

Artículo científico**EFFECTO DEL USO DE LOS RESIDUOS VEGETALES SOBRE LOS SUSTRATOS ORGÁNICOS.**

Maite Torres Leblanch, Rosa del Carmen Orellana Gallego[†], Manuel de Jesús González Betancourt, Julio Rodríguez Martínez y Amarilis Cruz Ortega.

RESUMEN

Los residuos vegetales son capaces de mejorar las propiedades físicas, aportar nutrientes a mediano plazo y disminuir la degradación de la materia orgánica en el trópico. Este trabajo tuvo como objetivo analizar las modificaciones producidas en un sustrato con adición de residuos vegetales. El estudio se realizó en condiciones de organopónico, las mezclas empleadas estuvieron formadas por suelo, abono orgánico y residuo vegetal, los cultivos indicadores fueron la lechuga (*Lactuca sativa* L. cv. 'BSS-13') y el rábano (*Raphanus sativus* L. cv. 'PS-9') respectivamente. Los indicadores determinados fueron físicos (retención de humedad, categoría de humedad, densidad volumétrica y de la fase sólida, humedad natural e higroscópica y porosidad total), químicos (pH, conductividad eléctrica, porcentaje de nitrógeno y carbono, materia orgánica, relación carbono/nitrógeno) y biológicos (respiración microbiana). El diseño fue completamente aleatorizado con tres repeticiones. Se realizó análisis de la varianza, la prueba de Tukey para establecer diferencias y análisis de regresión para estudiar la correlación entre indicadores. Los resultados mostraron que la presencia del aserrín de pino como componente del sustrato limitó la disponibilidad de nitrógeno temporalmente lo que influyó en la disminución de los rendimientos en comparación con la cascarilla de arroz. La mezcla de abonos orgánicos y suelo en dosis de 50/50 favoreció el agotamiento de las mezclas y la reducción de la fertilidad por el mayor contenido de materia orgánica lábil. Los residuos vegetales (aserrín de pino y cascarilla de arroz) como componente del sustrato incrementaron la respiración microbiana, la fertilidad en el tiempo y los rendimientos de los cultivos.

Palabras clave: sustratos orgánicos, organopónico

Effect the use of the vegetable residuals on the organic substrates.**ABSTRACT**

The vegetable residuals are able to improve the physical properties and to contribute nutritious to medium term and to decrease the organic matter degradation in the tropic. This work aims to analyze substrate changes according to addition of vegetable residuals. The essay was carried under organoponic conditions. The used mixtures were formed by soil, organic manure and vegetable residuals. The indicative crops there were the lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. 'BSS-13') and radish (*Raphanus sativus* L. cv. 'PS-9') respectively. Physical (retention of humidity, category of humidity, bulk and phase solid density, natural and hygroscopic humidity and total porosity), chemical (pH, electric conductivity, nitrogen and carbon percentage, organic matter, relationship carbon/nitrogen) and biological (microbial breathing) to the before and after of each crop were determined. The treatments

MsC. Maite Torres Leblanch, Especialista del Departamento de Manejo de Cultivos del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", (INIFAT), MINAG. Calle

188 #38754 e/ 397 y Linderos, Santiago de las Vegas, Boyeros. La Habana, Cuba. Email: agroquim@inifat.co.cu

were established in a complete randomized design with three replications. Data were evaluated by analysis of variance, while the difference between means was studied by Tukey's Test. Regression analysis was used to study the correlation among physical, chemical and biological parameters. The presence of the pine sawdust as component of the substrates limited the nitrogen readiness temporarily. That which influenced in the decreased of the yields crops in comparison with the husk of rice. The mixture of organic manure and soil of 50/50 proportion it favored the degradation of the mixtures and the reduction of their fertility for the higher content of labil organic matter. The vegetable residuals (pine sawdust and husk of rice) as component of the substrates increased the microbial breathing, the fertility in the time and yields of the crops.

Key words: organic substrates, organoponic

INTRODUCCIÓN

En Cuba la Agricultura Urbana ha alcanzado gran auge a través de la producción de hortalizas en la modalidad de organopónicos durante todo el año. Los sustratos son sometidos a una explotación y manejo intensivo, donde la extracción de nutrientes por las plantas más el riego constante, entre otras causas, provocan deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas de estos (Fornes y Belda, 2014) y por tanto, la disminución de la fertilidad y los rendimientos de los cultivos (Osuna y Ramírez, 2014; López *et al.*, 2015 y Urrestarazu, 2015).

Por estas razones se requiere la aplicación de materia orgánica estabilizada orgánicamente (Argüello *et al.*, 2013; Basheer y Agrawal, 2013 y Martínez *et al.*, 2015) y un aporte de materiales de difícil descomposición que sean capaces de mantener la fertilidad durante un mayor tiempo (Vázquez *et al.*, 2014; García *et al.*, 2015 y Del Socorro, 2014) con énfasis en los de bajo costo y sin impacto ambiental (Valenzuela *et al.*, 2014 y Cruz *et al.*, 2016).

El aprovechamiento de los subproductos de la industria y agricultura en sintonía con la sostenibilidad medioambiental, constituye una medida complementaria que cada vez recobra más relevancia (Castro *et al.*, 2014). Existe una gran diversidad de materiales que podrían usarse en la formulación de sustratos.

Muchos productores optan por los materiales regionales de alta disponibilidad formulando sustratos en forma artesanal. Sin embargo, en condiciones tropicales dadas las características del clima se ha incrementado en los últimos años el uso de residuos vegetales como alternativa para el aumento la fertilidad y el mejoramiento de las propiedades físicas. (Barbaro *et al.*, 2014; Morales y Casanova, 2015; Hernández y Santiago, 2015). Una de las ventajas de su uso es la disponibilidad y menor costo, y más aún los de origen orgánico dada la tendencia al manejo de sistemas de producción con enfoque sustentable (Cruz *et al.*, 2013).

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del uso de los residuos vegetales como componente del sustrato sobre algunos indicadores físicos, químicos y biológicos y la

respuesta de los cultivos a las mezclas de estos materiales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se prepararon los canteros según los requisitos técnicos exigidos en el Manual Técnico de Organopónicos, Huertos Intensivos y Cultivos

Semiprotegidos (Rodríguez *et al.*, 2011) en los cuales se depositaron las diferentes mezclas de sustratos orgánicos. Se utilizaron como cultivos indicadores la lechuga (*Lactuca sativa* L. cv. 'BSS-13' y rábano (*Raphanus sativus* L. cv. 'PS-9'). En la Tabla 1 se muestran las nueve mezclas de sustratos que se emplearon.

Tabla 1. Combinaciones de componentes de sustratos utilizados.

No.	Mezclas de sustratos	Proporción (%)
1	Suelo/compost (S/C)	(50/50)
2	Suelo/estiércol vacuno (S/E)	(50/50)
3	Suelo/humus de lombriz (S/H)	(50/50)
4	Suelo/compost/cascarilla de arroz (S/C/CA)	(50/35/15)
5	Suelo/estiércol vacuno/cascarilla de arroz (S/E/CA)	(50/35/15)
6	Suelo/humus /cascarilla de arroz (S/H/CA)	(50/35/15)
7	Suelo/compost/aserrín de pino (S/C/As)	(50/35/15)
8	Suelo/estiércol vacuno/aserrín de pino (S/E/As)	(50/35/15)
9	Suelo/humus /aserrín de pino (S/H/As)	(50/35/15)

El contenido hídrico de la muestra a 100 cm de la columna, expresados en gramos de agua, se suma a cada diferencia en orden ascendente y se calcula el contenido de gramos de agua para cada tensión. Estos se dividen por la masa del material seco tomado para el análisis, y se obtiene el valor de la humedad en g/g o en % si se multiplica por 100. A partir de las curvas de retención de humedad, se calcularon los indicadores "porcentaje de aire", "agua fácilmente disponible" "agua de reserva", y "agua difícilmente disponible" respecto al volumen total de la muestra como sigue:

% aire (% A): Es la diferencia entre la porosidad total (Pt) y el volumen de agua retenida a 10 cm de columna de agua cm c.a. (V 10). (% A = % Pt - % V10)

% Agua fácilmente disponible (%AFD): Es la diferencia entre el volumen de agua retenida a 10 cm c.a. y el volumen de agua retenida a 50 cm c.a. (V50). (% AFD = % V10 - % V50)

% Agua de reserva (% AR): Es la diferencia entre el volumen de agua retenida a 50 cm c.a. y el volumen de agua retenida a 100 cm c.a. (V100) (% AFD = % V50 - % V100)

% Agua difícilmente disponible (% ADD): es la diferencia entre la porosidad efectiva y la suma de % A, % AFD y % AR. (% ADD = (% Pt - % AFD + % AR)

Los análisis físicos fueron determinados según la Norma Ramal (2009), los químicos por las metodologías propuestas por el Laboratorio Provincial de Suelos de La Habana (IS, 1988) y los biológicos por la metodología de García *et al.* (2003). Se realizaron correlaciones bivariadas y diagramas de caja de los principales indicadores de degradación. Las curvas de retención de humedad fueron realizadas por regresión mediante estimación curvilínea. Todos los datos fueron procesados con el paquete estadístico SPSS para Microsoft Windows versión 12.1 del 2004.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los indicadores físicos resultan de vital importancia en la calidad de los sustratos (Puerta *et al.*, 2012), pues una vez colocados en el contenedor es imposible corregirlas (López y López, 2012). En las Figuras 1 al 6, se representan las curvas de retención de humedad para los sustratos estudiados.

Las mismas reflejaron el comportamiento hidrofísico de los mismos. Se apreció una alta humedad de saturación superior al 60 % en todas las mezclas analizadas. Sin embargo, en casi todos los casos se produjo una disminución brusca del agua contenida en los poros a medida que el sustrato se fue secando.

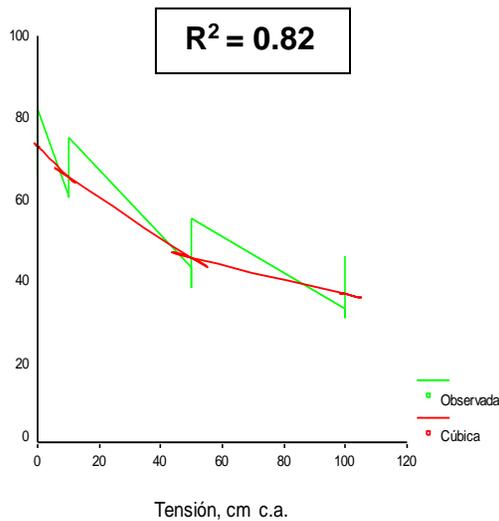


Figura 1. Retención de humedad abono/suelo, inicial

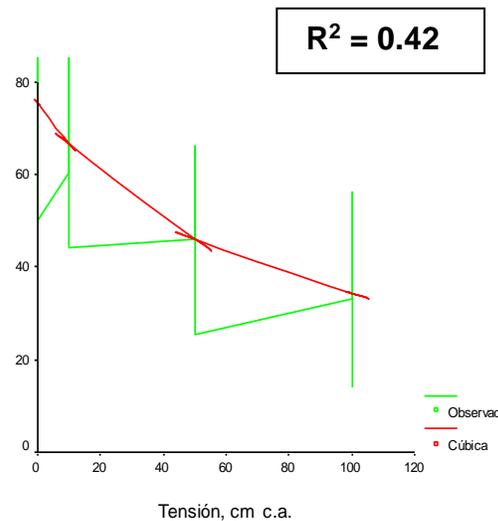


Figura 2. Retención de humedad abono/suelo, final

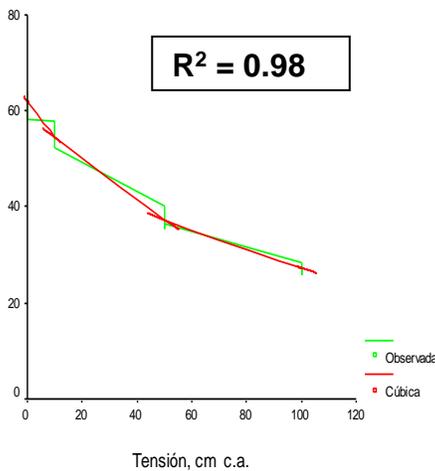


Figura 3. Retención de humedad abono/suelo/cascarilla, inicial

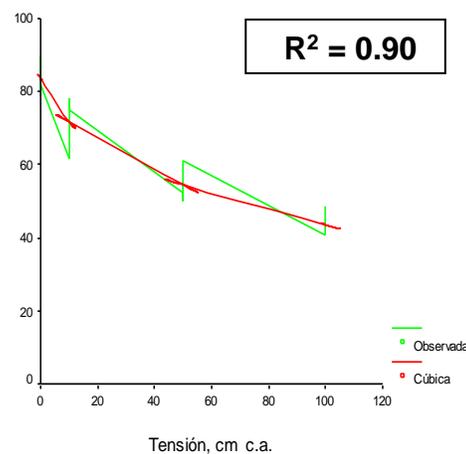


Figura 4. Retención de humedad abono/suelo/cascarilla, final

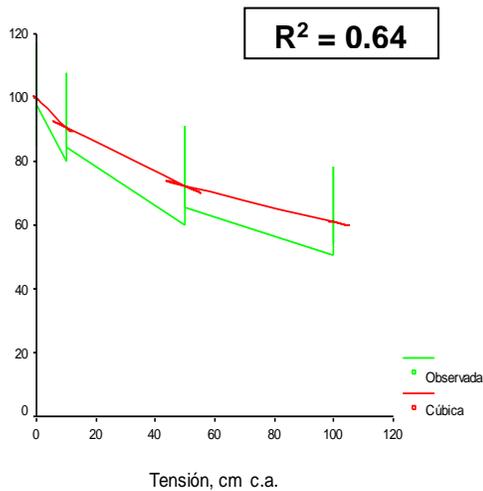


Figura 5. Retención de humedad abono/suelo/aserrín, inicial

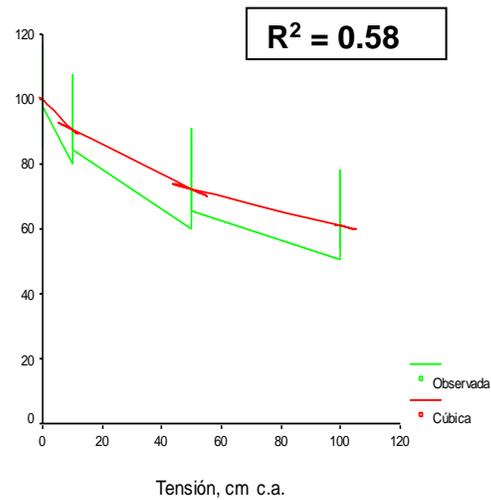


Figura 6. Retención de humedad abono/suelo/aserrín, final

Esto constituye una característica de estos materiales, pues retienen grandes cantidades de agua a bajas tensiones, por lo que tensiones pequeñas son suficientes para eliminar un gran volumen de agua de los poros, que de este modo, se irán enriqueciendo en aire. La alta porosidad inicial de los sustratos de estudio (66-76 % vol.) confirman este criterio.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Cruz *et al.* (2013), quienes refieren que el agua retenida por el sustrato no es uniforme a lo largo del contenedor; por lo tanto, el sustrato deberá tener la capacidad adecuada de retención de humedad, que se relaciona directamente con la porosidad, y ambas dependen de la distribución, composición, estructura interna, forma y tamaño de las partículas, que además influyen con la relación aire/agua del sustrato (Anicua *et al.*, 2009).

La reducción de la porosidad en un 10% provocó cambios evidentes en el comportamiento hídrico de los sustratos (Figura 7), es ideal cuando es superior al 85 % (Raviv, 2011; Restrepo *et al.*, 2013).

Según Pineda *et al.* (2012), la disminución de la misma en el tiempo está asociada a la degradación que éstos experimentan, lo cual reduce el tamaño de las partículas y por tanto su porosidad total.

La categoría de humedad fácilmente disponible disminuyó en todas las mezclas, debido a los efectos de la degradación y mineralización de las mismas. Sin embargo, todas las mezclas después de la siembra y cosecha de los dos cultivos indicadores tuvieron un porcentaje de agua disponible o aprovechable dentro de los rangos óptimos (20-30%) según lo referido por Cruz *et al.* (2013).

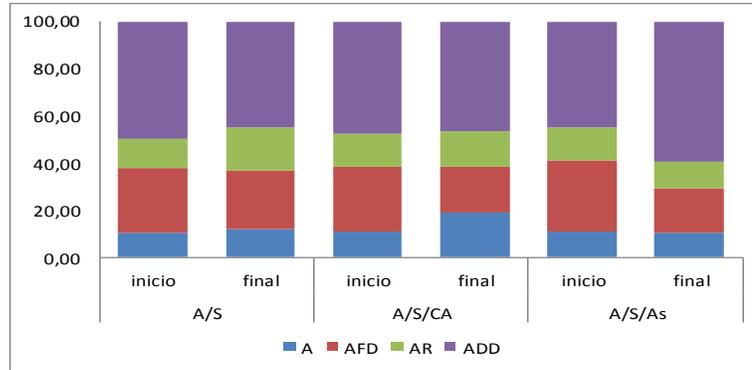


Figura 7.: Categoría de humedad de las mezclas de sustratos. A/S (abono/suelo), A/S/CA (abono/suelo/cascarilla), A/S/As (abono/suelo/aserrín); AFD-Agua fácilmente disponible; AR-Agua de reserva; ADD-Agua difícilmente disponible.

Se reafirmó la conveniencia de la utilización de la cascarilla de arroz como componente de los sustratos para mejorar la aireación. Sin embargo, en el caso del aserrín, su proporción en la mezcla no debe sobrepasarse ya que puede incrementarse en forma excesiva el agua difícilmente disponible y crear situaciones de mal drenaje. Este comportamiento del aserrín pudo ser una de las causas por la que disminuyeron los rendimientos en la misma.

El estudio de los abonos orgánicos y los residuos vegetales se realizó de forma general para distinguir el efecto real de estos últimos. En las variables analizadas se observó, que la conductividad eléctrica fue óptima en todas las mezclas (≤ 2 ds/m) según Baudoin *et al.* (2002). Este último indicador y el porcentaje de nitrógeno total fueron menores en las mezclas que contenían el aserrín (Tabla 2), material que por su constitución tendió a inmovilizar temporalmente el nitrógeno (Owaljow y Mazzarino, 2007).

La presencia de aserrín en la composición del sustrato limitó la disponibilidad de nutrientes

(Tabla. 2), lo cual se reflejó en los menores valores de pH (7.27) y conductividad eléctrica (0.35 dS/m). Se observó una relación positiva significativa ($R^2=0.70$) entre el nitrógeno y la conductividad eléctrica para un nivel de probabilidad menor que 0.01, ya que al aumentar la conductividad eléctrica aumentó el porcentaje de nitrógeno, debido a la mineralización que experimentada en las mezclas. (Figura 8). Estos dos parámetros resultan de vital importancia en los sustratos ya que determinan el potencial productivo de los cultivos que se establecen en ellos (Tombion *et al.*, 2016).

Algunas correlaciones bivariadas fundamentaron el estado de las mezclas de los sustratos orgánicos. La conductividad eléctrica (CE) tuvo una correlación negativa significativa ($R^2=0.71$) con el porcentaje de carbono para un nivel de probabilidad menor que 0.01, pues a medida que aumentó el contenido de sales, disminuyó el porcentaje de carbono, lo cual reafirmó la mineralización que se produjo en éstas (Figura 9).

Tabla 2. Indicadores físicos, químicos y biológicos de las mezclas de sustratos.

Indicadores Físicos	A/S	A/S/CA	A/S/As
Dv (Mg/m ³)	0.80 ± 0.01	0.69 ± 0.004	0.72 ± 0.02
Wn (%)	8.12 ± 1.02	6.18 ± 1.39	12.25 ± 2.32
W _H (%)	6.11 ± 0.17	5.90 ± 0.17	6.69 ± 0.18
ps (Mg/m ³)	2.62 ± 0.04	2.51 ± 0.07	2.75 ± 0.06
Pt (%)	69.17 ± 0.79	72.35 ± 0.57	73.98 ± 0.64
Indicadores Químicos			
pH (unidades)	7.66 ± 0.02	7.39 ± 0.02	7.27 ± 0.02
C.E. (dS/m)	0.60 ± 0.07	0.52 ± 0.01	0.35 ± 0.04
Nt (%)	0.34 ± 0.04	0.43 ± 0.01	0.29 ± 0.04
C (%)	7.60 ± 0.36	7.25 ± 0.03	8.34 ± 0.23
M.O (%)	13.09 ± 0.62	12.50 ± 0.06	14.37 ± 0.40
C/N	25 ± 3.58	17 ± 0.58	32.00 ± 3.88
Indicadores Biológicos			
Respiración microbiana (mg CO ₂ .m ² días ⁻¹)	132.27 ± 5.08	215.13 ± 0.86	245.23 ± 7.08

Leyenda: A: abono orgánico (compost, estiércol, humus), S: suelo, C: cascarilla de arroz, As: aserrín de pino, Dv: densidad volumétrica, Wn: humedad natural, W_H: humedad higroscópica, ps: densidad de la fase sólida, Pt: porosidad total pH, CE: conductividad eléctrica, Nt: nitrógeno total, C: carbono orgánico total, M.O: materia orgánica, C/N: relación carbono/nitrógeno.

Se manifestó en la práctica que la mezcla de sustratos en proporción de 50/50, es beneficiosa pero tiende a compactar los sustratos más rápidamente debido a la degradación acelerada que experimentan las mismas, por lo que no es la medida más acertada para incrementar los contenidos de materia orgánica en ellas. La agresividad del clima que predomina bajo condiciones tropicales favorece la mineralización intensa de estos materiales, los cuales no llegan a formar parte de la materia orgánica del suelo. (Orellana *et al.*, 2008).

La relación C/N óptima para la disponibilidad de nutrientes está comprendida entre 10-25, al finalizar el experimento, ésta disminuyó hasta tal punto que solo en las combinaciones con aserrín

las mismas eran adecuadas (11), en el resto eran inferiores a 10. Estos resultados evidenciaron el agotamiento de los sustratos y expresaron la necesidad de reponer la fertilidad de los mismos (Figura 10).

Los residuos vegetales superaron la relación C/N con respecto a la mezcla A/S, por el aporte de carbono recalcitrante (Figura 11) y coinciden con lo planteado por Cookson *et al.* (2005), cuando afirman que la dinámica del nitrógeno (Figura 12) y del carbono es fuertemente dependiente.

La dependencia obtenida en esta investigación bajo condiciones semicontroladas fue de $R^2 = 0.51$ (Figura 13).

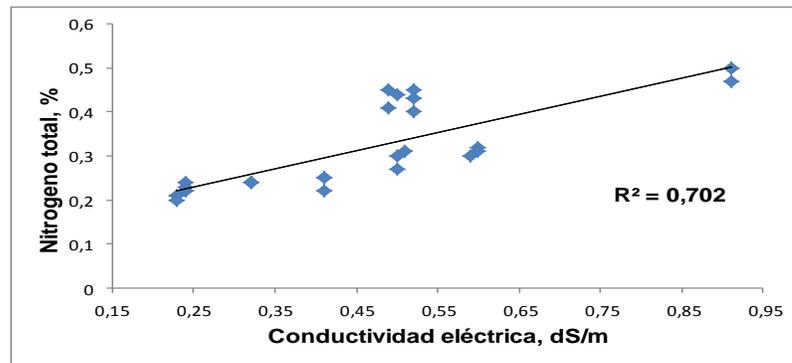


Figura 8. Correlación entre la conductividad eléctrica y el nitrógeno

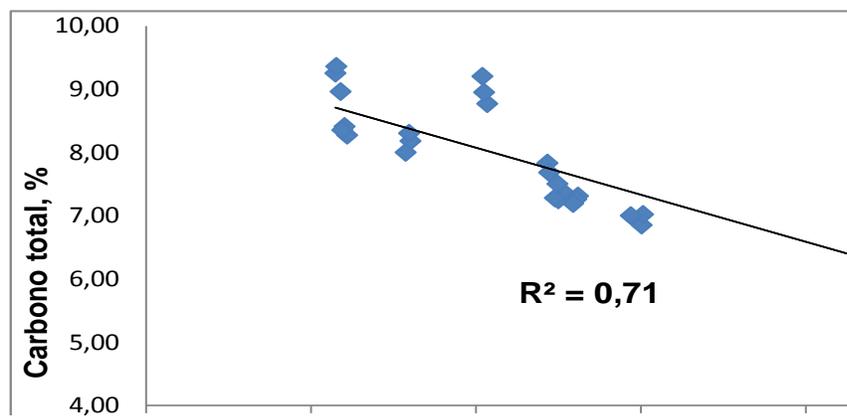


Figura 9. Correlación bivariada entre la conductividad eléctrica y el carbono

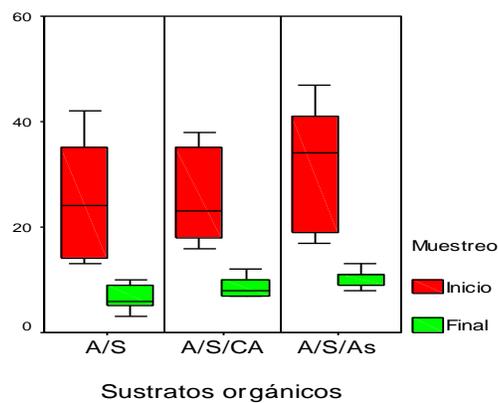


Figura 10. Dinámica de la relación carbono/nitrógeno en los sustratos

Leyenda: A: abono orgánico (compost, estiércol, humus), S: suelo, CA: cascarilla de arroz, As: aserrín de pino.

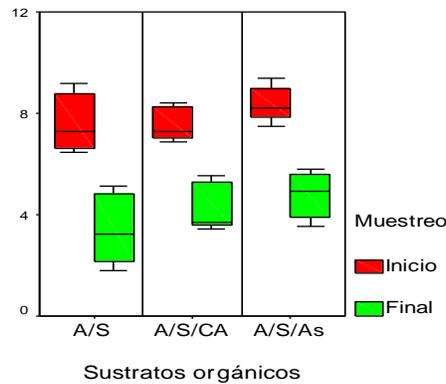


Figura 11. Dinámica del carbono

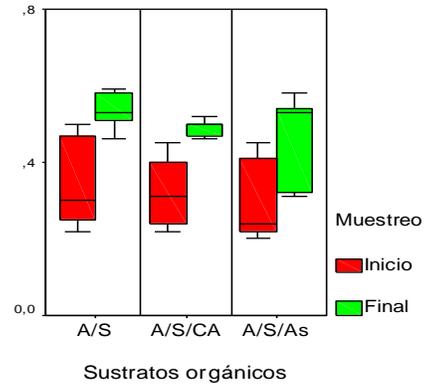


Figura 12. Dinámica del nitrógeno

Leyenda: A: abono orgánico (compost, estiércol, humus), S: suelo, CA: cascarilla de arroz, As: aserrín de pino.

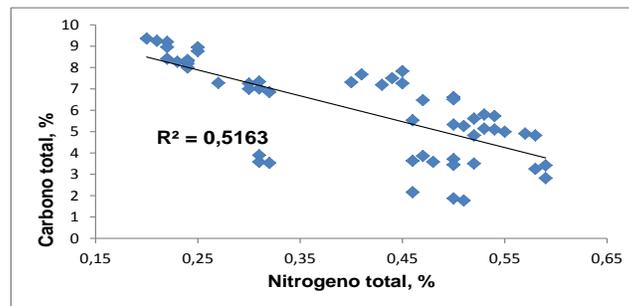


Figura 13. Relación entre el nitrógeno y el carbono

Los residuos vegetales favorecieron el enriquecimiento del sustrato con materia orgánica más resistente a la degradación, lo que contribuyó a proteger la fracción de reserva de la misma.

El indicador Respiración microbiana también manifestó cambios en el proceso productivo (Figura 14).

La disminución de la respiración microbiana se relacionó con la disminución de las reservas orgánicas totales (Figura 15). Esto implica que la descomposición de los materiales orgánicos puede producir una reducción del carbono bajo condiciones aeróbicas en dependencia de la

cantidad presente en el suelo y la agregada liberada (Abaye y Brookes, 2006).

Existe una gran probabilidad de que los cambios químicos en las mezclas de sustratos durante la descomposición, dependieran de la naturaleza química de los materiales iniciales y la estructura de la comunidad descomponedora (Figura 16), lo cual coincide con lo reportado por Díaz *et al.* (2013) y Jaurixje *et al.* (2013), quienes plantean que la composición de los residuos orgánicos influye en la respiración microbiana y en la mineralización de los sustratos. Estos cambios a su vez, guardan una estrecha relación con la calidad de los residuos y pueden llevarse a cabo por un número grande de especies microbianas (Recatala *et al.*, 2010).

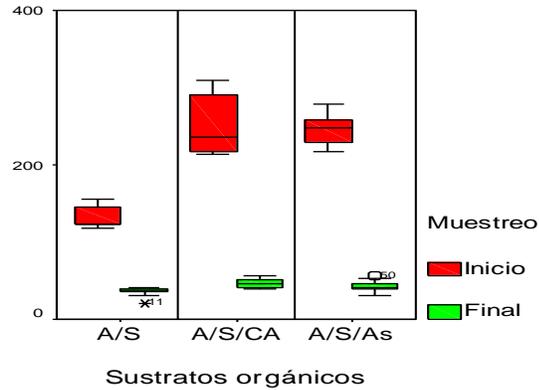


Figura 14. Dinámica de la respiración microbiana en los sustratos

Leyenda: A: abono orgánico (compost, estiércol, humus), S: suelo, CA: cascarilla de arroz, As: aserrín de pino.

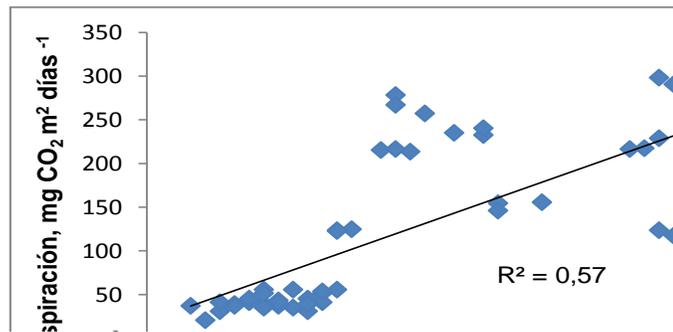


Figura 15. Relación entre la respiración microbiana y la relación carbono/nitrógeno

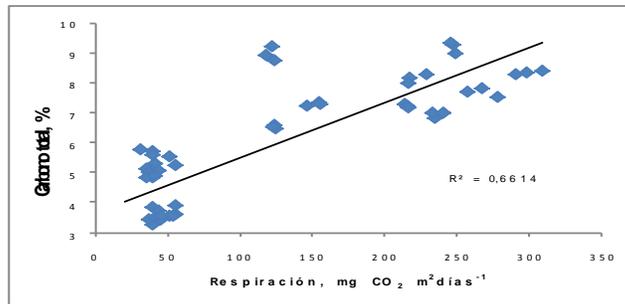


Figura 16. Relación entre el carbono y la respiración microbiana

Los resultados mostraron la conveniencia de utilizar residuos vegetales de las regiones en dependencia de la disponibilidad de éstos para estimular la actividad microbiana, mejorar las propiedades físicas, aumentar la fertilidad de los sustratos y con ello los rendimientos de los

cultivos (Galindo *et al.*, 2014 y Álvarez *et al.*, 2016).

Los mayores rendimientos de lechuga en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ (Figura 17) se lograron en las mezclas de A/S y A/S/CA. Este comportamiento se asoció a la

relación C/N inicial de estos sustratos, entre 17-25, los mayores contenidos de nitrógeno (0,34 a 0,43%). Esta respuesta del rendimiento tuvo una estrecha relación con el grado de aireación de

las mezclas (Martínez y Soriano, 2014) y la acción de los microorganismos manifestados en la alta producción de dióxido de carbono.

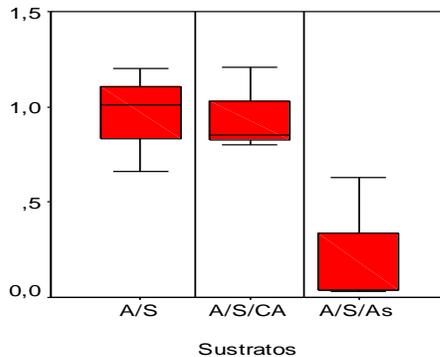


Figura 17. Rendimiento de la lechuga

Leyenda: A: abono orgánico (compost, estiércol, humus), S: suelo, CA: cascarilla de arroz, As: aserrín de pino.

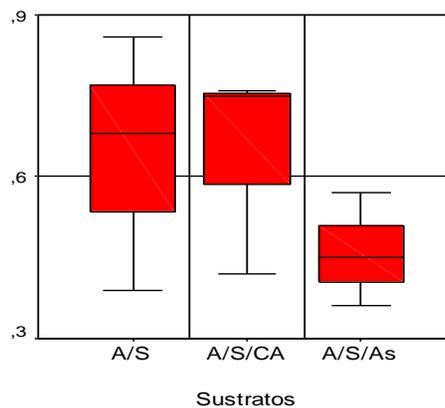


Figura 18. Rendimiento de rábano

Leyenda: A: abono orgánico (compost, estiércol, humus), S: suelo, CA: cascarilla de arroz, As: aserrín de pino.

En el caso de las mezclas que contenían aserrín, se manifestó una merma considerable en los rendimientos, al parecer el predominio de la categoría de humedad difícilmente disponible en esta mezcla, propició situaciones de drenaje desfavorables y por tanto entorpeció el buen desarrollo y crecimiento del sistema radical en

las plantas ya establecidas. Estas condiciones mejoraron con el paso del tiempo y sugieren que este tipo de material debe pasar por un proceso de acondicionamiento previo (compostaje) que mejore el movimiento de humedad en el sustrato (Rodríguez *et al.*, 2016).

En cuanto al rendimiento del rábano (*Raphanus sativus*), se observó un mejoramiento del mismo, con valores medianos que oscilaron entre 0,36 y 0,86 kg.m⁻² en todos los sustratos (Figura 18). Esta mejora en el caso de la mezcla con aserrín tuvo su efecto en la medida que transcurrió el tiempo (alrededor de tres meses), en correspondencia con la dinámica de la mineralización de los abonos orgánicos y residuos vegetales, los cuales propiciaron el incremento de las fracciones lábiles de la materia orgánica (Jones et al., 2004).

CONCLUSIONES

- Los indicadores físicos, químicos y biológicos seleccionados evidenciaron el estado de degradación de las mezclas sustratos orgánicos.
- La adición de residuos vegetales como componentes de los sustratos favorecieron el enriquecimiento del sustrato con materia orgánica más resistente a la degradación y estimularon la actividad microbiana.
- La utilización de abonos orgánicos y suelo en dosis (50/50) favoreció el agotamiento de los sustratos y expresaron la necesidad de reposición de la fertilidad de los mismos en mayor medida que en el caso de las mezclas con residuos vegetales.
- La disminución de la respiración microbiana se relacionó con el abatimiento de las reservas orgánicas totales y el tipo de residuo vegetal empleado.
- Los mayores rendimientos se observaron en las mezclas de abono/suelo y abono/suelo/cascarilla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abaye, D.A. y Brookes, P.C. (2006). Relative importance of substrate type and previous soil management in synthesis of microbial biomass and substrate mineralization.

European Journal of Soil Science 57, 179-189.

Álvarez, M.L.; Gascó, G.; San Miguel, G.; Paz, J.F. y Méndez, A.M. (2016). Estudio del uso de biochar e hidrochar como componente de sustrato de cultivo. Universidad Politécnica de Madrid. III Congreso Nacional de Medio Ambiente. 6pp.

Anicua, S.; Gutiérrez, M.C.; Sánchez, P.; Ortiz, C.; Volke, V.H. y Rubiños, J.E. (2009). Tamaño de partícula y relación micromorfológica en propiedades físicas de perlita y zeolita. Agríc. Téc. Méx., 35: 147-156.

Argüello, J.A.; Seiseddos, L.; Díaz Goldfarb, M.C.; Fabio, E.A.; Núñez, S.B. y Ledesma, A. (2013). Modificaciones anatomofisiológicas inducidas por residuos sólidos agrícolas (vermicompuesto) en plantines de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *PHYTON Revista Internacional de Botánica Experimental*, 82: 289-295.

Barbaro, A.; Imhoff, D.C. y Morisigue, E. (2014). Evaluación de sustratos formulados con corteza de pino, pinocha y turba subtropical. *Cien. Suelo (Arg.)*, 32: 149-158.

Basheer, M.; y Agrawal, O.P. (2013). Effect of vermicompost on the growth and productivity of tomato plant (*Solanum lycopersicum*) under field conditions. *International Journal of Recent Scientific Research*, (4)3: 247-249.

Baudoin, W.; Nisen, A.; Grafiadellis, M.; Verlodt, H.; Jiménez, R.; De Villele, O. y Monteiro, A. (2002). El cultivo protegido en el clima mediterráneo. *Medios y Técnicas de Producción. Suelo y Sustratos*. FAO. Roma, pp: 143-182.

Castro, F.J.; Moreno, A.; García, A. y Ortiz, F. (2014). El cultivo de *Lepista nuda* en sustrato con hojas de olivo para el aprovechamiento de subproductos agroindustriales en almazaras. *Asociación para el Estudio de la*

- Micología Aplicada. Anales de Biología, 36: 11-17.
- Cookson, W.R.; Abaye, D.A.; Marschner, P. (2005). The Contribution of Soil Organic Matter Fractions to Carbon and Nitrogen Mineralization and Microbial Community Size and Structure. *Soil Biol. Biochem.*, 37 (9):1726–173.
- Cruz, E.; Can, A.; Sandoval, M.; Bugarín, M.R.; Robles, A.; Juárez, L.P. (2013). Sustratos en la horticultura. *Revista Biociencias*, 2 (2): 17-26.
- Cruz, C., Álvarez J. M.; Soria, M.D.J. y Martínez, C. (2016). Producción de sustratos orgánicos para ornamentales a menor costo que los importados. *Rev. Cien. Téc. Agropec.*, 25: 44-49.
- Del Socorro, Y.F.U. (2014). Cultivo de orellas (*Pleurotus ostreatus*) en cinco sustratos generados en los procesos productivos agropecuarios, en dos épocas de siembra, en el municipio de Ituango. Tesis para optar por el título de Agronomía. 91 pp.
- Díaz, P.; Torres, D.; Sánchez, Z. y Arévalo, L. (2013). Comportamiento morfológico de cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) en respuesta al tipo de sustrato en vivero Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Programa de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales (PROBOSQUES). San Martín, Perú. 22 (1): 25-33.
- Fornes, F. y Belda, R.M. (2014). Aprovechamiento de residuos orgánicos como componentes de sustrato de cultivo. En: Máster en Gestión, Tratamiento y Aprovechamiento de Residuos (UV). Alfa Delta Digital S.L. Valencia, 7pp.
- Galindo, P.F.V.; Fortis, H.M., Preciado R.P.; Trejo, R. V.; Segura, C.M.A.; Orozco, V.J.A. y Orozco, J.A. (2014). Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema protegido. Instituto Tecnológico de Torreón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5 (7). ISSN: 2007-0934.
- García, C.; Hernández, T.; Pascual, J.; Moreno, J.L. y Ros, M. (2003). Actividad microbiana en suelos del sureste español sometidos a procesos de degradación y Desertificación. Estrategias para su rehabilitación. En: García, C., Hernández, M.T. (Eds.), *Investigación y Perspectivas de la Enzimología de Suelos en España*. Consejo Sup. Invest. Científicas (CSIC)-CEBAS, Murcia, España, pp. 43–92.
- García, G.E.; Lunas, Z.E. y Zamora, C.E. (2015). Indicadores físicos, químicos y biológicos de la vermiestabilización de residuos orgánicos. Facultad de Agrobiología. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2 (5): 1-13. ISSN 2334-2501.
- IS. (1988). Metodologías Instituto provincial de Suelos. La Habana. 12pp.
- Hernández, M.J.A y Santiago, L.U. (2015). Bagazo de caña, sustrato orgánico para la producción de pepino en invernadero. Centro de Investigaciones Regional del Noreste. No. MX-0-310702-52-03-17-12-61.
- Jaurixje, M.; Torres, D.; Mendoza, B., Henríquez, M. y Contreras, J. (2013). Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor, Estado Lara. *Bioagro*, 25 (1). Barquisimeto. ISSN: 1316-3361.
- Jones, D.L.; Shannon, D.; Murphy, D.V. y Farrar, J. (2004). Role of dissolved organic matter (DON) in soil N cycling in grassland soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 36, 749–756.
- López, L.N. y López, F.A. (2012). Uso de un sustrato alternativo a la turba para la producción viverística de plantas hortícolas y aromáticas. Instituto de Biodiversidad Agraria y Desarrollo Rural. *Recursos Rurales*, 8:31-37.

- López, X.A.C; Robles, C.P.; Velasco, V.V.A.; Ruiz, J.L.; Enríquez, J.R.D. y Rodríguez, G.O. (2015). Propiedades físicas, químicas y biológicas de tres residuos agrícolas compostados. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. CIENCIA ergo-sum, 22 (2): 145-152. ISSN 1405-0269.
- Martínez, R. y Soriano, A. (2014). Propiedades físicas y químicas de los sustratos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Fundación Produce Coima Colima A.C., 8pp.
- Martínez, F.; Calero, B. y García, C. (2015). Influencia del uso combinado de cal y fertilizantes nitrogenados sobre la captura de carbono en un suelo Ferralítico Rojo. Palacio de las Convenciones. La Habana. ISBN: 978-959-296-039-8. www.sueloscuba.com.
- Morales, E.R.M y Casanova, F.L. (2015). Mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos, tamaño de partícula y proporción. Revista de Agronomía Mesoamericana, 26(2):365-372. ISSN Impreso: 1021-7444, ISSN electrónico: 2215-3608.
- Norma Ramal MINAG 128 (2009). Métodos de ensayo físico de sustratos orgánicos y mezclados. Ministerio de la Agricultura, Cuba.
- Orellana, R y Ortega, F. (2008). Fracción orgánica ligera del suelo como indicador agroecológico. Resúmenes del Evento de Agricultura Orgánica, INIFAT, La Habana, p. 288.
- Osuna, F.C. y Ramírez, S.R. (2014). Planta injertada y uso de composta: su potencial en la producción de jitomate bajo invernadero en Morelos. Instituto nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico No. 82, ISBN 978-607-37-0310-9.
- Owaljow, E. y Mazzarino, M.J. (2007). Soil restoration in semiarid Patagonia: chemical and biological response to different compost quality. Soil Biology and Biochemistry, 39: 1580–1588.
- Pineda, J.P.; Sánchez, F.C.; Ramírez, A. A.; Castillo, A.M.G; Alonso, L.V.A. y Moreno, E. (2012). Aserrín de pino como sustrato hidropónico. Variación en características físicas durante cinco ciclos de cultivo. Rev. Chapingo Ser. Hortic., 18(1). ISSN 2007-4034.
- Puerta, C.E.; Russian, T.L. y Ruiz, C.A.(2012). Producción de plántulas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) En sustratos orgánicos a base de mezclas con fibra de coco. UDO Agrícola, 12(2):298-306.
- Raviv, M. (2011). The future of composts as ingredients of growing media. Acta Hort., 891:19-32
- Recatala, L.; Sanchez, J.; Arbelo, C. y Sacristan, D. (2010). Testing the validity of a Cd soil quality standard in representative Mediterranean agricultural soils under an accumulator crop. Sci. Total Environ., 409, 9-18.
- Restrepo, A.P.; Medina, E.; Pérez-Espinosa, A.; Agulló, E.; Bustamante, M.A. y Mininni, C. (2013). Substitution of peat in horticultural seedlings: suitability of digestate-derived compost from cattle manure and maize silage codigestion. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 44: 668-677.
- Tombion, L.; Puerta, A.V.; Barbaro, L.A., Karlanian, M.A.; Sangiacomo, M.A. y Garbi, M. (2016). Substrate characteristics and lettuce (*Lactuca sativa* L.) seedling quality depending on the vermicompost dose. Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia, 32 (2): 110-116.
- Rodríguez, A.N y colaboradores 2011. Manual Técnico de Organopónicos, Huertos Intensivos y Cultivos Semiprottegidos. INIFAT. Séptima Edición. ISBN. 978-959-72-10-45-1.
- Rodríguez, S.G.; Gómez, L.B., Couch, E.V.; Botello, M.A.E. y Hernández, R.G. (2016). Sustratos para producción de flores. Instituto Tecnológico de Koncal. Ensayo en Agrociencia, 50: 617-631.
- Urrestarazu, M. (2015). Manual Práctico del Cultivo sin Suelo e Hidroponía. Mundi-Prensa. Madrid, España. 278 p.
- Valenzuela, O. R.; Gallardo, C. S.; Carponi, M. S.; Aranguren, M. E.; Tabares, H. R. y Barrera,

- M.C. (2014). Manejo de las propiedades físicas en sustratos regionales para el cultivo de plantas en contenedores. Cien. Docen. Tec. 4: 1-19.
- Vázquez, V.Y.L.; Castro, I.L. y López, O. (2014). Efecto de la aplicación de vinaza sobre algunos indicadores físicos de un suelo Pardo Sialítico carbonatado cultivado con tomate (*Solanum lycopersicum* L) cv. Amalia. Revista de Ingeniería Agrícola, 4 (4). 24-29. ISSN-2326-1545.

Fecha de recepción: 2 febrero 2018

Fecha de aceptación: 2 julio 2018

Agrotecnia de Cuba
ISSN impresa: 0568-3114
ISSN digital: 2414- 4673
<http://www.ausuc.co.cu>

