

---

*Artículo científico***EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE DIFERENTES SUSTRATOS ORGÁNICOS EN CONDICIONES DE ORGANOPÓNICO**

Maite Torres Leblanch<sup>1</sup>, Rosa del Carmen Orellana Gallego<sup>1</sup>, Julio Rodríguez Martínez<sup>1</sup>, Amarilis Cruz Ortega<sup>1</sup> y Maritza Díaz López<sup>1</sup>

MSc. Maite Torres Leblanch, <https://orcid.org/0000-0003-0660-1862>. Especialista del Departamento de Recursos Genéticos Microbianos y Química Aplicada del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt”, (INIFAT) MINAG. Calle 188 no. 38754 e/ 397 y Linderos, Santiago de las Vegas, Boyeros. La Habana, Cuba. E-mail. [agroquim@inifat.co.cu](mailto:agroquim@inifat.co.cu)

**RESUMEN**

El objetivo de esta investigación fue evaluar indicadores físicos, químicos y biológicos que influyen en la calidad de los sustratos en tres organopónicos, antes y después de dos cosechas sucesivas. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Las variables respuestas fueron pH, conductividad eléctrica, nitrógeno total, materia orgánica, relación carbono/nitrógeno, respiración microbiana, humedades natural e higroscópica, porosidad total, densidades volumétrica y real. Se determinaron los principales estadígrafos (media aritmética y error estándar de la media), correlaciones bivariadas entre los principales indicadores de degradación, diagramas de caja y curvas polinómicas. Al inicio los sustratos mostraron porosidades y densidades volumétricas medias (mayores a 68,8 % y menores a 0,81 mg.m<sup>-3</sup>, respectivamente), las que se relacionaron significativamente entre sí y con la humedad. El manejo de los sustratos en los organopónico determinó en mayor o menor grado la heterogeneidad de estos. La caracterización química demostró la baja homogeneidad de los mismos durante la preparación de los canteros, lo que repercutió en sus propiedades físicas. Mediante las curvas polinómicas de tercer orden, para cada organopónico, se logró definir el rango de porosidad al cual los indicadores se comportaron mejor para beneficio del sustrato. La respiración microbiana se hizo más efectiva a 60 mg CO<sub>2</sub> cuando el volumen de poros es de 70 - 74 % y el contenido de carbono osciló entre 4 y 8 %. Se evidenció en todos los casos la relación altamente significativa que existe entre el estado poroso y los indicadores de degradación de la materia orgánica.

**Palabras clave:** degradación, indicadores

**Evaluation the quality the different organic substrates in condition of the organoponic****ABSTRACT**

The aim of this research was to evaluate physical, chemical, and biological indicators in three organoponics before and after two successive crops. A complete randomized block designs with three replicates. The response variables were pH, electric conductivity, total nitrogen, organic matter, relationship carbon/nitrogen, microbial breathing, natural and hygroscopic moisture, bulk and real densities, total

porosity. The half arithmetic and standard error of were determinates. They were bivariate correlations and diagrams of the degradation indicators. To the beginning the substrates showed porosities and densities bulk (bigger to 68.8 % to 0.81 mg.m<sup>-3</sup>, respectively). Those that were relate significantly to each other and with the humidity. The management of the substrates in the organoponic was determinate in more or smaller degree the heterogeneity of these. The chemical characterization demonstrated the drop homogeneity of the same ones during the preparation of the containers, what rebounded in its physical properties. By means of the polynomial curves of third order, for each organoponic, it was possible to define the range porosity to which the indicators behaved better for benefit of the substrate. The microbial breathing became more effective to 60 mg CO<sub>2</sub> when the volume of pores was the 70 - 74 % and the content of carbon oscillated among 4 to 8 %. It was evidence in all the cases the highly significant relationship that exists between the porous state and the indicators of degradation of the organic matter.

**Key words:** degradation, indicator

## INTRODUCCIÓN

El incremento de la población mundial obliga principalmente al sector agrícola a generar nuevas tecnologías con la finalidad de aumentar el rendimiento y calidad para el mercado demandante (Saath y Fachinello, 2018). Es por ello, que en los últimos años, el uso de sustratos, denominados también medios de crecimiento se ha incrementado y en algunos casos sustituye al cultivo tradicional en suelo.

La agricultura urbana ha impulsado el desarrollo de sistemas de producción de hortalizas en condiciones de organopónico. El medio de crecimiento de los cultivos en esta modalidad productiva son los sustratos, los cuales se suplementan con materia orgánica, para aumentar la disponibilidad de los nutrientes disponibles para las plantas y la productividad, aunque existen aspectos básicos que son indispensables para conservar la fertilidad de estos bajo condiciones de cultivo intensivo (Jilling *et al.*, 2018).

El más importante de estos aspectos es que en contenedores los sustratos tienen un volumen limitado, los sistemas de raíces se densifican para poder satisfacer las necesidades de la parte aérea y se presenta una demanda mucho mayor de oxígeno por unidad de volumen de la rizosfera, si se compara con el suelo.

La condición más importante que debe cumplir un buen sustrato es proveer suficiente agua para la planta y al mismo tiempo un buen volumen de aire. Esta porosidad de aire está relacionada con la disponibilidad de oxígeno necesario para la respiración de las raíces y el adecuado intercambio gaseoso, lo cual remueve el exceso de dióxido de carbono en el aire cercano a la rizósfera.

Por otra parte, en la actualidad entre los productores está muy difundida la práctica de fabricar sus propios sustratos sin control de calidad, por lo que se pierde tiempo y dinero. Estas soluciones regionales intentan resolver momentáneamente el problema, pero es importante contar con sustratos de buena calidad, a un costo compatible con la realidad de cada tipo de producción. Estos deben ser fáciles de manejar, asequibles, económicos, estables, rehidratable y fáciles de mezclar (Marques de Abreu *et al.*, 2017).

La producción de hortalizas en los organopónicos se hace de manera intensiva; por tanto, se requiere la adición de materia orgánica de forma sistemática después de la cosecha de cada cultivo. La oferta de la misma no satisface la demanda, lo cual atenta contra los rendimientos de los cultivos.

La mayoría de la información publicada sobre uso de sustratos en horticultura se centra en la respuesta en crecimiento, producción y calidad de la cosecha de las especies hortícolas, pero se hace poca mención sobre las características físicas y químicas de los sustratos que afectan el desarrollo y rendimiento de las plantas.

En este sentido, la evaluación agronómica de los sustratos resulta vital y se requiere determinar los parámetros físicos, químicos y biológicos que puedan convertirse en indicadores para mantener un monitoreo sistemático del estado de los mismos, es decir, actuar primero sobre la causa (la calidad de los sustratos) y no sobre la respuesta productiva (planta); por lo que es fundamental realizar estudios detallados sobre las particularidades de los materiales y sus posibles combinaciones, como también el efecto sobre el desarrollo de los cultivos.

Es por ello, que para darle solución a esta problemática se propuso como objetivo, evaluar la calidad (física, química y biológica) de los sustratos en tres organopónicos bajo condiciones de producción.

### MATERIALES Y MÉTODOS

En la Tabla 1 se muestran las mezclas de sustratos establecidas en los organopónicos, los cuales se encuentran ubicados en la localidad de Santiago de las Vegas, municipio Boyeros, provincia La Habana y en la Tabla 2 se muestran los análisis y las metodologías empleadas para el efecto.

Se determinaron los principales estadígrafos (media aritmética y error estándar de la media), correlaciones bivariadas y diagramas de caja entre los principales indicadores de degradación. Todos los datos fueron procesados con el paquete estadístico SPSS para Microsoft Windows versión 12.1 del 2004.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontró variabilidad en las características químicas, físicas y biológicas de los sustratos establecidos en las unidades productivas (Tabla 3); no obstante, a las diferencias en el manejo de estos.

La calidad y las proporciones de los materiales que se mezclaron con los suelos, el tipo y origen de material edáfico que se empleó; así como, los niveles de agua que se aplicaron y las sucesiones de cultivos que se establecieron, determinaron en mayor o menor grado la heterogeneidad de los sustratos.

El pH en los sustratos constituye un componente crítico que influye directamente en la disponibilidad de los nutrientes para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. No obstante, este se puede regular a través de la dosis de los componentes que conforman la mezcla. Los valores de pH oscilaron entre 6,86 y 7,35, acorde al requerido para la mayoría de los cultivos (Savvas y Gruda, 2018). Este comportamiento pudo estar dado por la adición de enmiendas orgánicas que actúan como amortiguadoras del pH y permiten lograr mezclas con pH de rango apropiado.

Cabe destacar que en el caso del organopónico INIFAT 1, compuesto por la mezcla de humus de lombriz y suelo en proporción 1/1, se observaron mayores valores de conductividad eléctrica, nitrógeno total y relación carbono/nitrógeno, más favorables para el desarrollo de los cultivos y una disminución en los contenidos de materia orgánica.

Esta disminución pudo estar asociada a que el humus de lombriz se mineraliza más aceleradamente que el estiércol vacuno en las condiciones del trópico lo cual coincide con lo reportado por Guadarrama *et al.* (2018).

**Tabla 1.** Mezclas de sustratos establecidas en los organopónicos

Organopónico	Sustratos	Proporción (%)
INIFAT 1	Suelo Ferralítico Rojo/humus de lombriz(S/H)	(50/50)
INIFAT 2	Suelo Ferralítico Rojo/estiércol vacuno (S/E)	(50/50)
POLIESPUMA	Suelo Ferralítico Rojo/ estiércol vacuno (S/E)	(50/50)

**Tabla 2.** Variables y metodologías empleadas

Indicadores físicos (Norma Ramal NARG XX, 2008)	
Análisis	Métodos
<b>Físicos</b>	
Humedad natural ( $W_n$ ), %	Gravimétrico
Humedad higroscópica ( $W_H$ )	Gravimétrico
Densidad aparente ( $D_a$ ), $Mg.m^{-3}$	Cilindros concéntricos (336 $cm^3$ )
Densidad real ( $\rho_s$ ), $Mg/m^3$	Picnometría ( $V=50\text{ cm}^3$ )
Porosidad Total ( $P_t$ ), %	Cálculos. $P_t = 1 - \frac{D_a}{\rho_s} \times 100$
<b>Químicos</b>	
Materia orgánica (%)	Walkley y Black (1934)
pH (unidades)	(IS, 1988)
Conductividad eléctrica ( $dS.m^{-1}$ )	(IS, 1988)
Nitrógeno Total (%)	Kjeldhal
Carbono (%)	Walkley y Black (1934)
Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)	Cálculos
<b>Biológicos</b>	
Respiración microbiana ( $mg\ CO_2\ kg.\ días^{-1}$ )	Metodología de García <i>et al.</i> (2000)

**Tabla 3.** Indicadores físicos, químicos y biológicos de los sustratos establecidos y el error de la media. **E:** estiércol, **H:** humus), **S.** suelo, **CE.** conductividad eléctrica, **Nt.** nitrógeno total, **C.** carbono orgánico total, **Dv.** densidad volumétrica, **Wn.** humedad natural, **WH.** humedad higroscópica, **ps.** densidad de la fase sólida, **Pt.** porosidad total).

Indicadores	Organopónico		
	INIFAT 1 H/S 1/1	Poliespuma E/S 1/1	INIFAT 2 E/S 1/1
<b>Químicos</b>			
pH (unidades)	7,26 ± 0,12	7,35 ± 0,02	6,86 ± 0,09
C.E. (dS/m)	0,76 ± 0,08	0,57 ± 0,08	0,44 ± 0,04
Nt (%)	0,48 ± 0,03	0,36 ± 0,05	0,26 ± 0,04
C (%)	6,34 ± 0,60	7,38 ± 1,05	7,38 ± 0,61
M.O (%)	10,94 ± 1,03	12,72 ± 1,82	12,73 ± 1,06
C/N	13 ± 1,37	21 ± 0,95	45 ± 11,6
<b>Biológicos</b>			
Respiración microbiana (mg CO <sub>2</sub> . m <sup>2</sup> .días <sup>-1</sup> )	77,66 ± 7,72	45,36 ± 4,84	59,10 ± 6,20
<b>Físicos</b>			
Dv (mg.m <sup>-3</sup> )	0,67 ± 0,01	0,81 ± 0,02	0,61 ± 0,01
Wn (%)	29,96 ± 2,60	18,94 ± 1,04	41,72 ± 1,90
W <sub>H</sub> (%)	6,06 ± 0,64	5,16 ± 0,38	6,82 ± 1,19
ps (mg.m <sup>-3</sup> )	2,52 ± 0,05	2,60 ± 0,42	2,58 ± 0,03
Pt (%)	73,32 ± 0,88	68,81 ± 0,70	76,22 ± 0,45

Sin embargo, la elevada proporción de abonos orgánicos (INIFAT 1) y estiércoles (Poliespuma e INIFAT 2) en un 50 % condicionaron al inicio porosidades medias (mayores a 68,8 %) y densidades volumétricas medias menores a 0,81 mg.m<sup>-3</sup>, las que se relacionaron significativamente entre sí y con la humedad (Figuras 1 y 2), lo cual coincide con lo reportado por Monsalve *et al.* (2021), quienes refieren que la densidad del sustrato depende la porosidad y ésta característica afecta directamente la velocidad de filtración de agua y la retención de humedad, de ahí la importancia de formar

mezclas de sustratos que tengan una alta retención de agua.

Otros autores plantean que las enmiendas en forma de compost y vermicompost le dan mayor porosidad al suelo lo que se observó en la disminución de la densidad aparente (Vázquez y Loli, 2018). Además, cambian y aumentan la composición de la comunidad bacteriana (riqueza y uniformidad), junto al aumento en la diversidad funcional de la comunidad bacteriana, que pueden explicar los efectos beneficiosos del vermicompost en el suelo y las plantas (Aira *et al.*, 2018).

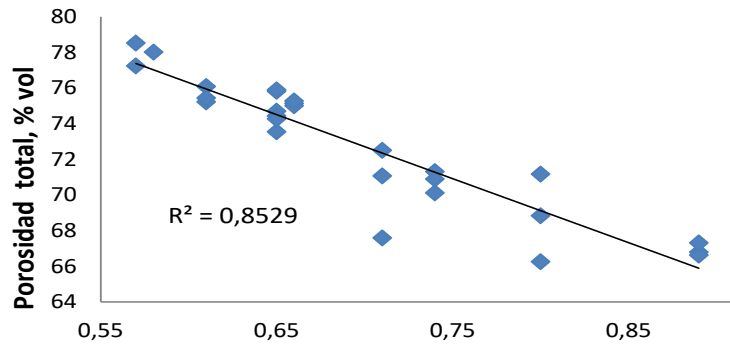


Figura 1. Correlación entre la densidad volumétrica y la porosidad

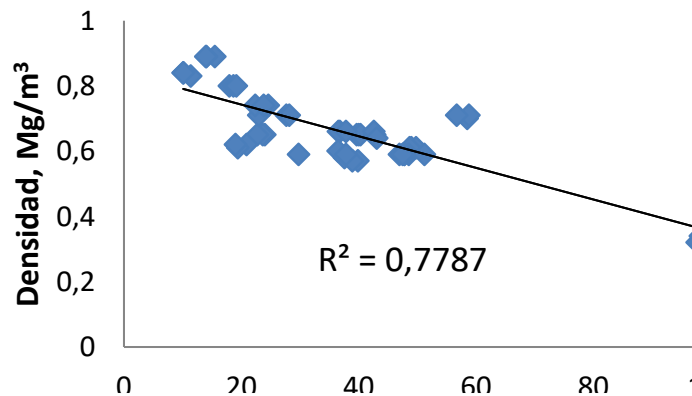


Figura 2. Correlación entre la densidad volumétrica y la humedad

La porosidad total para el cultivo en contenedores debe ser superior al 85 %, lo cual no se obtuvo en esta investigación. Este comportamiento pudo estar asociado al manejo que se hace de los sustratos en las unidades de producción que muchas veces no preparan los sustratos según GNAU (2011); lo cual atenta contra la porosidad requerida.

Las plantas que se cultivan en contenedores presentan tasas altas de transpiración, demandan agua abundante, y probabilidad de salinización por la pérdida acelerada de humedad. Además, la disminución del tamaño de la partícula reduce la porosidad total y como consecuencia la capacidad para retener agua. Estas pudieron ser las causas por las cuales se presentaron humedades higroscópicas bajas.

Los indicadores de nutrición (CE, Nt, C y ps) estuvieron dentro del rango para sustratos

orgánicos. Los contenidos de carbono y nitrógeno oscilaron entre 6,34 - 7,38 % y 0,26 - 0,48 % respectivamente. Todos estos valores se consideran adecuados para el desarrollo de los cultivos. Estos resultados dependen mucho de la calidad de preparación de los sustratos y los componentes y dosis que se empleen para la elaboración de las mezclas (Dickson *et al.*, 2022).

La CE varió entre 0,44 y 0,76 dS.m<sup>-1</sup>. Este valor según Bárbaro *et al.* (2019) no debe exceder de 2 dS.m<sup>-1</sup>, aunque valores altos no constituyen una preocupación en el manejo de los sustratos, ya que son fáciles de corregir o ajustar en función de la especie, mediante técnicas adecuadas de cultivo, acidificación o encalado, enmendantes orgánicos, entre otros. Sin embargo, la composición de este tipo de sustratos cambia a diferentes tasas a lo largo del

tiempo dependiendo de la estabilidad de sus materiales orgánicos (Yang *et al.*, 2020).

La densidad de la fase sólida presentó valores inferiores a  $2,60 \text{ mg.m}^{-3}$ , lo que es un indicador de la riqueza orgánica de los sustratos.

La respiración microbiana, parámetro sensible y fácil de medir está muy relacionado con el contenido de carbono y la actividad microbiana. Los sustratos del INIFAT 1 mostraron los valores más elevados, lo que ratifica el manejo más

adecuado de las entradas orgánicas y por tanto una mayor actividad microbiana.

Los datos representados en los diagramas de caja demuestran la baja homogeneidad de los sustratos durante la preparación de los canteros, y esto repercutió en que diferentes partes de este puedan tener distintas propiedades, principalmente físicas (Figuras 3 y 4), por lo que se dificulta el manejo adecuado de la nutrición.

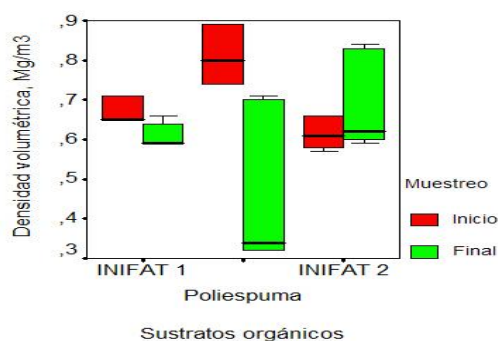


Figura 3. Dinámica de la densidad

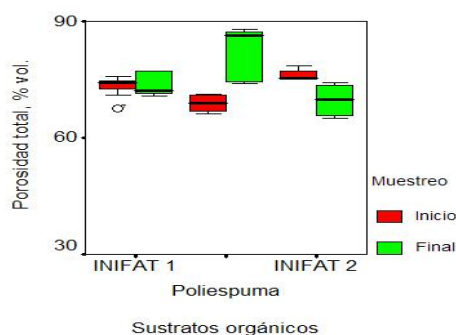


Figura 4. Dinámica de la porosidad

En los casos de los organopónicos del INIFAT las densidades volumétricas iniciales estuvieron en los rangos recomendados por Quintero *et al.* (2011), los cuales refieren que los mismos deben estar entre  $0,50 - 0,75 \text{ mg.m}^{-3}$ ; no así, en el caso del organopónico de Poliespuma que alcanza valores cercanos a  $0,90 \text{ mg.m}^{-3}$ , lo cual pudo estar relacionado con la confección del sustrato y su homogenización en el momento de colocarlo en el contenedor (GNAU, 2011), pues los residuos orgánicos locales, tienen

inconvenientes, como el suministro inestable en el tiempo y la heterogeneidad del material.

En condiciones de producción (Figuras 5, 6, 7 y 8), se manifestó una alta variación de los datos en los indicadores de los sustratos, tanto al inicio como al final, lo que pudo no arrojar diferencias significativas entre ellas. No obstante, se evidenció que el comportamiento del C, Nt, CE y relación C/N tuvieron una tendencia aproximada a estudios anteriores de estas mezclas de sustratos en condiciones semicontroladas. (Torres *et al.*, 2018).

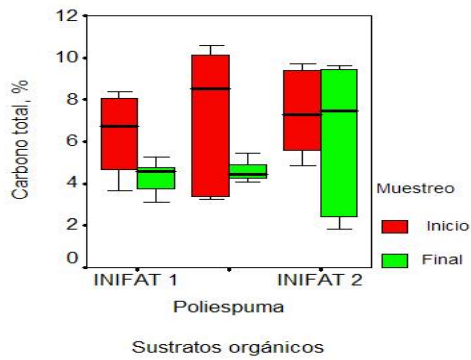


Figura 5. Dinámica del carbono

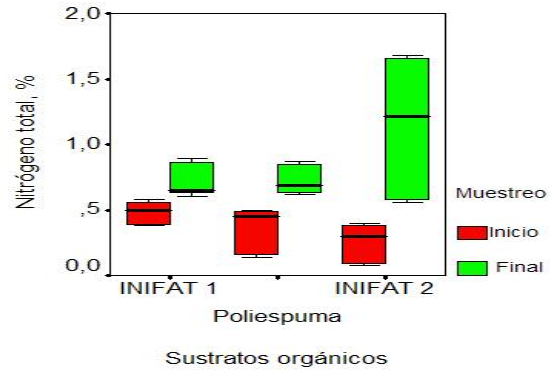


Figura 6. Dinámica del nitrógeno

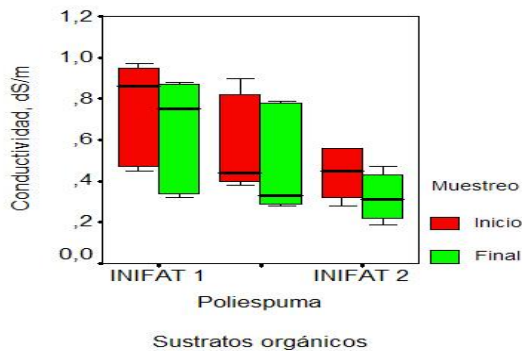


Figura 7. Dinámica de la Conductividad eléctrica

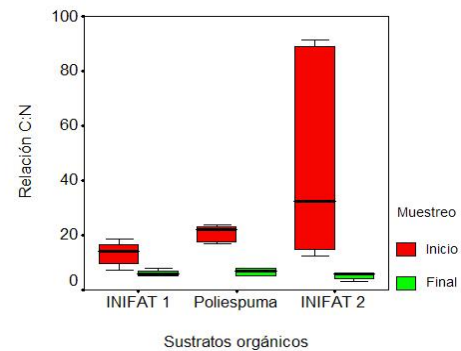


Figura 8. Dinámica de la relación C/N

En el organopónico de Poliespuma la oferta de materia orgánica no cubrió la demanda, lo que impidió cumplir con la reposición de materia orgánica después de cada cosecha, por tanto, los sustratos no eran lo suficientemente livianos para favorecer este indicador. Es por ello por lo que se deben ampliar los estudios relacionados con las proporciones a utilizar para fijar dosis que aumenten su estabilidad en el tiempo en dependencia de las condiciones ambientales, más aún en las condiciones del trópico donde las temperaturas y humedades relativas son elevadas y propician la mineralización acelerada de la materia orgánica.

Se evidenció en todos los casos la relación altamente significativa que existe entre el estado poroso, los indicadores de degradación de la materia orgánica y el papel que desempeña la ésta como indicador de la calidad del suelo

asociada a otras propiedades. Los abonos orgánicos empleados como componentes del sustrato, tienen efectos importantes sobre el mejoramiento y productividad de los suelos; al reformar sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Arango, 2017).

En el organopónico INIFAT-1 existió una mayor cultura agronómica en la gestión del sistema ya que el riego se efectuó mediante aspersores de microjet al igual que en el de Poliespuma.

En el INIFAT-2 el manejo que se hizo del recurso hídrico en cuanto a frecuencia y dosis de aplicación (método de riego con manguera), no garantizó un control estricto de la cantidad de agua que se añadió, por lo que se crearon en ocasiones, condiciones de asfixia para los cultivos y no se favorecieron los procesos microbiológicos de humificación-mineralización.

Las particularidades en el manejo de cada unidad productiva impidieron correlacionar los indicadores en forma general. Pero se pudieron obtener curvas polinómicas de tercer orden, para cada una de ellas por separado. Mediante las mismas, se logró definir el rango de porosidad al cual los indicadores trabajaron mejor para beneficio del sistema sustrato.

En el caso del Organopónico INIFAT-1, la respiración microbiana se hizo efectiva a 60 mg CO<sub>2</sub> cuando el volumen de poros fue de 70 - 74 % (Figura 9); a esa magnitud, la relación C/N óptima fue aproximadamente de 10 (Figura 10) y el contenido de carbono osciló entre 4 y 8 % (Figura 11).

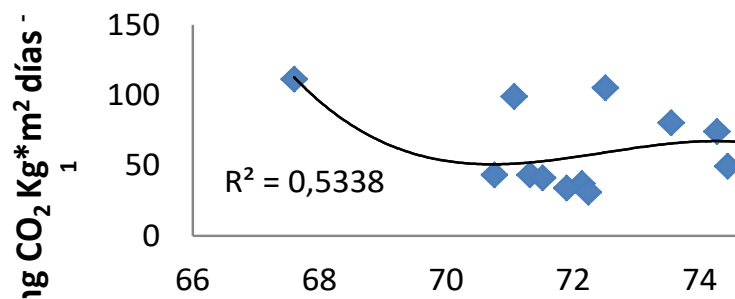


Figura 9. Relación polinómica de orden 3 entre la respiración microbiana y la porosidad total (INIFAT- 1).

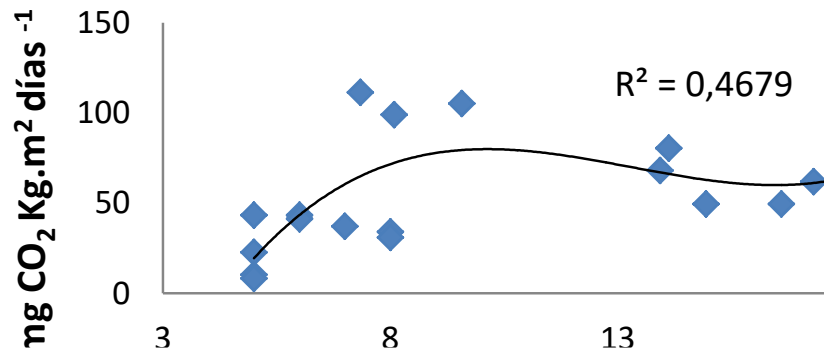


Figura 10. Relación polinómica de orden 3 entre la respiración microbiana y la relación C/N (INIFAT 1).

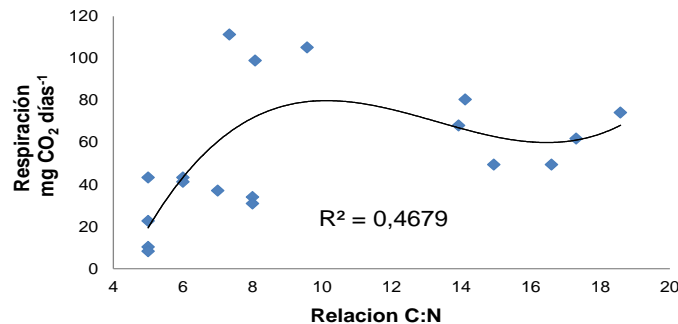


Figura 11. Relación polinómica de orden 3 entre el carbono y la porosidad total (INIFAT 1).

Paradójicamente, esos rangos también se alcanzaron para las otras dos unidades independientemente de su manejo, para Poliespuma (Figuras 12, 13 y 14) y para INIFAT-2 (Figuras 15, 16 y 17). Esto pudiera estar dado a que en el Organopónico INIFAT-1 ocurrió una mejor alternancia de humectación-deseccación durante el proceso productivo, lo que fue

beneficioso para el desarrollo de los cultivos. De lo anterior se deriva, que los sistemas que pretenden ser sostenibles deben prestar especial atención al ciclo de los agregados con la entrada de materiales orgánicos frescos al suelo que faciliten la mineralización de la materia orgánica lábil.

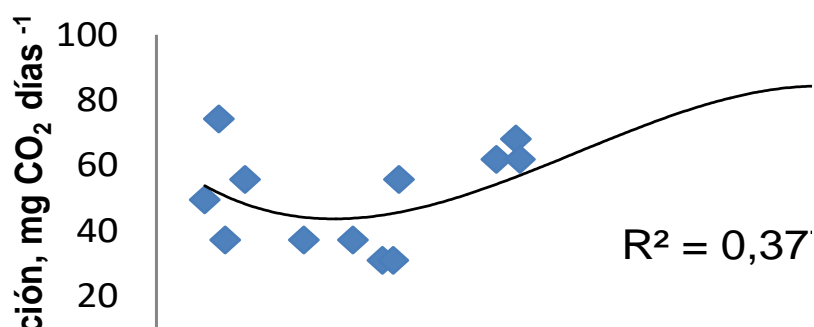


Figura 12. Relación polinómica de orden 3 entre la respiración microbiana y la porosidad total (Poliespuma)

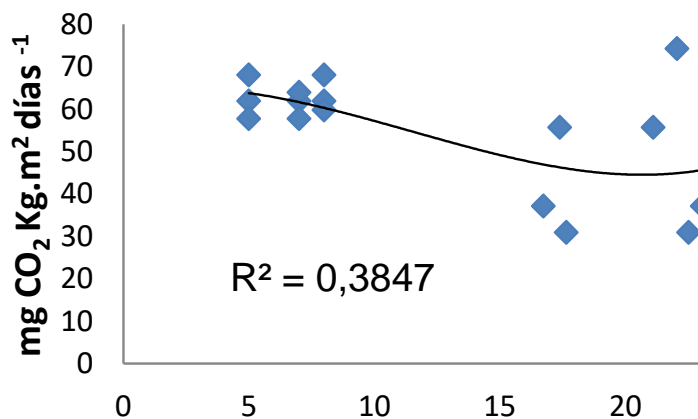
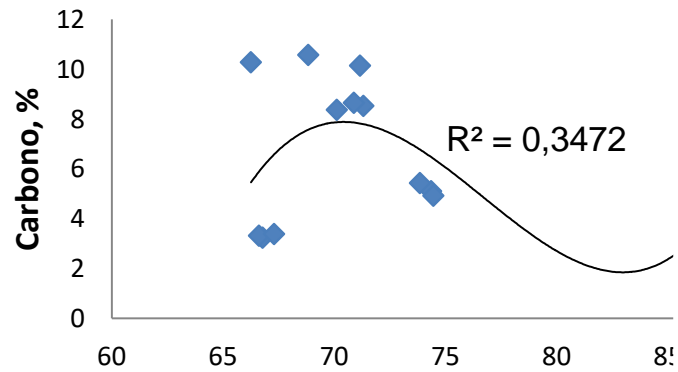
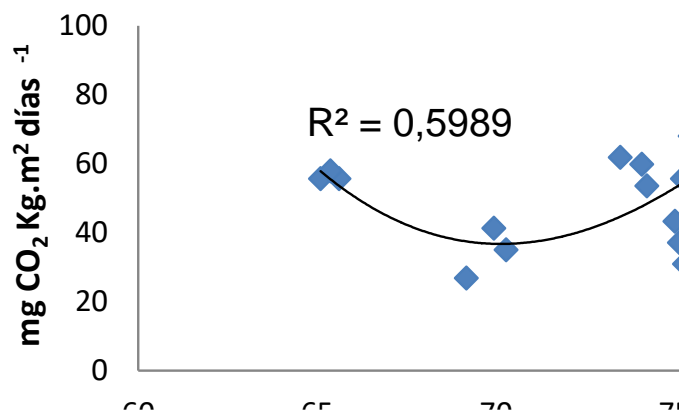


Figura 13. Relación polinómica de orden 3 entre la respiración microbiana y la relación C/N (Poliespuma)

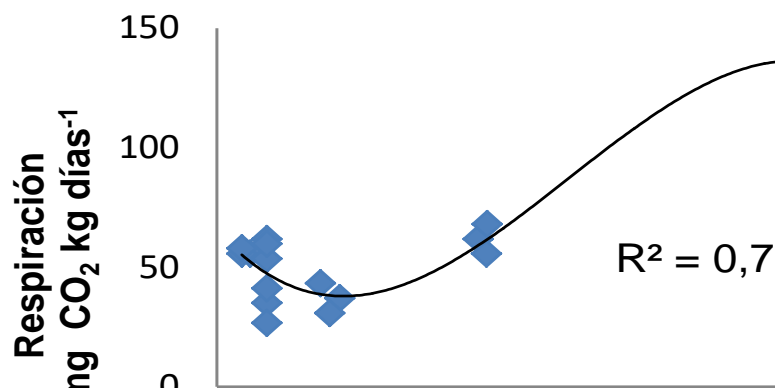


**Figura 14.** Relación polinómica de orden 3 entre el carbono y la porosidad total (Poliespuma).

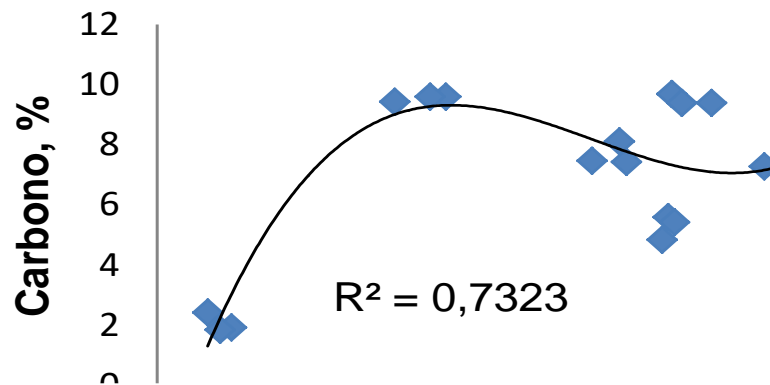
El comportamiento de los sustratos ratifica el criterio de autores como Gruda (2019); quién planteó que la composición química de los abonos orgánicos es quien determina la inestabilidad de los mismos, dada su alta tasa de mineralización.



**Figura 15.** Relación polinómica de orden 3 entre la respiración microbiana y la porosidad total (INIFAT 2).



**Figura 16.** Relación polinómica de orden 3 entre la respiración microbiana y la relación C/N (INIFAT 2).



**Figura 17.** Relación polinómica de orden 3 entre el carbono y la porosidad total (INIFAT 2).

Los resultados obtenidos bajo condiciones de producción, en unidades productivas representan en alto grado el universo de la modalidad organopónica. La degradación de los sustratos orgánicos está muy relacionada con la composición química de los mismos, por lo que los componentes de los sustratos deben elegirse de forma acertada. Por otro lado, las prácticas agronómicas mejoradas incluyen el uso de enmiendas orgánicas y el aprovechamiento de los residuos. De este modo se progresa sin destruir el medio ambiente y se aumentan los rendimientos y la calidad de las producciones agrícolas.

### CONCLUSIONES

- ✓ Los sustratos muestran un amplio rango de variación en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, por lo que se puede aprovechar las mejores características de cada uno de estos para hacer mezclas y obtener un sustrato de calidad para el establecimiento de sistemas de cultivo sin suelo.
- ✓ El sustrato del organopónico INIFAT 1 es el de mejor estado físico, químico y biológico, dada la mayor cultura agronómica en el manejo de la materia orgánica, por lo que los sistemas que pretenden ser sostenibles deben prestar especial atención al ciclo de

los agregados con la entrada de materiales orgánicos frescos en el momento preciso.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aira, M.; Pérez-Losada, M. y Domínguez, J. (2018). Diversity, structure and sources of bacterial communities in earthworm cocoons. *Scientific Reports*, 8 (1) 6632. DOI. [10.1038/s41598-018-25081-9](https://doi.org/10.1038/s41598-018-25081-9)
- Arango, M.J.O. (2017). Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los Suelos. Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Gerencia Agropecuaria. Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias. Especialización en Gerencia Agropecuaria Caldas – Antioquia. Disponible en: <http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2036/1>
- Bárbaro, L.; Karlanian, M.; Rizzo, P. y Riera, N. (2019). Caracterización de diferentes compost para su uso como componente de sustrato. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Science*, 35:126-136. Disponible en: <https://doi.org/10.4067/S0719-38902019005000309>

- Dickson, R.W.; Jackson, B.E y Machesney, L.M. (2022). Evaluation of Peat Blended with Pine Wood Components for Effects on Substrate Physical Properties, Nitrogen Immobilization, and Growth of *Petunia (Petunia x hybrida* Vilm.-Andr.). Department of Horticulture, University of Arkansas, Fayetteville, AR 72701. HortScience, 57(2):304-311. Disponible en: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI16177-21>
- García, C.; Hernández, T.; Pascual, J.; Moreno, J.L. y Ros, M. (2000). Actividad microbiana en suelos del sureste español sometidos a procesos de degradación y Desertificación. Estrategias para su rehabilitación. En: García, C. y Hernández, M.T. (eds.), Investigación y Perspectivas de la Enzimología de Suelos en España. Consejo Sup. Invest. Científicas (CSIC)-CEBAS, Murcia, España, 43-92. Disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=3D6364631%26pid%3DS1853866520120001000700015](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=3D6364631%26pid%3DS1853866520120001000700015)
- Gruda, N.S. (2019). Increasing sustainability of growing media constituents and stand-alone substrates in soilless culture systems. Agronomy, 9(6):1-24. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agronomy9060298>
- Guadarrama, N.A.; Mejía, C.J y Ramírez, G.M.G. (2018). Mineralización de la materia orgánica en suelos con manejo diferencial en cultivo de rosa. Centro Universitario Tenancingo, Universidad Autónoma del Estado de México. 28 (2). ISSN: 2007-9621.
- GNAU (2011). Manual de organopónico, huertos intensivos y organoponía semiprottegida. [Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas](http://www.asociacioncubana.net) y [Forestales](http://www.asociacioncubana.net). Cuba. 100 p. ISBN: 978-959-7210-48-1
- IS (1988): Laboratorio Provincial de Suelos de La Habana, 12 p.
- Jilling, A.; Keiluweit, M.; Contosta, A.R.; Frey, S.; Schimel, J.; Schneck, J.; Smith, R.G.; Tiemann, L. y Grandy, A.S. (2018). Minerals in the rhizosphere. overlooked mediators of soil nitrogen availability to plants and microbes. Biogeochemistry, 139, 103-122. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10533-018-0459-5>
- Marques de Abreu, A.H.; Dos Santos, P.S.L; Amaral de Melo, L.; Rodríguez de Oliveira, R. y Ferreira, D.H.A.A. (2017). Caracterización e potencial de substratos formulados combiosólidos na produção de mudas de *Schinus Terebinthifolius* Raddi. *E Androanthus heptaphyllus* (Vell). Mattos. Ciencia Forestal, Santa Maria, 27(4): 1179-1190. ISSN: 0103-9954.
- Monsalve, O.I.C.; Henao, M.C.T y Gutiérrez, J.S.D. (2021). Caracterización de materiales con uso potencial como sustratos en sistemas de cultivo sin suelo. Universidad Nacional de Colombia. Cienc. Tecnol. Agropecuaria, 22 (1) e1977. Disponible en: [https://doi.org/10.21930/rcta.vol22\\_num1\\_art.1977](https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art.1977). ISSN: 0122-8706.
- Quintero, M.F.; González, M.; y Guzmán, J.M. (2011). Sustratos para cultivos hortícolas y flores de corte. En: Flórez R., V. J. (ed). Sustratos, Manejo del Clima, Automatización y Control en Sistemas de Cultivo sin Suelo. Universidad Nacional de Bogotá. Colombia, 79-108. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/235999721\\_Sustratos\\_para\\_cultivos\\_hortico las\\_y\\_flores\\_de\\_corte](https://www.researchgate.net/publication/235999721_Sustratos_para_cultivos_hortico las_y_flores_de_corte).

- Saath, K.C.D.O y Fachinello, A.L. (2018). Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 56 (2): 195-212. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560201>.
- Savvas, D. y Gruda, N. (2018). Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry - A review. *European Journal of Horticultural Science*, 83 (5): 280-293. Disponible en: <https://doi.org/10.17660/eJHS.2018/83.5.2>
- Torres, M.; Orellana, R.; González, M.; Rodríguez, J. y Cruz, A. (2018). Efecto del uso de los residuos vegetales sobre los sustratos orgánicos. *Agrotecnia de Cuba*, 42 (1): 1-15. ISSN: 0568- 3114.
- Vázquez, J. y Loli, O. (2018). Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Universidad Católica de Cuenca. Scientia Agropecuaria*, 9 (1). ISSN: 2077-9917.
- Walkley, A. y Black, I.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1): 29–38. ISSN: 0038-075X, 1538-9243.
- Yang, Y.; Du, W.; Ren, X.; Cui, Z.; Zhou, W. y Lv, J. (2020). Effect of bean dregs amendment on the organic matter degradation, humification, maturity and stability of pig manure composting. *Science of the Total Environment*, 708. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134623>.

Fecha de recepción: 25 enero 2023

Fecha de aceptación: 4 octubre 2023