



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOMAS DE
ZAMORA**

MAESTRIA EN FLORICULTURA

**“Compostaje del orujo de uva agotado y uso
del compost obtenido como componente de
sustrato para plantines florales”.**

**Trabajo final presentado por Ing. Agr. Gabriel Pisi
para optar por el título de Magister en Floricultura**

Diciembre del 2017



Ing. Agr. MSc. Lorena Barbaro, investigadora, Instituto de Floricultura - CNIA – INTA, y la Ing. Agr. MSc. Laura Martínez – investigadora, EEA INTA Mendoza, HACEN CONSTAR QUE EL TRABAJO FINAL TITULADO:

“Compostaje del orujo de uva agotado y uso del compost obtenido como componente de sustrato para plantines florales”

QUE PRESENTA el Ing. Agr. Gabriel Pisi

PARA ASPIRAR AL TITULO DE MAGISTER SCIENTIAE HA SIDO REALIZADA BAJO SU DIRECCION Y AUTORIZAN SU PRESENTACION

Y PARA QUE CONSTE EXPIDEN LA PRESENTE EN Hurlingham A LOS 29 DIAS DEL MES DE Noviembre DE DOS MIL dieciséis.

Lorena Alejandra Barbaro

FIRMA Y ACLARACION

Laura Martínez

FIRMA Y ACLARACION

DEDICATORIA

A mi familia....

AGRADECIMIENTO

Quisiera agradecer en primer lugar a mi Directora, Ing. Agr. MSc. Lorena Barbaro por su incomparable e incondicional apoyo, acompañamiento y dedicación, profesional y humano, además de su interminable paciencia.

Agradecer también a mi codirectora, Ing. Agr. MSc. Laura Martinez por su apoyo y acompañamiento durante todo el tiempo que llevó esta experiencia.

A mi Directora de Beca, María Violeta Piovano, por su apoyo incondicional y sus consejos.

A mis compañeros de la Agencia de Extensión Rural Lujan de Cuyo por su acompañamiento y aliento en este proceso.

A la Estación experimental INTA Mendoza, por el apoyo brindado por su personal, en especial a Martín Uliarte y Laura Martinez, y sus correspondientes equipos de trabajo. Además, la puesta a disposición del lugar, materiales, infraestructura y demás elementos necesarios para hacer esto posible. A su director Dr. Hernán Vila.

Al Instituto de Floricultura del CIRN INTA por todo el apoyo brindado, en especial a Lorena Barbaro y su equipo, también por brindar sus instalaciones que ayudaron a realizar los análisis necesarios. A su director, Ing. Agr. Daniel Morisigue.

Al director del Centro Regional INTA Mendoza-San Juan, Dr. José Gudiño.

Quisiera terminar agradeciendo a mis padres y hermanos que estuvieron siempre a mi lado en todo momento.

Y por supuesto a Soledad y Salvador, con quienes hoy compartimos el día a día.

¡Gracias a todos!

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
INDICE GENERAL.....	iv
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE FIGURAS	x
ABREVIATURAS.....	xiii
RESUMEN	1
ABSTRACT:.....	3
INTRODUCCIÓN	1
1 INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 CULTIVOS SIN SUELO.....	5
1.2 EL SUSTRATO EN EL CULTIVO DE PLANTAS	6
1.3 PROPIEDADES DE LOS SUSTRATOS	9
1.4 COMPOSTAJE	14
1.4.1 Factores a tener en cuenta durante el compostaje	17
1.4.2 Sistemas de compostaje.....	20
1.4.3 Madurez y estabilidad.....	23
1.4.4 Calidad del compost	25
1.4.5 Materiales compostables	26

1.4.6	Utilización de compost como sustrato o componente de sustrato.	27
1.5	SITUACIÓN EN ARGENTINA Y MENDOZA.....	33
1.6	OBJETIVOS	41
1.6.1	Objetivo general.....	41
1.6.2.	Objetivos específicos.....	41
2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
2.1	MATERIA PRIMA PARA ELABORACION DEL COMPOST	43
2.2	ELABORACIÓN DEL COMPOST	45
2.3	CARACTERIZACIÓN DEL COMPOST DE ORUJO DE UVA OBTENIDO	49
2.4	UTILIZACIÓN DEL COMPOST DE ORUJO DE UVA COMO COMPONENTE DE SUSTRATO. EXPERIMENTOS DE DESARROLLO VEGETAL.....	53
2.4.1	Corrección del compost	53
2.4.2	Caracterización de la agrolita como componente de sustratos.....	54
2.4.3	Formulación y caracterización de los sustratos	55
2.4.4	Ensayos con plantas florales	57
2.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	60

3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
3.1	MATERIALES INICIALES	61
3.2	PARÁMETROS EVALUADOS DURANTE EL COMPOSTAJE	63
3.2.1	Temperatura	63
3.2.2	Densidad aparente	65
3.2.3	pH y conductividad eléctrica	67
3.2.4	Materia Orgánica y relación C/N.....	70
3.2.5	Nitrógeno, Fósforo y Potasio	72
3.2.6	Análisis respirométrico: producción de CO ₂	74
3.2.7	Test de germinación	76
3.3	CARACTERIZACIÓN DEL COMPOST DE ORUJO DE UVA COMO COMPONENTE DE SUSTRATO PARA PLANTA.....	77
3.3.1	Propiedades químicas	77
3.3.2	Propiedades físicas	78
3.4	CORRECCION DEL COMPOST DE ORUJO, CARACTERIZACIÓN DE LA AGROLITA Y LOS SUSTRATOS EVALUADOS. BIOENSAYOS.....	82
3.4.1	Corrección del pH del compost de orujo.....	82

3.4.2	Caracterización de la agrolita como componente de sustratos.....	86
3.4.3	Caracterización de los sustratos evaluados.....	90
3.4.4	Ensayo con plantines florales.	97
3.4.4.1	Alegría del hogar (<i>Impatiens walleriana</i>). 97	
3.4.4.2	Copete (<i>Tagetes patula</i>)	100
3.4.4.3	Petunia (<i>Petunia x hybrida</i>).....	104
3.4.4.4	Sustratos seleccionados	106
4	BIBLIOGRAFÍA.....	115

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de sistemas de cultivo sin suelo.	6
Tabla 2. Características deseables en un sustrato.	10
Tabla 3. Valores de referencia para la determinación de madurez y estabilidad de un compost.....	24
Tabla 4. Parámetros a considerar para evaluar la calidad de un compost según sea el uso final del mismo.....	25
Tabla 5. Materiales residuales y subproductos orgánicos generados en diferentes actividades de producción y consumo, que pueden utilizarse como sustrato o componentes de sustrato de cultivo.	26
Tabla 6. Compost de residuos orgánicos utilizados como componentes de sustratos para la producción de planta ornamental en contenedor y la respuesta de la planta en los últimos años.	29
Tabla 7. Análisis del orujo de uva agotado previo al proceso de compostaje.	62
Tabla 8. Porcentaje de germinación relativo (PGR), crecimiento de radícula relativo (CRR) e Índice de germinación (IG) del compost de orujo de uva agotado.	76
Tabla 9. Propiedades químicas del compost de orujo de uva agotado obtenido.....	78
Tabla 10. Propiedades físicas del compost de orujo de uva agotado obtenido.....	81

Tabla 11. Concentración de nutrientes al inicio y al finalizar el ensayo de corrección para cada dosis de azufre micronizado que se le agrego al compost de orujo de uva agotado.	85
Tabla 12. Valores de pH, conductividad eléctrica (CE), nutrientes, materia orgánica (MO), de de los distintos tipos de agrolita.....	87
Tabla 13. Valores rangos granulométricos, densidad aparente (Dap), espacio poroso total (EPT), porosidad de aire (PA), capacidad de retención de agua (CRA), de los distintos tipos de agrolita.....	88
Tabla 14. Características de los sustratos utilizados en los bioensayos de desarrollo vegetal.	92
Tabla 15. Largo de tallo principal, diámetro de tallo, número de flores y pimpollos, masa fresca aérea, masa seca aérea, masa fresca radical, masa seca radical y cantidad de clorofila de las plantas de alegría del hogar (<i>Impatiens walleriana</i>) desarrolladas sobre los diferentes sustratos evaluados.	98
Tabla 16. Diámetro de tallo, número de flores y pimpollos, n° de ramificaciones, masa fresca aérea, masa seca aérea, masa fresca radical, masa seca radical y cantidad de clorofila de las plantas de copete (<i>Tagetes patula</i>) desarrolladas sobre los diferentes sustratos evaluados.....	101
Tabla 17. Número de flores y pimpollos, masa fresca aérea, masa seca aérea, masa fresca radical, masa seca radical y cantidad de clorofila de las plantas de tagetes (<i>Petunia x hybrida</i>) desarrolladas sobre los diferentes sustratos evaluados.	105

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pila de material inicial.....	44
Figuras 2 y 3. Detalle del material inicial.....	45
Figura 4. Pilas de compostaje	46
Figura 5. Detalles de la herramienta utilizada para esparcir el compost y luego rearmar las pilas para su volteo.....	47
Figura 6. Compost estibado en big bags	50
Figura 7. Detalle del compost terminado	50
Figura 8. Detalle en compost terminado	51
Figura 9. Imagen de los tres tipos de agrolita comercializados.....	55
Figura 10. Temperaturas máximas, mínimas y media diarias, dentro del invernáculo, durante el ensayo con plantas florales	58
Figura 11. Temperatura del material y del ambiente durante el compostaje de orujo agotado	64
Figura 12. Densidad aparente del orujo de uva agotado durante el proceso de compostaje. Letras distintas indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$)	66

- Figura 13.** Conductividad eléctrica (CE) y pH durante el compostaje del orujo de uva agotado. Letras distintas en una misma línea indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$)69
- Figura 14.** Materia orgánica (MO) y relación carbono/nitrógeno (C/N) durante el proceso de compostaje del orujo de uva agotado. Letras distintas en una misma línea indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$)71
- Figura 15.** Nitrógeno (N) nítrico y amoniacal durante el proceso de compostaje del orujo de uva agotado. Letras distintas en una misma línea indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$)73
- Figura 16.** Porcentaje de nitrógeno (N) total, fósforo (P) y potasio (K) durante el compostaje de orujo de uva agotado. Letras distintas en una misma línea indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$)74
- Figura 17.** Cantidad de CO₂ emitido por los microorganismos a lo largo del proceso de compostaje de orujo de uva agotado. Letras distintas en una misma línea indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$)75

Figura 18. Evolución del pH del compost de orujo de uva corregido con las diferentes dosis de azufre micronizado en el tiempo.....	83
Figura 19. Evolución de la CE del compost de orujo de uva corregido con las diferentes dosis de azufre micronizado en el tiempo	83
Figura 20. Plantas de alegría del hogar desarrolladas en los distintos sustratos evaluados.....	100
Figura 21. Plantas de copete desarrolladas en los distintos sustratos evaluados	103
Figura 22. Plantas de petunia desarrolladas en los distintos sustratos evaluados	106

ABREVIATURAS

A2	Agrolita n°2
A3	Agrolita n°3
A4	Agrolita n°4
Ca	Calcio
CE	Conductividad eléctrica
CO ₂	Dióxido de carbono
COC	Compost de orujo de uva agotado con pH corregido
COCA2	Mezcla 75:25 entre compost de orujo de uva agotado con pH corregido y agrolita n°2
COCA3	Mezcla 75:25 entre compost de orujo de uva agotado con pH corregido y agrolita n°3
COCA4	Mezcla 75:25 entre compost de orujo de uva agotado con pH corregido y agrolita n°4
COSC	Compost de orujo de uva agotado sin corregir pH
CRA	Capacidad de retención de agua
CRR	Crecimiento de radícula relativo
Cu	Cobre
D.E.	Desviación estándar
Dap	Densidad aparente
EEA INTA Mendoza	Estación experimental INTA Mendoza
EPT	Espacio poroso total
Fe	Hierro
IF	Instituto de Floricultura
IG	Índice de germinación
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
K	Potasio
Lab SyA	Laboratorio de Sustrato y Agua
Mg	Magnesio

Mn	Manganeso
MO	Materia Orgánica
N amoniacal	Nitrógeno amoniacal
N nítrico	Nitrógeno nítrico
N total	Nitrógeno total
Na	Sodio
Nt	Nitrógeno total
OUA	Orujo de uva agotado
P	Fosforo
P ₂ O ₅	Pentóxido de fósforo
PA	Porosidad de aireación
PGR	Porcentaje de germinación relativo
pH	Potencial hidrógeno
Rel C/N	Relación Carbono-Nitrógeno
ST	Sustrato testigo
ud. SPAD	Unidades SPAD
Zn	Zinc

RESUMEN

La vitivinicultura es la principal actividad agroindustrial de la provincia de Mendoza, generando gran cantidad de residuos, entre ellos, el orujo de uva agotado (OUA). Por otro lado, la producción de plantas florales se ha incrementado debido a una mayor demanda por los emprendimientos urbanísticos, requiriendo de sustratos adecuados como principal insumo. El objetivo de la tesis fue evaluar el proceso de compostaje del OUA y utilizar el compost obtenido en forma pura o en mezcla para formular sustratos para plantines florales. Se realizó el compostaje del OUA, en el cual se efectuaron diversos análisis como pH, CE, C/N, humedad, temperatura, CO₂, granulometría, porosidad y densidad, al material inicial y durante el proceso. Luego, se realizaron análisis físicos, químicos y biológicos al compost obtenido. El OUA resultó ser un material apropiado para compostar sin necesidad de incorporar otro componente. El proceso de compostaje duró 160 días y se obtuvo un compost con baja relación C/N y producción de CO₂, un pH ligeramente alcalino, baja salinidad, espacio poroso total cercano al óptimo, porosidad de aireación elevada y capacidad de retención de agua baja según rangos de referencia. Para bajar el pH se corrigió con 0,5g de azufre micronizado/litro. La

agrolita se destacó por su alto porcentaje de porosidad de aireación. Finalmente, se prepararon sustratos con compost sin corregir, corregido y en mezcla con 25% de distintas agrolitas para evaluarlos en comparación a un sustrato testigo (comercial) con petunia (*Petunia hybrida*), alegría de hogar (*Impatiens walleriana*) y copete (*Tagetes patula*) en macetas N° 10. Los sustratos en donde se lograron los valores más altos para la mayoría de los parámetros medidos a las tres especies fueron en el sustrato testigo y en el sustrato con compost de orujo de uva agotado corregido. En conclusión, el OUA es un residuo viable de ser compostado para obtener un compost de calidad, el cual puede ser utilizado con previa corrección del pH, como sustrato para producir plantines florales.

Palabras clave: sustrato, compost, orujo de uva, plantines florales, cultivo sin suelo.

ABSTRACT:

Vitiviniculture is the main agroindustrial activity of the province of Mendoza, generating a large amount of wastes, among them, depleted grape marc (OAU). On the other hand, the production of floral plants has increased due to a greater demand for urban developments, requiring adequate substrates as the main input. The objective of the thesis was to evaluate the composting process of the OAU and the use compost obtained in pure form or in mixtured to formulate substrates for flower seedlings. Composting of the OAU was carried out, in which various analyzes such as pH, CE, C/N, humidity, temperature, CO₂, granulometry, porosity and density were made to the initial material and during the process. Physical, chemical and biological analyzes were then performed on the compost obtained. OAU proved to be an appropriate material for composting without the need to incorporate another component. The composting process lasted 160 days and a compost with a low C/N ratio and CO₂ production, a slightly alkaline pH, low salinity, near-optimal total pore space, high aeration porosity and low water retention capacity were obtained Reference ranges. To lower the pH was corrected with 0.5g of micronized sulfur/liter. The agrolite was noted for its high percentage

of aeration porosity. Finally, substrates were prepared with uncorrected, corrected and mixed compost with 25% of different agrolites to evaluate them in comparison to a control (commercial) substrate with petunia (*Petunia hybrida*), New Guinea impatiens (*Impatiens walleriana*) and french marigolds (*Tagetes patula*) in pots No. 10. The substrates where the highest values for most of the parameters measured in the three species were obtained in the control substrate and in the substrate with compost of corrected spent grape marc. In conclusion, OAU is a viable residue of being composted to obtain compost of high quality, to be used with previous pH correction as a substrate to produce floral seedlings.

Key words: Substrate, compost, grape marc, floral seedlings, soiless culture.

INTRODUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

1.1 CULTIVOS SIN SUELO

El término “cultivos sin suelo” incluye a todos aquellos métodos y sistemas que permiten el desarrollo y crecimiento de las plantas fuera de su ambiente natural: el suelo (Urrestarazu, 2004).

Benton Jones (1983) clasifica los sistemas de cultivos sin suelo en dos grandes grupos: cultivos en agua o hidropónicos y cultivos en sustratos, según la tecnología empleada (Tabla 1). En el primer grupo, se refiere a todo sistema donde no existe un anclaje sólido en el cual se desarrolla y vive el sistema radical. En cambio, en el segundo grupo, si se cuenta con un medio sólido para el anclaje de las raíces de las plantas. Este medio sólido puede estar conformado por distintos materiales: orgánicos, inorgánicos o mixtos, permitiendo emplear distintas tecnologías para llevar adelante el desarrollo de plantas (Urrestarazu, 2004).

Tabla 1. Clasificación de sistemas de cultivo sin suelo.

Cultivos en agua	Cultivos en sustrato		
	Orgánicos	Inorgánicos	Mixtos
1. NFT (Nutrient Film Technique)	1. Mezclas de turbas	1. Grava	1. Turba - vermiculita
2. Aeroponía	2. Corteza de pino 3. Cascarilla de arroz	2. Escoria volcánica 3. Vermiculita	2. Corteza de pino - vermiculita
3. En solución nutritiva continuamente aireada	4. Etc.	4. Etc.	3. Etc.

Fuente: Urrestarazu, 2004.

1.2 EL SUSTRATO EN EL CULTIVO DE PLANTAS

Se denomina sustrato a cualquier material sólido y poroso diferente del suelo *in situ* que colocado dentro de un contenedor puede servir de anclaje a las raíces de la planta y permite una libre circulación del agua y gases; puede ser natural o de síntesis, mineral u orgánico y con o sin actividad química y biológica (Abad *et al.*, 2004).

La evolución de los cultivos intensivos ha traído consigo el empleo de nuevos insumos como son los sustratos para plantas. Principalmente, por el aumento del uso de contenedores en reemplazo a la producción en el suelo *in situ* debido a la presencia de factores limitantes

para la continuidad del cultivo como, por ejemplo, salinización, enfermedades y agotamiento de los suelos de calidad agrícola (Burés 1997; Reed, 1999; Abad *et al.*, 2004). Asimismo, la producción de plantas en contenedor inicialmente se desarrolló con suelo, pero se encontró que esta práctica dificultaba el manejo del cultivo, generando múltiples problemas, siendo unas de las principales causas la proliferación de patógenos. Además, el agotamiento de los recursos no renovables y, como consecuencia, el deterioro medioambiental ha generado la necesidad de encontrar alternativas para el reemplazo total o parcial del suelo, lo que llevó a la necesidad de producir sustratos con diversas materias primas o componentes (Landis *et al.*, 2000; Barbaro, 2011).

El sustrato es un insumo ampliamente utilizado para la producción de plantas, siendo la floricultura un sector que lo emplea hace varias décadas. En la producción de plantas ornamentales se pueden agrupar distintos rubros: producción de flores y follaje de corte, de árboles y arbustos ornamentales, de plantas en macetas o una combinación entre los mismos (INTEA S.A., 2003). La producción de plantas en maceta o contenedores se destaca por el uso de sustrato, un insumo importante dentro del sistema de cultivo (Burés, 1997), que según

Ansorena Miner (1994) es el principal factor del que depende el éxito de un cultivo en contenedor.

El medio de cultivo ha ido evolucionando desde los primeros sustratos basados en suelo mineral hasta las actuales mezclas, donde se puede encontrar materiales de origen mineral como lana de roca, perlita, arenas; o componentes orgánicos como turbas, compost de corteza de pino y fibra de coco (Ansorena Miner, 1994).

Uno de los sustratos más utilizados para la producción de plantas en el ámbito mundial es la turba de musgo de *Sphagnum*. Sus características físicas, químicas y biológicas permiten una excelente germinación y crecimiento de las plántulas, pero su costo elevado y explotación no sostenible, ha comenzado a restringir su uso (Abad *et al.*, 2001; Raviv *et al.*, 2002; Abad *et al.*, 2004; Carmona & Abad, 2008a; Maher *et al.*, 2008; Bustamante *et al.*, 2014). Esto ha motivado la búsqueda de sustratos alternativos para producir plantas de buena calidad, a bajo costo y principalmente mediante el uso de sustratos elaborados con materiales locales (Abad *et al.*, 2001; Abad *et al.*, 2004; Benito *et al.*, 2005; Carmona & Abad, 2008a; Maher *et al.*, 2008; Mendoza-Hernandez, 2010).

Dentro de las alternativas que se han generado a lo largo de los años se destaca el uso de materiales disponibles localmente, que pueden ser de origen mineral o de origen orgánico. Estos últimos muchas veces resultan ser desechos agropecuarios, agroindustriales y urbanos, como la fibra de coco, cáscara de arroz, estiércoles, corteza de pino, residuos de podas urbanas, etc., los que para su utilización necesitan transitar por un proceso de estabilización como puede ser el compostaje (Valenzuela *et al.*, 2003; Abad *et al.*, 2004; Benito *et al.*, 2005; Carmona & Abad, 2008a; Maher *et al.*, 2008; Mendoza-Hernandez, 2010).

1.3 PROPIEDADES DE LOS SUSTRATOS

No existe un sustrato ideal, el mejor sustrato de cultivo para cada caso dependerá de factores tales como: material vegetal utilizado (semilla, estaca, plántula, etc.), especie cultivada, condiciones climáticas, tamaño y forma del contenedor, sistemas de riego y fertilización, aspectos económicos, experiencia local en su utilización, e impacto medioambiental del mismo (obtención o eliminación una vez agotado), entre otros (Hartmann & Kester, 1980; Abad *et al.*, 2004, 2005a; Lemaire *et al.*, 2005). Sin embargo,

existen una serie de características deseables que el sustrato elegido debería poseer con respecto a las propiedades físicas, físico-químicas, químicas y biológicas, las cuales se mencionan en la tabla 2.

Tabla 2. Características deseables en un sustrato.

Propiedades físicas	Propiedades químicas	Otras propiedades
1- Elevada capacidad de retención de agua de fácil disponible.	1- Baja o moderada capacidad de intercambio iónico, dependiendo el programa de fertilización.	1- Libre de semillas de malezas, nematodos y otros patógenos.
2- Suficiente suministro de aire.	2- Nivel adecuado de nutrientes asimilables.	2- Reproducibilidad y disponibilidad.
3- Distribución del tamaño de partícula que mantenga las condiciones antes mencionadas.	3- Baja salinidad.	3- Bajo costo.
4- Baja densidad aparente.	4- pH ligeramente ácido y moderada capacidad tampón.	4- Fácil de mezclar.
5- Elevada porosidad total.	5- Mínima velocidad de descomposición.	5- Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección.
6- Estructura estable, impida la contracción (o hinchazón) del sustrato.		6- Resistencia a cambios físicos, químicos y ambientales extremos.

Fuente: Abad et al., 2004

Los contenedores poseen un volumen limitado, lo que hace necesario que se deba proporcionar la máxima cantidad de agua posible y estar retenida a bajas energías. Por lo tanto, un sustrato adecuado tendrá que ser capaz de retener agua a bajas tensiones sin detrimento de su capacidad de aireación (Ansorena Miner, 1994; Burés, 1997; Abad *et al.*, 2001).

Las propiedades físicas son tan importantes como las químicas, con la diferencia de que no podrán ser modificadas. Es por esto que deben ser ajustadas antes de su uso.

Entre las propiedades físicas más destacadas se encuentran:

Distribución del tamaño de partícula: esta propiedad presenta un interés particular, ya que de esta van a depender varias de las demás propiedades físicas como porosidad total, capacidad de retención de agua y suministro de aire (Burés, 1997; Abad *et al.*, 2004). Según Ansorena Miner (1994) mientras mayor sea el tamaño medio de partícula, mayor será la porosidad y a menor tamaño de partícula mayor será la capacidad de retención de agua.

Porosidad total: Es el volumen total del sustrato que no está ocupado por las partículas sólidas. La totalidad de poros está dada por los poros formados entre partículas y los poros ubicados dentro de las partículas, estos últimos pueden deberse a una porosidad abierta o cerrada. Si es abierta, tendrá influencia en la dinámica de las fases agua/aire dentro del sustrato, en cambio si es cerrada, no tendrá influencia sobre el agua de la que podrá disponer la planta (Ansorena Miner, 1994; Burés, 1997; Fonteno, 1999; Landis *et al.*, 2000; Abad *et al.*, 2004).

Capacidad de aireación: Se puede definir como el porcentaje del volumen de sustrato que queda ocupado por aire luego de saturarlo y dejarlo drenar a 10 cm de tensión. Representa la cantidad mínima de aire que puede retener un sustrato. (Ansorena Miner, 1994; Burés, 1997; Fonteno, 1999; Landis *et al.*, 2000; Abad *et al.*, 2004).

Capacidad de retención de agua (CRA): Es el porcentaje del volumen de sustrato que queda ocupado por agua luego de saturarlo y dejarlo drenar a 10 cm de tensión.

Para un mismo sustrato, la CRA puede tomar distintos valores según sea la altura del contenedor y la metodología empleada para su determinación (Ansorena

Miner, 1994; Burés, 1997; Fonteno, 1999; Landis *et al.*, 2000; Abad *et al.*, 2004).

Agua fácilmente disponible: es la diferencia entre el volumen de agua retenida a CRA y el volumen que es extraído realizando una fuerza de succión de 50 cm de columna de agua.

Agua de reserva: es el volumen de agua extraído entre 50 y 100 cm de columna de agua.

Agua difícilmente disponible: es el agua que se encuentra retenida a una tensión de más de 100 cm de columna de agua (Ansorena Miner, 1994; Burés, 1997; Fonteno, 1999; Abad *et al.*, 2004).

Densidad aparente: Se define como la masa seca del material sólido por unidad de volumen aparente del sustrato. La importancia de la densidad aparente radica en que el sustrato es transportado durante su manejo y manipulación, por lo tanto, cuanto más liviano sea el sustrato, más fácil resultaran estas tareas. Bajo un invernáculo, donde el viento no afecta tanto como al aire libre, se pueden utilizar sustratos de muy baja densidad aparente. (Ansorena Miner, 1994; Fonteno, 1999; Landis *et al.*, 2000; Abad *et al.*, 2004).

Con respecto a las propiedades químicas y fisico-químicas se destaca el **pH** cuya importancia radica en el efecto que ejerce sobre la disponibilidad de los nutrientes para las plantas. Lo recomendable es que el valor de pH sea ligeramente ácido, es decir entre 5,5 y 6,8 (Ansorena Miner, 1994; Burés, 1997; Fonteno, 1999; Landis *et al.*, 2000; Abad *et al.*, 2004). Por otro lado, se encuentra la **conductividad eléctrica**, la cual es una medida de la cantidad de sales disueltas que contiene el sustrato. En términos generales se recomienda que su valor sea bajo, para no tener problemas de toxicidad y además poder manejar el plan nutricional según los requerimientos de cada especie y momento del cultivo (Ansorena Miner, 1994; Fonteno, *et al.* 1999; Landis *et al.*, 2000; Abad *et al.*, 2004).

1.4 COMPOSTAJE

Cuando se utilizan residuos orgánicos frescos en el cultivo de plantas se pueden tener ciertos inconvenientes originados por la presencia de sustancias fitotóxicas como compuestos fenólicos, ácidos orgánicos y sustancias inorgánicas, además de deficiencia de oxígeno, alta temperatura en torno a las raíces o aparición de

amoníaco, etc. (Abad *et al.*, 1997; Butler *et al.*, 2001; Khalil *et al.*, 2008; Pascual & Hernandez, 1999). A raíz de estos inconvenientes, es que se somete a los residuos orgánicos a distintos tipos de tratamientos previos para poder utilizarlos.

De los métodos existentes uno de los más utilizados es el compostaje, destacándose este tratamiento por sus características ecológicas y por su conveniencia económica (Raviv, 2005; Moreno & Moral, 2008; Moral *et al.*, 2009; Bernal *et al.*, 2009).

El compostaje puede definirse como el proceso bio-oxidativo que se desarrolla sobre materiales orgánicos en estado sólido, en condiciones de aireación y humedad adecuadas por la acción de microorganismos (Haug, 1993; Raviv, 2005; Saveyn & Eder, 2014; Gordillo-Manssur *et al.*, 2017). El proceso, según Day & Shaw (2001), Insam & Bertoldi (2007), Lavado (2012) y Crespo *et al.* (2013), implica el paso por una serie de etapas:

Etapas Iniciales: es una etapa que ocurre desde que se forman las pilas para compostar hasta que se constata un incremento de temperatura, si el material ya cuenta con un período de acopio puede pasar desapercibida.

Etapa mesófila o mesotérmica: Caracterizada por presentar temperaturas entre 25 y 40° C. En esta etapa se descomponen los componentes fácilmente degradables, como azúcares y aminoácidos principalmente mediante bacterias, además de una menor proporción de especies fúngicas.

Etapa termófila: En esta etapa se alcanzan temperaturas de 40 a 70° C. Debido a las altas temperaturas se genera una eliminación de patógenos mesófilos, hongos, esporas, semillas y larvas de insectos. Se degrada básicamente la celulosa, proliferando principalmente los actinomicetos y hongos termófilos, además de bacterias como *Bacillus sp.* (Burés, 1997).

Etapa mesófila: En esta etapa comienza el descenso de temperatura por debajo de 40° C. Hay un proceso de recolonización del material por organismos mesófilos a partir de esporas sobrevivientes. Estos microorganismos degradan sustancias como almidón y celulosa.

Etapa de maduración: La temperatura desciende a valores cercanos a los de la temperatura ambiente. Durante esta etapa se forman sustancias húmicas y se degradan compuestos fitotóxicos. Se produce también una disminución de la actividad microbiana.

1.4.1 Factores a tener en cuenta durante el compostaje

- **Temperatura:** Como se mencionó anteriormente, el proceso del compostaje esta comandado por microorganismos, el nivel de actividad de los mismos se ve reflejado en la temperatura del material, por lo que la medición de este parámetro proporciona información directa sobre el funcionamiento del proceso (Moreno & Moral, 2008; Crespo *et al.*, 2013).
- **Contenido de humedad:** Los microorganismos solo pueden degradar la materia orgánica siempre que haya agua en el medio que disuelva las sustancias necesarias para su vida. Por esta razón es que este factor toma vital relevancia para que el proceso de compostaje se desarrolle sin problemas (Madejón *et al.*, 2002; Bueno *et al.*, 2008; Crespo *et al.*, 2013). Según Schulze (1962), pequeñas variaciones en la humedad del material que se está compostando provocan grandes cambios en la temperatura, por lo que se ha establecido una humedad óptima para el crecimiento microbiano, entre el 50% y el 70%. Por debajo del 30% la

actividad biológica decrece notablemente, mientras que con valores de humedad superiores al 70% el aire es desplazado por el agua del espacio poroso entre las partículas, iniciándose así procesos de anaerobiosis.

- **Aireación:** El compostaje se trata de un proceso de descomposición aeróbica, lo que implica que haya oxígeno presente en el sistema. Si falta oxígeno en la masa a compostar pueden proliferar microorganismos anaerobios, generándose emisiones de sulfuro de hidrógeno acompañado de malos olores (Bidlingmaier, 1996; Oviedo-Ocana *et al.* 2014). Por otro lado, un exceso de aireación puede provocar un enfriamiento de la masa y pérdida de humedad hasta llegar a generar pérdida de compuestos húmicos por una rápida oxidación de los mismos (Tomati *et al.*, 2000; Zhu, 2006; Mendoza-Hernandez, 2010; Crespo *et al.*, 2013).
- **pH:** EL pH es un parámetro que puede condicionar la presencia de ciertos microorganismos, por ello lo óptimo es partir de un material que contenga un pH cercano a 7 para lograr que la población microbiana sea lo más variada posible (Diaz & Savage, 2007). Un pH extremo no es un

impedimento para que se logre el proceso, pero sí va repercutir el comportamiento del proceso y de parámetros como temperatura, tipo de reacciones, la velocidad de compostaje (De Bertoldi *et al.* 1983; Crespo *et al.*, 2013). Suler & Finstein (1977) determinaron una relación entre los cambios de pH y la aireación del compost, dando como resultado que un compost aireado de manera adecuada conduce a un pH con valores próximos a 7. Además, indica que la degradación de materia orgánica a pH bajos se ve inhibida, de lo que se desprende que un compost tenga valores de pH de 7,5 o superiores indica una correcta descomposición.

- **Relación C/N:** Este parámetro es muy importante en el proceso de compostaje, tal importancia radica en que uno de los mayores elementos que forma parte de la materia orgánica es el carbono, es decir que es un elemento importante a degradar por los microorganismos, los cuales lo necesitan para para generar energía y formar sus proteínas, ácidos nucleicos, membranas, etc. El nitrógeno es un elemento que se encuentra de manera abundante en las estructuras antes nombradas, por ello

también toma importancia la cantidad de nitrógeno presente en la masa a compostar (Crespo *et al.*, 2013). Los microorganismos utilizan generalmente 30 partes de C por cada parte de N asimilado, por lo que el rango óptimo teórico establecido para la relación C/N es de 25-35 (Jhorar *et al.*, 1991). Si la relación C/N es muy alta (mayor de 40) se produce una ralentización del proceso, ya que los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono. Si en cambio la relación C/N es muy baja, el compostaje se lleva a cabo con mayor rapidez (Zhu, 2006).

1.4.2 Sistemas de compostaje

Existen diversos sistemas de compostaje, la elección del sistema a aplicar dependerá del clima, tipo de material a compostar, del espacio disponible, de la necesidad de acelerar el proceso y del recurso económico disponible (Crespo *et al.*, 2013).

Los sistemas generalmente se clasifican de acuerdo a su aislamiento o no del medio ambiente. En este sentido, según Rynk & Richard (2001), Chica &

Garcia (2008) y Crespo *et al.* (2013), hay sistemas abiertos y sistemas cerrados:

- **Sistemas abiertos**

Generalmente se trata de sistemas que presentan un menor costo, y también un manejo e instalaciones más sencillas y económicas

Pilas con volteos: Este sistema es uno de los más sencillos y económicos, consiste en armar pilas con el material a compostar y durante el proceso se remueven las pilas realizando volteos, logrando homogeneizar el material, la temperatura, airearlo y controlar la humedad.

Pilas estáticas con aireación pasiva: En este sistema se utilizan estructuras con caños perforados que permiten un flujo más fácil de aire desde la parte inferior hasta la superior. El efecto descrito se logra por convección natural, donde el aire caliente que sube por el centro de la pila produce una fuerza de succión logrando la entrada de aire nuevo y fresco desde la parte exterior e inferior de la pila.

Pilas estáticas con ventilación forzada: En estos sistemas, se logra una ventilación de la pila con unas

estructuras de caños que van colocadas por debajo, y el aporte de oxígeno se realiza por succión o por insuflado.

- **Sistemas cerrados**

Estos sistemas permiten un mejor control de los parámetros antes mencionados, como también un menor tiempo para lograr la maduración del compost, además permiten poder realizar un proceso continuo. Como son sistemas donde el material no está en contacto con el medio ambiente, resulta elevada la inversión a realizar en material necesario para su aislación.

Túneles: En este sistema se introduce el material en un túnel cerrado que consta de un sistema de aireación forzada. En este caso el sistema permite un mayor control de las condiciones del proceso y además el control de emisiones de gases y malos olores, aunque presenta un elevado costo de instalación. Son apropiados para lugares cercanos a la urbe y/o con reducido espacio de trabajo.

Camas horizontales agitadas: Este es un sistema de compostaje continuo. Se trata de camas largas de mayor ancho que alto, donde en un extremo se deposita el material fresco, una maquina que funciona sobre rieles

realiza el volteo del material, de tal manera que produce un desplazamiento hacia el extremo más alejado. De esta manera se logra que lentamente se obtenga el ingreso de material fresco en un extremo y la salida de material terminado en el otro extremo.

1.4.3 Madurez y estabilidad

La madurez y estabilidad resultan ser dos parámetros de importancia cuando se trata de compost. Cuando se habla de madurez de un compost, se refiere a la finalización efectiva del proceso de compostaje, lográndose un producto sin presencia de sustancias fitotóxicas. En cuanto al concepto de estabilidad, se refiere a una disminución de la cantidad de carbono degradable y de la actividad microbiana. Es decir, que, a mayor estabilidad, menor es la degradabilidad y actividad microbiana (Sullivan & Miller, 2001; Mazzarino *et al.*, 2012; Crespo *et al.*, 2013).

En la tabla 3 se observan algunos de los indicadores utilizados para determinar si un compost se encuentra estabilizado y maduro.

Tabla 3. Valores de referencia para la determinación de madurez y estabilidad de un compost.

	Valores recomendados	Fuente
Producción de CO ₂	≤ 120 mg C-CO ₂ /Kg/h	Hue & Liu, 1995
	< 200 mg C-CO ₂ /Kg/h	Rynk <i>et al.</i> , 1992
CO ₂ /C orgánico	< 5 mg C-CO ₂ /g C org	Garcia <i>et al.</i> , 1992
Amonio	< 400 mg N-NH ₄ ⁺ /Kg	Zucconi & De Bertoldi, 1987; Bernal <i>et al.</i> , 1998
	< 500 mg N-NH ₄ ⁺ /Kg	CCQC, 2001
	< 17 g/Kg	Bernal <i>et al.</i> , 1998
Carbono soluble en agua (CSA)	≤ 10 g/Kg	Hue & Liu, 1995
	< 5 g/Kg	Garcia <i>et al.</i> , 1992
	< 4 g/Kg	Zmora-Nahum <i>et al.</i> , 2005; Gomez-Brandon <i>et al.</i> , 2008
CSA/N Total	≤ 0,7	Hue & Liu, 1995
	< 0,3	Garcia <i>et al.</i> , 1992
CSA/N Soluble en agua	< 2,0	Garcia <i>et al.</i> , 1992
Amonio/nitratos	< 0,2	Bernal <i>et al.</i> , 1998
	< 0,3	CCQC, 2001
Nitratos/CO ₂	> 8 mg N-NO ₃ ⁻ /mg C-CO ₂ /dia	Cooperband <i>et al.</i> , 2003
C _{AH} /C _{AF} *	> 1,9	Iglesias-Jimenez & Perez-Garcia; 1992
Índice de germinación	> 50%	Bernal <i>et al.</i> , 1998
	> 60%	Gomez-Brandon <i>et al.</i> , 2008
	> 80%	CCQC, 2001
Crecimiento plantas	> 90% ensayos con cebada	Norma alemana (Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V., 1998)
	a 25% y 50% de compost > 60% ensayos con rabanito y 100% compost lavado	Norma Australiana (Australian Standard, 2003)

* AH: Ácidos húmicos, AF: Ácidos fúlvicos.

1.4.4 Calidad del compost

Raviv (2005) indica que la calidad del compost es el resultado de haber aplicado un tratamiento respetuoso con el medio ambiente acorde a una gestión racional de residuos y que tenga como objetivo elaborar un producto para uso agrícola. Según otros autores la calidad de un compost depende del uso que se quiera hacer del producto, por ejemplo, aplicación al suelo o como sustrato para el cultivo sin suelo como componente único o mezclado (Zucconi & De Bertoldi, 1987).

En general los parámetros que se evalúan para establecer la calidad de un compost y definir su uso son los mencionados en la tabla 4.

Tabla 4. Parámetros a considerar para evaluar la calidad de un compost según sea el uso final del mismo.

Parámetro	Uso*			
	Para plantinera	Para público en general	Enmienda o abono orgánico	Mulch
Respuesta del crecimiento de plantas	++	++	++	-
Contenido de nutrientes	-	+	+	-
pH/sales solubles	++	++	+	-
Materiales inertes	++	++	+	+
Color/olor	+	++	-	+
Maduración/estabilidad	++	++	+	-
Tamaño de partícula	++	+	+	+

*Nota: (-) importancia baja, (+) importancia media, (++) importancia alta. *Fuente:*

Sullivan & Miller, 2001.

1.4.5 Materiales compostables

Existe una gran cantidad de materiales que pueden ser sometidos a un proceso de compostaje, aunque en general se trabaja con productos que resultan ser residuos o subproductos de diferentes actividades de producción y consumo. En la tabla 5 se presenta un listado de materiales que una vez compostados son susceptibles a ser utilizados como sustratos o componente de sustrato en cultivos sin suelo.

Tabla 5. Materiales residuales y subproductos orgánicos generados en diferentes actividades de producción y consumo, que pueden utilizarse como sustrato o componentes de sustrato de cultivo.

Actividad	Residuo/subproducto
Explotación agrícola	Compost de champiñones ya utilizado, pajas de cereales, restos de poda, restos de caña de azúcar, restos de regaliz, etc.
Explotación forestal	Cortezas de árboles, piñas de desecho, residuos del corcho, aserrín y virutas de la madera, tierra de bosque, hojas, acículas, etc
Explotación ganadera	Estiércoles, gallinaza, pieles, lana, restos d animales como aves y peces, etc.
Industria agroalimentaria	Cascarilla de arroz, fibra de coco, lodos de alpechín, orujos de uva y aceituna, residuos de café y de cacao, restos de frutas y hortalizas, lúpulo, mata, carbonos activos, tierras de filtrados colmatados, etc.
Industria papelera	Lodos de papelera.
Industria textil	Algodón, fibras acrílicas, lana, etc.

Núcleos urbanos	Lodos de depuración de aguas residuales, residuos sólidos urbanos, restos de poda de jardinería urbana, etc.
Explotaciones marinas	Algas, plantas marinas

Fuente: Abad et al., 1997; Burés, 1997.

1.4.6 Utilización de compost como sustrato o componente de sustrato.

Los compost de residuos orgánicos como restos de poda, jardinería, cultivos intensivos y extensivos, industria agroalimentaria presentan una serie de características favorables para su uso como sustrato (Raviv *et al.*, 2002; Raviv, 2005; Ansorena *et al.*, 2014). Estos materiales poseen propiedades como fertilizante debido a su alto contenido en nutrientes potencialmente disponibles para la planta y a la liberación de los mismos de manera lenta y progresiva. Además, pueden presentar efectos supresivos frente a agentes fitopatógenos, debido principalmente a la presencia de diversos grupos de microorganismos que disminuyen la incidencia de enfermedades (Carmona & Abad, 2008a). Estas características repercuten positivamente en un mayor crecimiento y en un aumento en la supervivencia de las plantas luego del trasplante y en el mercado, así como en una reducción en la utilización de insumos como turbas, fertilizantes y

productos fitosanitarios. Por otra parte, los compost agotados, es decir ya utilizados como sustratos, pueden reutilizarse como material orgánico para la fertilización en suelos, relleno de taludes, u otros usos, sin generar impacto ambiental alguno (Carmona & Abad, 2008a).

El compost resulta ser una alternativa más dentro de los componentes que existen para formular sustratos y con respecto a esto, existen diversos y numerosos trabajos de investigación donde se ha experimentado con compost utilizados como sustratos o componente de sustrato (Ansorena *et al.*, 2014).

En la tabla 6 se detalla un listado que resume algunos de los trabajos realizados en los últimos años sobre la utilización de diversos compost como sustratos o componente de sustrato para el cultivo de plantas ornamentales en distintos lugares del mundo.

Tabla 6. Compost de residuos orgánicos utilizados como componentes de sustratos para la producción de planta ornamental en contenedor y la respuesta de la planta en los últimos años.

Compost	Especie	Respu esta de la planta	Porcentaje de compost en la mezcla (%v/v)	Referencia
Compost de restos de jardinería urbana	Viburnum tinus "Eve Price"	+	50	Guerin <i>et al.</i> 2001
Compost de mantillo de bosque	Viburnum tinus "Eve Price"	=	50	
Compost de estiércol vacuno	Viburnum tinus "Eve Price"	=	50	
Compost de corteza de pino	Viburnum tinus "Eve Price"	+	50	
Compost de Residuos sólidos urbanos	Cotoneaster dammeri "Coral Beauty"	+	75	Hicklenton <i>et al.</i> 2001
Compost de restos de poda de limonero	Calendula officinalis "Nana Bon-Bon"	+	75	Garcia-Gomez <i>et al.</i> 2002
	Calceolaria hybrida "Dainty"	+	50	
Compost de alperujo	Calendula officinalis "Nana Bon-Bon"	+	50	
	Calceolaria hybrida "Dainty"	+	25	
Compost de biosólidos y restos de poda	Gloixina sylvatica	-	5	Wilson <i>et al.</i> 2002
	Justicia carnea	=	25	
	Lysimachia congestiflora	=	25	
Compost de lodos de depuración de aguas residuales y poda de jardinería urbana	Salvia "Van Houttei"	+	50	Wilson <i>et al.</i> 2003
	Salvia Gauranítica "Black and Blue"	=	50	
	Salvia "Indigo Spires"	=	50	
Compost de restos de poda	Cordia globosa	+	100	Wilson <i>et al.</i> 2004
	Hamelia patens	+	100	
	Heliotropium angiospermum	+	100	
	Salvia coccinea	+	100	
Compost de restos de poda de jardinería	Lolium perenne	+	50	Benito <i>et al.</i> 2005
	Cupressus sempervirens	+	50	
Compost de lodos de plantas depuradoras	Cupressus sempervirens	+	30	Hernandez-Apaolaza <i>et al.</i> 2005
	Cupressus arizonica	+	30	
Compost de paja de maiz	Impatiens walleriana	+	50	Dede <i>et al.</i> 2006
Compost de RSU	Impatiens walleriana	+	25	
Compost de poda de jardinería	Begonia semperflorens "Bellavista F1"	+	50	Grigatti <i>et al.</i> 2007

	Mimulus "Magic x hybridus"	+	50	
	Salvia splendens "Maestro"	+	50	
	Tagetes patula x erecta "Zenith Lemon Yellow"	+	50	
Compost de restos de corcho	Gerbera jamensonii	-	100	
Compost de orujo de aceituna, cascarilla de arroz y algodón	Gerbera jamensonii	+	100	
Compost de orujo de uva	Gerbera jamensonii	+	100	
Compost de champiñón agotado	Gerbera jamensonii	+	100	Caballero <i>et al.</i> 2009
Compost de poda de jardinería urbana	Salvia nemorosa "Tesquicola"	=	25	Dubský & Srámek, 2009
	Erigeron speciosus "Rosa Juwel"	-	25	
	Veronica incana	-	25	
	Veronica porphyriana	-	25	
	Lychnisviscaria "Atropurpurea"	=	25	
Compost de residuos de arboretum e invernadero	Impatiens walleriana "Hybrid Accented Red"	+	25	Olszewski <i>et al.</i> , 2009
	Salvia splendens "Hotline Red"	+	25	
	Catharanthus roseus "Cooler Red"	+	25	
Compost de poda de jardinería	Petunia sp.	+	100	I. Estévez-Schwarz <i>et al.</i> , 2009
	Tagetes sp.	+	100	
Compost de lodos de planta depuradora		+	25	De Lucia <i>et al.</i> , 2013
		+	40	
		+	55	
	Bougainvillea	+	70	
Compost de residuos de tomate		-	100	Belda <i>et al.</i> , 2013
		-	50	
	Viola cornuta	=	25	
		-	100	
		-	50	
	Calendula coronaria	=	25	
Residuos municipales		-	100	Ramezanzadeh <i>et al.</i> , 2014
	Bellis perennis	+	50	
Compost de corteza de Eucalyptus saligna Smith, y Eucalyptus pellita	Vitex parviflora	+	70	Diaz <i>et al.</i> , 2015
	Vitex parviflora	+	30	

-, =, +; efecto negativo, nulo y positivo respectivamente con relación al control utilizado.

A nivel nacional, también se han evaluado diversos compost como componentes de sustrato. En el 2001 Zubillaga & Lavado probaron compost de biosólidos en petunia y vinca, concluyendo que puede sustituir parcialmente a la perlita y la turba de musgo *Sphagnum*, hasta en un 25% de la mezcla. Favaro *et al.* (2002) concluyeron que es posible utilizar compost de aserrín de salicáceas para la producción de plantines de tomate. Valenzuela *et al.* (2003) realizaron pruebas en *Tagetes patula* con compost de residuos de frigorífico mezclado con perlita, llegando a la conclusión de que la utilización de compost en un 70% de la mezcla obtuvo los mejores resultados.

Más recientemente, Barbaro *et al.* (2009) utilizaron compost de residuos de restos de poda en la producción de plantas de *Salvia splendens*, llegando a la conclusión de que es posible la utilización del compost de restos de poda mezclado hasta en un 50 % con suelo, y que podría reemplazar parcialmente el uso de suelo. Para el mismo año Basil *et al.* (2009) reportan que la utilización de compost de biosólidos agregado en un 30 y 50 % a una premezcla de suelo volcánico y arena, acelera el crecimiento de plantines de *Austrocedrus chilensis* (Ciprés de la cordillera). Barbaro *et al.* (2011) y Barbaro *et al.* (2013) realizaron pruebas con compost de cama de ave

de corral y compost de guano de gallinas ponedoras, y en ambos casos determinaron que los mejores resultados se dan utilizando un 25% de estos compost en las mezclas, utilizadas para producir plantas de *Salvia splendens* e *Impatiens walleriana*. Aunque hay que tener en cuenta que la otra parte de la mezcla estaba constituida por otros compost, de corteza de pino y pinocha, cada uno con sus características propias.

Se puede apreciar que no solo son muchos los trabajos realizados sobre la utilización de compost como sustrato, sino también son variados los resultados. Mendoza-Hernandez (2010), indica que la variabilidad en las propiedades de los compost proviene basicamente de la variabilidad existente en las características y composición de los materiales originarios, como también, en los procesos de tratamiento y estabilización a que éstos son sometidos. Por consiguiente se da una gran variabilidad en la respuesta de las plantas cuando son cultivadas en sustratos que contienen compost.

1.5 SITUACIÓN EN ARGENTINA Y MENDOZA

En la Argentina el cultivo de plantas ornamentales en maceta se encuentra principalmente en las provincias de Buenos Aires, Corrientes, Santa Fe y Formosa. La provincia de Mendoza se destaca como la más importante del oeste argentino (INTEA S.A., 2003).

Dentro de este rubro, plantas en maceta, la producción de plantines florales de estación ocupa aproximadamente un 35% del total de la superficie utilizada en el sector florícola (Carluccio *et al.*, 2002), desatacándose como principales cultivos los de petunia, alegría del hogar y pensamiento (Fernandez *et al.*, 2006). En este tipo de producción generalmente se utilizan macetas denominadas n°10 (9,5 cm de diámetro superior X 6 cm de diámetro inferior X 9,5 cm de altura) con un volumen de 455 cm³.

En la Provincia de Mendoza la producción de plantas florales de estación se ha incrementado debido a una mayor demanda como consecuencia del auge de emprendimientos urbanísticos. Como así también es importante la producción de especies nativas,

especialmente aquellas de bajo requerimientos de agua (Morisigue *et al.*, 2012).

En el sistema productivo mencionado uno de los materiales más utilizado como componente de sustratos es el suelo mineral. Existe la necesidad de buscar alternativas para disminuir el uso del suelo por razones ambientales, sanitarias, legales y por no aportar las características apropiadas para ser un sustrato (Valenzuela, 2005; Barbaro, 2011). Frente a este escenario se ha empezado a probar distintos compost para ser utilizados como sustratos para plantas.

De la misma manera que en el resto de la Argentina, en Mendoza los materiales más utilizados como componente de sustrato, son suelo mineral y arena de embanque, que se colecta en las riberas de los ríos. Además de los materiales mencionados, es común encontrar la presencia de orujo de uva como componente de sustrato en las mezclas utilizadas por algunos productores de plantines, pero al no estar correctamente acondicionado es frecuente que se produzcan problemas en el cultivo.

El orujo de uva es un desecho generado por la principal actividad agroindustrial de la Provincia,

destinándose en promedio aproximadamente 1.674.962 T/año de uva a la producción de vinos y mostos (Estadísticas INV 1994-2015), generándose en este proceso una gran cantidad de residuos. El orujo de uva está formado por semillas, hollejo de la baya y restos de raquis, se estima que entre el 14% y el 18% del peso de uva procesada se transforma en este subproducto (Oreglia, 1978). Estos datos dan por consiguiente que en promedio se producen entre 230.000 a 300.000 T de orujo de uva por año en Mendoza.

Este residuo es llevado a destilerías donde se realiza la extracción de ácido tartárico y alcohol, luego de este proceso se obtiene lo que comúnmente se denomina como “orujo de uva agotado”, y este producto es ofrecido para su posterior utilización como enmienda orgánica para suelos, extracción de aceite o combustible.

Hay investigaciones que indican que los residuos de la industria vitivinícola una vez compostados podrían formar parte en la formulación de sustratos. En este sentido, Carmona *et al.* (2012a) concluyen que puede ser posible sustituir el uso de componentes de sustratos convencionales como turba rubia y fibra de coco por este compost en la producción de plantas ornamentales. Baran *et al.* (2001) también determinaron que el compost de

orujo de uva puede utilizarse como componente de sustratos en una proporción de hasta el 50% en las mezclas con turba de *Sphagnum*. Otros autores infieren que es posible obtener plantines de lechuga, coriandro, brócoli y acelga con éxito utilizando como componente de sustrato compost de orujo de uva, sólo o en mezclas (Bustamante *et al.*, 2008a; Carmona *et al.* 2008b y 2012b).

En Argentina se ha trabajado en el compostaje del material mencionado, aunque desde el punto de vista microbiológico (Abril *et al.*, 2011), aún falta investigar en mayor detalle sus propiedades más relevantes, el manejo apropiado y el uso del compost obtenido en formulaciones de sustratos para reemplazar parcial o totalmente el suelo.

Por otro lado, en Mendoza también se encuentra disponible otro material, la agrolita, que si bien ha sido en ocasiones utilizado por algunos productores florícolas para formular sus sustratos, no ha sido investigado. Este material es un producto mineral que se extrae de canteras en las cercanías del volcán Maipo, en Mendoza. La empresa que lo extrae, luego lo somete a una temperatura de 500 °C aproximadamente, provocando la

semiexpansión del material (comunicación personal por parte de la empresa).

La empresa ofrece la agrolita en tres granulometrías denominadas A2, A3 y A4, siendo la A2 de menor tamaño de partícula y la A4, la de mayor tamaño. Todas se comercializan a granel y en bolsas de 40 lts. Otros usos que posee la agrolita en Mendoza es como aislante térmico en techos. Por lo tanto, debido a su disponibilidad local sería un componente de sustrato interesante de ser caracterizado y evaluado en formulaciones de sustratos para plantas.

En base a lo mencionado, en este trabajo se establecen las siguientes hipótesis:

El orujo de uva agotado puede ser un material con características suficientes para dar lugar a un proceso de compostaje adecuado cuyo producto final podría ser utilizado en forma pura o como componente de sustratos en la producción de plantines florales de estación. Además, la agrolita podría ser un componente para emplearlo en los sustratos formulados con el compost elaborado proporcionando algún beneficio desde el punto de vista físico o químico.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo general

- Evaluar el proceso de compostaje del orujo de uva agotado y su uso en forma pura o en mezcla con agrolita para formular sustratos para la producción de plantines florales de estación.

1.6.2. Objetivos específicos

- Estudiar la variación de parámetros físicos, físico-químicos y químicos durante el compostaje del orujo de uva agotado.
- Caracterizar física y químicamente el compost de orujo de uva agotado para evaluar su utilización como componente de sustrato.
- Caracterizar física y químicamente distintos tamaños de agrolita para su utilización como componente de sustrato.

- Elaborar mezclas formuladas con compost de orujo de uva obtenido en forma pura y en mezcla con agrolita, y analizar sus propiedades en comparación con un sustrato comercial.
- Evaluar el comportamiento de los sustratos formulados en comparación con un sustrato comercial en la producción de petunia (*Petunia hybrida*), alegría de hogar (*Impatiens walleriana*) y copete (*Tagetes patula*).

MATERIALES Y MÉTODOS

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIA PRIMA PARA ELABORACION DEL COMPOST

El material que se utilizó para elaborar el compost fue orujo de uva agotado de la destilaría Derivados Vínicos S.A., ubicada en el departamento de San Martín, Mendoza. El orujo fue obtenido en septiembre del año 2015 (Figuras 1, 2 y 3). Antes de su uso se tomó una muestra compuesta por cuatro submuestras de 250 g cada una, tomadas al azar en diferentes puntos de la pila y se envió al laboratorio de Suelo, Agua y Material Vegetal de la EEA Mendoza del INTA para analizar los siguientes parámetros químicos, conductividad eléctrica y pH en relación 1:5 (peso:volumen), humedad por gravimetría; materia orgánica mediante pérdida de peso luego de calcinación a 550 °C, carbono orgánico por un coeficiente a partir de la materia orgánica y nitrógeno total mediante digestión húmeda por método Kjeldahl, y relación C/N. Todas las metodologías fueron realizadas según lo descrito en Sadzawka *et al.* (2005). En el Laboratorio de Sustratos del Instituto de Floricultura del INTA se midieron parámetros físicos: densidad aparente por el método Hofmann (Fermino, 2003), espacio poroso total,

capacidad de retención de agua y poros de aire por el método de De Boodt utilizando lechos de arena (De Boodt *et al.*, 1974); granulometría a través de la separación de partículas de diferentes tamaños usando un set de tamices y cuyas mallas presentaban aberturas, en orden decreciente, 5,56, 4,75, 3,35, 2, 1,4, 1 y 0,5 mm (Ansorena Miner, 1994).



Figura 1. Pila de material inicial.



Figuras 2 y 3. Detalle del material inicial.

2.2 ELABORACIÓN DEL COMPOST

La elaboración del compost de orujo de uva agotado se realizó en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Mendoza (EEA INTA Mendoza), situada en el departamento de Lujan de Cuyo, provincia de Mendoza, Argentina ($33^{\circ}0'10.88''S$ - $68^{\circ}52'1.02''O$).

Las pilas de compostaje se armaron el 01/10/2015 en un área de la EEA INTA Mendoza destinado a ensayos

de compostaje. Se armaron 4 pilas, cuyas medidas eran de 1,6 m de ancho x 3,5 m de largo x 1,1 m de alto de sección trapezoidal, dando lugar a pilas de un volumen aproximado de 3 m³ de orujo de uva agotado (Figura 4).



Figura 4. Pilas de compostaje.

El sistema utilizado fue abierto de pilas con volteos, los mismos se realizaron cada 21 días desde el comienzo del proceso hasta su finalización. Esta labor se realizó con un implemento anclado en un tractor (Figura 5) cuya función fue esparcir el material, para luego armar las pilas nuevamente con pala manual.

Cada pila se regó periódicamente con un sistema de riego por goteo, utilizando aproximadamente 4400 litros de agua por pila para mantener la humedad entre 50 y 60%.



Figura 5. Detalles de la herramienta utilizada para esparcir el compost y luego rearmar las pilas para su volteo.

Una vez hechas las pilas, a cada una se tomó una muestra de 4 litros, conformada por cuatro submuestras de un litro tomadas al azar en diferentes puntos y se enviaron al Laboratorio de Suelo, Agua y Material Vegetal de EEA INTA Mendoza y al Laboratorio de Sustratos del

Instituto de Floricultura para analizar los mismos parámetros descritos en el apartado anterior.

También, tanto al inicio como a los 27, 63, 98, 124 y 154 días del proceso de compostaje se tomaron muestras de igual manera y se enviaron al laboratorio de Suelo, Agua y Material Vegetal de la EEA Mendoza del INTA donde se determinó la densidad aparente mediante el método descrito por Hoffmann (Fermino, 2003); conductividad eléctrica y pH en relación 1:5 (peso:volumen); humedad mediante diferencia de peso; materia orgánica por calcinación; nitrógeno total mediante digestión húmeda por método Kjeldahl; carbono orgánico por un coeficiente a partir de la materia orgánica; relación C/N, concentración de nitrógeno nítrico y amoniacal, potasio y fósforo siguiendo la metodología descrita por Sadzawka *et al.* (2005).

Además, para tener una idea de la estabilidad que tenía el compost se realizó un seguimiento de la actividad microbiana midiendo la producción de CO₂ por respirometría siguiendo la metodología descrita por Cooperband *et al.* (2003). Complementariamente, se realizaron observaciones visuales como cambio de color, olor y apariencia del material.

Asimismo, se tomó la temperatura de cada pila en 4 puntos al azar, dos veces por semana, utilizando un termómetro digital de punción, con un largo de espiga de 29 cm. Además, se registró la temperatura ambiente en la estación meteorológica perteneciente a la EEA INTA Mendoza.

El proceso se dio por finalizado a los 160 días.

2.3 CARACTERIZACIÓN DEL COMPOST DE ORUJO DE UVA OBTENIDO

Una vez finalizado el proceso de compostaje (Figura 7 y 8) el producto obtenido por pila se recogió y colocó en contenedores de plástico de gran volumen (big bags) (Figura 6) para su posterior traslado al invernáculo perteneciente al área de floricultura.



Figura 6. Compost estibado en big bags.



Figura 7. Detalle del compost terminado.



Figura 8. Detalle en compost terminado.

Se tomó una muestra de cada pila del compost elaborado y se envió al Laboratorio de Sustratos del Instituto de Floricultura del INTA donde se analizaron los siguientes parámetros: densidad aparente con el método Hofmann (Fermino, 2003); espacio poroso total, capacidad de retención de agua y poros de aire con el método de De Boodt mediante los lechos de arena (De Boodt *et al.*, 1974); granulometría mediante una tamizadora con tamices de 5,56, 4,75, 3,35, 2, 1,4, 1 y 0,5 mm (Ansorena Miner, 1994), estos valores se presentan agrupados en los siguientes segmentos: < 1 mm, de 1-3,35 mm y > 3,35 mm; pH y conductividad eléctrica en una relación 1+5 vol/vol (Barbaro *et al.*, 2011);

concentración de calcio, magnesio, potasio, fósforo, sodio, zinc, manganeso, cobre y hierro en g.L^{-1} en el filtrado de la solución 1+5 vol/vol (Barbaro *et al.*, 2011) con un espectrofotómetro de absorción atómica (Varian modelo 220 A) y nitratos con electrodo ión selectivo (Orion modelo 920 A).

Además, se realizó con una muestra compuesta del compost obtenido, mezclando partes iguales de cada pila, un ensayo de Índice de germinación a través del método de Zucconi modificado. En tres cajas de petri con papel de filtro en la base, se colocó 1 ml de la solución filtrada 1 + 5 v/v de la muestra, luego se colocaron 10 semillas de tomate (*Solanum lycopersicum var. Caroca* INTA) y de la misma manera se preparó el control utilizando agua destilada. Todas las cajas de Petri fueron llevadas a un fitotrón Marca Sanyo (cámara de cultivo con control de humedad y luz) a 24 °C de temperatura con 16 h de fotoperíodo, durante 96 h. Al retirar las cajas se midió la longitud de la radícula y el número de semillas germinadas de cada caja de petri. Con los valores promedios de ambas variables se calcularon: el porcentaje de germinación relativo, el crecimiento de radícula relativo y el índice de germinación. Si los valores de índice de germinación (IG) eran > 80%, se consideraba que no había sustancias fitotóxicas o que estaban en muy

52

baja concentración; si eran < 50%, que había una fuerte presencia de sustancias fitotóxicas y si el valor de IG se encontraba entre 50% y 80% la presencia de estas sustancias era moderada (Zucconi *et al.*, 1981; Varnero *et al.*, 2007).

2.4 UTILIZACIÓN DEL COMPOST DE ORUJO DE UVA COMO COMPONENTE DE SUSTRATO. EXPERIMENTOS DE DESARROLLO VEGETAL.

2.4.1 Corrección del compost

Como el valor de pH del compost obtenido no se encontró en el rango óptimo, se debió hacer una corrección con azufre micronizado para bajar el pH. Antes de llevar a cabo la corrección, se realizó un ensayo previo cuyo objetivo fue determinar el tiempo necesario para que el compost se estabilice y confirmar con cuantos gramos de azufre micronizado (marca POLMIC) por litro de compost alcanzaría para llegar al pH óptimo (5,5-6,3).

En este ensayo previo se evaluaron 6 dosis: 0; 0,5; 1; 2; 3 y 4 g de azufre micronizado por litro de compost. Cada dosis conformó un tratamiento, la unidad

experimental fue una bolsa de polietileno con 2 litros de compost. Se utilizaron 3 repeticiones por tratamiento.

A cada bolsa se incorporó la dosis correspondiente y luego se homogeneizó. Antes de incorporar el azufre y luego, cada siete días hasta que se estabilizó el pH, se midió la conductividad eléctrica y pH. Las metodologías utilizadas en los análisis fueron las mismas que se detallaron en el apartado anterior realizadas por el laboratorio de sustratos de Instituto de Floricultura.

2.4.2 Caracterización de la agrolita como componente de sustratos

Se realizó un análisis físico y químico a cada tamaño de agrolita (A2, A3 y A4) proveniente de la empresa Blastex S.A., en el Laboratorio de Sustratos del Instituto de Floricultura para analizar los mismos parámetros descritos en el apartado 1.2.

En la figura 9 se aprecian los tres tipos de agrolita comercializada.



Figura 9. Imagen de los tres tipos de agrolita comercializados (A2, A3 Y A4).

2.4.3 Formulación y caracterización de los sustratos

Para formular los sustratos se utilizaron tres granulometrías distintas de agrolita (A2, A3 y A4) y una mezcla de las 4 pilas del compost obtenido, la cual luego se corrigió el pH. Los sustratos formulados fueron:

- 1) 100% de Compost de orujo de uva sin corregir pH (COSC).
- 2) 100% de Compost de orujo de uva con pH corregido (COC).

3) 75% de Compost de orujo de uva con pH corregido + 25% de agrolita N°2 (COCA2).

4) 75% de Compost de orujo de uva con pH corregido + 25% de agrolita N°3 (COCA3).

5) 75% de Compost de orujo de uva con pH corregido + 25% de agrolita N°4 (COCA4).

Además de los sustratos mencionados, se utilizó como testigo un sustrato que se utiliza en el Instituto de Floricultura (INTA) el cual es provisto por la empresa Terrafertil S.A., denominado como “Z Floricultura” (ST) compuesto por turba de musgo *Sphagnum*, corteza de pino compostada y perlita.

En el laboratorio de sustratos del Instituto de Floricultura se analizaron a todos los sustratos formulados, sus componentes y el testigo los mismos parámetros mencionados en el apartado 1.2 (densidad aparente, espacio poroso total, capacidad de retención de agua, poros de aire, granulometría, pH, conductividad eléctrica, concentración de calcio, magnesio, potasio, fósforo, sodio, zinc, manganeso, cobre, hierro y nitratos).

2.4.4 Ensayos con plantas florales

Los ensayos se realizaron en un invernáculo de polietileno, tipo parabólico, perteneciente a la EEA INTA Mendoza, ubicado en Lujan de Cuyo, Mendoza (33°0'10.88"S - 68°52'1.02"O).

Se realizaron tres ensayos con las siguientes especies: alegría de hogar (*Impatiens walleriana*), copete (*Tagetes patula*) y petunia (*Petunia hybrida*), obtenidos en a la empresa Geoplant S.A.

En todos los casos, cada ensayo estuvo conformado por 6 tratamientos (5 sustratos con compost de orujo y el sustrato testigo) y 4 repeticiones por tratamiento.

La unidad experimental estuvo compuesta por 5 macetas de N° 10, de 9,5 cm de diámetro superior, 6 cm de diámetro inferior y 9,5 cm de altura (455 cm³). El diseño experimental fue completamente aleatorizado.

Las plantas se regaron diariamente en forma manual (mangera) hasta observar que por la base de la maceta comenaba a drenar. El agua de riego utilizada tuvo las siguientes características: con un pH de 7,34; CE, 0,94 dS.m⁻¹; nitratos, 21 mg L⁻¹; calcio, 127 mg L⁻¹;

magnesio, 17 mg L⁻¹; potasio, 3 mg L⁻¹; sodio, 49 mg L⁻¹; cloruros, 71 mg L⁻¹ y bicarbonatos, 71 mg L⁻¹.

La fertilización se realizó con la adición de un fertilizante de liberación lenta (Basacote plus 3M) en una dosis de 1g/maceta. Durante la duración del experimento el promedio de la temperatura máxima, media y mínima fue de 25,46 °C; 17,25 °C; y 10,86 °C; respectivamente (figura 10).

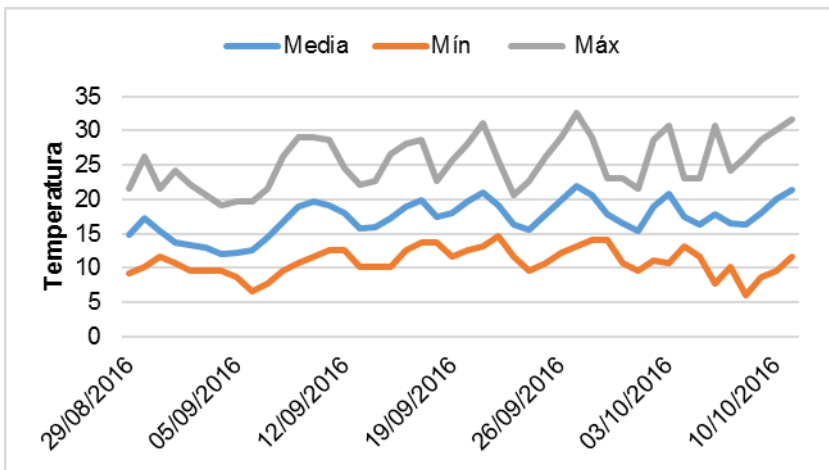


Figura 10. Temperaturas máximas, mínimas y media diarias, dentro del invernáculo, durante el ensayo con plantas florales.

El ensayo para cada especie se dio por terminado cuando más del 50% de las plantas habían florecido, es

decir, a los 35 días del trasplante para alegría del hogar y a los 46 días del trasplante para copete y petunia. En ese momento, se midió en petunia: número de flores y pimpollos con color, cantidad de clorofila, masa fresca y seca de parte aérea y radical. En alegría del hogar: largo de tallo principal, su diámetro en la base, número de flores y pimpollos con color, cantidad de clorofila, masa fresca y seca de parte aérea y radical. En copete: diámetro en la base del tallo principal, número de flores y pimpollos con color, número de ramificaciones, cantidad de clorofila, masa fresca y seca de parte aérea y radical.

El diámetro del tallo se midió con un calibre marca bta TOOLS, el largo de tallo principal se midió con cinta métrica con una sensibilidad de 0,1 cm, la cantidad de clorofila se midió con un equipo SPAD marca Minolta, la masa fresca y seca se obtuvo pesando en una balanza marca Sartorius con una sensibilidad de 0,01 g. La masa seca se obtuvo colocando las muestras en estufa a 65 °C hasta peso constante.

2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados de las variables evaluadas a las pilas de compost, los sustratos formulados, testigo y las variables morfológicas medidas en los ensayos con plantas se sometieron a análisis de varianza y Test de Tukey para comparación de medias ($p=0,05$). El software estadístico utilizado fue el programa InfoStat versión 2016 (Di Rienzo *et al.*, 2016).

Se elaboraron gráficos de líneas para graficar los parámetros evaluados durante el compostaje.

En el ensayo de corrección de pH del compost del orujo de uva agotado se realizó un análisis de correlación entre pH y CE, y otro entre la concentración de elementos minerales y la CE. También se elaboraron gráficos de línea para la evolución del pH y la CE.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 MATERIALES INICIALES

Según De Bertoldi *et al.* (1983) y Diaz & Savage (2007), el material tuvo un pH dentro del rango recomendable (5,5-8) para el inicio del compostaje, por lo cual, permitiría un correcto desarrollo de los microorganismos encargados del proceso (Tabla 7). La humedad presentó un valor adecuado (54%) para dar comienzo al proceso de compostaje sin el agregado de agua, ya que el rango propicio es de 45 a 65% según Schulze (1962); Stentiford (1996) y Crespo *et al.* (2013). La relación C/N fue de 29,9, valor que se situó dentro de los rangos aconsejados (25-35) para iniciar el compostaje (De Bertoldi *et al.*, 1983; Jhorar *et al.*, 1991; Crespo *et al.*, 2013). Existen materiales a compostar que requieren de la incorporación de otros componentes para tener valores iniciales de C/N óptimos. Por ejemplo, Abril *et al.* (2011) incorporaron guano de gallina y de cabra al aserrín de álamo; del mismo modo, Leconte *et al.* (2009) utilizaron estiércol de gallina para incorporar a la cáscara de arroz y aserrín de madera. En el caso evaluado, el orujo de uva agotado, no requirió de la incorporación de ningún otro componente.

La densidad aparente fue baja, acompañado de un espacio poroso total elevado, y una porosidad de aire apropiada, estos resultados permitirían una aireación adecuada durante el compostaje.

Tabla 7. Análisis del orujo de uva agotado previo al proceso de compostaje.

Propiedad	Valor
pH	6,2
CE (dS.m ⁻¹)	1,2
N Total (%)	1,8
C/N	29,9
Densidad aparente (Kg. m ⁻³)	264,5
Humedad (%)	54
MO (%)	91
Porosidad de Aire (%)	44
Porosidad de Agua (%)	42
Porosidad Total (%)	86
Partículas <1 mm (%)	18
Partículas 1 - 3.35 mm (%)	58
Partículas > 3,35 mm (%)	24

CE: Conductividad eléctrica. MO: Materia orgánica. N total: Nitrógeno total.

C/N: Relación carbono/nitrógeno.

3.2 PARÁMETROS EVALUADOS DURANTE EL COMPOSTAJE

La evolución de las propiedades del material a lo largo del proceso de compostaje proporciona información referente al manejo, seguimiento y control del mismo. Además, permite conocer el grado de estabilidad y madurez que va presentando el material durante su transformación.

3.2.1 Temperatura

En los primeros días del proceso se observó un incremento de la temperatura, cuyo máximo valor fue de 62,8 °C, luego las temperaturas se mantuvieron por encima de los 40 °C durante 50 días (Figura 11). Esta primera etapa mencionada es la denominada fase termófila (Day & Shaw, 2001; Insam & Bertoldi, 2007; Crespo *et. al.*, 2013). Estos valores de temperatura indican que había una alta actividad microbiana (Day & Shaw, 2001; Insam & Bertoldi, 2007; Lavado, 2012; Crespo *et. al.*, 2013). Luego de esta etapa, la temperatura del compost fue disminuyendo y acercándose a la temperatura media ambiente dando indicio de que la actividad microbiana iba decreciendo, característica

propia de la etapa mesófila (a partir de los 49 días). En los últimos días del compostaje la temperatura fue acercándose progresivamente a la temperatura ambiente encontrándose en la etapa de maduración. Los valores de temperatura mencionados en la última etapa dan indicios de que el material se estaba estabilizando (Cooperband *et al.*, 2003; Crespo *et al.*, 2013).

Las temperaturas obtenidas durante el proceso de compostaje fueron óptimas para lograr una correcta eliminación de patógenos mesófilos, hongos, esporas, semillas y larvas de insectos (Stentiford, 1996; Day & Shaw, 2001; Insam & Bertoldi, 2007; Bernal *et al.*, 2009; Crespo *et al.*, 2013).

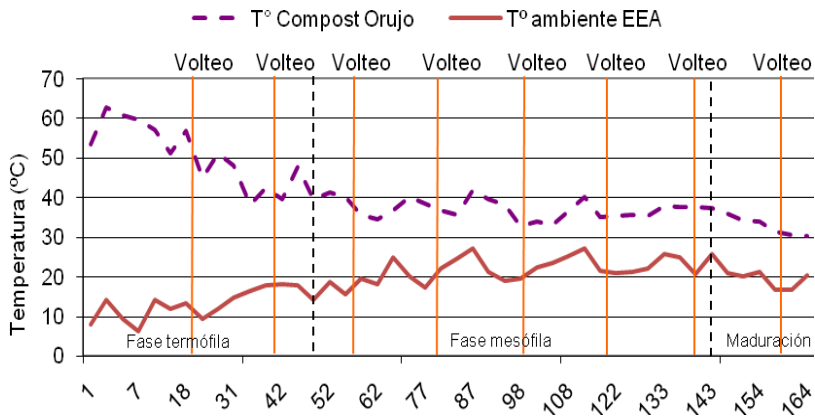


Figura 11. Temperatura del material y del ambiente durante el compostaje de orujo agotado.

Carmona *et al.* (2012a) también obtuvieron un comportamiento similar para seis compostajes realizados con orujo de uva logrando como máximas temperaturas entre 60 y 70 °C, y finalizando con 40 °C en la etapa de maduración. Sin embargo, Bustamante *et al.* (2008b) al emplear orujo de uva agotado mezclado con guano de vaca y de ave de corral en proporción 70-30 (g/g) respectivamente, observaron temperaturas mayores a 50 °C por pocos días. Paradelo *et al.* (2010) utilizaron sólo orujo de uva agotado, observando que en ningún momento la temperatura superó los 25 °C. Posiblemente el motivo de estas diferencias térmicas estén dadas por el volumen inicial de la materia prima a compostar, ya que Carmona *et al.* utilizaron pilas de 40-50 m³, en el presente trabajo cada pila consistió en un volumen de 3 m³, y los últimos autores mencionados emplearon un volumen de 0.350 m³ (Bustamante *et al.*, 2008b) y 10 lts. (Paradelo *et al.*, 2010).

3.2.2 Densidad aparente

Se observó un incremento en la densidad aparente del material a medida que fue transcurriendo el proceso (Figura 12), con diferencia significativa entre el inicio y el

final del compostaje ($p < 0,0001$). Esto es debido a la disminución del tamaño de partícula ocasionado por la fragmentación y descomposición del material inicial durante el compostaje (Mendoza-Hernandez, 2010).

Lanrey *et al.* (2000) observaron un efecto similar al compostar guano proveniente de feedlot y Mohee *et al.* (2008) al compostar guano de pollo parrillero mezclado con papel.

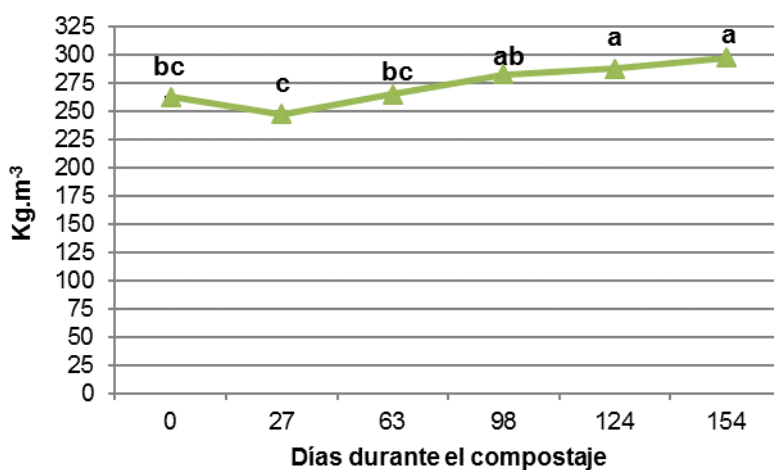


Figura12. Densidad aparente del orujo de uva agotado durante el proceso de compostaje. Letras distintas indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$).

3.2.3 pH y conductividad eléctrica

Los valores de pH fluctuaron durante el proceso de compostaje entre 6,17 y 6,97, sin diferencias significativas entre el inicio y el final del compostaje. Pero sí hubieron diferencias significativas entre el valor obtenido al inicio y a los 27, 63 y 124 días de compostaje ($p \leq 0,0087$) (Figura 13). Esto contrasta con lo publicado por Bertran *et al.* (2004), quienes realizaron compostajes con distintas proporciones de diferentes residuos de bodegas y notaron disminuciones del valor de pH de 9 a 8, y de 8 a 7, según las mezclas al finalizar el proceso. Por otro lado, hay otros investigadores que realizaron compostajes con orujo de uva y encontraron un aumento en el valor del pH durante el proceso (Diaz *et al.*, 2002; Pino *et al.*, 2005; Carmona *et al.*, 2012a). Asimismo, Hardy & Sivasithamparam (1989) también tuvieron un incremento del pH durante el compostaje de corteza de eucalipto. En cambio, Khalil *et al.* (2008) comentan que se mantuvo estable el pH durante el compostaje de residuos de jardinería y Raviv *et al.* (1987) encontraron una disminución del pH durante el compostaje de guano de vaca. A pesar de las discordancias encontradas de pH durante el compostaje, se puede advertir que en todos los casos los valores finales del compost obtenido se encuentran en un rango

de 7 a 8 aproximadamente. Según Suler & Finstein (1977), con una adecuada aireación un compostaje concluiría con los valores mencionados, si fuesen más bajos indicarían fenómenos anaerobios y que el material no está aún maduro.

En base a lo mencionado, se deduce que el compost de orujo elaborado tuvo durante el proceso de compostaje valores de pH apropiados para la actividad microbiana. Además, el valor del compost obtenido concuerda con el valor final de pH encontrado por otros autores cuando en su proceso de compostaje han utilizado esta misma materia prima (Baran *et al.*, 2001; Bertran *et al.* 2004; Carmona *et al.*, 2008, 2012a, 2012b; Paradelo *et al.*, 2009).

En cuanto a la CE, durante el proceso mostró oscilaciones pero sin diferencias entre los momentos de muestreo (Figura 13). Este comportamiento contrasta con lo que describen Carmona *et al.* (2012b) en su experiencia con orujo de uva, cuya CE disminuyó de 1,93 a 1,63 dS.m⁻¹. Por el contrario, Bertran *et al.* (2004) utilizando residuos de bodega detectaron un aumento en la CE con valores que fueron de 1,5 a 4,5 dS.m⁻¹. Generalmente durante el proceso de compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica la CE tiende a

aumentar, aunque a veces se observa un descenso debido a fenómenos de lixiviación (Sánchez Monedero, 2001).

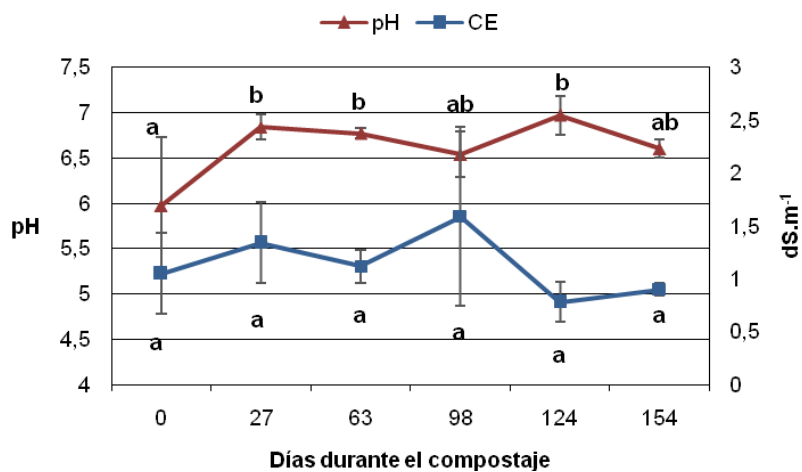


Figura 13. Conductividad eléctrica (CE) y pH durante el compostaje del orujo de uva agotado. Letras distintas en una misma línea indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$).

3.2.4 Materia Orgánica y relación C/N

Hubo una disminución del contenido de materia orgánica (Figura 14) a lo largo del proceso y , se encontraron diferencias significativas entre el valor obtenido el día 0 con restantes días ($p \leq 0,0002$), sin diferencia significativa entre los valores del día 27, 63, 98 y 124. El valor obtenido al final (Día 154) del proceso fue el menor y se diferencio del inicial (Día 0). Esto es consecuencia de los fenómenos de biodegradación que se producen durante el compostaje (Insam & Bertoldi, 2007). Según Carmona *et al.* (2012a), en el caso de orujo de uva, podría deberse a la biodegradación de restos de pulpa y piel de la uva, que son ricos en azúcares y pobres en celulosa. Los valores finales obtenidos fueron similares a los de otros trabajos en donde se compostó orujo de uva (Baran *et al.*, 2001; Bustamante *et al.*, 2008a; Carmona *et al.*, 2012a).

Con respecto a la relación C/N (Figura 14), también hubo una disminución significativa a lo largo del proceso ($p \leq 0,0002$). La relación C/N al final del compostaje fue de 17,2. Los valores finales de un compost estable según Cooperband *et al.*, (2003) deberían ser menor a 20, por lo que, si bien a partir de los 27 hasta el final no se observaron diferencias estadísticas significativas, recién a 70

partir de los 124 días los valores medios de relación C/N se situaron debajo de 20. Por lo tanto, se podría inferir que el compost obtenido en base a este parámetro se encontraba estable.

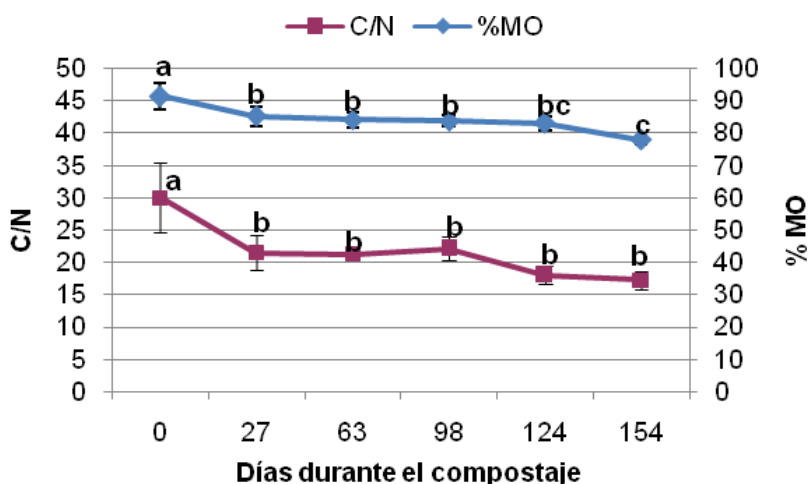


Figura 14. Materia orgánica (MO) y relación carbono/nitrógeno (C/N) durante el proceso de compostaje del orujo de uva agotado. Letras distintas en una misma línea indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$).

3.2.5 Nitrógeno, Fósforo y Potasio

En el caso del nitrógeno hubo dos efectos que se pudieron visualizar. En primer lugar, el contenido de nitrógeno total (N_T) sufrió variaciones durante el proceso de compostaje, mostrando un aumento hacia el final con diferencia significativa a los 124 días con el valor inicial ($p \leq 0,0254$); y por otro lado el contenido de nitrógeno amoniacal y nítrico (nitrógeno mineral) disminuyeron un 65% y 91% respectivamente (Figura 15 y 16).

El contenido de nitrógeno amoniacal en los primeros días aumentó para luego disminuir durante el resto del proceso. Esto coincide con lo manifestado por otros autores, los cuales mencionan que podría deberse a procesos de amonificación y a pérdidas por volatilización (Zhu 2006, Diaz *et al.* 2002).

En el caso del nitrógeno nítrico, excepto por los valores iniciales que fueron mayores ($p < 0,0001$), en los restantes muestreos no hubo diferencias significativas, es decir que los valores fueron estables durante los 91 días restantes. En general, el contenido de nitrato aumenta durante el proceso (Iglesias-Jiménez *et al.*, 2008), por ejemplo, Bustamante *et al.* (2009) durante el compostaje de residuos de bodega y Zhu (2006) al compostar guano

de cerdo con mazorcas de maíz detectaron un aumento en la concentración de nitratos. Por otro lado, Raviv *et al.* (1987) durante el compostaje de guano de vaca y Diaz *et al.* (2002) al producir compost de orujo de uva encontraron una disminución de las cantidades de nitratos. En el presente trabajo se observó una disminución y luego una concentración constante, como también sucedió en trabajos realizados por Palmisano *et al.* (1993) al compostar residuos de poda urbana.

En cuanto al fósforo (P) y al potasio (K), ambos presentaron oscilaciones a lo largo del proceso, pero sin diferencias significativas entre los muestreos ($p \leq 0,4042$ y $p \leq 0,1772$, respectivamente).

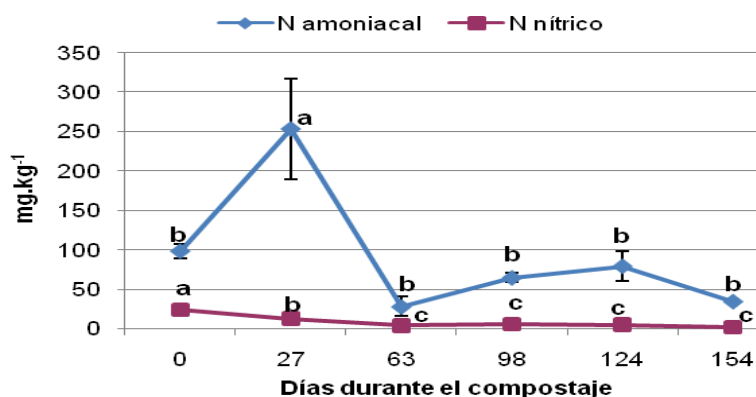


Figura 15. Nitrógeno (N) nítrico y amoniacal durante el proceso de compostaje del orujo de uva agotado. Letras distintas en una misma línea indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$).

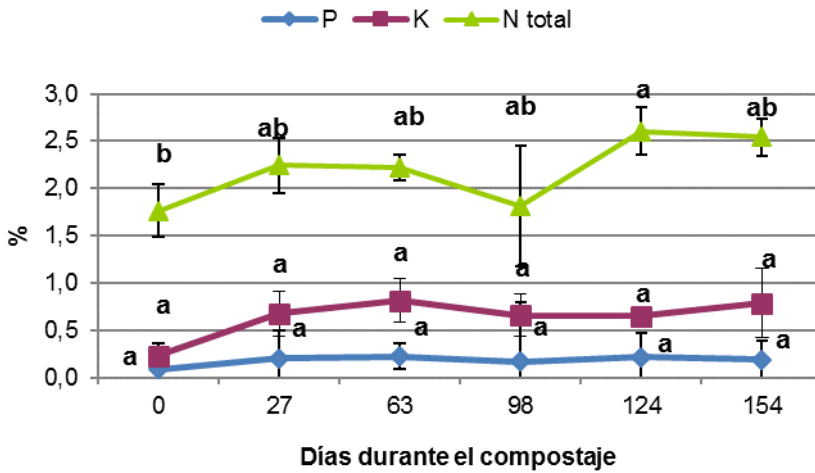


Figura 16. Porcentaje de nitrógeno (N) total, fósforo (P) y potasio (K) durante el compostaje de orujo de uva agotado. Letras distintas en una misma línea indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$).

3.2.6 Análisis respirométrico: producción de CO₂

Los valores de producción de CO₂ durante todo el proceso de compostaje se encontraron por debajo del límite máximo, el cual indica que el compost se encuentra estable, es decir, menor a 20 mg.g⁻¹.7d⁻¹ (Hue & Liu, 1995). Igualmente, la producción de CO₂ fue decreciendo a medida que avanzaba el proceso de compostaje (Figura 17), evidenciándose una mayor actividad al inicio del

proceso y ralentizándose durante la etapa mesófila y de maduración, el valor inicial se diferenció de los restantes muestreos ($p < 0,0001$). La dinámica de este parámetro es acorde a lo esperado, debido al incremento de la mineralización de la materia orgánica y a la disminución de la actividad microbiana. . En el caso estudiado, este parámetro no fue un indicador para establecer la madurez del compost, en cambio, si lo fue la la relación C/N, la cual a partir de los 124 días se encontro por debajo del límite establecido como óptimo según Cooperband *et al.*, (2003).

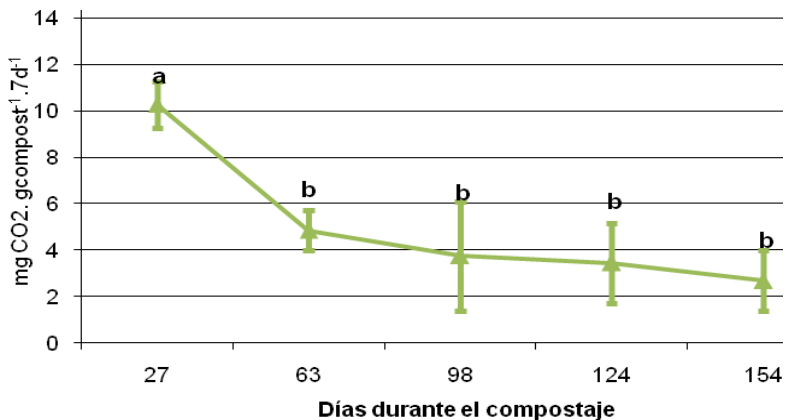


Figura 17. Cantidad de CO₂ emitido por los microorganismos a lo largo del proceso de compostaje de orujo de uva agotado.

Letras distintas en una misma línea indican diferencias significativas según el Test de Tukey ($p < 0,05$).

3.2.7 Test de germinación

Los valores de porcentaje de germinación relativo, el crecimiento de radícula relativo y el índice de germinación obtenido (tabla 8), demuestran la inexistencia de sustancias fitotóxicas en el compost de orujo de uva agotado (Zucconi *et al.*, 1981; Varnero *et al.*, 2007). Este parámetro permite inferir que el compost se encontraba maduro.

Tabla 8. Porcentaje de germinación relativo (PGR), crecimiento de radícula relativo (CRR) e Índice de germinación (IG) del compost de orujo de uva agotado.

Compost de orujo de uva agotado	
PGR (%)	100
CRR(%)	99,71
IG	99,71

El proceso de compostaje según los parámetros evaluados fueron apropiados para la obtención de un compost de orujo de uva agotado estable y maduro. Por lo tanto, se encontraba en condiciones para pasar a la etapa de evaluación para su posible uso como componente de sustratos para plantas.

3.3 CARACTERIZACIÓN DEL COMPOST DE ORUJO DE UVA COMO COMPONENTE DE SUSTRATO PARA PLANTA

3.3.1 Propiedades químicas

La mayoría de las especies cultivadas en sustratos se desarrollan en rangos de pH entre 5,5-6,5 (Dubský & Šrámek, 2009), por lo tanto, el pH del compost de orujo de uva agotado superó este rango (Tabla 9). En estos casos es recomendable corregir el pH mediante la adición de azufre, sulfato ferroso, sulfato de aluminio u otros compuestos azufrados (Abad *et al.*, 2004; Barbaro *et al.*, 2010).

La conductividad eléctrica (CE) del compost de orujo de uva agotado fue baja (Tabla 9), esta condición permite que el manejo nutricional, si es necesario, se realice solo mediante la fertilización según los requerimientos del cultivo (Landis *et al.*, 2000).

La concentración de todos los elementos analizados (Tabla 9) fue baja según los rangos de referencia del Laboratorio de Sustratos del Instituto de Floricultura del INTA (Lab SyA (IF)) (Barbaro *et al.*, 2014).

Tabla 9. Propiedades químicas del compost de orujo de uva agotado obtenido.

Compost de orujo de uva agotado		
Parámetro	Media	D.E.
pH	6,71	0,03
CE (dS.m ⁻¹)	0,49	0,01
Nitratos (mg.L ⁻¹)	947,35	138,44
Ca (mg.L ⁻¹)	43,96	1,98
Mg (mg.L ⁻¹)	23,87	0,47
K (mg.L ⁻¹)	1902,55	35,50
Na (mg.L ⁻¹)	446,41	37,20
P2O5 (mg.L ⁻¹)	235,72	34,97
Zn (mg.L ⁻¹)	0,48	0,05
Cu (mg.L ⁻¹)	0,62	0,23
Mn (mg.L ⁻¹)	0,58	0,24
Fe (mg.L ⁻¹)	12,88	5,54

CE: conductividad eléctrica. D.E.: Desvío estándar

3.3.2 Propiedades físicas

La densidad aparente del compost de orujo de uva agotado fue baja (Tabla 10), encontrándose por debajo del límite superior recomendado para un sustrato (<400 kg.m⁻³, Abad *et al.*, 2004).

Las fracciones granulométricas tienen gran influencia sobre la relación de poros de aire y agua (Raviv & Lieth, 2008). Las partículas mayores a 1 mm dan lugar a poros grandes aportando aireación y menores a 1 mm conforman poros medianos a pequeños proporcionando retención de agua. El compost de orujo de uva agotado tuvo una proporción pareja de ambos tamaños (Tabla 10).

El espacio poroso total (EPT) estuvo cercano al valor recomendado (>85%, Ansorena Miner, 1994). Algunos compost de orujo de uva elaborados por otros autores tuvieron porcentajes entre 80 y 88%, siendo similares a los obtenidos (Bustamante *et al.*, 2008a; Carmona *et al.*, 2008; Carmona *et al.*, 2012a).

Los valores óptimos de porcentaje de poros de aire se considera entre 20 a 30% y la capacidad de retención de agua, entre 55 a 70% (Abad *et al.*, 2001), el compost de orujo de uva tuvo una porosidad de aireación levemente superior al rango y una capacidad de retención menor. No obstante, la bibliografía muestra que sustratos fuera de los de referencia permitieron una buena respuesta agronómica de las plantas, manteniendo una buena relación de poros de aire y agua (García-Gómez *et al.*, 2002; Hernández-Apaolaza *et al.*, 2005; Vendrame *et al.*, 2005; Awang *et al.*, 2009). En este sentido, cabe

destacar la importancia del tamaño del contenedor en el que se va a colocar el sustrato, ya que a un mismo tipo de sustrato la relación de poros de aire y agua a capacidad de contenedor variará según la altura del mismo (Burés, 1997; Owen & Altlant, 2008; Adams & Fonteno, 2011). Contenedores de menor altura requieren sustratos con mayor aireación y contenedores de mayor altura, sustratos con mayor capacidad de retención de agua. De acuerdo a esto, Pastor *et al.* (2003) obtuvieron mejor desarrollo de plantines de *Viburnus tinus* y *Spiraea japonica* en contenedores con menores dimensiones a medida que incrementaban el porcentaje de compost de corteza de pino compostada gruesa, en cambio, en contenedores mayores observaron un mejor desarrollo de plantines con sustratos formulados con compost de corteza de pino fina.

Tabla 10. Propiedades físicas del compost de orujo de uva agotado obtenido.

Compost de orujo de uva agotado			
Parámetro		Media	D.E.
Dap	kg.m ⁻³	320	10
>3,35 mm	%	13	2,41
3,35-1 mm	%	39	1,13
<1 mm	%	48	1,63
EPT	%	80	0,28
PA	%	36	0,71
CRA	%	44	0,72

Dap: densidad aparente, PA: porosidad de aireación, CRA: capacidad de retención de agua, EPT: Espacio poroso total. D.E.: Desvío estándar

En base a los análisis realizados se decidió hacer una corrección del pH antes de utilizar el compost de orujo de uva para sustrato a fin de disminuir su valor.

Por otro lado, si bien, el compost tenía una porosidad de aireación cercana al rango recomendado, como este compost fue pensado para formular sustratos para producir plantines de estación en macetas de baja altura se decidió evaluar mezclas con mayor porcentaje de aireación.

3.4 CORRECCION DEL COMPOST DE ORUJO, CARACTERIZACIÓN DE LA AGROLITA Y LOS SUSTRATOS EVALUADOS. BIOENSAYOS.

3.4.1 Corrección del pH del compost de orujo

Al analizar la evolución del pH y la CE del compost de orujo de uva agotado corregido con las diferentes dosis de azufre micronizado (Figuras 18 y 19), se visualizó una estabilización de los valores de pH y CE a las 8 semanas de iniciado el ensayo. A medida que se incrementó la dosis de azufre, disminuyó el valor de pH y aumentó el de CE con una correlación de -0,99, coincidiendo este resultado con el encontrado por Barbaro *et al.* (2010) y Carrión *et al.* (2008).

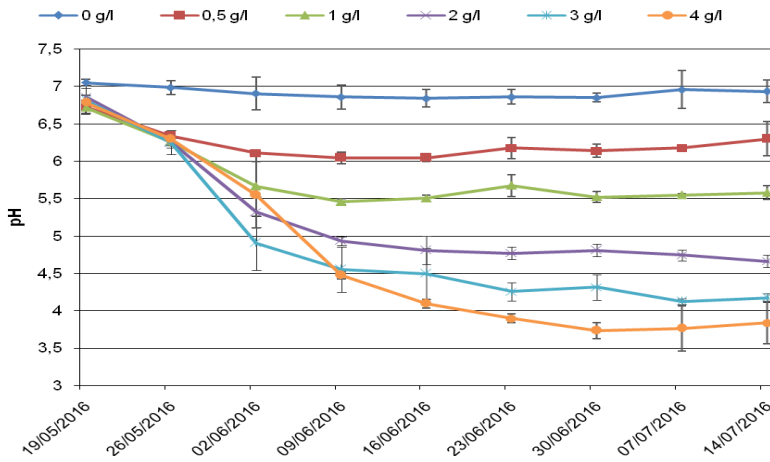


Figura 18. Evolución del pH del compost de orujo de uva corregido con las diferentes dosis de azufre micronizado en el tiempo.

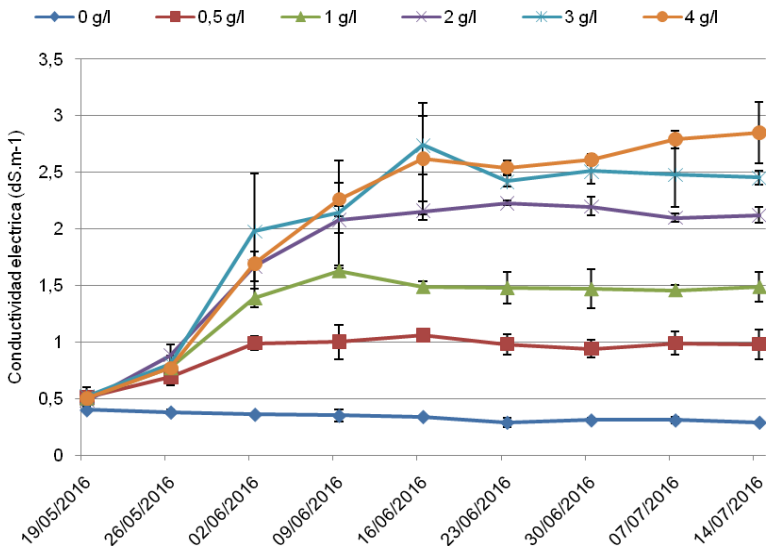


Figura 19. Evolución de la CE del compost de orujo de uva corregido con las diferentes dosis de azufre micronizado en el tiempo.

En base a los resultados se determinó utilizar la dosis de 0,5 g/l debido a que la misma alcanzó un valor de pH cercano al rango óptimo para un sustrato, 5,5-6,5 (Dubský & Šrámek, 2009), y la CE se ubicó debajo del límite recomendado para un sustrato, $<1 \text{ dS.m}^{-1}$ (Barbaro *et al.*, 2014). La corrección del compost con 1 y 2g permitieron bajar el pH a valores dentro del rango, pero la CE superaba el límite máximo. Es conveniente que los sustratos para plantas tengan una CE baja, para que no existan problemas de toxicidad y que el productor pueda manejar las concentraciones de nutrientes minerales (Landis *et al.*, 2000; Abad *et al.*, 2001).

El contenido de calcio, magnesio, potasio, sodio, fósforo, zinc y cobre solubles incrementó a medida que aumento la dosis de azufre utilizada (Tabla 11). Hubo una alta correlación entre la concentración de los mismos y la CE (Coeficiente de correlación Ca: 0,97, Mg: 0,98, K: 0,92, Na: 0,86, P_2O_5 : 0,91, Zn: 0,8, Cu: 0,88). Para los restantes elementos los coeficientes fueron bajos (nitratos: 0,3, Mn: 0,08, Fe: -0,69). Los resultados indican que el incremento de la CE al disminuir el pH estuvo relacionado con el contenido de calcio, magnesio, potasio, sodio, fósforo, zinc y cobre. Estos resultados coinciden con los trabajos realizados por Barbaro *et al.* (2010) sobre compost de residuos de poda y por Lucas & Davis (1961)

en suelos orgánicos, donde, por ejemplo, la disponibilidad de calcio y magnesio aumentó al disminuir el pH.

Tabla 11. Concentración de nutrientes al inicio y al finalizar el ensayo de corrección para cada dosis de azufre micronizado que se le agrego al compost de orujo de uva agotado.

Variable	Unidades	Dosis de azufre micronizado en g por litro de sustrato					
		0 g.l ⁻¹	0,5 g.l ⁻¹	1 g.l ⁻¹	2 g.l ⁻¹	3 g.l ⁻¹	4 g.l ⁻¹
pH		6,7	5,9	5,49	4,82	4,21	3,65
CE	dS.m ⁻¹	0,26	1,07	1,65	2,44	2,95	3,22
Nitratos		270	280	264	222	370	320
Ca		22	466	1890	5146	6508	7322
Mg		12	196	615	1354	1655	2072
K	mg/l sustrato	1324	4471	4893	5663	6053	6374
Na		278	925	1034	1123	1125	1175
P2O5		153	152	238	721	1284	1699
Zn		1,21	1,1	1,35	2,11	3,79	6,48
Cu		1,58	0,91	2,4	11,82	22,8	34,9
Mn		1,9	1,01	0,98	1,38	1,64	1,64
Fe		4,75	2,77	2,87	1,64	2,12	1,84

CE: conductividad eléctrica.

En conclusión, antes de utilizar el compost de orujo de uva agotado cuyo pH fue de 6,7, se decidió corregir con 0,5 g.l⁻¹ de azufre micronizado para luego formular los sustratos.

3.4.2 Caracterización de la agrolita como componente de sustratos

El pH de los tres tipos de agrolitas tuvo valores levemente alcalinos (Tabla 12). La CE se ubicó cercano al límite recomendado para un sustrato, $<1 \text{ dS.m}^{-1}$ (Barbaro *et al.*, 2014), con un leve incremento a mayor tamaño de partícula. El mismo incremento se observó con el contenido de calcio, en cambio, el contenido de magnesio, potasio y sodio disminuyeron con el incremento del tamaño de partícula. Se observaron diferencias significativas entre los tipos de agrolita para todos los parámetros mencionados (Tabla 12). Los valores obtenidos para cada elemento soluble no fueron restrictivos para el cultivo de plantas según los rangos de referencia del Laboratorio de Sustratos del Instituto de Floricultura del INTA (Barbaro *et al.* 2014).

Tabla 12. Valores de pH, conductividad eléctrica (CE), nutrientes, materia orgánica (MO), de de los distintos tipos de agrolita.

Sustrato	Valor p	A2	A3	A4	
pH	0,0237	7,31 b	7,55 ab	7,62 a	
CE	dS.m ⁻¹	0,0005	0,99 c	1,16 b	1,37 a
Nitratos	ns	118,61 a	111,76 a	96 a	
Ca	<0,0001	1695,25 c	2351,82 b	4066,77 a	
Mg	0,0034	169,94 a	157,43 a	139,21 b	
K	0,0002	48,82 a	44,05 b	40,45 c	
Na	<0,0001	1576 a	1368,11 b	1255,09 c	
P2O5	ns	2,46 a	2,26 a	1,21 a	
Zn	ns	0,54 a	0,56 a	0,56 a	
Cu	ns	0,48 a	0,44 a	0,46 a	
Mn	ns	0,26 a	0,29 a	0,32 a	
Fe	ns	0,35 a	0,4 a	0,4 a	
MO	0,0039	3,3 b	3,78 a	3,71 a	

Letras distintas en la misma fila indican que hay diferencia significativa, según test de Tukey con un $p=0,05$. ns: no hay diferencia significativa. CE: conductividad eléctrica, MO: materia orgánica.

En cuanto a las propiedades físicas (Tabla 13), la densidad aparente de las tres agrolitas tuvo valores superiores al valor recomendado (400 kg.m^{-3} , Abad *et al.*, 2004). A pesar de esto no son valores elevados, como generalmente presentan el suelo (1000 kg.m^{-1}) o la arena (1600 kg.m^{-1}) (Pire & Pereira, 2003; Abad *et al.*, 2004) cuyos valores son superiores al recomendado. En el caso

de las agrolitas, la densidad aparente que presentaron fue similar a la ceniza volcánica (474 Kg.m^{-1}) (Barbaro *et al.*, 2014).

Tabla 13. Valores rangos granulométricos, densidad aparente (Dap), espacio poroso total (EPT), porosidad de aire (PA), capacidad de retención de agua (CRA), de los distintos tipos de agrolita.

Sustrato		A2	A3	A4
Dap	(kg.m^{-3})	550 a	500 b	430 c
Partículas > 4,75 mm	(%)	0 b	0 b	13,8 a
Partículas 4,75-2 mm	(%)	0,85 c	45,06 b	78,8 a
Partículas 2 - 1 mm	(%)	91,32 a	47,52 b	1,96 c
Partículas < 1 mm	(%)	7,83 a	7,43 a	5,85 a
PA	(%)	62,08 c	64,46 b	69,34 a
CRA	(%)	16,89 a	15,95 b	12,82 c
EPT	(%)	78,97 c	80,41 b	82,16 a

Letras distintas en la misma fila indican que hay diferencia significativa, según test de Tukey con un $p=0,05$. A2: agrolita n°2. A3: agrolita n°3. A4: agrolita n°4. Dap: densidad aparente, PA: porosidad de aireación, CRA: capacidad de retención de agua, EPT: Espacio poroso total.

Si bien cada tipo de agrolita son comercializadas por sus diferentes tamaños de partícula, en el análisis se confirmaron estas diferencias (Tabla 13). La agrolita A2 tuvo un mayor porcentaje de partículas de 2 a 1 mm, la

agrolita A3 tuvo una predominancia de partículas de 1 a 4,75 mm y la agrolita A4 se destacó por tener mayor porcentaje de partículas de 2 a 4,75 mm, todas con diferencias significativas entre sí ($p < 0,0001$).

El espacio poroso total (EPT) (Tabla 13) de los tres tipos de agrolita fue inferior pero cercano al valor recomendado para un sustrato (>85% Ansorena Miner, 1994). La porosidad de aire (PA) (Tabla 13) superó ampliamente el rango aconsejable (20 – 30%, Abad *et al.*, 2004) y la capacidad de retención de agua (CRA) (Tabla 13) fue muy baja con respecto al rango óptimo (55 – 70%, Abad *et al.*, 2004). Hubo diferencias significativas para los tres parámetros mencionados, siendo la agrolita A4 la de mayor porosidad de aireación seguida por la A3 y A2, en cambio, la agrolita A2 fue la que tenía mayor CRA seguida por la A3 y A4. Estos resultados se relacionan con los tamaños de partícula de cada agrolita, a mayor tamaño fue mayor el EPT y la PA, y menor la CRA. La misma tendencia sucede con la zeolita y la perlita (Anicua-Sánchez *et al.*, 2009), las cuales poseen poros internos responsables de la menor densidad y mayor PA y EPT a mayor tamaño de partícula.

Por lo tanto, las tres agrolitas evaluadas se destacan por su alto porcentaje de porosidad de aireación. Es decir, que este material podría ser utilizado

como un componente aireador en una mezcla de sustrato, igual que la perlita, la cascarilla de arroz o el compost de corteza de pino, los cuales también son muy empleados para aportar aireación en un sustrato (Ansorena, 1994; Evans & Gachukia, 2007; Awang *et al.* 2009). Pero se debería tener en cuenta, que según con que otros componentes se mezclen, los valores de pH y de CE de la agrolita se encuentran cercanos al límite recomendado y podrían ser una limitante.

3.4.3 Caracterización de los sustratos evaluados.

El pH de los sustratos con COC (Compost de orujo corregido) se diferenció significativamente del sustrato con COSC (Compost de orujo sin corregir), mostrando un pH menor y dentro del rango recomendado, 5,5 – 6,5 (Tabla 14; Dubský & Šrámek, 2009). El sustrato con COSC supera el rango especificado. El ST (sustrato testigo) tuvo el pH más bajo y se diferenció significativamente del resto de los sustratos ($p < 0,0001$). La importancia de conocer el pH de los sustratos radica en que tiene gran influencia sobre la disponibilidad de los nutrientes (Bunt, 1988; Ansorena Miner, 1994; Burés, 1997). Según Peterson (1982) en sustratos orgánicos

cuando disminuye el pH el fósforo, hierro, manganeso, boro, zinc y cobre aumentan su disponibilidad, y al aumentar el pH, el calcio y magnesio incrementan su disponibilidad. Por lo tanto, el compost de orujo de uva al haber tenido un pH por encima del recomendado, podría afectar la disponibilidad de los nutrientes para un correcto desarrollo de la planta.

En cuanto a la CE (Tabla 14), los sustratos con COSC y ST se diferenciaron estadísticamente del resto de los sustratos por su menor valor ($p < 0,0001$) encontrándose por debajo del límite recomendando ($< 1 \text{ dS.m}^{-1}$, Barbaro *et al.*, 2014). Los sustratos con COC presentaron valores cercanos al límite, esto se debió a la corrección de pH previa realizada. Barbaro *et al.* (2014) recomiendan que los sustratos para plantas tengan valores menores a 1 dS.m^{-1} (1+5 (v/v)) para evitar problemas de salinidad, los cuales dependerán de la edad de la planta, condiciones ambientales, prácticas de manejo y característica de la especie (Abad *et al.*, 2004).

Tabla 14. Características de los sustratos utilizados en los bioensayos de desarrollo vegetal.

Parámetro		COCA2	COCA3	COCA4	COC	COSC	ST	
pH		6,27	b 6,16	b 6,18	b 6,15	b 6,71	a 5,58	c
CE	dS.m ⁻¹	1,04	a 1,07	a 1,06	a 1,02	a 0,49	b 0,5	b
Nitratos		355	b 400	b 357	b 344	b 947	a 794	a
Ca		476	c 522	b 598	a 399	d 43,9	e 6,28	e
Mg		184	c 200	b 212	a 178	c 23	d 17	d
K		3830	b 3322	c 3600	b 4177	a 1902	d 994	e
Na	mg/l sustrato	1097	a 1130	a 1139	a 970	b 446	c 266	d
P2O5		136	b 125	b 136	b 163	b 236	a 242	a
Zn		0,45	b 0,22	b 0,59	b 0,63	b 0,48	b 3	a
Cu		0,88	b 0,97	b 1,04	b 0,9	b 0,62	b 6,76	a
Mn		0,3	b 0,36	b 0,38	b 0,45	b 0,58	b 4,36	a
Fe		4,55	b 3,66	b 3,93	b 4,25	b 12,88	b 73,1	a
MO	(%)	45,9	e 48,0	d 51,2	c 73,8	a 75,2	a 59,5	b
Dap	kg.m ⁻³	400	a 380	b 390	b 350	c 320	d 230	e
part >3,35 mm	(%)	8,5	c 7,3	c 28,7	a 12,7	b 13,1	b 15,9	b
part 3,35-1mm	(%)	59,3	a 59,6	a 38,7	c 41,4	b 39,6	b ^c 34,9	d
part <1 mm	(%)	32,3	c 33,1	c 32,6	c 45,9	b 47,8	a ^b 49,2	a
PA	(%)	42	a 43	a 41	a ^b 33	c 36	b ^c 25	d
CRA	(%)	37	c 36	c 37	c 45	b 44	b 62	a
EPT	(%)	79	c 79	bc 78	c 78	c 80	b 87	a

Letras distintas en la misma fila indican que hay diferencia significativa, según test de

Tukey con un p=0,05. CE: conductividad eléctrica, MO: materia orgánica, Dap: densidad aparente, PA: porosidad de aireación, CRA: capacidad de retención de agua,

EPT: Espacio poroso total. ST: sustrato comercial utilizado como testigo. COSC: compost de orujo de uva agotado sin corregir. COC: compost de orujo de uva agotado con pH corregido. COCA2: 75% COC + 25% A2. COCA3: 75% COC + 25% A3.

COCA4: 75% COC + 25% A4.

La concentración de nitratos y fósforo del ST y COSC se diferenciaron del resto de los sustratos por su mayor valor ($p < 0,0001$). En cambio, estos mismos sustratos se diferenciaron por poseer la menor concentración de calcio, magnesio, potasio y sodio con respecto a los restantes sustratos (Tabla 14). Según los rangos establecidos por el Laboratorio de Sustratos del Instituto de Floricultura (Barbaro *et al.*, 2014), la concentración de potasio de los sustratos con compost de orujo corregido y sin corregir fue alta, la de sodio también fue alta pero solo para los sustratos con compost corregido y las de calcio, magnesio y nitrato fueron de baja a aceptable. Según diferentes autores en general se hallan altas concentraciones de potasio en los diferentes compost (Garcia-Gomez *et al.*, 2002; Sanchez-Monedero *et al.*, 2004; Olszewski *et al.*, 2009; Carmona *et al.*, 2012a).

El contenido de cada micronutriente analizado (Tabla 13) del ST se diferenció de los demás sustratos por su mayor concentración ($p < 0,0058$), entre los sustratos con compost de orujo de uva no hubo diferencias.

Con respecto a las propiedades físicas, la densidad aparente (Dap) (Tabla 14) de todos los sustratos evaluados se ubicó dentro del rango establecido como

óptimo, menor a 400 kg.m^{-3} (Ansorena Miner, 1994; Fonteno, 1999; Landis *et al.*, 2000; Abad *et al.*, 2004). Por lo tanto, estos sustratos pueden considerarse livianos. Esta condición resulta beneficiosa ya que permite un manejo menos dificultoso en lo que respecta al transporte, relleno de macetas y traslado (Landis *et al.*, 2000; Abad *et al.*, 2004). El ST se diferenció de los restantes sustratos por su menor densidad aparente ($p < 0,0001$).

Acerca de la distribución de tamaño de partícula (Tabla 14), los tres sustratos formulados COCA2, COCA3 y COCA4 (con compost de orujo corregido y agrolita A2, A3 y A4 respectivamente) tuvieron menor porcentaje de partículas de tamaño menor a 1 mm diferenciándose de los restantes sustratos ($p < 0,0001$). En los sustratos COCA2 y COCA3 se observaron mayor porcentaje de partículas de tamaño entre 1 a 3,35 mm, estos sustratos se diferenciaron del resto ($p < 0,0001$). El sustrato COCA4 tuvo el mayor porcentaje de partículas mayores a 3,35 mm y se diferenció de los demás sustratos ($p < 0,0001$). Las fracciones granulométricas son una de las propiedades físicas fundamentales, teniendo gran influencia sobre las demás propiedades, especialmente en la relación aire/agua (Raviv & Lieth, 2008). Las partículas mayores a 1 mm dan lugar a poros grandes aportando aireación y menores a 1 mm conforman poros

medianos a pequeños proporcionando retención de agua. En este sentido, los sustratos COCA2, COCA3 y COCA4 tuvieron 67-68% de partículas mayores a 1 mm y 32-33% de partículas menores a 1 mm; los sustratos COC, COSC y ST tuvieron 51-54% de partículas mayores a 1 y 46-49% de partículas menores a 1 mm, es decir que la relación de poros de aire y agua podrían ser diferentes entre ambos grupos mencionados.

El espacio poroso total (Tabla 14) de la mayoría de los sustratos se encontró cercano al valor mínimo recomendado, 85% (Bunt, 1988; Ansorena Miner, 1994; Burés, 1997; Abad *et al.*, 2001, 2004), a excepción de ST que se diferenció por su mayor valor ($p < 0,0001$). La alta porosidad total no indica por si misma si es buena la estructura del sustrato. Para esto, es necesario conocer la relación entre los poros de aire y con agua (Abad *et al.*, 2004).

El rango aconsejable de PA es de 20 a 30% y de CRA entre 55 y 70% (Abad *et al.*, 2004), por lo tanto, excepto el ST, todos los sustratos evaluados superaron el rango óptimo de aireación y se encontraron por debajo del rango de CRA (Tabla 14). En relación al tamaño de partícula, los sustratos COCA2, COCA3 y COCA4 con mayor porcentaje de partículas mayores a 1 mm tuvieron

mayor porosidad de aireación (PA) con diferencias significativas ($p < 0,0001$). No obstante, la bibliografía muestra que rangos superiores o inferiores a los de referencia se logra una respuesta agronómica de las plantas adecuada (García *et al.* 2001; Vendrame *et al.*, 2005; Carrión *et al.*, 2007; Awang *et al.*, 2009; Olszewski *et al.*, 2009; Barbaro, 2011).

La incorporación de agrolita al compost de orujo corregido hizo incrementar la aireación y disminuir la capacidad de retener agua como era esperado, logrado en promedio un incremento del 6-9% con respecto al COC y COSC. Pero no hubo diferencias según el tamaño de partícula de cada agrolita, es decir, que se podría mezclar con agrolita A2, A3 o A4 indistintamente.

En base a los resultados obtenidos, en lo que respecta a las propiedades químicas, se destaca que el sustrato COSC tuvo un pH que superó el rango y los sustratos a base de compost de orujo corregido tuvieron altos niveles de potasio y sodio. Para los restantes parámetros químicos evaluados los valores fueron apropiados. Físicamente, todos los sustratos con compost de orujo no se encontraron dentro del rango recomendado para PA, CRA y EPT. Por lo tanto, para confirmar si los sustratos propuestos son viables para el desarrollo de

plantas florales en maceta menor a 1litro se requiere la realización de bioensayos de desarrollo vegetal.

3.4.4 Ensayo con plantines florales.

3.4.4.1 Alegría del hogar (*Impatiens walleriana*).

Los plantines de alegría del hogar no mostraron diferencias significativas para los parámetros diámetro del tallo y número de flores y pimpollos (Tabla 15) en los sustratos evaluados. Para el largo de tallo principal (Tabla 15), el ST tuvo el mayor valor y se diferenció del resto de los sustratos, entre los cuales no hubo diferencias ($p < 0,0001$).

Tabla 15. Largo de tallo principal, diámetro de tallo, número de flores y pimpollos, masa fresca aérea, masa seca aérea, masa fresca radical, masa seca radical y cantidad de clorofila de las plantas de alegría del hogar (*Impatiens walleriana*) desarrolladas sobre los diferentes sustratos evaluados.

Sustrato	Largo (cm)	Diámetro (mm)	N° Flores y pimpollos	Masa fresca aérea	Masa seca aérea	Masa fresca raíz	Masa seca raíz	Contenido de clorofila (ud. SPAD)
COCA2	7,4 b	7,9 a	3,1 a	15,06 c	0,87 c	5,3 d	0,18 c	39,9 c
COCA3	7,9 b	7,9 a	3,9 a	17,7 ab	1,03 ab	8,16 a	0,51 a	43,4 abc
COCA4	7,6 b	7,9 a	2,8 a	15,69 bc	0,97 bc	6,19 cd	0,29 bc	40,9 bc
COC	7,7 b	8,2 a	3,5 a	18,25 a	1,03 ab	6,67 bc	0,27 bc	44,8 ab
COSC	7,2 b	7,9 a	3,7 a	18 a	0,93 bc	7,37 abc	0,24 bc	40,5 c
ST	9,0 a	8,08 a	3,35 a	19,82 a	1,1 a	7,7 ab	0,31 b	46,1 a

Letras distintas en la misma columna indican que hay diferencia significativa, según test de comparaciones múltiples de Tukey con un $p=0,05$. ST: sustrato comercial utilizado como testigo. COSC: compost de orujo de uva agotado sin corregir. COC: compost de orujo de uva agotado con pH corregido. COCA2: 75% COC + 25% A2. COCA3: 75% COC + 25% A3. COCA4: 75% COC + 25% A4.

La masa fresca de las plantas de los sustratos COC, COSC, ST y COCA3 fue mayor que la de las plantas de los sustratos COCA2 y COCA4 (Tabla 15). Excepto por las plantas del sustrato COSC, también se observaron los mismos resultados para la masa seca

aérea. Las plantas del sustrato COCA3 tuvieron el mayor valor de masa fresca y seca radical, diferenciándose en el último parámetro mencionado con el resto de los sustratos.

En lo que respecta a cantidad de clorofila, los sustratos en el que las plantas tuvieron mayores valores fueron en el ST, COC y el COCA3 (Tabla 15), diferenciándose de las plantas desarrolladas en el resto de los sustratos ($p \leq 0,0002$).

En la figura 20 se presentan las plantas de alegría del hogar desarrolladas en los distintos tratamientos al finalizar el ensayo.

La alegría del hogar es una especie que requiere de un sustrato aireado, con un pH óptimo entre 5,7 - 6,5 y un baja CE (Cavins *et al.*, 2000; Nau, 2011). Por lo tanto, los sustratos evaluados al poseer estas características fueron adecuados para su desarrollo, en especial el ST, COSC, COC y COCA3 en los cuales las plantas lograron los mayores valores de los diferentes parámetros medidos. En otro ensayo donde se evaluaron sustratos mediante la misma especie, el mayor valor de masa seca aérea obtenido fue de $0,7 \text{ g.pl}^{-1}$ y de masa seca radical fue de $0,12 \text{ g.pl}^{-1}$ (Barbaro *et al.*, 2013). Es decir que, si bien los sustratos mencionados se destacaron, los

restantes también lograron una masa seca aérea y radical apropiada.

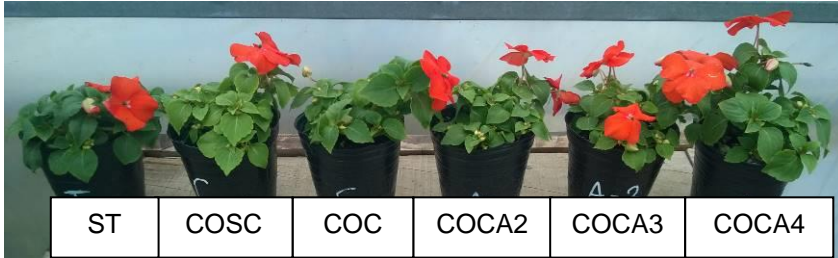


Figura 20. Plantas de alegría del hogar desarrolladas en los distintos sustratos evaluados. ST: sustrato comercial utilizado como testigo. COSC: compost de orujo de uva agotado sin corregir. COC: compost de orujo de uva agotado con pH corregido. COCA2: 75% COC + 25% A2. COCA3: 75% COC + 25% A3. COCA4: 75% COC + 25% A4.

3.4.4.2 Copete (*Tagetes patula*)

Las plantas de copete desarrolladas en el ST tuvieron el mayor diámetro del tallo (Tabla 16), diferenciándose de los demás sustratos ($p < 0,0001$). El número de flores y pimpollos fue superior en las plantas del ST, diferenciándose de las plantas que crecieron en los sustratos COCA2 y COCA3 ($p \leq 0,0001$). No hubo diferencias entre los tratamientos para el parámetro número de ramificaciones (Tabla 16).

Tabla 16. Diámetro de tallo, número de flores y pimpollos, n° de ramificaciones, masa fresca aérea, masa seca aérea, masa fresca radical, masa seca radical y cantidad de clorofila de las plantas de copete (*Tagetes patula*) desarrolladas sobre los diferentes sustratos evaluados. .

Sustrato	Diámetro (mm)	N° flores y pimpollos	n° ramif.	Masa fresca aérea	Masa seca aérea	Masa fresca raíz	Masa seca raíz	Contenido de clorofila (ud SPAD)
CCA2	4,2 bc	2,6 c	6,8 a	18,9 bc	2,7 bc	13,3 bc	0,76 bc	49,58 b
CCA3	4,0 bc	2,8 bc	6,7 a	18,1 c	2,6 bc	11,4 c	0,65 c	50,92 ab
CCA4	3,9 c	3,2 abc	6,3 a	17,8 c	2,5 c	12,7 bc	0,73 bc	51,55 ab
COC	4,2 b	3,5 ab	6,3 a	20,4 b	2,9 b	13,7 a	0,79 a	52,54 ab
COSC	4,0 bc	3,4 abc	6,5 a	21,0 b	2,9 b	11,6 c	0,67 c	52,1 ab
ZF	4,8 a	3,9 a	7,1 a	26,6 a	3,6 a	13,3 bc	0,76 bc	55,12 a

Letras distintas en la misma columna indican que hay diferencia significativa, según test de Tukey con un $p=0,05$. ST: sustrato comercial utilizado como testigo. COSC: compost de orujo de uva agotado sin corregir. COC: compost de orujo de uva agotado con pH corregido. COCA2: 75% COC + 25% A2. COCA3: 75% COC + 25% A3. COCA4: 75% COC + 25% A4.

El ST logró tener plantas con mayor masa fresca y seca aérea, y el sustrato COC tuvo plantas con mayor masa fresca y seca radical (Tabla 16), ambos diferenciándose del resto de los sustratos ($p<0,0001$ y $p\leq 0,0049$, respectivamente).

En la cantidad de clorofila de las plantas de copete hubo diferencias significativas entre el ST y el COCA2 (tabla15) ($p \leq 0,0236$).

La planta de copete es una especie que requiere de un sustrato con un pH entre 6,2 - 6,8 una CE media y propiedades físicas no tan exigentes según Nau (2011) y Cavins *et al.* (2000) En este sentido, los sustratos con compost de orujo evaluados cumplirían con estos requerimientos, a excepción del ST, que a pesar del pH fue en el que las plantas tuvieron mejor desarrollo.

Las plantas desarrolladas en el ST y el COC se destacaron en la mayoría de los parámetros evaluados. En otros ensayos con copete, por ejemplo, en el de Estévez-Schwarz *et al.* (2009) el tratamiento destacado fue en donde las plantas lograron en promedio masa seca aérea de 3,9 g.pl⁻¹ y número de flores de 3,5 por planta. En el caso de Vendrame *et al.* (2005) las plantas del tratamiento con una masa seca aérea de 4 g.pl⁻¹ y masa seca radical de 0,75 g.pl⁻¹ se diferenció con los restantes tratamientos. Y en el ensayo de Evans & Hensley (2004), las plantas con una masa seca aérea de 3,9 g.pl⁻¹ fueron las de mayor valor. Según estos ejemplos, los tratamientos ST y COC coinciden y fueron en los que mejor se desarrollaron las plantas de copete. Ambos

sustratos en relación a los demás, fueron los que tenían el pH más bajo y la mayor CRA.

En la figura 21 se observa el estado de desarrollo de las plantas de copete desarrolladas en los distintos sustratos al finalizar el ensayo.

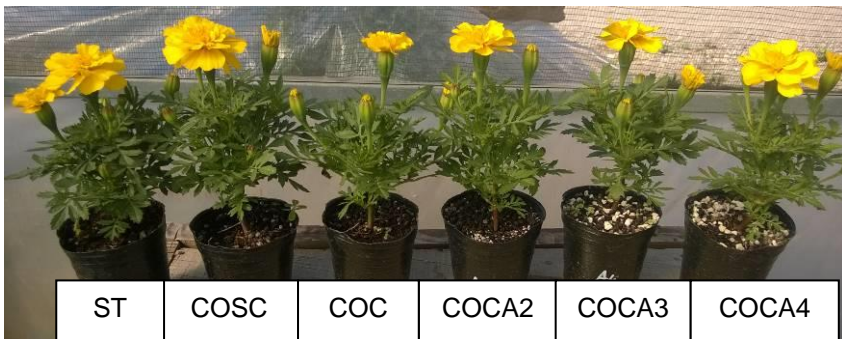


Figura 21. Plantas de copete desarrolladas en los distintos sustratos evaluados. ST: sustrato comercial utilizado

como testigo. COSC: compost de orujo de uva agotado sin corregir. COC: compost de orujo de uva agotado con pH corregido. COCA2: 75% COC + 25% A2. COCA3: 75% COC + 25% A3. COCA4: 75% COC + 25% A4.

3.4.4.3 Petunia (*Petunia x hybrida*)

Para las plantas de petunia (Tabla 17), el número de flores y pimpollos, la masa seca y fresca aérea y radical fue mayor en el ST habiendo diferencias significativas con las plantas de los restantes sustratos ($p < 0,0001$) (Figura 22). El contenido de clorofila en las plantas de petunia fue menor en el sustrato COSC, diferenciándose con el ST ($p \leq 0,0188$), entre los restantes tratamientos no hubo diferencia.

La petunia es una especie que requiere de un sustrato con un pH entre 5,5 – 6,3 y CE alta, es decir, requiere de dosis altas de fertilización con respecto a otras especies (Cavins *et al.*, 2000; Nau, 2011). Si el pH del sustrato se encuentra por encima de 6,3 es común que las plantas presenten una clorosis, en especial, por deficiencia de hierro. Este síntoma se refleja en los valores de clorofila, en donde el COSC, cuyo valor de pH era de 6,7 las plantas estaban cloróticas. En cambio, las plantas de los demás tratamientos tuvieron mayor contenido de clorofila, pero su desarrollo igualmente fue menor al ST.

Tabla 17. Número de flores y pimpollos, masa fresca aérea, masa seca aérea, masa fresca radical, masa seca radical y cantidad de clorofila de las plantas de petunia (*Petunia x hybrida*) desarrolladas sobre los diferentes sustratos evaluados.

Tratamiento	Nº de flores + pimpollos	Masa fresca aérea	Masa seca aérea	Masa fresca raíz	Masa seca raíz	Contenido de clorofila (ud. SPAD)
COCA2	2,4 b	20,6 b	1,51 b	5,55 b	0,35 b	40,79 ab
COCA3	2,55 b	19,69 b	1,48 b	5,62 b	0,36 b	41,2 ab
COCA4	2 b	17,78 b	1,3 b	4,81 b	0,31 b	40,34 ab
COC	2,4 b	21,12 b	1,57 b	5,55 b	0,35 b	38,47 ab
COSC	2 b	17,58 b	1,28 b	4,85 b	0,31 b	36,99 b
ST	5,25 a	32,22 a	2,37 a	7,81 a	0,5 a	44,24 a

Letras distintas en la misma columna indican que hay diferencia significativa, según test de Tukey con un $p=0,05$. ST: sustrato comercial utilizado como testigo. COSC: compost de orujo de uva agotado sin corregir. COC: compost de orujo de uva agotado con pH corregido. COCA2: 75% COC + 25% A2. COCA3: 75% COC + 25% A3. COCA4: 75% COC + 25% A4.

En lo que respecta a las características físicas del sustrato, las plantas de petunia prosperan mejor en sustratos bien aireados (Nau, 2011). Lo cual coincide con el ST, en donde las plantas lograron un mejor desarrollo (Figura 22).

En otros ensayos realizados con petunia, Barbaro (2011) obtuvo como mejor resultado una masa fresca aérea de 35 g.pl^{-1} , una masa fresca radical de $1,94 \text{ g.pl}^{-1}$ y una masa seca radical de $0,13 \text{ g.pl}^{-1}$. Y Estévez-Schwarz

et al. (2009) obtuvieron como mayor valor de masa seca aérea $1,93 \text{ g.pl}^{-1}$. Es decir, que, en comparación con otros ensayos, los resultados obtenidos son similares, destacándose el ST como mejor sustrato para el desarrollo de petunia.

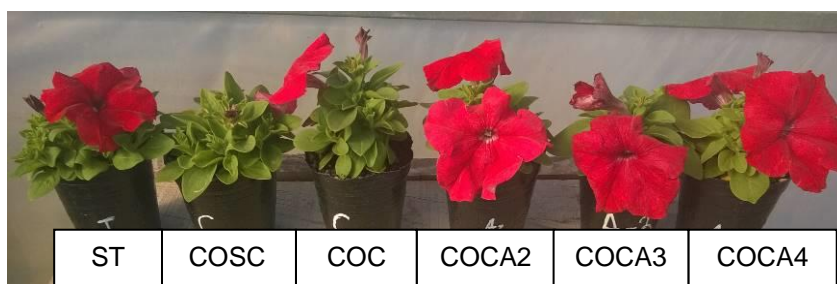


Figura 22. Plantas de petunia desarrolladas en los distintos sustratos evaluados. ST: sustrato comercia utilizado como testigo. COSC: compost de orujo de uva agotado sin corregir. COC: compost de orujo de uva agotado con pH corregido. COCA2: 75% COC + 25% A2. COCA3: 75% COC + 25% A3. COCA4: 75% COC + 25% A4.

3.4.4.4 Sustratos seleccionados

Los sustratos en donde se lograron los valores más altos para la mayoría de los parámetros evaluados en las plantas de alegría del hogar fueron en el ST, el COC y el CCA3; para las plantas de copete el ST seguido por el sustrato COC y para las plantas de petunia el ST.

Por lo tanto, el ST posee las características físicas y químicas óptimas para ser utilizado para producir plantines de alegría del hogar, copete y petunia en maceta menor a 1litro (10 cm de diámetro y 9,5 cm de alto) pudiendo obtener plantines de calidad. Este sustrato se destaca por presentar un valor de pH menor, mayor valor de EPT y CRA, y menor valor de PA con respecto a los restantes sustratos evaluados.

El siguiente sustrato con mejores resultados fue el sustrato con compost de orujo de uva agotado corregido, en el cual, si bien se logran plantines de copete y alegría del hogar de calidad, el pH del mismo no permite un buen desarrollo de plantines de petunia.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- El orujo de uva agotado es una materia prima adecuada para llevar adelante un correcto proceso de compostaje sin necesidad de realizar un ajuste previo de alguno de sus parámetros, por lo que no se requiere mezclar con otro componente.
- El proceso de compostaje de orujo de uva agotado en Mendoza durante primavera – verano se logra en 160 días, con temperaturas máximas de 62,8°C. El compost que se obtiene es estable y maduro, en base a los análisis realizados.
- Para corregir un compost de orujo de uva agotado con un pH de 6,7, se debe incorporar 0,5g de azufre micronizado por litro para bajar 0,8 puntos de pH y mantener una CE cercana al límite (1 dS.m⁻¹ (1+5 (v/v))).
- La agrolita es un material viable para ser utilizado como componente de sustrato caracterizándose por incrementar el porcentaje de poros de aire del sustrato formulado.
- El sustrato testigo y el compost de orujo de uva agotado con pH corregido tuvieron las

características físicas y químicas óptimas para utilizarlos en la producción de plantines de alegría del hogar, copete y petunia en macetas de 9,5 cm de diámetro superior, 6 cm de diámetro inferior y 9,5 cm de altura (455 cm³). El sustrato testigo también es apto para la producción de plantines de petunia, pero no el compost de orujo de uva agotado corregido debido su valor de pH, el cual no es favorable para esta especie.

- El compost de orujo de uva agotado corregido es viable para ser utilizado como sustrato en forma pura, según los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se trabajó.
- El residuo de orujo de uva agotado tendría un agregado de valor luego de ser compostado, pudiéndose utilizar en un volumen mayor a otros tipos de compost cuyas propiedades no son adecuadas para emplearlos como sustrato. Los resultados obtenidos permiten que los productores florícolas de Mendoza tengan un sustrato local apropiado y disponible.

- Para futuras investigaciones se propone evaluar el proceso de compostaje en otras épocas del año, con materia prima de diferente origen y/o zona para verificar si el compost del orujo de uva agotado mantiene las propiedades obtenidas en el presente trabajo o presenta diferencias. Como también, evaluar el compost de orujo de uva agotado como sustrato en otros sistemas de cultivo, variando el contenedor, plantas, riego etc. Y además, caracterizar más en detalle a la agrolita, como x ej. composición mineralógica, origen etc., para incrementar su conocimiento.

BIBLIOGRAFÍA

4 BIBLIOGRAFÍA

ABAD, M.; NOGUERA, P. & BURÉS, S. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. *Bioresource Technology*. 77 (2): 197-200.

ABAD, M.; NOGUERA, P. & CARRIÓN, C. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. En: Tratado de cultivo sin suelo. pp. 113-158. Urrestarazu Gavilán, M. (Ed.). Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

ABAD, M.; NOGUERA, P.; NOGUERA, V.; ROIG, A.; CEGARRA, J. & PAREDES, C. 1997. Reciclado de residuos orgánicos y su aprovechamiento como sustrato de cultivos. *Actas de Horticultura*. 19: 92-109.

ABRIL, A.; NOE, L.; FILIPPINI, M.; CONY, M. & MARTINEZ, L. 2011. Microbial Dynamics and Fertility Characteristics in Compost from Different Waste and Maturation Processes. *The Open Agriculture Journal*. 5: 19-29.

ADAMS, R. & FONTENO, W. 2011. Water, media and nutrition. In: Ball Redbook. Vol 2. pp: 21-32. Nau, J. (Ed). Ball Publishing, West Chicago, Illinois.

ANICUA-SÁNCHEZ, R.; GUTIÉRREZ CASTORENA, M.; SÁNCHEZ GARCIA, P.; ORTIZ SOLORIO, C.; VOLKE HALLE, V. H. & RUBIÑOS PANTA, J. E. 2009. Tamaño de partícula y relación micromorfológica en propiedades

físicas de perlita y zeolita. *Agricultura técnica en México*. 35: 147-156.

ANSORENA MINER, J. 1994. Sustratos propiedades y caracterización. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 172 pp.

ANSORENA, J.; BATALLA, E. & MERINO, D. 2014. Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. *XI Jornadas del Grupo de Sustratos de la SECH. Escuela Agraria de Fraisoro. Departamento de Innovación, Desarrollo Rural y Turismo., Zizurkil, País Vasco, España.* pp: 1-67.

AUSTRALIAN STANDARD. 2003. Compost, soil conditioners and mulches. AS 4454-2003. Standards Australia International Ltd., Sidney, Australia.

AWANG, Y.; SHAHAROM, A. S.; MOHAMAD, R. B. & SELAMAT, A. (2009). Chemical and physical characteristics of cocopeat-based media mixtures and their effects on the growth and development of *Celosia cristata*. *American journal of agricultural and biological sciences*. 4(1): 63-71.

BARAN, A.; ÇAYCI, G.; KÜTÜK, C. & HARTMANN, R. 2001. Composted grape marc as growing medium for hypostases (*Hypostases phyllostagya*). *Bioresource Technology*. 78(1): 103-106.

BARBARO, L.; KARLANIAN, M. A. & MORISIGUE, D. E. 2010. Utilización de azufre micronizado en la corrección de pH de compost de residuos de poda. *Agriscientia*. 27(2): 125-130.

BARBARO, L.; KARLANIAN, M. A.; MORISIGUE, D. E.; RIZZO, P. F.; RIERA, N. I.; DELLA TORRE, V. & CRESPO, D. E. 2011. Compost de ave de corral como componente de sustratos. *Ciencia del suelo*. 29 (1): 83-90.

BARBARO, L. A.; KARLANIAN, M. A.; RIZZO, P. F.; RIERA, N. I.; DELLA TORRE, V.; BELTRÁN, M. & CRESPO, D. E. 2013. Compost de guano de gallina en la composición de sustratos para la producción de platines florales. *Agriscientia* 2013 (30): 25-35.

BARBARO, L. A., MAZZONI, A., KARLANIAN, M. A., FERNÁNDEZ, M. N. & MORISIGUE, D. E. 2014. Cenizas del volcán Puyehue como sustrato para plantas. *Horticultura Argentina*. 33(81): 44-53.

BARBARO, L. A.; MORISIGUE, D.; KARLANIAN, M. & BUYATTI, M. A. 2009. Producción de plantas de coral (*Salvia splendens* L.) en sustratos realizados a base de composts de restos de poda y suelo con diferentes dosis de fertilización. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias*. 8(2): 7-18.

BASIL, G.; MAZZARINO, M. J.; ROSELLI, L. & LETOURNEAU, F. 2009. Efecto del compost de biosólidos en la producción de plantines de *Austrocedrus chilensis* (Ciprés de la cordillera). *Ciencia del suelo*. 27(1): 49-55.

BELDA, R. M., MENDOZA-HERNÁNDEZ, D. & FORNES, F. 2013. Nutrient-rich compost versus nutrient-poor vermicompost as growth media for ornamental-plant production. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176(6), 827-835.

BENITO, M; MASAGUER, A.; DE ANTONIO, R & MOLINER, A. 2005. Use of pruning waste compost as component in soilless growing media. *Bioresource Technology* 96 (5): 597-603.

BENTON JONES, J. Jr. 1983. A Guide for the Hydroponic & Soilless Culture Grower. Ed. Timber Press, Portland, Oregon, 124 pp.

BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; & MORAL, R. 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*. 100(22): 5444-5453.

BERNAL, M. P; PAREDES, C.; SANCHEZ-MONEDERO, M. A. & CEGARRA, J. 1998. Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technology*. 63(1): 91-99.

BERTRAN, E.; SORT, X.; SOLIVA, M. & TRILLAS, I. 2004. Composting winery waste: sludges and grape stalks. *Bioresource technology*. 95(2): 203-208.

BIDLINGMAIER, W. 1996. Odor emissions from composting plants. In: The Science of Composting. Vol 1. pp: 71-79. De Bertoldi, M.; Sequi, P.; Lemmes, B. and Papi, T. (Eds). Springer Science+Business Media Dordrecht, Reino Unido.

BUENO, P.; DIAZ, M. J. & CABRERA, F. 2008. Factores que afectan al proceso de compostaje. En Compostaje. pp. 111-140. Moreno, J. & Moral, R. (Eds). Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

BUNDESGÜTEGEMEINSCHAFT KOMPOST E. V. 1998. Methodenbuch zur Analyse von Kompost. Kompost-Information Nr. 222, Köln (Hrsg.), Verlag Abfall Now e. V., 4. Auflage, Stuttgart, Alemania.

BURÉS, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotecnicas, S. L. Madrid. 342 pp.

BUSTAMANTE, M. A.; MARTÍNEZ-AMORÓS, E.; PICÓ, B., GANGI, D.; PÉREZ-ESPINOSA, A.; PÉREZ-MURCIA, M. D. & MORAL, R. 2014. Efecto del lavado como tratamiento sobre la calidad de compost de origen ganadero para su uso como sustratos en semillero. *ACTAS DE HORTICULTURA nº 67 XI JORNADAS DE SUSTRATOS*, 43.

BUSTAMANTE, M. A.; MORAL, R.; PAREDES, C.; VARGAS-GARCIA, M. C.; SUÁREZ-ESTRELLA, F. & MORENO, J. 2008b. Evolution of the pathogen content during co-composting of winery and distillery wastes. *Bioresource technology*. 99: 7299-7306.

BUSTAMANTE, M. A.; PAREDES, C.; MORAL, R.; AGULLÓ, E.; PÉREZ-MURCIA, M. A. & ABAD, M. 2008a. Composts from distillery wastes as peat substitutes for transplant production. *Resources, Conservation and Recycling*. 52(5): 792–799.

BUSTAMANTE, M. A.; PAREDES, C.; MORALES, J.; MAYORAL, A. M. & MORAL, R. 2009. Study of the composting process of winery and distillery wastes using multivariate techniques. *Bioresource technology*. 100(20): 4766-4772.

BUTLER, T. A.; SIKORA, L. J.; STEINHILBER, P. M. & DOUGLASS, L. W. 2001. Compost age and sample storage effects on maturity indicators of biosolids compost. *Journal of Environmental Quality*, 30(6): 2141-2148.

CABALLERO, R.; PAJUELO, P.; ORDOVÁS, J.; CARMONA, E. & DELGADO, A. 2009. Evaluation and correction of nutrient availability to *Gerbera jamesonii* H. Bolus in various compost-based growing media. *Scientia Horticulturae*. 122(2): 244–250.

CARLUCCIO, C.; LENSCAK, M.; PANELO, M.; COLOMBO, M.; MOLINA, S.; SCAGLIA, E. & PERNUZZI, C. 2002. Desarrollo actual de los cultivos protegidos en la República Argentina. Situación de la Agroplasticultura en Países Iberoamericanos. Tercera Reunión de Coordinación en Caracas, Venezuela. Cyted, Almería, España. Setiembre, 2002, 30-71.

CARMONA, E. & ABAD, M. 2008a. Aplicación del compost en viveros y semilleros. En: Compostaje. pp. 397-424. Moreno, J & Moral, R. (Eds). Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

CARMONA, E.; MORENO, M. T.; AVILÉS, M. & ORDOVÁS J. 2012a. Composting of wine industry wastes and their use as a substrate for growing soilless ornamental plants. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 10 (2) 482-491.

CARMONA, E.; MORENO, M. T.; AVILÉS, M. & ORDOVÁS J. 2012b. Use of grape marc compost as substrate for vegetable seedlings. *Scientia Horticulturae*. 137: 69–74.

CARMONA, E.; MORENO, M. T.; PAJUELO, P.; MARTINEZ, M. D. & ORDOVAS J. 2008b. Empleo del compost de orujo de vid como sustrato para semilleros de lechuga. *Actas de Horticultura*. 53: 121-125.

CARRIÓN, C.; ABAD, M.; FORNES, F.; NOGUERA, V.; PUCHADES, R.; MAQUIEIRA, A.; BOTELLA, S. & GARCIA, R. 2008. Acidification of composts from agricultural wastes to prepare nursery potting mixtures. In *International Symposium on Growing Media 779*: 333-340.

CARRIÓN, C.; PUCHADES, R.; FORNES, F.; BELDA, R. M.; NOGUERA, V. & ABAD, M. 2007. Producción de planta ornamental en sustratos preparados con compost de residuos de cultivos hortícolas. *Actas de Horticultura*. 47: 157-163.

CAVINS, T. J.; WHIPKER, B. E.; FONTENO, W. C.; HARDEN, B.; MCCALL, I. & GIBSON, J. L. 2000. Monitoring and managing pH and EC using the PourThru extraction method. *Horticulture Information Leaflet*. 590: 1-17.

CCQC (California Compost Quality Council). 2001. Compost Maturity Index. Technical Report. www.ccqc.org.

CHICA, A. & GARCIA, J. L. 2008. Aspectos técnicos en el desarrollo y control del proceso de compostaje. En: *Compostaje*. pp. 141-164. Moreno, J & Moral, R. (Eds). Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

COOPERBAND, L. R.; STONE, A. G.; FRYDA, M. R. & RAVET, J. L. 2003. Relating compost measures of stability and maturity to plant growth. *Compost Science and Utilization*. 11(2): 113-124.

CRESPO, D.; RIZZO, P.; RIERA, N. & DELLA TORRE, V. 2013. Bases teóricas y prácticas de compostaje y lombricultura. INTA. 44 pp.

DAY, M. & SHAW, K. 2001. Chapter 2: Biological, Chemical, and Physical Processes of Composting. In: Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems. pp: 29-62. Stoffella, P. J. and Kahn, B. A. (Eds.). Lewis Publisher, Boca Raton, Florida.

DEDE, O. H.; KOSEOGLU, G.; OZDEMIR, S. & CELEBI, A. 2006. Effects of Organic Waste Substrates on the Growth of Impatiens. *Turkish Journal of Agriculture and Forety*. 30(5): 375-381.

DE BERTOLDI, M.; VALLINI, G. & PERA, A. 1983. The biology of composting - a review. *Waste Management & Research*. 1(2): 157-176.

DE BOODT, M; VERDONCK, O. & CAPPAERT J. 1974. Methods for measuring the waterrelease curve of organic substrates. *Acta Horticulturae* 37: 2054-2062.

DE LUCIA, B.; CRISTIANO, G.; VECCHIETTI, L.; REA, E. & RUSSO, G. 2013. Nursery growing media: agronomic and environmental quality assessment of sewage sludge-based compost. *Applied and Environmental Soil Science*.

DI RIENZO, J. A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M. G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M. & ROBLEDO, C. W. 2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. (Disponible en <http://www.infostat.com.ar>. Consultado el 21/07/2016).

DÍAZ, M. J.; MADEJÓN, E.; LOPEZ, F.; LOPEZ, R & CABRERA, F. 2002. Optimization of the rate vinasse/grape marc for co-composting process. *Process Biochemistry*. 37: 1143–1150.

DÍAZ, C. N. P.; MIRANDA, D. C.; FUEGO, M. E.; CASTILLO, C. I. D. C.; IGARZA, C. U. O. & GUTIÉRREZ, C. J. A. V. 2015. Dinámica de crecimiento de plántulas de *Vitex parviflora* Juss en sustratos de compost de corteza de las especies *Eucalyptus saligna* Smith, y *Eucalyptus pellita* F. Muell en viveros forestales. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 3 (1).

DÍAZ, L. F. & SAVAGE, G. M. 2007. Factors that Affect the Process. In: *Compost Science and Technology*. pp. 49-65. Díaz, L. F.; De Bertoldi, M.; Bidlingmaier, W. and Stentiford, E. (Eds.). Elsevier, Oxford, UK.

DUBSKÝ, M. & ŠRÁMEK, F. 2009. The effect of rockwool on physical properties of growing substrates for perennials. *Horticultural Science*. 36(1): 38-43.

ESTÉVEZ-SCHWARZ, I.; SEOANE, S.; NUÑEZ, A. & LOPEZ-MOSQUERA, M. E. 2009. Characterization and Evaluation of Compost utilized as ornamental plant substrate. *Compost Science & Utilization*. 17(4): 210-219.

SAVEYN, H. & EDER, P. 2014. End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate): technical proposals. *Publications Office of the European Union, Luxembourg*.

EVANS, M. R. & GACHUKIA, M. M. 2007. Physical properties of sphagnum peat-based root substrates

amended with perlite or parboiled fresh rice hulls. *HortTechnology*. 17: 312-315.

EVANS, M. R. & HENSLEY, D. L. 2004. Plant growth in plastic, peat, and processed poultry feather fiber growing containers. *HortScience*. 39:1012-1014.

FAVARO, J. C.; BUYATTI, M. A. & ACOSTA, M. R. 2002. Evaluación de sustratos a base de serrín de Salicáceas (*Salix* sp) compostados para la producción de plantones. *Investigación Agraria. Producción Protección de Vegetales*. 17(3): 367-373.

FERMINO, M. H. 2003. Métodos de análisis para caracterización física de sustratos para plantas. Memoria presentada para optar al Grado de Doctor en Fitotecnia. Universidad Federal de Rio Grande Do Sul. Facultad de Agronomía. Puerto Alegre. 250pp.

FERNANDEZ, H.; FERNANDEZ, R.; FRANGI, P.; LANGE, P & MIZUNO, M. 2006. Plan tecnológico regional 2006-2008. Informe de situación, Cadena Florícola. INTA.

FONTENO, D. 1999. Sustratos: Tipos y propiedades físicas y químicas. En: Agua, sustratos y nutrición. pp. 93-124. Reed, D. (Ed). Ball Publishing y Ed. HortiTecnia Ltda., Bogotá, Colombia.

GARCIA, O.; ALCÁNTAR, 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: 249-258.

GARCIA, C.; HERNANDEZ, T.; COTA, F.; CECCANTI, B. & CIARDI, C. 1992. Evaluation of the maturity of municipal

waste compost using simple chemical parameters. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 23(13-14): 1501-1512.

GARCIA-GOMEZ, A.; BERNAL, M.P. & ROIG, A. 2002. Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes. *Bioresource Technology*. 83(2): 81–87.

GOMEZ-BRANDON, M.; LAZCANO, C. & DOMINGUEZ, J. 2008. The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. *Chemosphere*. 70(3): 436–444.

GORDILLO-MANSSUR, F. A.; GUZMAN-PALOMINO, M.; SALAZAR-CASILLA, I. N. & CARVACHE-RUBIRA, A. K. 2017. Efecto de residuos de producción de azúcar en la altura del compost. *Revista Científica ECOCIENCIA*, 4(3): 75-90.

GRIGATTI, M; GIORGIONI, M. E. & CIAVATTA, C. 2007. Compost-based growing media: Influence on growth and nutrient use of bedding plants. *Bioresource Technology*. 98(18): 3526–3534.

GUERIN, V.; LEMAIRE, F.; MARFA, O.; CACERES, R. & GIUFFRIDA, F. 2001. Growth of *Viburnum tinus* in peat-based and peat-substitute growing media. *Scientia Horticulturae*. 89(2): 129–142.

HARDY, G. S. J., & SIVASITHAMPARAM, K. 1989. Microbial, chemical and physical changes during composting of a eucalyptus (*Eucalyptus calophylla* and *Eucalyptus diversicolor*) bark mix. *Biology and fertility of soils*. 8: 260-270.

HARTMANN, H. & KESTER, D. 1980. Propagación de plantas: principios y prácticas. Compañía Editorial Continental, Mexico D. F. 814 pp.

HAUG, R. T. 1993. The Practical Handbook of Compost Engineering. Lewis Publisher, Boca Raton, Florida. https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=MX_jbe_mODmAC&oi=fnd&pg=PA1&dq=the+practical+handbook+of+compost+engineering&ots=Wd-Hphbgj9&sig=fEUhMYyEaWZ2_5CAHAKZ2gMGvJk#v=onpage&q=the%20practical%20handbook%20of%20compost%20engineering&f=false (18/02/16).

HERNANDEZ-APAOLAZA, L; GASCÓ, A. M.; GASCÓ, J. M. & GUERRERO, F. 2005. Reuse of waste materials as growing media for ornamental plants. *Bioresource Technology*. 96(1): 125–131.

HICKLENTON, P.R.; RODD, V. AND WARMAN, P.R. 2001. The effectiveness and consistency of source-separated municipal solid waste and bark composts as components of container growing media. *Scientia Horticulturae*. 91(3): 365-378.

HUE, N. V. & LIU, J. 1995. Predicting compost stability. *Compost Science and Utilization*. 3(2): 8-15.

IGLESIAS-JIMENEZ, E.; BARRAL-SILVA, M. T. & MARHUENDA EGEA, F. C. 2008. Indicadores de la estabilidad y madurez del compost. En: Compostaje. pp. 243-284. Moreno, J & Moral, R. (Eds). Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

IGLESIAS-JIMENEZ, E. & PEREZ-GARCIA, V. 1992. Determination of maturity indices for city refuse composts. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 38(4): 331-343.

INSAM, H. & BERTOLDI M. 2007. Microbiology of the Composting Process. In: *Compost Science and Technology*. pp. 25-48. Diaz, L. F.; De Bertoldi, M.; Bidlingmaier, W. and Stentiford, E. (Eds.). Elsevier, Oxford, UK.

INTEA S. A. 2003. Estudio sobre la caracterización de la producción florícola en la República Argentina. INTA-JICA. pp: 87.

INV, 2016. Estadísticas anuales de cosecha y elaboración de mostos y vinos. <http://www.inv.gov.ar/index.php/men-estadisticas/men-estadisticas-vitivincolas/16-cat-estadisticas/27-cosecha-y-elaboracion>.

JHORAR, B. S.; PHOGAT, V. & MALIK, E. 1991. Kinetics of composting rice straw with glue waste at different C/N ratios in a semiarid environment. *Arid Soil Research and Rehabilitation*. 5(4): 297-306.

KHALIL, A; DOMEIZEL, M. & PRUDENT, P. 2008. Monitoring of green waste composting process based on redox potential. *Bioresource technology*. 99 (14): 6037-6045.

LANDIS, T. D.; TINUS, R. W.; MCDONALD, S. E.; BARNETT, J. P. & NISLEY, R. G. 2000. Manual de viveros para especies forestales en contenedor. Manual agrícola. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal. 674 pp.

LANREY, F.; OLSON, A.; CARCAMO, A. & CHANG, C. 2000. Physical changes during active and passive composting of beef feedlot manure in winter and summer. *Bioresource Technology*. 75(2): 139-148.

LAVADO, R. 2012. Origen del compost, proceso y compostaje y potencialidad de uso. En: *Compostaje en la Argentina: Experiencias de producción, calidad y uso*. pp. 3-12. Mazzarino, M. & Satti, P. (Eds.). Universidad Nacional de Rio Negro – Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires, Argentina.

LECONTE, M. C.; MAZZARINO, M. J.; SATTI, P.; IGLESIAS, M. C. & LAOS, F. 2009. Co-composting rice hulls and/or sawdust with poultry manure in NE Argentina. *Waste Management*. 29(9): 2446-2453.

LEMAIRE, F.; DARTIGUES, A.; RIVIERE, L.; CHARPENTEIR, S. & MOREL, P. 2005. *Cultivos en macetas y contenedores: Principios agronómicos y aplicaciones*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. 210 pp.

LUCAS, R. E. & DAVIS, J. 1961. Relationships between pH values of organic soils and availabilities of 12 plant nutrients. *Soil Science*. 92(3): 177-182.

MADEJÓN, E.; DIAZ, M. J.; LOPEZ, R. & CABRERA, F. 2002. New approaches to establish optimum moisture content for compostable materials. *Bioresource Technology*. 85 (1): 73-78.

MAHER, M; PRASAD, M & RAVIV, M. 2008. Organic soilless components. In: *Soilless Culture: Theory and Practice*. pp. 459-504. Raviv, M- and Lieth, J. H. (Eds). Elsevier BV, Amsterdam.

<https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=NvDHJxRwsqYC&oi=fnd&pg=PP2&dq=Soilless+Culture:+Theory+and+Practice&ots=APuEQP4log&sig=Sv5uwpc7ImhbooLoNUv9IzSwqw0#v=onepage&q=Soilless%20Culture%3A%20Theory%20and%20Practice&f=false> (8/01/16).

MAZZARINO, M. J.; SATTI, P. & ROSELI, L. 2012. En: Indicadores de madurez, estabilidad y calidad de compost. En: Compostaje en la Argentina: Experiencias de producción, calidad y uso. pp. 13-28. Mazzarino, M. y Satti, P. (Eds.). Universidad Nacional de Rio Negro – Orientación Gráfica Editora, Buenos Aires, Argentina.

MENDOZA-HERNANDEZ, D. 2010. Vermicompost y compost de residuos hortícolas como componentes de sustratos para la producción de planta ornamental y aromática. Caracterización de los materiales y respuesta vegetal. Memoria presentada para optar al Grado de Doctor en Producción Vegetal, en el Departamento de Producción Vegetal de la Universidad Politécnica de Valencia. 455 pp.

MOHEE, R.; MUDHOO, A.; UNMAR, G. D. 2008. Windrow co-composting of shredded office paper and broiler litter. *International Journal of Environment and Waste Management*. 2(1-2): 3-23.

MORENO, J & MORAL, R. 2008. Compostaje. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 570 pp.

MORAL, R; PAREDES, C.; BUSTAMANTE, M. A.; MARHUENDA-EGEA, F. & BERNAL, M, P. 2009. Utilisation of manure composts by high-value crops:

Safety and environmental challenges. *Bioresource Technology*. 100(22): 5454-5460.

MORISIGUE, D. E.; MATA, D. A.; FACCIUTO, G. & BULLRICH, L. 2012. Floricultura. pasado y presente de la floricultura argentina. INTA.

NAU, J. 2011. Crop culture A-Z. In: Ball Redbook. Vol 2. pp: 199-736. Nau, J (Ed). Ball Publishing, West Chicago, Illinois.

OLSZEWSKI, M. W.; TREGO, T. A. & KUPER, R. 2009. Effects of peat moss substitution with arboretum and greenhouse waste compost for use in container media. *Compost Science & Utilization*. 17(3): 151-157.

OREGLIA, F. 1978. Enología teórico – práctica, Vol. I. Segunda edición. Ediciones Instituto Salesiano de Artes Gráficas, Buenos Aires. 726pp.

OVIEDO-OCANA, E. R.; MARMOLEJO-REBELLÓN, L. F. & TORRES-LOZADA, P. 2014. Influencia de la frecuencia de volteo para el control de la humedad de los sustratos en el compostaje de biorresiduos de origen municipal. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(1): 91-100.

OWEN, J. S. & ALTLAND, J. E. 2008. Container height and douglas fir bark texture affect substrate physical properties. *HortScience*. 43(2): 505-508.

PALMISANO, A. C.; MARUSCIK, D. A.; RITCHIE, C. J.; SCHWAB, B. S.; HARPER, S. R. & RAPAPORT, R. A. 1993. A novel bioreactor simulating composting of

municipal solid waste. *Journal of Microbiological Methods*. 18(2): 99-112.

PARADELO, R.; MOLDES, A. B.; GONZÁLEZ, D. & BARRAL, M. T. 2009. Evaluación de compost y vermicompost de orujo agotado de uva como componentes de sustratos. *Actas de Horticultura*. 54: 675-680.

PARADELO, R.; PRIETO, B.; MOLDES, A. B. & BARRAL, M. T. 2010. Seguimiento del compostaje de residuos vitivinícolas mediante medidas de color. *Óptica Pura Aplicada*. 43: 235-243.

PASCUAL, J. A. & HERNANDEZ, T. 1999. Comparison of fresh and composted organic waste in their efficacy for the improvement of arid soil quality. *Bioresource technology*. 1999 (68): 225-264.

PASTOR, N.; MARFA, O. & SAVÉ, R. 2003. Influencia del sustrato y del tamaño del contenedor en el transplante del terreno definitivo de plantas ornamentales cultivadas en contenedor. In *Actas de horticultura*. 39: 527-528.

PETERSON, J. C. 1982. Effects of pH upon nutrient availability in a commercial soilless root medium utilized for floral crop production. *Ornamental Plants: A Summary of Research. Ohio State University and Ohio Research and Development Center*. Circular: 268: 16-19.

PINO, P.; VARNERO, M. T. & ALVARADO, P. 2005. Dinámica del compostaje de residuos vitivinícolas con y sin incorporación de guano broiler. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*. 5: 19-25.

PIRE, R. & PEREIRA, A. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del Estado Lara, Venezuela: propuesta metodológica. *Bioagro*. 15: 55-63.

RAMEZANZADEH, F.; MOHAMMADI TORKASHVAND, A. & KHAKIPOUR, N. 2014. The use of municipal wastes, azolla and tea wastes composts as the growth medium of English daisy. *European Journal of Experimental Biology*, 4(1). 510-513.

RAVIV, M. 2005. Production of High-quality Composts for Horticultural Purposes: A Mini-review. *HortTechnology*. 15(1): 52-57.

RAVIV, M. & LIETH, J.H. 2008. Soilless culture: theory and practice. 1^a ed. Ed. Elseiver. 587 pp.

RAVIV, M.; TARRE, S.; GELER, Z. & SHELEF, G. 1987. Changes in some physical and chemical properties of fibrous solids from cow manure and digested cow manure during composting. *Biological Wastes*. 19(4), 309-318.

RAVIV, M; WALLACH, R; SILVER, A & BAR-TAL, A. 2002. Substrates and their analysis. In: Hydroponic Production of vegetables and ornamental. pp. 25-102. Sawas, D. and Passam, H. (Eds). Embryo Publications, Greece.

REED, D. W. 1999. Agua, sustratos y nutrición. Ball Publishing y Ed. HortiTecnia Ltda., Bogotá, Colombia.

RYNK, R. & RICHARD, T. L. 2001. Commercial Compost Production Systems. In: Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems. pp: 63-105. Stoffella, P. J.

and Kahn, B. A. (Eds). Lewis Publisher, Boca Raton, Florida.

RYNK, R.; VAN DER KAMP, M.; WILSON, G. B.; SINGLEY, M. E.; RICHARD, T. L.; KOLEGA, J. J.; GOUIN, F. R.; LALIBERTY, L; KAY, JR. D.; MURPHY D. W.; HOITINK, H. A & BRINTON, W. F. 1992. On-farm composting handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Coop. Extension Service. Ithaca, EEUU. 186 pp.

SADZAWKA, A.; CARRASCO, M. A.; GREZ, R & MORA, M. 2005. Métodos de análisis de compost. Revisión 2005. Instituto de Investigaciones agropecuarias. Serie Actas INIA, n° 30. Gobierno de Chile.

SANCHEZ-MONEDERO, M.; ROIG, A.; CEGARRA, J.; BERNAL, P.; NOGUERA, P; ABAD, M. & ANTÓN, A. 2004. Composts as media constituents for vegetable transplant production. *Compost Science and Utilization*. 12(2): 161-168.

SCHULZE, K. L. 1962. Continuous Thermophilic Composting. *Applied and Environmental Microbiology*. 10 (2): 108-122.

STENTIFORD, E. I. 1996. Composting control: Principles and practice. In: The Science of Composting. Vol 1. 49-59 pp. De Bertoldi, M.; Sequi, P.; Lemmes, B; and Papi, T. (Eds). Springer Science+Business Media Dordrecht, Reino Unido.

SULER, D. J. & FINSTEIN, M. S. 1977. Effect of Temperature, Aeration, and Moisture on CO₂ Formation in Bench-Scale, Continuously Thermophilic Composting of

Solid Waste. *Applied and Environmental Microbiology*. 33(2): 345-350.

SULLIVAN, D. M. & MILLER, R. O. 2001. Compost Quality Attributes Measurements, and Variability. In: *Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems*. pp: 95-119. Stoffella, P. J. and Kahn, B. A. (Eds). Lewis Publisher, Boca Raton, Florida.

TOMATI, U.; MADEJÓN, E. & GALLI, E. 2000. Evolution of humic acid molecular weight as an index of compost stability. *Compost Science & Utilization*. 8(2): 108-115.

URRESTARAZU GAVILÁN, M. 2004. Bases y sistemas de los cultivos sin suelo. En *Tratado de cultivo sin suelo*. pp. 3-48. Urrestarazu Gavilán, M. (Ed.). Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

VALENZUELA O. 2005. "Materiales alternativos usados en la formulación de sustratos". Conferencia en el II Fórum Latino-Americano de Plantas Ornamentales. 13 a 15 de noviembre de 2005, Nova Petrópolis (RS)-Brasil.

VALENZUELA, O.; NICOLAU, F.; RODE, M.; SCHLUND, H. & GALLARDO, C. 2003. Respuesta de *Tagetes patula* a sustratos formulados con compost y perlita. *Revista Científica Agropecuaria* 7(1): 57-61. Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNER.

VARNERO, M. T.; ROJAS, C. & ORELLANA, O. 2007. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal* 7(1): 28-37.

VENDRAME, A. W.; MAGUIRE, I. & MOORE, K. K. 2005. Growth of selected bedding plants as affected by different compost percentages. In *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 118: 368-371.

WILSON, S. B.; MECCA, L. K.; STOFFELLA, P. J. & GRAETZ. 2004. Using compost for container production of ornamental hammock species native to Florida. *Native Plant Journal* 5(2): 186-194.

WILSON, S. B.; STOFFELLA, P. J. & GRAETZ, D. A. 2002. Development of compost-based media for containerized perennials. *Scientia Horticulturae*. 93(3): 311-320.

WILSON, S. B.; STOFFELLA, P. J. & GRAETZ, D. A. 2003. Compost amended media and irrigation system influence containerized perennial salvia. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 128(2): 260-268.

ZHU, N. 2006. Composting of high moisture content swine manure with corncob in a pilot-scale aerated static bin system. *Bioresource Technology*. 97(15): 1870-1875.

ZMORA-NAHUM, S.; MARKOVITCH, O.; TARCHITZKY, J. & CHEN, Y. 2005. Dissolved organic carbon (DOC) as a parameter of compost maturity. *Soil Biology and Biochemistry*. 37(11): 2109-2116.

ZUBILLAGA, M. & LAVADO R. S. 2001. Biosolids compost as component of potting media for bedding plants. *Gartenbauwissenschaft*. 66(6): 304-309.

ZUCCONI, F & DE BERTOLDI, M. 1987. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. In: Compost: Production, Quality and Use. pp. 276-295. De Bertoldi, M.; Ferranti, M. P.; L`Hermitte, M. P. and Zucconi, F. (Eds). Elsevier Applied Science, London.

ZUCCONI, F.; PERA, A.; FORTE, M. & DE BERTOLI, M. 1981. Evaluating toxicity in immature compost. *Biocycle*. 22:54-57.