

# EFECTO DEL USO DE *Azolla* EN LOS RENDIMIENTOS DE CULTIVOS EN CONDICIONES DE ORGANOPÓNICOS

R. Castro, Maribel Rodríguez, Gloria E. Álvarez, M. Gil, R. Novo, R. I. Castro y Sandra H. Díaz✉

**ABSTRACT.** In the period between 1996 and 2001, two experiments were accomplished in INRE organophonics, Los Palacios, Pinar del Río province, to evaluate the influence of *Azolla* and residual effect on the yield and evolution of bed substrate of organophonics with periodical applications of this fern; therefore, lettuce and chive were employed. In the lettuce crop, the effect of six doses *Azolla* on yield during six consecutive sowings was evaluated, comparing them with the check; results indicate that the application of *Azolla* increases yields and its components, obtaining the greatest values in fresh and dried matters with greater applications than 1.5 kg.m<sup>-2</sup>, when the substrate is rich in organic matter, and with greater applications than 2 kg.m<sup>-2</sup> of *Azolla* when the substrate is impoverished. Furthermore, the use of *Azolla* reduces the organic matter content decrease, therefore, lettuce and chive yields.

*Key words:* *Azolla*, vegetable growing, yield, growing media, green manures

**RESUMEN.** En el período comprendido entre 1996 y 2001, se realizó el trabajo integrado por dos experimentos, en el organopónico del INRE, Los Palacios, Pinar del Río, con el objetivo de evaluar la influencia de la dosis de *Azolla* y el efecto residual sobre el rendimiento y la evolución del sustrato de los canteros de los organopónicos con aplicaciones periódicas de este helecho; para ello, se emplearon los cultivos de lechuga y cebollino. En el cultivo de la lechuga se evaluó el efecto de seis dosis de *Azolla* durante seis siembras consecutivas, comparándolo con un testigo; los resultados indican que la utilización de *Azolla* incrementa los rendimientos y sus componentes, obteniéndose los mayores valores en materias fresca y seca con aplicaciones mayores de 1.5 kg.m<sup>-2</sup>, cuando el sustrato es rico en materia orgánica, y con aplicaciones superiores a 2 kg.m<sup>-2</sup> de *Azolla*, cuando el sustrato está muy degradado. Además, el uso de *Azolla* disminuye la caída del contenido de materia orgánica y, por lo tanto, de los rendimientos de los cultivos de lechuga y cebollino.

*Palabras clave:* *Azolla*, cultivo de hortalizas, rendimiento, sustratos de cultivo, abonos verdes

## INTRODUCCIÓN

La Agricultura Urbana es un sistema de producción generalizada en el mundo, como respuesta rápida a los graves problemas alimentarios, por sus características organointensivas (1, 2, 3). Estos sistemas de producción (organopónicos) permiten consumir las hortalizas frescas directamente (4) y el uso intensivo es un factor determinante en la producción de altos rendimientos (5).

En el cultivo de hortalizas en organopónicos la explotación y el manejo de los sustratos resulta un aspecto de vital importancia, pues estos se van degradando a través del tiempo, en dependencia de la riqueza original de nutrientes que poseen y las diferentes fuentes de materia orgánica para garantizar altos rendimientos y múlti-

ples cosechas, al menos durante año y medio o dos años. Posteriormente, los nutrientes escasean y el rendimiento y la calidad de las cosechas decrecerán (4). A pesar de esto, sería irresponsables utilizar cualquier agroquímico, por estar generalmente enclavado dentro de los cascos urbanos, con una gran población respirando junto al cultivo (6) y teniendo fuentes ilimitadas de alternativas orgánicas (7, 8).

La materia orgánica constituye la principal reserva natural de los nutrientes potencialmente asimilables por las plantas; su conservación y manejo pueden ser la vía más económica para optimizar la nutrición vegetal (5).

*Azolla* es un helecho acuático con pequeñas hojas alternas, que vive en simbiosis con cianobacterias, las cuales fijan el nitrógeno atmosférico y poseen generalmente una alta concentración de nutrientes (7, 8); este puede ser usado con alta eficacia para abastecer de nutrientes a los cultivos y mejorar los sustratos (9).

Con el convencimiento pleno de la gran utilidad del uso de *Azolla* como abono verde, basado en lo planteado en el capítulo 3 de la Agenda 21 en la Cumbre de Río de Janeiro y el llamado hecho en este lugar a desarrollar una

Ms.C. R. Castro y Ms.C. Sandra H. Díaz, Investigadores Agregados; M. Gil, Reserva Científica y Dr.C. R. I. Castro, Investigador Auxiliar de la Estación Experimental del Arroz "Los Palacios"; Ms.C. Maribel Rodríguez, Jefa de Organopónico del Instituto Nacional de Reserva Estatal de Los Palacios; Ms.C. Gloria E. Álvarez, Delegada del CITMA en el municipio Los Palacios, Pinar del Río; Dr.C. R. Novo, Profesor Titular de la Facultad de Agronomía, Universidad Agraria de La Habana, Gaveta Postal 18-19, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

✉ shdiaz@inca.edu.cu

Agricultura Sostenible, es por lo que se emprendió la tarea de estudiar la dosis óptima para la aplicación de *Azolla* en los organopónicos, la influencia de su efecto residual evaluado a través del rendimiento del cultivo y la evolución del sustrato con aplicaciones periódicas de este producto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los trabajos experimentales se realizaron en el organopónico INRE, Los Palacios, Pinar del Río, durante el período 1996 – 2000.

La cepa de *Azolla* empleada en los experimentos fue del ecotipo AZOCA-5, seleccionado y caracterizado en la Estación Experimental del Arroz “Los Palacios”.

La composición del ecotipo mencionado se presenta a continuación:

Materia seca	6.0 %	P (base seca)	0.82 %
N (base seca)	3.3 %	K (base seca)	3.71 %

Los contenidos de nutrientes en el sustrato en 1996 eran altos, así como los valores de materia orgánica y pH eran adecuados, según se observa a continuación:

MO	42 %	pH	7.20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	70 mg/100g S	Ca	1.50 meq/100g S
K <sub>2</sub> O	150 mg/100g S	Mg	2.80 meq/100g S

### *Experimento 1: Determinación de la efectividad, dosis y efecto residual de la aplicación de Azolla*

El trabajo comenzó en noviembre de 1996, repitiéndose en igual fecha de 1998; se realizó con el cultivo de la lechuga, variedad BSS-13. En cuatro canteros se hicieron parcelas de 4.8 m<sup>2</sup>, las variantes usadas se exponen a continuación y fueron repetidas cuatro veces:

1. Testigo de producción (sin aplicación de *Azolla*)
2. *Azolla* 0.25 kg m<sup>-2</sup>
3. *Azolla* 0.5 kg m<sup>-2</sup>
4. *Azolla* 1.0 kg m<sup>-2</sup>
5. *Azolla* 1.5 kg m<sup>-2</sup>
6. *Azolla* 2.0 kg m<sup>-2</sup>
7. *Azolla* 2.5 kg m<sup>-2</sup>

Después de la incorporación de *Azolla*, se realizaron seis siembras consecutivas sobre el mismo sustrato y se determinó el rendimiento agrícola en cada una. Las evaluaciones de los componentes del rendimiento del producto comercial y la producción de materia seca se realizaron en la segunda siembra de cada año, utilizando 60 plantas por cada tratamiento, en las cuales se determinó el largo y ancho empleando para ello las tres primeras hojas.

Los datos presentados fueron procesados estadísticamente por análisis de varianza de clasificación doble (Bloques al Azar) y para la comparación de medias se utilizó la Dócima de Rango Múltiple de Duncan.

### *Experimento 2: Determinación de la capacidad productiva de los sustratos sometidos a aplicaciones periódicas de Azolla*

El trabajo se realizó desde 1996 hasta el 2000, en tres canteros seleccionados por su homogeneidad; se realizaron aplicaciones de *Azolla* a razón de 1.0 kg.m<sup>-2</sup> periódicamente (tres aplicaciones al año). Tanto en la lechuga como en el cebollino se empleó un tratamiento testigo donde no se aplicó *Azolla*. Cada tratamiento se repitió tres veces; parcelas de 4 m<sup>2</sup> fueron distribuidas según un diseño Completamente Aleatorizado.

Durante el período estudiado se evaluó el rendimiento agrícola de los cultivos seleccionados, para determinar su evolución frente a las variantes empleadas. Se realizó el análisis químico del sustrato por el método Walkley-Black, para conocer el porcentaje de materia orgánica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Experimento 1: Determinación de la efectividad, dosis y efecto residual de las aplicaciones de Azolla.*

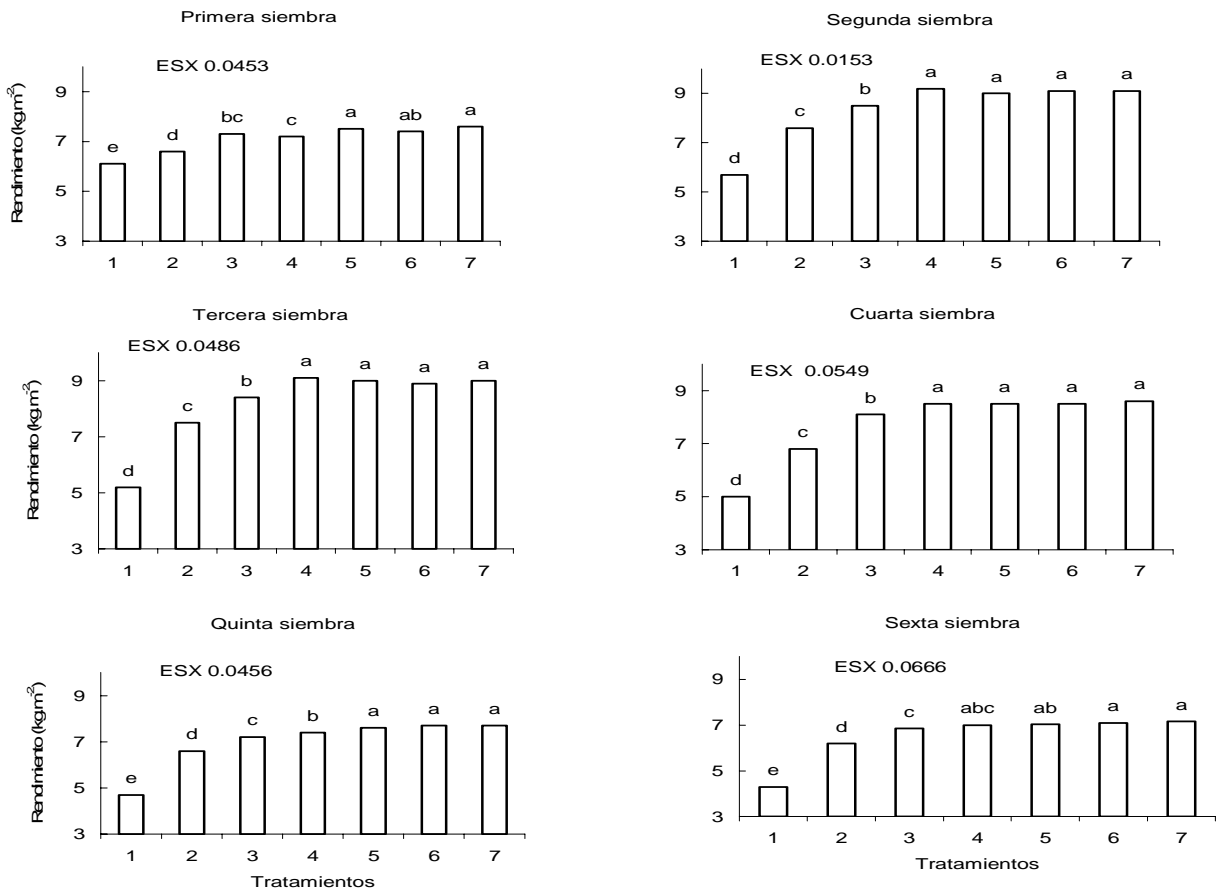
En las Figuras 1 y 2 se puede observar, de forma general, que el rendimiento de la lechuga se incrementó con las aplicaciones de *Azolla*. Esto se debe al aporte de nutrientes al descomponerse el helecho y a mejores condiciones físico-químicas que se crean en el suelo con la aplicación de este abono verde (10).

El incremento del rendimiento con respecto al testigo fue notable hasta la sexta siembra después de la aplicación de *Azolla* (siete meses), observándose los mayores rendimientos en la segunda, tercera y cuarta cosechas para las siembras de 1996 y 1998 (Figuras 1 y 2); al parecer, en este período la descomposición del helecho es más intensa, reflejándose en el incremento del rendimiento del cultivo de la lechuga.

En las siembras de 1996 (Figura 1), se destacaron las variantes en que se aplicaron 1.5, 2.0 y 2.5 kg de *Azolla*.m<sup>-2</sup>, sin diferencias significativas entre ellos durante las seis siembras. En el caso particular donde la aplicación de *Azolla* fue de 1.0 kg.m<sup>-2</sup>, se observó que el rendimiento se mantuvo sin diferencias en relación con los tratamientos antes mencionados en la segunda, tercera, cuarta y sexta siembras.

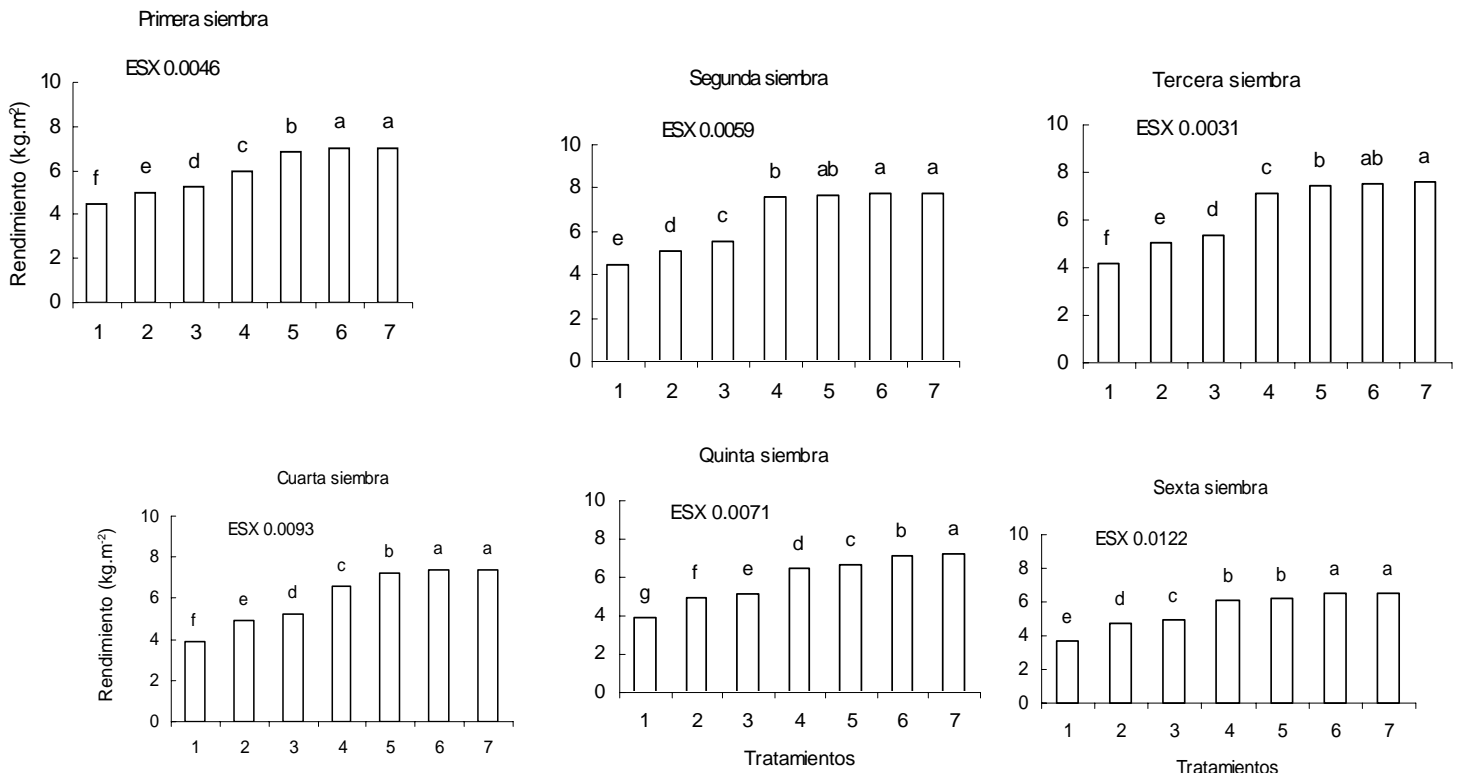
Sin embargo, en 1998 (Figura 2), los tratamientos en que se aplicaron 2.0 y 2.5 kg de *Azolla*.m<sup>-2</sup> fueron los de mejor rendimiento, con diferencia significativa en la mayoría de las siembras con el de 1.5 kg de *Azolla*.m<sup>-2</sup> que le sigue en el comportamiento.

La diferencia en el comportamiento del rendimiento en las siembras en ambos años, se explica por el deterioro del sustrato sometido a una explotación intensiva. En 1996, las aplicaciones superiores a 1 kg de *Azolla*.m<sup>-2</sup> fueron suficientes para obtener altos rendimientos durante todo el período, por poseer un sustrato de excelente calidad con solo un año de explotación; sin embargo, en las siembras que comenzaron en 1998, se encontró un sustrato más degradado que necesitó aplicaciones iguales o superiores a 2 kg de *Azolla*.m<sup>-2</sup> para obtener rendimientos altos y estables durante el período estudiado.



1-Testigo, 2- 0.25k.m<sup>-2</sup>, 3- 0.5 kg.m<sup>-2</sup>, 4- 1.0 kg.m<sup>-2</sup>, 5- 1.5 kg.m<sup>-2</sup>, 6- 2.0 kg.m<sup>-2</sup>, 7- 2.5 kg.m<sup>-2</sup>

Figura 1. Influencia de las dosis de *Azolla* sobre el rendimiento de la lechuga durante seis siembras consecutivas (1996)



1-Testigo, 2- 0.25 kg.m<sup>-2</sup>, 3- 0.5 kg.m<sup>-2</sup>, 4- 1.0 kg.m<sup>-2</sup>, 5- 1.5 kg.m<sup>-2</sup>, 6- 2.0 kg.m<sup>-2</sup>, 7- 2.5 kg.m<sup>-2</sup>

Figura 2. Influencia de las dosis de *Azolla* sobre el rendimiento de la lechuga durante seis siembras consecutivas (1998)

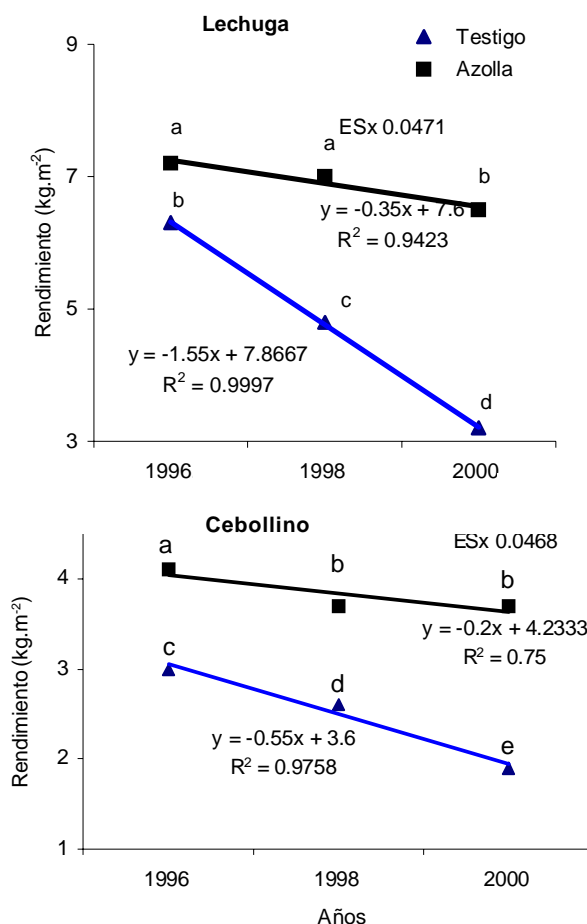
Lo anterior indica que las aplicaciones de este abono verde tienen un efecto positivo sobre el rendimiento de la lechuga en condiciones de organopónico, que perdura durante seis siembras consecutivas, obteniendo los mayores rendimientos entre la segunda y la cuarta cosechas, donde al parecer ocurre la mayor descomposición de la *Azolla*, beneficiándose más las plantas de lechuga, siendo recomendable utilizar aplicaciones de 1.0 ó 1.5 kg de *Azolla*.m<sup>-2</sup> para sustratos con poco tiempo de explotación y alta riqueza en materia orgánica, así como aplicar dosis de 2.0 kg de *Azolla*.m<sup>-2</sup> o superiores en sustratos con más tiempo de explotación o bajos contenidos de materia orgánica. Similar respuesta en el rendimiento de la lechuga cuando se aplica *Azolla* ha sido descrita en México (11).

La influencia de *Azolla* sobre los componentes del rendimiento de la lechuga (Tabla I) corroboró los resultados expuestos en las figuras anteriores, observándose que el uso de *Azolla* incrementó los componentes del rendimiento (ancho, largo y número de hojas) y la producción de masa seca de las plantas, lo que hizo que se incrementara significativamente el rendimiento agrícola en ambas repeticiones. Otros encontraron similar relación en el rendimiento agrícola y sus componentes en trabajos similares en condiciones de huertos (12).

**Experimento 2: Determinación de la capacidad productiva de los sustratos sometidos a aplicaciones periódicas de *Azolla***

El manejo y la explotación de los sustratos son factores de vital importancia, debido a que influyen directamente en el tiempo útil de explotación (12); es determinante también lograr un mayor rendimiento. Como se puede apreciar en la Figura 3, tanto en canteros sembrados con lechuga como con cebollino cuando se aplicó periódicamente *Azolla*, los rendimientos promedio anuales fueron superiores a los de la variante en que no se aplicó este helecho. Después de cuatro años de siembras donde se usó *Azolla*, se obtuvieron rendimientos promedio superiores a los iniciales del tratamiento testigo en ambos cultivos. De manera general, se apreció reducción de la caída del rendimiento en los canteros donde se realizó la aplicación de *Azolla*, como se observa en

las líneas de tendencias de la figura antes mencionada; durante el período estudiado la caída del rendimiento no sobrepasó los 0.7 kg.m<sup>-2</sup> en ninguno de los cultivos empleados, por lo que se pudiera inferir que es posible usar el sustrato al menos otros cuatro años más con igual tendencia de disminución, si se continúan realizando dos o más aplicaciones de *Azolla* por año. Resultados en similares condiciones fueron obtenidos en Cuba (13, 14).



**Figura 3. Comportamiento de los rendimientos desde 1996 hasta el 2000**

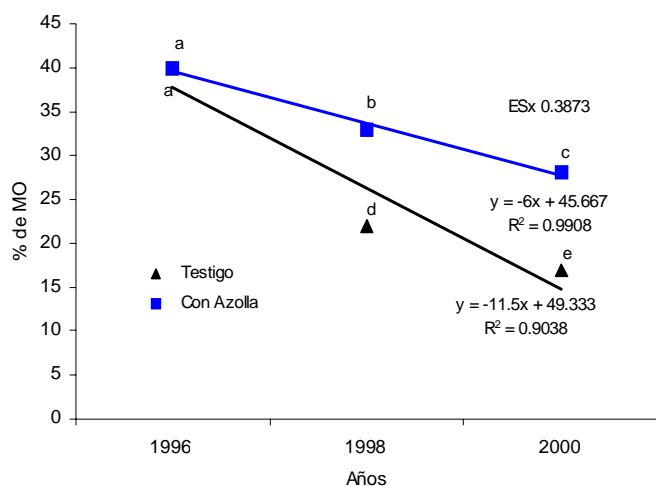
**Tabla I. Influencia de *Azolla* sobre los componentes del rendimiento de la lechuga**

Tratamientos	Componentes del rendimiento de las segundas siembras							
	Año 1996				Año 1998			
	Largo de las hojas (cm) *	Ancho de las hojas (cm) *	Número de hojas	Masa seca total de las hojas (g)**	Largo de las hojas (cm) *	Ancho de las hojas (cm) *	Número de hojas	Masa seca total de las hojas (g)**
1	28.2 f	15.3 f	11.7 g	470 f	26.0 f	10.4 g	10.2 f	450 f
2	30.1 e	17.4 e	13.6 f	515 e	28.5 e	11.8 f	12.9 e	510 e
3	30.9 d	17.9 d	14.1 e	545 d	28.8 d	12.7 d	13.6 d	530 d
4	32.3 c	18.4 c	16.2 d	565 c	30.7 c	14.4 c	14.0 c	555 c
5	32.6 b	19.0 b	16.9 c	580 b	31.5 b	16.2 b	14.6 b	561 b
6	34.3 a	19.5 a	17.3 b	605 a	32.2 a	17.4 a	15.2 a	602 a
7	34.2 a	19.7 a	17.7 a	603 a	32.3 a	17.6 a	15.3 a	604 a
ES <sub>x</sub>	0.192	0.104	0.209	2.314	0.174	0.165	0.194	2.166

\*Promedio de las cinco hojas de mayores dimensiones de cada planta

\*\*El valor representa la masa seca de todas las hojas de 20 plantas

Similar comportamiento se observó con los contenidos de materia orgánica del sustrato (Figura 4). En los tratamientos en que se aplicó *Azolla* periódicamente durante cuatro años, el contenido de materia orgánica varió desde 40 a 28 %, reduciéndose solo en 12 unidades porcentuales; sin embargo, en el tratamiento testigo después de cuatro años, el contenido se redujo a valores cercanos al 15 %, valor crítico para el cambio de sustrato, debido a que este pierde las características físicas y químicas que permiten suministrar suficientes nutrientes a los cultivos, para que estos mantengan rendimientos altos. Según la tendencia mostrada para cada variante, cuando se incorpora *Azolla* el sustrato tiene una duración de cuatro años más que cuando no se usa el helecho, lográndose ahorro considerable de recursos y materiales al no cambiar el sustrato, de energía eléctrica, agua y mano de obra por concepto de riego, ya que a medida que disminuye la materia orgánica, el sustrato pierde la capacidad de retener agua y es necesario aumentar la frecuencia de riego.



**Figura 4. Evolución del contenido de materia orgánica de los sustratos (organopónico INRE Los Palacios)**

## REFERENCIAS

1. Cuba, MINAGRI. Grupo Nacional de Agricultura Urbana. Manual Técnico de Organopónicos y Huertos Intensivos. La Habana : AGRINFOR, 2001.
2. Guzmán, L. Efecto de la producción de humus sólido y/o humus líquido sobre el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Black Seeded Simpson en condiciones de la planicie de Maracaibo Edo. Zulia. En: Programa/Resúmenes. V Encuentro de Agricultura Orgánica (5:2003 may 27-30:La Habana).

3. ACTAF. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. Agricultura Urbana. En: Memorias Congreso (1:1999 oct. 9-10:San José de las Lajas) p. 77-81.
4. Cuba, MINAGRI. Grupo Nacional de Agricultura Urbana. Lineamientos para los subprograma de la agricultura urbana y sistemas evaluativos, 2001. 80 p.
5. Gutiérrez, A.; Bellon, D. y Hang, G. M. Salud, medio ambiente y uso de agroquímicos. El caso de la horticultura del Partido de La Plata, provincia de Buenos Aires, Argentina. En: Encuentro de Agricultura Orgánica. Programas/Resúmenes (5:2003 may. 27-30:La Habana). p. 268.
6. Pérez, R. R. La permacultura como forma de Agricultura Urbana. Experiencia en Cuba. En: Memorias. Encuentro Internacional de Agricultura Urbana y su impacto en la alimentación (1:1995:La Habana). p. 19-29.
7. García, M.; Álvarez, M. y Treto, E. Estudio comparativo de diferentes especies de abonos verdes y su influencia en el cultivo del maíz. *Cultivos Tropicales*, 2001, vol. 23, no.3, p. 13-30.
8. Becerra, M. *Azolla-Anabaena*, un recurso valioso para la producción agropecuaria en el Trópico. Convenio Interinstitucional para la producción agropecuaria en el Valle de Río Cauca, Colombia. Informe, 1991. 70 p.
9. Van-Hove, C. Uso de la Simbiosis *Azolla-Anabaena* con énfasis en África. Roma : FAO, 1989. 53 p.
10. Quintero, R. L. El sistema simbiótico fijador de nitrógeno *Azolla-Anabaena*. En: Agromicrobiología, Elemento útil en la agricultura sustentable. Colegio de Postgraduados de Ciencias Agrícolas, Montecillo. Estado de México, 1995. p. 127-143.
11. Ferry, E.; Terán, Z.; Martínez-Viera, R. y Pino, M. A. Biofertilizantes, una alternativa promisorio para la producción hortícola en organopónicos. *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 23, no. 3, p. 43-46.
12. Castro, R. A.; Rodríguez, M.; Novo, R.; Álvarez, G. y Gil, M. Uso del biofertilizante HeleAlg en el cultivo de hortalizas. *Avances*, 2002, no. 1.
13. Castro R. A.; Rodríguez, M.; Álvarez, G.; Gil, M.; Novo, R. y Castro, R. I. *Azolla*, una opción sostenible para incrementar los rendimientos en organopónicos. CD. En: Programas/Resúmenes. Taller de Biofertilización en los Trópicos. Congreso Científico del Instituto de Ciencias Agrícolas (7, 13:2002:San José de las Lajas).
14. Sung-Hoon, K. Building environmentally sustainable agriculture in the Republic of Korea: Its vision and policies. En: Programa/Resúmenes. Encuentro de Agricultura Orgánica (5:2003 may 27-30:La Habana).

Recibido: 28 de octubre de 2004

Aceptado: 28 de noviembre de 2005