

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

COMPOSTAJE DE AGAR RESIDUAL CADUCO GENERADO EN UN LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA

*José Aurelio Sosa Olivier'
José Ramón Laines Canepa'
Andrea Eduvigés Segura García'
Fabiola Jazmín Jiménez Hernández'
Cristina Gómez Ulloa'

COMPOSTING OF RESIDUAL EXPIRED AGAR FROM A MICROBIOLOGY LABORATORY

Recibido el 22 de noviembre de 2017; Aceptado el 16 de marzo de 2018

Abstract

*This work shows the feasibility of aerobic composting, for the agar waste generated in a microbiology laboratory. Composting was of two piles, with the residual agar and compared with 2 piles of control, without residual agar. The pH values at the end of composting, they did not show statistically significant differences with a value of $P = 0.028$, about control. Values that registered of temperature $>40\text{ }^{\circ}\text{C}$, in piles with agar, slightly higher than in the piles without agar. Phytotoxicity results were obtained with plants *P. vulgaris* and *L. culinaris*, however, with a value of $P = 0.61$, no statistical difference were found between the compost. The Biomass values, obtained differences only in the group with *P. vulgaris*. It is important the dedication that superior educational institution should have on the substantial development. Becoming an example to society in the economical sectors and government.*

Keywords: aerobic process, waste agar, *E. foetida*, *L. culinaris*, *P. vulgaris*.

¹División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.

*Autor correspondiente: Planta Piloto 3, Tratamiento de Aire y Residuos Sólidos. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Email: ing-jaso@hotmail.com

Resumen

Este trabajo muestra la viabilidad del compostaje aeróbico para los residuos de agar generados en un laboratorio de microbiología. El compostaje fue de dos pilas, con el agar residual y se comparó con 2 pilas de control, sin agar residual. Los valores de pH al final del compostaje no mostraron diferencias estadísticamente significativas con un valor de $P = 0.028$, sobre el control. Valores que registraron temperaturas > 40 °C, en pilas con agar, ligeramente más altas que en las pilas sin agar. Los resultados de fitotoxicidad se obtuvieron con plantas de *P. vulgaris* y *L. culinaris*, sin embargo, con un valor de $P = 0.61$, no se encontraron diferencias estadísticas entre el compost. Los valores de Biomasa, obtuvieron diferencias solo en el grupo con *P. vulgaris*. Es importante la dedicación que la institución educativa superior tiene en el desarrollo sustancial. Convertirse en un ejemplo para la sociedad en los sectores económicos y el gobierno.

Palabras clave: proceso aeróbico, agar residual, *E. foetida*, *L. culinaris*, *P. vulgaris*.

Introducción

Las instituciones de educación superior (IES), como las universidades públicas, en sus actividades de enseñanza e investigación, demandan el consumo de energía y materiales, que finalmente, parte de ellos son transformados en contaminantes (Alshuwaikhata y Abubakar, 2007). Por ello, las IES que no cuentan con un programa institucional de manejo adecuado de sus residuos, que busque la minimización y la valoración de los mismos, se convierten en una amenaza para el logro de la sustentabilidad institucional (Smyth *et al.*, 2010). Espinosa *et al.* (2013) mencionan que en el año 2000, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en colaboración con la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), buscan que las IES incorporen la dimensión ambiental en los planes de desarrollo institucional, incluyendo acciones de transmisión, generación, aplicación y difusión del conocimiento, así como sistemas de manejo ambiental para el uso eficiente y ahorro de los recursos institucionales.

Un punto importante de generación de residuos, son los laboratorios de las IES, ya que en ellos se generan sustancias químicas, bioquímicas y biológicas que, al manejarse inadecuadamente, son un potencial contaminante hacia el ambiente. Un caso particular, son los laboratorios de microbiología o donde se realicen cultivos, aislamiento y manejo de bacterias, cepas y hongos, ya que es común, el desecho de medios de cultivo (agares).

Existen diversos tipos de agares, tanto por su composición y tipo de microorganismo de interés. Krikorian (1991), menciona que los microorganismos requieren una variedad de nutrientes, macros y micros, orgánicos e inorgánicos, generalmente las células de crecimiento pueden fabricar sus proteínas a partir de fuentes adecuada de nitrógeno y carbono suministradas por el medio de cultivo. Muchas veces, el manejo del agar después de su uso, se realiza de forma inadecuada, sin embargo, es importante que este lleve un tratamiento de esterilización mediante autoclave, 134 °C y 35 min (Méndez, 2014), para finalmente disponerse como un residuo de manejo especial.

Un procedimiento de tratamiento de residuos, especialmente orgánicos, ha sido el compostaje aerobio. En comparación con otros tratamientos de residuos biológicos, tales como la incineración, el depósito en vertederos o descarga de aguas residuales, el compostaje doméstico es considerado como un equivalente o incluso una mejor opción en lo que respecta a la sustentabilidad (Chan *et al.*, 2011; Andersen *et al.*, 2011; Lleó *et al.*, 2013). Además, el compostaje ha demostrado ser eficaz en la reducción de compuestos orgánicos líquidos relativamente persistentes tales como productos farmacéuticos y productos de cuidado personal (Guerin, 2001; Buyuksonmez y Ekeröçglu, 2005), clorofenol (Laine y Jorgensen, 1997), 2,4,6-trinitrotolueno (Griest *et al.*, 1993; Thorn *et al.*, 2002), diazinon (Michel *et al.*, 1997), pireno y simazina (Hartlieb *et al.*, 2003), 17β estradiol y testosterona (Hakk *et al.*, 2005), y oxitetraciclina (Arikan *et al.*, 2009).

Es importante conocer las condiciones generales, en las que se lleva a cabo el proceso de compostaje, tanto para su control, como para conocer posibles ineficiencias. Durante el proceso de compostaje, se lleva a cabo la respiración microbiana y con ello, se alcanzan temperaturas termofílicas >40 °C, realizando la degradación de materia orgánica, inhibiendo y destruyendo microorganismos patógenos (Bertoldi *et al.*, 199; Burton y Turner 2003; Huang *et al.*, 2006; Said-Pullicino *et al.*, 2007).

Algunos autores plantean tiempos y temperaturas de inhibición y/o destrucción de patógenos, en procesos de compostaje. El tiempo de exposición y la temperatura requerida para inactivar *Salmonella* en matrices de compostaje se ha reportado como 2-3 días a 55 °C en biosólidos (Burge *et al.*, 1981; Zaleski *et al.*, 2005), y de 1 a 13 días en 50 °C, y 2.5 días a 38 °C (Ahmed y Sorensen, 1995). Para el caso de *E. coli*, se reporta una disminución a 65 °C durante 12 días, en el compostaje de heces fecales y residuos alimenticios (Himathongkham *et al.*, 1999; Vinneras, 2007). Sin embargo, existen otros factores que influyen en la calidad de la composta, como la presencia de diversos contaminantes inorgánicos y orgánicos recalcitrantes, su estabilidad, contenido de nutrientes y otros parámetros físico-químicos y biológicos (Barral *et al.*, 2007). Vázquez *et al.* (2015) menciona que una composta adecuada posee un rango óptimo de pH de 5.5 a 8, un alto contenido de materia orgánica y la baja concentración de sal, ya que esto inhibe la germinación de semillas y crecimiento de plántulas. Por ello, el presente trabajo, tiene como objetivo evaluar estadísticamente y con base en la norma ambiental del distrito federal 020 (NADF-020-AMBT-2011) el compostaje de agar sangre caduco y residual, generado en el laboratorio de microbiología de la División Académica de Ciencias Biológicas, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Metodología

Agar residual

En los dos periodos semestrales del 2016, el agar residual se generó en el laboratorio de microbiología de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma

de Tabasco. Se cuantificaron 11.50 kg de agar, 10.80 kg de agar sangre y 0.70 kg de papa dextrosa (figura 1a). Para el caso del agar residual, el personal del laboratorio realiza el esterilizado de los recipientes (cajas Petri) mediante autoclave, para reducir el riesgo de contaminación en su manejo (figura 1b).



Figura 1. a) Agar caduco; b) Agar residual

Proceso de compostaje

Se conformaron cuatro pilas de 140 kg, cada una, con hojarasca y composta iniciada obtenida del área de compostaje los residuos de jarinería de la misma DACBiol. 5.50 kg de agar residual, se incorporó a dos pilas de composta (Pila 1 y 2), siendo las restantes los testigos del proceso (Pila 3 y 4). El material utilizado se describe en el Tabla 1.

Tabla 1. Diseño Experimental

Tratamiento	Cantidad	Composición inicial	Agar (kg)
Pila 1	140 kg	Hojarasca (50%)	5.50
Pila 2	140 kg	Residuos vegetales (20 %)	5.50
Pila 3	140 kg	Composta (30%)	(Testigo)
Pila 4	140 kg		(Testigo)

Semanalmente se monitorearon parámetros fisicoquímicos como pH, conductividad eléctrica (dS/cm), humedad (%), salinidad (PSU), potencial Redox (mV) y temperatura (°C), para conocer el efecto de la adición del agar en el proceso de compostaje. El experimento duró 8 semanas. Al término del proceso, se tomaron muestras de cada pila, para determinar la cantidad de materia orgánica. Las muestras se calcinaron a 550±50 °C, durante 2 horas (Sadzawka *et al.*, 2006). Los valores de masa se calcularon de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Materia Orgánica} = \frac{D-B}{D-C} * 100$$

Ecuación 2

Donde:

B: masa en g, del residuo de calcinación + recipiente (Final)

C: masa en g, del recipiente

D: masa en g, del residuo seco a 105°C + recipiente (Inicio)

Evaluación de la calidad de la composta

En México existe una norma aplicable en la Ciudad de México, la cual plantea parámetros de control de calidad en compostaje, y determina los parámetros de calidad y clases de composta (Tabla 2), tipo A (sustrato en viveros y sustituto de suelo en macetas), B (Agricultura ecológica y reforestación) y C (Paisaje, áreas verdes urbanas y reforestación).

Tabla 2. Características generales por tipo de composta

Parámetros	A	B	C
pH	6.7 – 7.5	6.5 – 8	-
Conductividad Eléctrica (dS/m)	< 4	< 8	< 12
Humedad (%)	25 – 35		25 – 45
Diferencia de temperatura con el ambiente (°C)		≤10	≤ 15
Fitotoxicidad (%IG)	≥85	≥ 75	≥ 60
Materia orgánica (% MS)		>20	>25

IG: Índice de germinación; MS: Materia seca

Fitotoxicidad

Al término del proceso de compostaje, se realizó una prueba de fitotoxicidad. La cual consistió en determinar porcentaje de germinación de semillas y desarrollo de plantulas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y lentejas (*Lens culinari*), para ello se utilizaron charolas de germinación comerciales, estos ensayos duraron 15 días (figura 2). Previo a la prueba, las semillas eran lavadas con una solución de 0.1 N de hipoclorito de sodio, para su limpieza y desinfección. Se realizaban pruebas de viabilidad a lotes de 50 semillas, buscando valores por encima del 60% de germinación, bloqueando el factor de error por el uso de semillas malas.



Figura 2. Charolas de germinación utilizadas en pruebas de Fitotoxicidad.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron mediante pruebas comparativas paramétricas (ANOVA) y no paramétricas (Kruskal-Wallis) utilizando el paquete estadístico STATGRAPHICS® Centurion XVII.

Resultados y Discusión

Compostaje

En la figura 3, se muestran las pilas de composta utilizadas, se enumeran de izquierda a derecha.



Figura 3. Pilas de compostaje.

Parametros fisicoquímicos

El comportamiento del pH en las pilas de composta, se mantuvo en los valores reportados por Vázquez *et al.* (2015). En la figura 4 se aprecian el comportamiento durante el proceso.

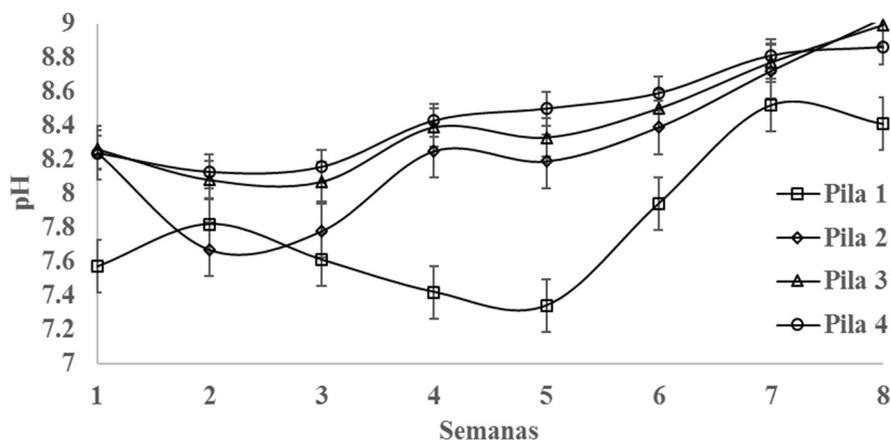


Figura 4. Comportamiento de pH

En la figura 5 se observa el comportamiento del parámetro de temperatura, se muestra una semejanza en las temperaturas de las unidades experimentales, y notablemente distintas con la temperatura ambiental.

Los valores de temperatura en las pilas a las cuales se les agrego el agar, alcanzaron temperaturas mayores de 40 °C, como lo menciona Bertoldi *et al.* (1996); Burton y Turner (2003); Huang *et al.* (2006) y Said-Pullicino *et al.* (2007). En Tabla 3, se muestran los valores fisicoquímicos promedios finales, que fueron monitoreados en cada una de las pilas.

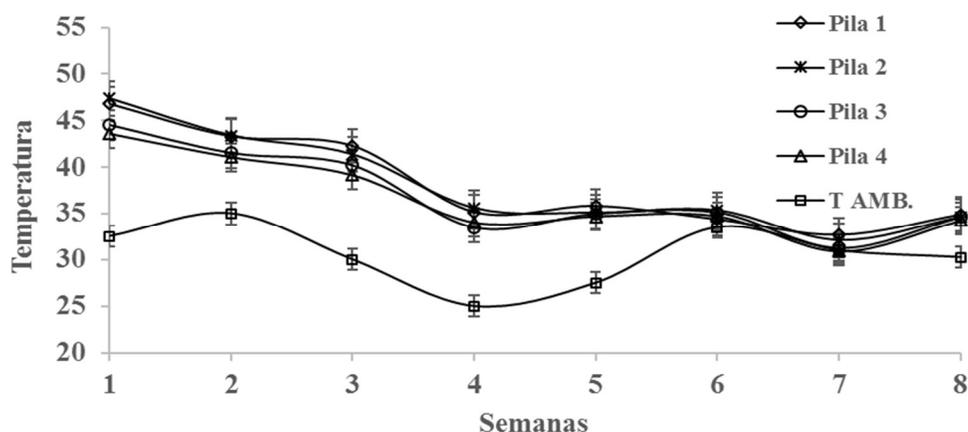


Figura 5. Comportamiento de la temperatura

Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos promedio, del proceso de compostaje

Parámetros	Unidad	Pila 1	Pila 2	Pila 3	Pila 4	T° Amb.
pH	-	7.66±0.13	7.89±0.30	8.14±0.11	8.18±0.06	-
Conductividad Eléctrica	dS/m	0.9703±0.5699	3.6653±2.3186	0.627±0.1371	0.7843±0.3455	-
Humedad	%	67.68±7.61	81.87±5.83	67.68±9.17	82.00±10.92	-
Salinidad	PSU*	1.06±0.76	1.94±1.27	0.34±0.13	0.38±0.18	-
Potencial Redox	mV	23.03±16.57	22.23±22.60	12.97±6.85	6.49±5.97	-
Temperatura	°C	34.90±5.38	34.62±5.50	34.62±4.82	34.25±4.48	30.25±3.48

*PSU: Unidad Practica de Salinidad

Los valores finales de las pilas comparando con la NADF-020-2011 muestran que el pH para el caso de la pila 1 y 2, son relativamente mas cercanos a la clase A y a su vez, los valores de la pila 3 y 4, son mas cercanos a la clase B. La conductividad eléctrica, se nota relativamente bajo, a

excepción de la pila 2, donde los valores están muy cercanos al límite superior. Para el caso de la humedad, los valores son finales, sin etapa de secado.

Materia orgánica

Los resultados finales generales de M.O. se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Porcentajes finales de materia orgánica, post compostaje

Muestra	% M. O.
C/Agar	19.40±0.60
S/Agar	16.03±0.48

Los valores se ubican ligeramente por debajo de los requerimientos de la norma. Los valores del medio con agar, se ubica muy cerca de la clase A. Finalmente, los pesos finales de cada pila se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Pesos finales de las UE

Pilas	Peso final (kg)	Disminución (kg)	Disminución (%)
1	81.16	64.34	44.22
2	85.96	59.54	40.92
3	76.71	63.29	45.20
4	80.54	59.46	42.47

Prueba de fitotoxicidad

Germinación: En los tratamientos con semillas de frijol se obtuvo una tasa de germinación del 72 %, germinando 36 de las 50 semillas. Con las semillas de lenteja, la tasa de germinación fue del 88 %, germinando 44 de 50 semillas. Estas pruebas fueron preliminares, para conocer la calidad de las semillas que se utilizaron. En la Tabla 6, se presentan los porcentajes de germinación de las semillas, respecto a los tratamientos, finalizado el proceso de compostaje.

Tabla 6. Porcentajes de germinación de las semillas en cada tratamiento.

Semillas	Porcentaje de Germinación	
	C/Agar	S/Agar
Frijol	48%	96%
Lenteja	92%	84%

Se muestra una alta germinación en semillas de frijol en el medio sin agar, y en el medio con agar, las semillas de lentejas alcanzaron la mayor germinación, colocando el medio en clase A.

Crecimiento de las plantas

Como se muestra en la Tabla 7, se muestran los valores obtenidos en altura y biomasa.

Tabla 7. Resultados de crecimiento en plántulas

Semilla	Tratamiento	Altura (mm)	Biomasa (g)
Frijol	C/Agar	112.6±57.87	0.08±0.11
	S/Agar	132.80±50.32	0.20±0.10
Lentejas	C/Agar	92.70±7.08	0.02±0.013
	S/Agar	74.80±2.84	0.02±0.012

Es importante resaltar la altura en plántulas de frijol fue mayor en el medio sin agar, sin embargo las semillas de lentejas crecieron mas en el medio con agar. El caso de la biomasa, se ve disminuida en el medio con agar y semillas de frijol, pero no se aprecia diferencias para las semillas de lentejas.

Análisis estadísticos

Proceso de compostaje: Los valores registrados de pH fueron analizados mediante una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, obteniendo un valor de P = 0.028, demostrando que existen diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de cada tratamiento, letras iguales indican similitud, y distintas, indican diferencias entre los grupos (figura 6)

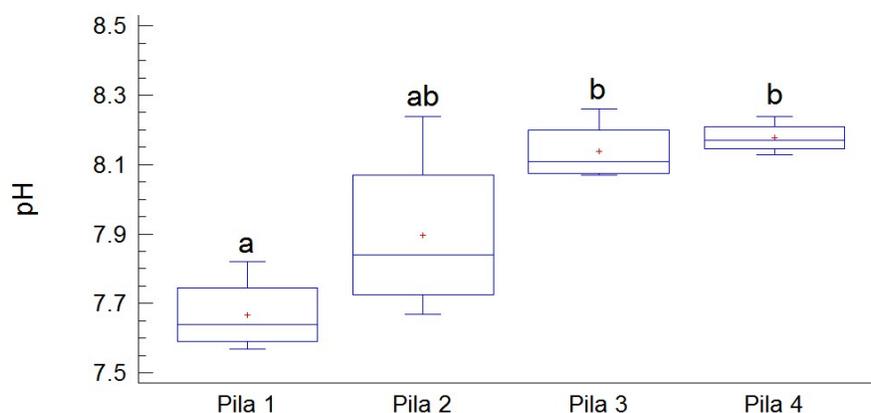


Figura 6. Grafica de caja y bigotes de pH.

Se observan diferencias de la pila 1, con la 3 y 4. Así como una similitud, entre las pilas 1 y 2, y una similitud entre las pilas 2, 3 y 4.

Los valores de temperatura de las pilas se analizaron mediante un análisis de varianza, el cual se muestra en la figura 7. Con un valor de $P = 0.00001$, se determina que existen diferencias estadísticamente significativas. Se puede apreciar que no existen diferencia entre las medias de temperatura de las cuatro pilas. Aunque se presentaron temperaturas ligeramente mayores en las pilas 1 y 2, de 41.22 ± 1.34 °C y 41.33 ± 1.28 °C, respectivamente, con respecto a las pilas 3 y 4.

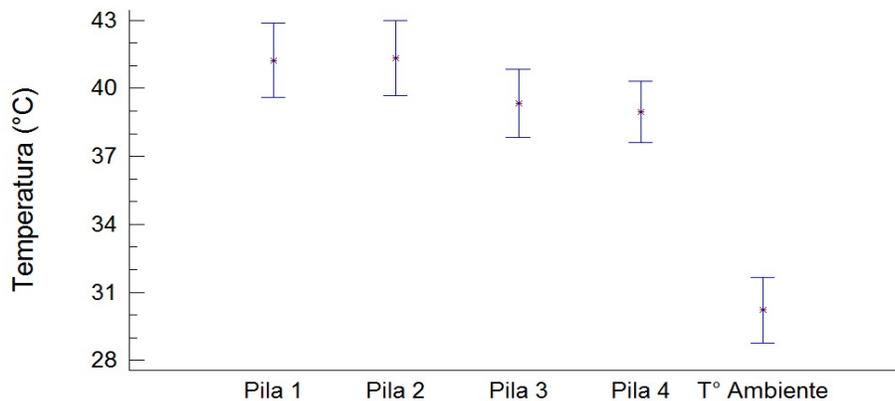


Figura 7. Grafica de ANOVA de temperaturas.

Prueba de crecimiento en plántulas: Se analizaron los valores de altura en plántulas de frijol y de lentejas, mediante una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, con un valor de $P = 0.61$, no existen diferencias estadísticamente significativas, entre las medianas de los tratamientos. En la figura 8, se muestra el grafico de caja y bigotes, se puede notar, que los grupos FR/CA y SA, (Frijol con agar y sin agar), no presentan diferencias estadísticas significativas, al igual que los grupos LEN/CA y SA (Lentejas con agar y sin agar).

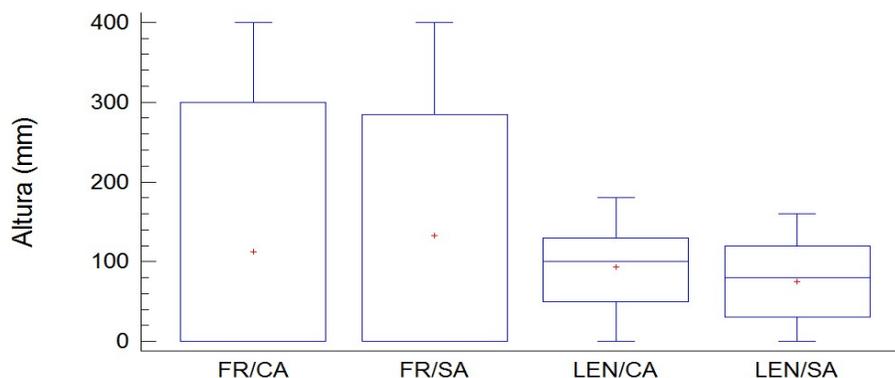


Figura 8. Grafica de caja y bigotes de altura en plántulas.

De igual manera, los valores obtenidos de biomasa en plántulas, se analizaron mediante una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, con un valor de $P = 0.000001$, existen diferencias estadísticamente significativas entre grupos. En la Figura 9, se aprecia que los grupos, FR/CA y FR/SA, presentan diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, los grupos LEN/CA y LEN/SA, no presentan diferencias estadísticamente significativas.

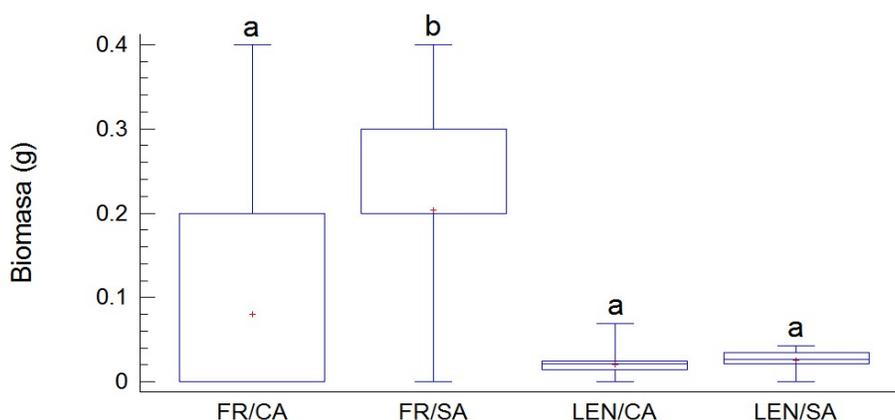


Figura 9. Análisis de varianza (ANOVA), de valores de biomasa en plántulas.

Conclusiones

Es importante que estos ensayos sean reproducibles, con otros cultivos, sobre todo de carácter alimenticio. Es importante conocer el comportamiento de la flora microbiana inmersos tanto en los agares, al igual que los inmiscuidos en la composta, su sinergia o decaimiento, por lo que en una segunda fase de esta investigación, debe centrarse en conocer estos comportamientos microbiológicos. Es importante involucrar a las IES, en el marco del desarrollo sustentable, mediante programas institucionales e interinstitucionales, buscando reducir los posibles impactos que causan hacia el ambiente, como lo mencionado por Espinosa *et al.* (2013). Por último, el presente trabajo podría ser una opción en el manejo de los residuos de laboratorios donde realicen cultivos con medios de características similares.

Agradecimientos

Nuestro entero agradecimiento a los estudiantes del grupo A-12 de la materia de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Peligrosos, de la carrera de Ingeniería Ambiental, de la División Académica de Ciencias Biológicas, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Referencias bibliográficas

- Ahmed, A., Sorensen, D.L. (1995) Kinetics of pathogen destruction during storage of dewatered biosolids. *Water Environ. Res.* **67**, 143–150. doi: <http://dx.doi.org/10.2175/106143095X131286>
- Alshuwaikhata, H., Abubakar, I. (2007) An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices. *J. Clean Prod.* **16**, 1777–1785. doi: [10.1016/j.jclepro.2007.12.002](http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.12.002)
- Andersen, J., Boldrin, A., Christensen, T., Scheutz, C. (2011) Home composting as an alternative treatment option for organic household waste in Denmark: an environmental assessment using life cycle assessment-modelling. *Waste Manage.* **32**, 31–40. doi: [10.1016/j.wasman.2011.09.014](http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2011.09.014)
- Arikan, O., Mulbry, W., Rice, C. (2009) Management of antibiotic residues from agricultural sources: Use of composting to reduce chlortetracycline residues in beef manure from treated animals. *J. Hazard Mater* **164**, 483–489. doi: [10.1016/j.jhazmat.2008.08.019](http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.08.019)
- Barral, M., Moldes, A., Cendón, Y., Díaz, F. (2007) Assessment of municipal solid waste compost quality using standardized methods before preparation of plant growth media. *Waste Manage. Res.* **25**, 99–108. doi: [10.1177/0734242X07075514](http://dx.doi.org/10.1177/0734242X07075514)
- Bertoldi, M., Sequi, P., Lemmes, B., Papi, T. (1996) *The Science of Composting*. Chapman & Hall. London, 1405 pp.
- Burge, W., Colacicco, D., Cramer, W. (1981) Criteria for achieving pathogen destruction during composting. *J. Water Pollut. Control Fed.* **53**, 1683–1690.
- Burton, C., Turner, C. (2003) *Manure management: Treatment strategies for sustainable agriculture*. Editions Quae. UK, 455 pp.
- Buyuksonmez, F. and Ekeroglu, S. (2005) Presence of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in biosolids and their degradation during composting. *J. Residuals Sci. Technol.* **2**(1), 31–40.
- Chan, Y., Sinha, R., Wang, W. (2011) Emission of greenhouse gases from home aerobic composting, anaerobic digestion and vermicomposting of household wastes in Brisbane (Australia). *Waste Manage. Res.* **29**, 540–548. doi: [10.1177/0734242X10375587](http://dx.doi.org/10.1177/0734242X10375587)
- Espinosa, R., Turpin, S., Vázquez, R., Vázquez, A., Luz, A., De La Torre, A., García B. (2013) La gestión ambiental en una institución de educación superior asociada a las prácticas de separación y recuperación de residuos. *Rev. Int. Contam. Ambie.* **29**, 49–57.
- Griest, W., Stewart, A., Tyndall, R., Caton, J., Ho, C., Ironside, K., Caldwell, W., Tan E. (1993) Chemical and toxicological testing of composted explosives – contaminated soil. *Environ. Toxicol. Chem.* **12**, 1105–1116. doi: [10.1002/etc.5620120616](http://dx.doi.org/10.1002/etc.5620120616)
- Guerin, T. (2001) Co-composting of pharmaceutical wastes in soil, *Lett. Appl. Microbiol* **33**, 256–263. doi: [10.1046/j.1472-765X.2001.00992.X](http://dx.doi.org/10.1046/j.1472-765X.2001.00992.X)
- Hakk, H., Millner, P., Larsen, G. (2005) Decrease in water-soluble 17 β -Estradiol and testosterone in composted poultry manure with time. *J. Environ. Qual.* **34**, 943–950. doi: [10.2134/jeq2004.0164](http://dx.doi.org/10.2134/jeq2004.0164)
- Hartlieb, N., Ertunc, T., Schaeffer, A., Klein, W. (2003) Mineralization, metabolism and formation of non-extractable residues of 14C-labelled organic contaminants during pilot-scale composting of municipal biowaste, *Environ. Pollut.* **126**, 83–91. doi: [10.1016/s0269-7491\(03\)00143-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0269-7491(03)00143-x)
- Himathongkham, S., Bahari, S., Riemann, H., Cliver, D. (1999) Survival of Escherichia coli O157:H7 and Salmonella Typhimurium in cow manure and cow manure slurry. *FEMS Microbiol. Lett.* **178**, 251–257. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1574-6968.1999.tb08684.x>
- Huang, G., Wu, Q., Wong, J., Nagar, B. (2006) Transformation of organic matter during co-composting of pig manure with sawdust. *Bioresour. Technol.* **97**(15), 1834–1842. doi: [10.1016/j.biortech.2005.08.024](http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2005.08.024)
- Krikorian A. (1991) Cultivo de tejidos en la agricultura: fundamentos y aplicaciones. In Roca W. y Mroginski L. (Eds.) *Medios de cultivo: generalidades, composición y preparación*. CIAT. Colombia, 41–77.

- Laine, M., Jorgensen, K. (1997) Effective and safe composting of chlorophenol contaminated soil in pilot scale. *Environ. Sci. Technol.* **31**, 371–378. doi: 10.1021/es960176u
- Lleó, T., Albacete, E., Barrena, R., Font, X., Artola, A., Sánchez, A. (2013) Home and vermicomposting as sustainable options for biowaste management. *J. Clean. Prod.*, **47**, 70-76. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.08.011>
- Méndez, M. (2014) *Mejoramiento del tratamiento de desechos hospitalarios por esterilización en autoclaves*. Tesis nivel licenciatura. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería Química. Ecuador, 115 pp.
- Michel, F., Reddy, C., Forney, L. (1997) Fate of carbon-14 diazinon during the composting of yard trimmings. *J. Environ. Qual.* **26**, 200–205. doi: [10.2134/jeq1997.00472425002600010029x](https://doi.org/10.2134/jeq1997.00472425002600010029x)
- Said-Pullicino, D., Erriquens, F., Gigliotti, G. (2007) Changes in the chemical characteristics of water-extractable organic matter during composting and their influence on compost stability and maturity. *Bioresour. Technol.* **98**, 1822– 1831. doi: [10.1016/j.biortech.2006.06.018](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.06.018)
- Smyth, D., Fredeen, A., Booth, A. (2010) Reducing solid waste in higher education: The first step towards ‘greening’ a university campus. *Resour. Conserv. Recy.* **54**, 1007–1016. doi: [10.1016/j.resconrec.2010.02.008](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.02.008)
- Thorn, K., Pennington, J., Hayes, C. (2002) Investigation of the reduction and binding of TNT in an aerobic bench scale reactor simulating windrow composting. *Environ. Sci. Technol.* **36**, 3797–3805. doi: [10.1021/es011382r](https://doi.org/10.1021/es011382r)
- Vázquez, M., Sen, R., Soto, M. (2015) Physico-chemical and biological characteristics of compost from decentralised composting programmes. *Bioresource Technol.* **198**, 520–532. doi:[10.1016/j.biortech.2015.09.034](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.09.034)
- Vinneras, B. (2007) Comparison of composting, storage and urea treatment for sanitizing of faecal matter and manure. *Bioresour. Technol.* **98**, 3317–3321. doi:[10.1016/j.biortech.2006.07.011](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.07.011)
- Zaleski, K., Josephson, K., Gerba, C., Pepper, I. (2005) Survival, growth, and regrowth of enteric indicator and pathogenic bacteria in biosolids, compost, soil, and land applied biosolids. *J. Residuals Sci. Technol.*, **2**, 49–63.