate significant differences ($P < 0.05$) with Fisher's LSD test. Buenos Aires, Argentina, 2019.

Figura 3: Medias (\pm ES) de biomasa total sobre peso seco, de hoja, de tallo y de raíz al finalizar el ensayo, para plantas de *Antirrhinus majus* crecidas en diferentes sustratos (tratamientos): SC (sustrato comercial), TP (turba/perlita 9/1) y diferentes proporciones de TP y compost (C): TP/C 8/2, TP/C 6/4, TP/C 4/6 y TP/C 2/8. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$) con la prueba LSD de Fisher. Buenos Aires, Argentina, 2019.

La elevada CE de los sustratos con alta proporción de compost se correlacionó con un alto contenido de nutrientes en general (Tabla 2). El contenido de fósforo disponible fue mucho mayor en TP/C 4/6 y 2/8 respecto al resto de los tratamientos. Los contenidos de nitratos, potasio, calcio y sodio son particularmente elevados en los sustratos con compost, lo que requeriría un lavado controlado al inicio del cultivo para evitar los problemas asociados de salinidad (Bárbaro, *et al.*, 2019). La alta concentración de sodio, potasio y calcio se debe a las materias primas utilizadas para la producción del compost, en este caso principalmente derivadas del sustrato gastado de hongos y del guano avícola, que a su vez contribuye a incrementar la CE de los sustratos (Pawlett & Tibbett, 2015; Pecorini *et al.*, 2020).

El contenido de micronutrientes es alto en todos los sustratos, excepto en TP, aunque posiblemente su disponibilidad sea baja en los tratamientos con pH elevado. TP tiene un bajo contenido de nutrientes en general, lo que obligaría a suministrarlos desde el inicio del cultivo, previa corrección del pH.

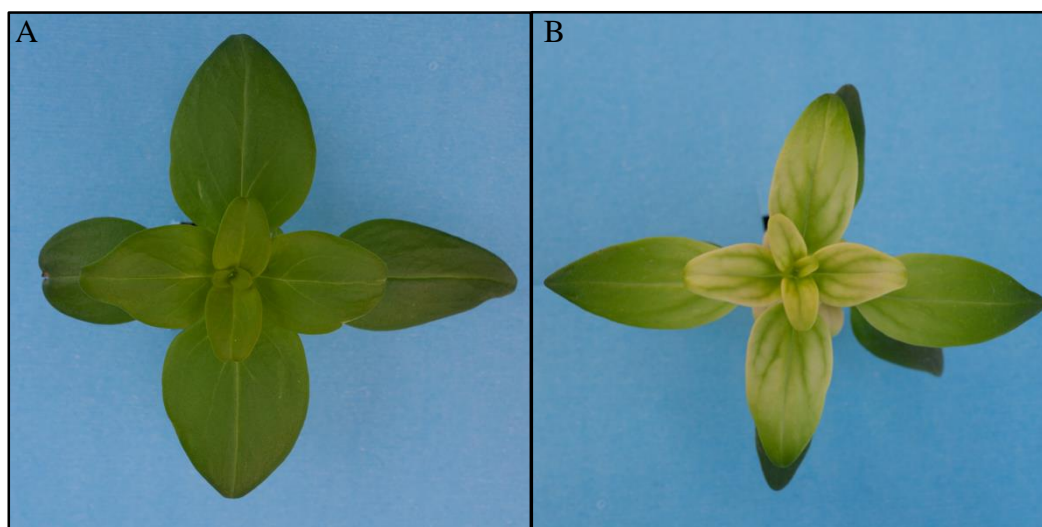


Figure 4: *Antirrhinus majus* 25 days after transplant plants: A) SC treatment without symptoms of nutrient deficiency, and B) TP / C 4/6 treatment with interveinal chlorosis in young leaves, symptom of iron deficiency (B). Buenos Aires, Argentina, 2019.

Figura 4: Plantas de *Antirrhinus majus* 25 DDT: A) tratamiento SC sin síntomas de deficiencia de nutrientes, y B) tratamiento TP/C 4/6 con clorosis internerval en hojas jóvenes, síntoma de deficiencia de hierro. Buenos Aires, Argentina, 2019.

4. Conclusiones

El sustrato con mezcla de turba, perlita y compost de residuos agropecuarios locales en baja proporción (20%) permitió un adecuado crecimiento y desarrollo de *Impatiens walleriana* y *Antirrhinus majus* para lograr plantas comerciales en 45 y 77 días respectivamente, con un mejor índice ornamental que el sustrato comercial. Posiblemente, lavar previamente el compost para reducir la CE y el contenido de Na, permita incrementar su proporción en la mezcla. Los resultados precedentes indican que el compost de residuos agropecuarios regionales producido a partir de guano avícola en co-compostaje con rastrojos agrícolas (sistema abierto de pilas con remoción mecanizada a campo) es un buen componente de sustratos para cultivo de plantas en contenedores con importante aporte de macro y micronutrientes.

5. Agradecimientos

Proyecto de Unidades Ejecutoras CERZOS (CONICET-UNS) “Bioconversión y valorización de residuos agroindustriales del sudoeste bonaerense” P-UE 22920160100031CO. Proyecto Cofecyt PFIP ESPRO “Impulso al cultivo de hongos comestibles y medicinales en el sudoeste y costa atlántica bonaerenses”. Proyecto Grupos de Investigación Universidad Nacional del Sur “Biotransformación de biomasa lignocelulósica para su aprovechamiento en producción intensiva de plantas”.

6. Bibliografía

- Bábaro, L. y Karlanian M. (2012). Uso del compost en la formulación de sustratos para plantas. En: Mazzarino, M.J. y Satti P., (Eds.). *Compostaje en Argentina: Experiencias de Producción, Calidad y Uso* (pp. 177-184). UNRN y Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires, Argentina.
- Barbaro, L., Karlanian, M., Rizzo, P. y Riera, N. (2019). Caracterización de diferentes compost para su uso como componente de sustrato. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Science* 35:126-136. <https://doi.org/0.4067/S0719-38902019005000309>.
- Cáceres, R. y Marfà, O. (2003). Sustratos y fertilidad en ornamentales de exterior. *Horticultura Internacional* (39):14-21.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo C.W. (2008). www.infostat.com.ar
- Greco, C., Agnello, A., La Placa, G., Mammano, M.M. y Navickas, K. (2019). Biowaste in a circular bioeconomy in Mediterranean area: A case study of compost and vermicompost as growing substrates alternative to peat. *Revista di Studi sulla Sostenibilità* (2): 345–362. <https://doi.org/10.3280/RISS2019-002-S1022>.
- Greco, C., Comparetti, A., Febo, P., La Placa, G., Mammano, M.M. y Orlando, S. (2020). Sustainable valorisation of biowaste for soillesscultivation of *Salvia officinalis* in a circular bioeconomy. *Agronomy* 10 (8): 1158. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081158>.
- Greco, C., Comparetti, A., Fascella, G., Febo, P., La Placa, G., Saiano, F., Mammano, M., Orlando, S. y Laudicina, V.A. (2021). Effects of Vermicompost, Compost and Digestate as Commercial Alternative Peat-Based Substrates on Qualitative Parameters of *Salvia officinalis*. *Agronomy* 11 (1): 98. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010098>.
- Möller, K. y Müller, T. (2012). Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Engineering in Life Sciences* 12(3):242–257. <https://doi.org/10.1002/elsc.201100085>.
- Moreno, J., Moral, R., García Morales, J.L., Pascual, J.A. y Bernal, M.P. (2016). Residuos Orgánicos y agricultura intensiva. De residuo a recurso, el camino hacia la sostenibilidad. Ed. Mundi Prensa, Madrid.
- Pawlett, M. y Tibbett, M. (2015). Is sodium in anaerobically digested food waste a potential risk to soils? *Sustainable Environment Research* 25(4): 235–239.
- Pecorini, I., Peruzzi, E., Albini, E., Doni, S., Macci, C., Masciandaro, G. y Iannelli, R. (2020). Evaluation of MSW Compost and Digestate Mixtures for a Circular Economy Application. *Sustainability* 12 (7): 3042. <https://doi.org/10.3390/su12073042>.
- Resolución Conjunta 1/2019. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria & Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental. Compost: marco normativo para la producción, registro y aplicación de compost. Buenos Aires, Argentina. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-1-2019-318692> (ultimo acceso 10/09/2021)
- Tzortzakis, N., Nicola, S., Savvas, D. y Voogt, W. (2020). Editorial: Soilless Cultivation through an Intensive Crop Production Scheme. Management Strategies, Challenges and Future Directions. *Frontiers in Plant Science* (11): 363. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00363>

Wu, T., Lim, S., Lim, P. y Shak, K. (2014). Biotransformation of biodegradable solid wastes into organic fertilizers using composting or/and vermicomposting. *Chemical Engineering Transactions* (39): 1579–1584.

Yang, Y., Du, W., Ren, X., Cui, Z., Zhou, W. y Lv, J. (2020). Effect of bean dregs amendment on the organic matter degradation, humification, maturity and stability of pig manure composting. *Science of the Total Environment* (708): 134623. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134623>.

Horticultura Argentina es licenciado bajo Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial 2.5 Argentina.