

Secretaría de Ciencia y Tecnología de Santiago del Estero

RESIDUOS AGROPECUARIOS Y AGROINDUSTRIALES

III Simposio del NOA y Cuyo

Coords. grales:
G. Vanesa Rodríguez
M. Gimena Serrano



 **BellasAlas**[®]
Editorial

Secretaría de Ciencia y Tecnología de Santiago del Estero

Residuos Agropecuarios y Agroindustriales : III Simposio del NOA y Cuyo / Coordinación general de Gabriela Vanesa Rodríguez ; María Gimena Serrano. - 1a ed - Santiago del Estero : Bellas Alas Editorial, 2024.

390 p. ; 29 x 21 cm. - (Innovación y sostenibilidad en Ciencias Aplicadas)

ISBN 978-631-90283-9-3

I. Residuos Agrícolas. 2. Residuos Industriales. 3. Agroindustria. I. Rodríguez, Gabriela Vanesa, coord. II. Serrano, María Gimena, coord. III. Título.

CDD 363.7288

Fecha de catalogación 10 de julio de 2024

ISBN 978-631-90283-9-3

©2024 | **BellasAlas** Editorial

Edición general: Juan Víctor Rízolo Burgos

Diseño de tapa y maquetación: Eugenia Pacheco

BellasAlas Imprenta & Editorial

Avda. Belgrano (S) 1807 - CP 4200

Santiago del Estero, Argentina

bellasalas.sgo@gmail.com - Tel. 0385 4218478

Facebook: bellasalas.sgo | Instagram: bellas.alas

Whatsapp del editor: 385 6 222020

Hecho el depósito que marca la Ley 11.723

CAPÍTULO 29

COMPOSTADO DE RESIDUOS DE UNA PLANTA DE INCUBACIÓN Y VALORACIÓN AGRONÓMICA DEL COMPOST OBTENIDO

M. Juliana Torti^{1}, Virginia Fain Binda¹, Mariano Butti¹, Ayelen Perrone²*

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Estación Experimental Agropecuaria Pergamino

²Ministerio de Desarrollo Agrario de la Provincia de Buenos Aires

*torti.maria@inta.gov.ar

Introducción

Las plantas de incubación son los establecimientos dedicados a la incubación de huevos fértiles y a la obtención de aves de un día de edad. En estas plantas se incuban los huevos fértiles por 18 días, los pollitos nacen a los 21 días, se clasifican por sexo y calidad, y se descartan los pollitos en malas condiciones físicas o con poca vivacidad. Finalizando el ciclo las aves de un día son puestas en cajas de cartón para el traslado hacia las granjas comerciales, y se retiran las cáscaras, los huevos no fértiles y la mortalidad [1]. Esta actividad genera residuos durante el proceso como son los restos de cáscaras de huevo y plumón, los huevos infértiles, los embriones muertos, los pollitos sacrificados, los fluidos de los huevos y el agua residual de los equipos de limpieza y desinfección y de las áreas de procesamiento. En los últimos años, con las normativas y concientización medioambientales, las plantas de incubación han tenido que buscar alternativas sostenibles para la gestión de los residuos generados [2]. Además, el manejo correcto de los residuos de incubación es fundamental para el control de diversas enfermedades de transmisión transovárica, como por ejemplo la salmonelosis, ya que, si hay un mal manejo de residuos contaminados, se pueden contaminar las instalaciones, el equipo y los pollitos [3].

Entre las muchas tecnologías empleadas para minimizar el impacto ambiental de la fracción orgánica de los residuos, el compostaje ha representado por cerca de un siglo la metodología más eficaz si se tiene en cuenta que al final del proceso se obtiene un producto inocuo, desde la perspectiva ambiental, y con un importante valor agregado desde la perspectiva agronómica. Los residuos orgánicos de las plantas de incubación han resultado ser una materia prima de buena calidad para realizar procesos de compostaje, permitiendo así transformar un producto orgánico sólido (residuos) en un producto química y biológicamente estable y sanitizado (el compost) a través de un proceso de degradación biooxidativa y catabólica, seguida de un proceso de resíntesis, mediado por organismos descomponedores endémicos (normalmente artrópodos y microorganismos) [4].

El empleo de compost como enmienda a los suelos agrícolas es beneficioso no sólo para la producción de cultivos sino también para mantener la calidad del suelo. Los materiales compostados constituyen un aporte importante de materia orgánica, que reestablece las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo incrementando a su vez la biodiversidad y la actividad de la población microbiana edáfica. Sin embargo, la aplicación al suelo de un compost inmaduro puede causar problemas tales como la inmovilización de N por parte de los microorganismos, condiciones anaeróbicas, elevación de la temperatura del medio y la acumulación de sustancias fitotóxicas que pueden impedir la germinación de semillas

o inhibir el crecimiento radicular [5]. La medición durante el proceso de compostaje de la evolución de los principales parámetros químicos y biológicos permite monitorear el grado de estabilidad y madurez alcanzado por los residuos orgánicos y determinar el tiempo óptimo de tratamiento [6]. La caracterización del compost obtenido previo a su aplicación como enmienda o fertilizante orgánico es fundamental para evitar efectos indeseados.

El objetivo de este trabajo fue monitorear la última fase del proceso de compostado de residuos provenientes de una planta de incubación, caracterizar el compost final obtenido y evaluar su aptitud agronómica empleando como cultivo indicador *Lactuca sativa L.*

Materiales y métodos

Proceso de compostado

Se realizaron dos pilas para el compostado de los residuos de incubación originados en la Sección Aves de la EEA Pergamino utilizando un sistema de pilas con volteo manual. La pila 2 se armó 14 días después respecto de la pila 1. Se pesó el material generado para calcular la cantidad de viruta a agregar para alcanzar una adecuada relación C/N. Los residuos de incubación poseen una relación C/N muy baja (pollitos de descarte 5.86/1, cáscaras y huevos no nacidos 9.42/1) por lo que es necesario el agregado de un material con alto contenido de carbono para ajustar estas proporciones [4]. En este caso, se utilizó viruta como fuente de C (416/1), mezclando 1 kg de esta por cada 16 kg de residuos. La mezcla se realizó sobre una superficie impermeable, manteniendo la humedad en un 60-70%. Se quebraron los huevos con pala, asegurándose que no queden enteros. Esto es importante ya que si no se destruyen los huevos no eclosionados sufren oxidaciones parciales que generan malos olores, lo que podría deteriorar la calidad del producto final [4]. Se armaron pilas de 1m de altura por 3m de largo. Las pilas se taparon con paja para evitar la pérdida de calor, y en épocas lluviosas se las tapó también con nylon. El primer volteo se realizó a los 15 días de iniciado el proceso, y luego cada 20 días.

Durante la última fase del proceso de compostado se realizaron 4 muestreos: a los 141, 163, 182 y 212 días de iniciada la pila 1 y a los 127, 149, 168 y 198 días de iniciada la pila 2. Luego se mezclaron ambas pilas en una sola y se realizó un 5° muestreo a los 250 días de iniciada la pila 1 y 236 días de iniciada la pila 2. En cada muestreo se registraron humedad (H), materia orgánica (MO), índice de germinación (IG) y producción de CO₂ (Prod. CO₂). En el último muestreo se realizó una caracterización más completa de la muestra teniendo en cuenta los parámetros establecidos en la normativa actual vigente para la producción, registro y aplicación de compost [7].

Ensayo en macetas

Los bioensayos con plantas son considerados los métodos más directos para evaluar la madurez de un compost dado que evidencian los efectos del mismo sobre el crecimiento de las plantas [8]. Para estudiar el efecto del compost sobre la producción vegetal y su eficiencia como fertilizante orgánico se llevó a cabo un ensayo en macetas bajo condiciones controladas, empleando *Lactuca sativa L.* como planta indicadora. El ensayo se llevó a cabo durante los meses de mayo a agosto de 2018 en un invernáculo ubicado en la EEA Pergamino. Para la obtención de los plantines se utilizaron 4 bandejas de germinación multicelda (*speedlings*) de 200 pozuelos cada una. En cada pozuelo se colocó ¼ de sustrato comercial. En cada celda se colocó una semilla de *Lactuca sativa L.*, var. gallega y se cubrió con una capa delgada del sustrato. Las bandejas fueron numeradas del B1 al B4 (bloques 1, 2, 3 y 4) y colocadas en el invernáculo. Hasta el momento del trasplante, se proporcionó riego a través de rociador ma-

nual. Se controló diariamente el estado sanitario y desarrollo de las plántulas. A los 44 días de la siembra, se realizó el trasplante. Se utilizaron macetas de 3 litros a las que se le agregó tierra hasta $\frac{3}{4}$ partes de su capacidad. Previa a su utilización la tierra se desmenuzó, se limpió de todo material extraño (raíces, animales, etc.) y se tomó una submuestra para su caracterización (pH: 6.3, conductividad eléctrica: 3.36 dS/m, carbono: 37.4 mg/g, fósforo extractable: 160 mg/kg, nitrógeno de nitratos: 81.9 mg/kg y humedad: 37%). La dosis de compost según el tratamiento correspondiente fue incorporada a los primeros 10 cm de tierra de la maceta. Dado que la *Lactuca sativa L.* posee un sistema radicular poco desarrollado, para un mejor aprovechamiento de los nutrientes es importante situarlos a poca profundidad. Luego se introdujo el plantín. Para el trasplante se utilizaron los plantines centrales de las bandejas multicelda, respetando cada bloque. Esto se realizó para evitar el uso de los plantines ubicados en la periferia de las bandejas, ya que resultaron ser más heterogéneos. Las dosis de compost fueron calculadas en t/ha, teniendo en cuenta la superficie de las macetas (0,0154 m²). Las dosis de los tratamientos fueron seleccionadas teniendo en cuenta que en las huertas argentinas se abona con estiércol de ave aplicando 20-30 t cada dos años [9]. El llenado de las macetas del T1 fue de $\frac{3}{4}$ partes de tierra sin compost y fue considerado como testigo (Tabla 1). Se realizaron 4 repeticiones de cada tratamiento.

Tabla 1. Tratamientos y dosis de compost aplicadas.

Tratamiento	Dosis por maceta (g)	t/ha
T1	0	0
T2	15	10
T3	50	30
T4	80	50

t/ha: toneladas por hectáreas.

El diseño utilizado en el ensayo fue un DBCA con 4 bloques. El gradiente de heterogeneidad fue la bandeja multicelda de la cual provinieron los plantines. Cada bloque estuvo separado por pasillos del ancho de dos macetas y el perímetro se completó con macetas con plantas contemporáneas para evitar el efecto borde. Se controló diariamente el estado sanitario y desarrollo de las plantas. A lo largo del ciclo del cultivo se realizaron 4 cosechas (cosecha 1 a los 62 días de la siembra, cosecha 2 a los 76 días de la siembra, cosecha 3 a los 90 días de la siembra y cosecha 4 a los 105 días de la siembra). En cada cosecha se realizaron las siguientes determinaciones:

- Raíz: peso húmedo (PHR) y seco (PSR)
- Biomasa foliar: peso húmedo (PHBF) y seco (PSBF)
- Área Foliar (AF): en cm², utilizando un fotoplanímetro
- Tallo: peso húmedo (PHT) y seco (PST)
- N° de hojas

Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Calidad de Alimentos, Suelo y Agua de INTA Pergamino.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante ANOVA y las medias comparadas mediante el test de Tukey a un nivel de significancia del 0,05. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software Infostat [10].

Resultados y discusión

Desde el inicio del seguimiento la pila 1 mostró ausencia de fitotoxicidad (IG: 79%), mientras que en la pila 2 el IG superó el 60% a los 150 días (Figura 1). El ICRr realizado en el últi-

mo muestreo indica que el compost obtenido no presenta ningún efecto significativo sobre el crecimiento de la radícula empleando como especie indicadora *Lactuca sativa L.*, lo cual corrobora la ausencia de sustancias fitotóxicas (Tabla 2). Los resultados de amonio y de la relación amonio: nitrato en favor de las formas oxidadas obtenidos en el último muestreo también estarían evidenciando que el material alcanzó la madurez. Basándonos en el IG podríamos decir que son necesarios 4 meses para alcanzar la maduración de este material. Respecto a los parámetros que evalúan estabilidad, la producción de CO₂ tuvo un comportamiento decreciente a lo largo del seguimiento de ambas pilas, habiéndose registrado en el último muestreo habiendo unificado ambas pilas, un valor de 4.6 mg CO₂/g MO/d. Según la normativa actual [7] el material aun no estaría estabilizado.

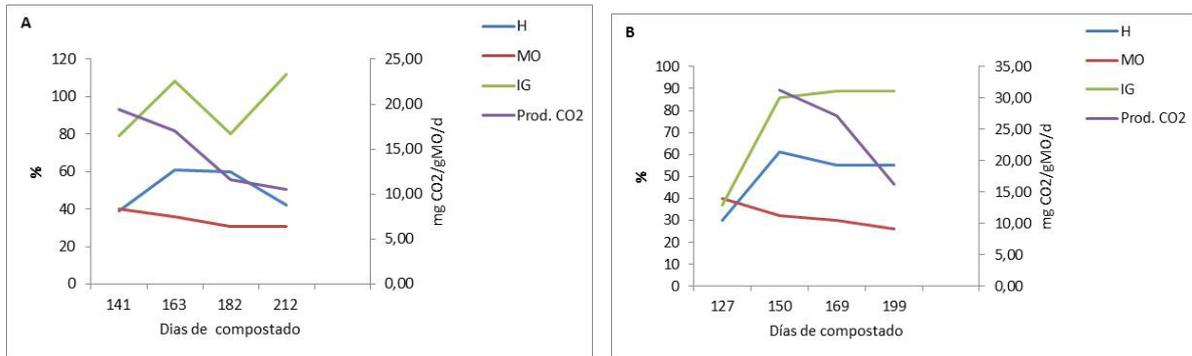


Figura 1. Evolución de parámetros de madurez y estabilidad en A: pila 1 y B: pila 2. H: humedad, MO: materia orgánica, IG: índice de germinación, Prod. CO₂: producción de CO₂.

La aplicación de materia orgánica biológicamente inestable en el suelo produce la competencia por oxígeno entre la biomasa microbiana y las raíces de las plantas limitando el consumo de oxígeno en las raíces [11]. Según el TMECC [12] un valor entre 2-4 mg CO₂/g MO/d estaría indicando que se trata de un compost moderadamente estable, con mínimo a nulo impacto en la dinámica del C y N edáficos. La relación C/N alcanzada en el último muestreo indica que el compost puede ser agregado al suelo sin alterar su equilibrio microbológico. En el material obtenido al final del proceso son visibles las cáscaras de huevo, pero el resto del material tiene aspecto, color y olor a tierra.

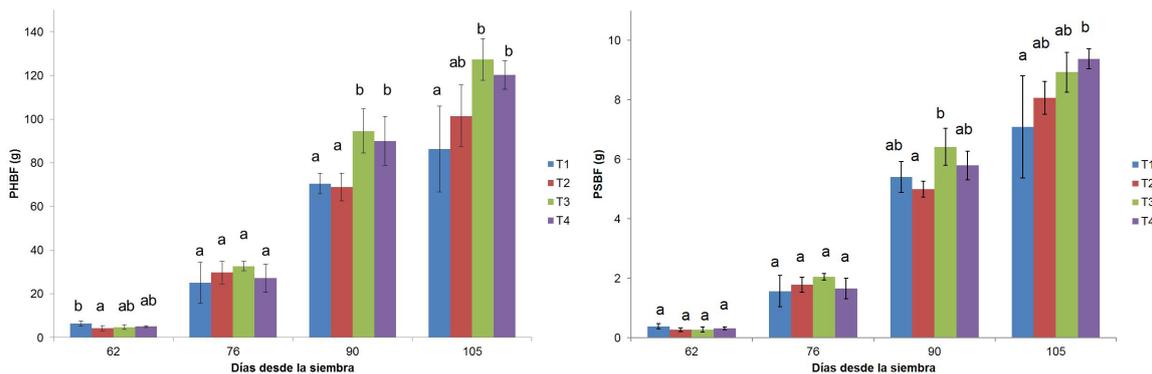
Tabla 2. Caracterización del compost obtenido al final del proceso mezclando las dos pilas.

Parámetro	Valor obtenido	Valor esperado
pH	6,8	5.0 - 8.5 [7]
CE (dS/m)	3,38	< 4.0 [7]
H (%)	31	< 60 [7]
MO (%)	27	≥ 20 [7]
Cenizas (%)	73	-
NK (%)	1,6	NPK ≥ 6 [13]
COT (%)	15	-
C/N (%)	9	< 30 [7]
NNH ₄ (ppm)	0,09	< 400 [7]
NNO ₃ (ppm)	0,30	-
NNH ₄ /NNO ₃ (ppm)	0.3	< 0.3 [7]
PT (%)	0,4	NPK ≥ 6 [13]

ICRr	0.9	> 0.8 [14]
IG (%)	80,0	> 60 [7]
Prod. CO2 (mg CO2/gMO/d)	4,6	< 2.88 [7]

CE: conductividad eléctrica, H: humedad, MO: materia orgánica, NK: nitrógeno kjeldahl, COT: carbono orgánico total, C/N: relación carbono: nitrógeno, NNH4: nitrógeno de amonio, NNO3: nitrógeno de nitratos, NNH4/NNO3: relación nitrógeno de amonio: nitrógeno de nitrato, PT: fósforo total, ICRr: índice del crecimiento relativo de la radícula en lechuga, IG: índice de germinación en lechuga.

Con respecto al bioensayo, el cultivo se comportó de manera favorable durante todo el período de ensayo, no evidenciándose efectos de fitotoxicidad. El PHBF promedio presentó un crecimiento exponencial hasta transcurridos 90 días desde la siembra en todos los tratamientos en coincidencia con lo publicado por Galván y Rodríguez [15] y se estabilizó hacia los 105 días transcurridos desde la siembra, por encontrarse en la fase final del cultivo (Figura 2). En las últimas dos cosechas T3 y T4 superaron a T1 presentando en promedio 24.06 g y 19.56 g más de PHBF respectivamente a los 90 días de la siembra y 41.05 g y 33.94 g más de PHBF, respectivamente a los 105 días de la siembra. EL PSBF tuvo el mismo comportamiento que el PHBF, y a los 105 días de la siembra T4 superó a T1 en 2.29 g promedio. Por lo tanto, T3 superó a T1 debido a un mayor contenido de agua, pero T4 presentó además un mayor contenido de materia seca que T1. PHT y PST presentaron un crecimiento exponencial a lo largo del ensayo en todos los tratamientos, lo cual coincide con la bibliografía [16]. A los 105 días de la siembra T3 superó a T1 por 7.06 g en PHT. El PHR y PSR también presentaron un crecimiento exponencial a lo largo del ciclo del cultivo para todos los tratamientos produciéndose en la última etapa del cultivo el 80% del peso final de las raíces. Aunque no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, en T3 y T4 se observó un mayor desarrollo radicular superficial, probablemente debido a que el compost se agregó en los primeros 10 cm de la maceta (Figura 3). Según Correia Santos et al [17], el agregado de enmiendas orgánicas mejora las propiedades físicas del sustrato como la capacidad de almacenamiento de agua, la aireación y disminuye la compactación, favoreciendo el desarrollo radicular, permitiéndole a la planta explorar un mayor volumen de suelo, lo que se traduce en un mayor rendimiento.



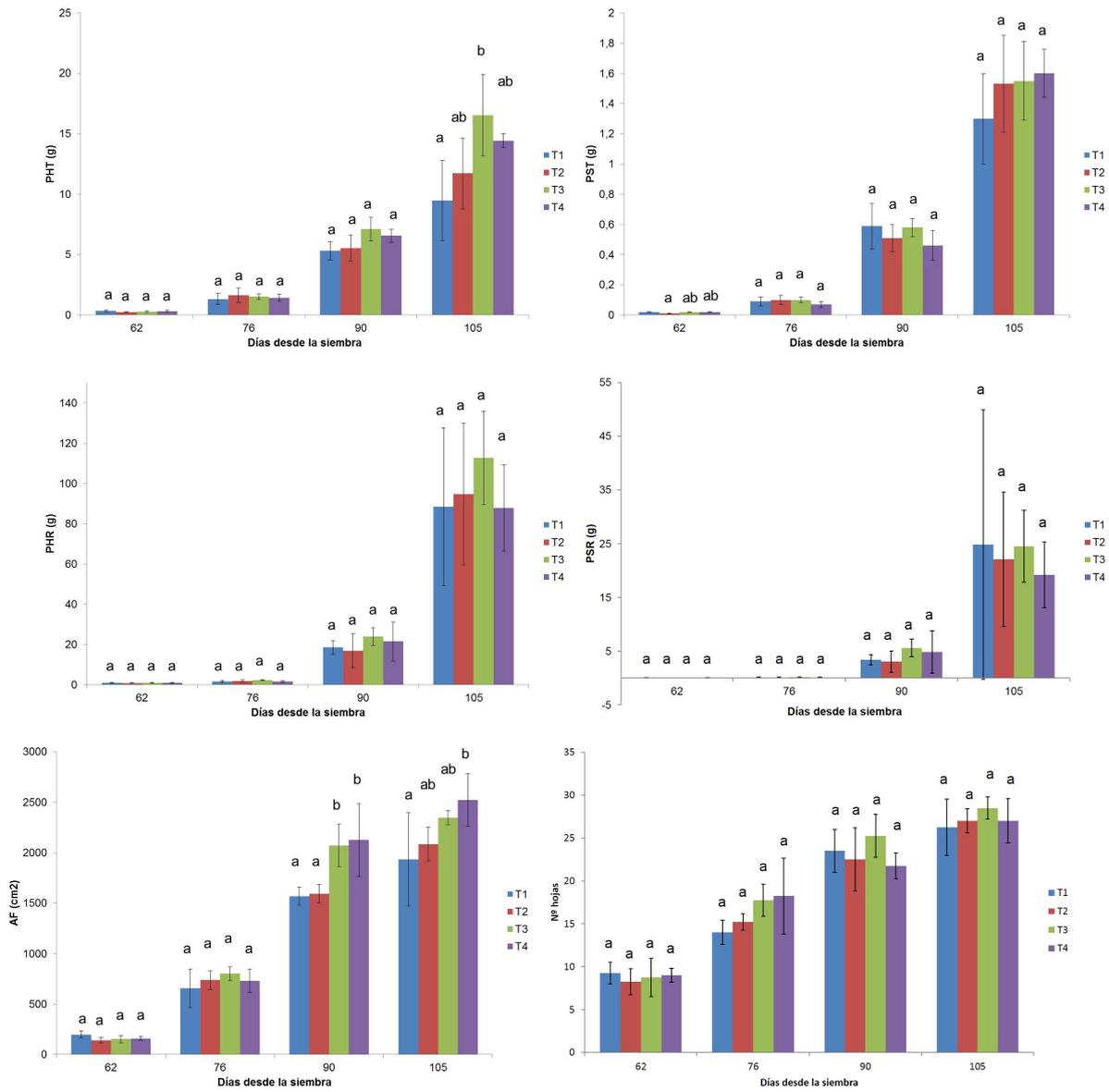


Figura 2. T1, T2, T3 y T4: 0, 10, 30 y 50 t/ha de compost respectivamente. PHBF: peso húmedo de la biomasa foliar promedio, PSBF: peso seco de la biomasa foliar promedio, PHT: peso húmedo de tallo promedio, PST: peso seco de tallo promedio, PHR: peso húmedo de raíz promedio, PSR: peso seco de raíz promedio, AF: área foliar promedio. Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$).



Figura 3. Plantas tomadas de cada uno de los tratamientos del ensayo durante la cosecha 4.

El AF presentó el mismo comportamiento que el PHBF, a los 90 días de la siembra T3 y T4 superaron a T1 y T2 en un 25% y a los 105 días de la siembra T4 superó a T1 en un 23%. El n° de hojas fue en aumento a lo largo del ciclo del cultivo para todos los tratamientos, sin diferencias significativas entre ellos.

Los tratamientos T3 y T4 se diferenciaron de T1 en la fase final del cultivo (a partir de los 90 días de la siembra). A pesar de que el suelo utilizado como sustrato en el ensayo resultó muy bien provisto de fósforo y nitrógeno, se lograron diferencias significativas en el rendimiento con dosis de compost de 30 (T3) y 50 (T4) t/ha respecto del T1 sin compost.

Conclusiones

La medición de la evolución de los parámetros químicos y biológicos durante la última fase del proceso de compostaje de residuos provenientes de una planta de incubación permitió determinar que al cabo de 8 meses es posible lograr un producto maduro, aunque moderadamente estable. A pesar de no haber alcanzado los valores de estabilidad establecidos en la normativa actual, el compost resultó apto para uso agronómico como fertilizante orgánico en cultivo de *Lactuca sativa L.* desde el punto de vista de las variables evaluadas en el presente trabajo, ya que no se evidenció fitotoxicidad y se lograron diferencias significativas en el rendimiento con dosis de compost de 30 y 50 t/ha, respecto del testigo sin compost. Por lo que se concluye que el compostaje es un tratamiento viable para este tipo de residuos pudiéndose obtener un producto con valor agregado como fertilizante orgánico. Sería fundamental evaluar parámetros microbiológicos en el compost obtenido para asegurar la sanidad del mismo. Sería apropiado realizar ensayos con sustratos inertes (que no aporten nutrientes al cultivo indicador) para una mayor expresión del aporte de nutrientes realizado por este tipo de compost.

Referencias

- [1]. Pérez Villa, M.V. y Villegas Calle, R.A. (2009). *Procedimientos para el manejo de residuos orgánicos avícolas*. Manual técnico. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquía. Colombia.
- [2]. Wilcox N. *Eliminación responsable de los residuos de las plantas de incubación*. Disponible en <https://www.petersime.com/es/departamento-de-desarrollo-de-incubacion/eliminacion-responsable-de-los-residuos-de-las-plantas-de-incubacion/> [acceso 22 de octubre de 2020].
- [3]. Dawkins K. de AviNews América Latina, 2016. *Sanidad en plantas de incubación*. Disponible en <https://avicultura.info/sanidad-plantas-incubacion/> [acceso 22 de octubre de 2020].
- [4]. Villa, G., Maya, C., Acevedo, L., Moreno, M.E., Acevedo, M., Wolf, M., Morales, G., Pelaez, G. (2001). *Compostación en plantas de incubación. Parte 1: En condiciones de laboratorio*. Revista Avicultores, Volumen 71 (1) 30-33.
- [5]. Arrigo, N.M., Jimenez, M., Palma, R.M., Benito, M., Tortarolo, M.F. (2005). *Residuos de poda compostados y sin compostar: uso potencial como enmienda orgánica en suelo*. Revista Ciencia del suelo, Volumen 23 (1) 87-92.
- [6]. Defrieri, R.L., Jimenez, M.P., Effron, D., Palma, M. (2005). *Utilización de parámetros químicos y microbiológicos como criterios de madurez durante el proceso de compostaje*. Revista Agriscientia, Volumen 22(1) 25-31.
- [7]. Resolución Conjunta SECCYMA (Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental) y SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria) 1 2019-318692. (2019). Marco normativo para la producción, registro y aplicación de compost.

[8].Chukwujindu, M.A., Iwegbue, A., Egun, C., Emuh, F.N., Isirimah, N.O. (2006). *Compost maturity evaluation and its significance to agricultura*. Pakistan Journal of Biological Science, Volume 9 (15) 2933-2944.

[9].Vigliola, M.I. (2007). *Manual de horticultura*. Cátedra de Horticultura. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Primera edición. Editorial Hemisferio Sur. Argentina.

[10].Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., y Robledo, C. W. 2017. InfoStat Versión 2017. Grupo InfoStat. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

[11].Iglesias Jiménez E., Perez García V. (1989). *Evaluation of city refuse compost maturity: A review*. Biological Wastes Journal, Volume 27(1) 115-142.

[12].Leege, P.B., Millner, P.D., Thompson, W.H. & Watson, M.E. (2002). *The Test Method for the Examination of Composting and Compost (TMECC)*. First Edition. Composting Council Reserach and Education Foundation, USA.

[13].Resolución SENASA 264 (2011). Manual para el registro de fertilizantes, enmiendas, sustratos, acondicionadores, protectores y materias primas en la República Argentina.

[14].Young, B.J., Riera, N.I., Beily, M.E., Bres, P.A., Crespo, D.C., Ronco, A.E. (2012). *Toxicity of the effluent from an anaerobic bioreactor treating cereal residues on Lactuca sativa*. Ecotoxicology and Environmental Safety Journal, Volume 76 182–186.

[15].Galván, G. y Rodríguez, J. (1999). *Cultivos de Hoja. Lechuga generalidades y ecofisiología*. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay.

[16].Premuzic, Z., De los ríos, A., Clozza, M., Miniño, H., Vilella, F., Iorio, A.F. (1995). *Absorción y Distribución de Macronutrientes en Lechuga*. Revista Horticultura Argentina, Volumen 14 (37).

[17].Correia Santos, C., Carmo Vieira, M., Heredia Zárate, N.A., Oliveira Carnevali, T., Vieira Gonçalves. (2020). *Organic resodues and bokashi influence in the growth of Alibertia edulis*. Floresta e Ambiente Journal Volume 27(1).