

EVALUACION DEL PROCESO DE MADURACION DE ESTIERCOLES Y RESIDUOS VEGETALES Y SU POSTERIOR UTILIZACION COMO ENMIENDA ORGANICA EN EL CULTIVO DE ZUCCHINI ORGANICO

Jorge A. Ullé y María Luisa Galetto
Horticultura Orgánica EEA INTA SAN PEDRO
CC 43. CP 2930 Pcia. Bs. As.
julle@correointa.gov.ar

Palabras claves : estiércol, residuos vegetales, compost, biomaduración, macronutrientes.

RESUMEN

Estiércoles frescos de “feed-lot” y cama de aviario, fueron compostados junto a residuos vegetales, de verdeo de avena y limpieza de la industria de cereales, cubiertos con polietileno negro, durante el período febrero- mayo de 1999. El proceso se llevo a cabo, con mínima remoción y bajo humedecimiento, en pilas aisladas de 1 mt de altura y 2 mt de ancho en la base, repetidas cinco veces, bajo polietileno, mezclando en volumen:

- (a) 50% cama de aves + 50% abono verde avena,
- (b) 50% estiércol feed lot + 50% abono verde avena
- (c) igual en b, sin cubierta plástica
- (d) 50% estiércol feed lot + 50% residuo de secado de gano
- (e) 50% residuo de secado de gano + 50% pellets de avena, resultando cinco tratamientos.

En laboratorio se efectuaron tres veces determinaciones de metales denominados pesados (Cobre, Cadmio, Plomo, Zinc), bacterias coliformes (NMP), hongos, levaduras (UFC), humedad, materia orgánica, nitrógeno, y cationes Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio, antes, durante y al final del proceso fermentativo. Con equipos portátiles, se realizaron cinco muestreos de pH, sales (CE), y nitratos, anterior al mezclado de las pilas y con posterioridad en las mismas. En todos los tratamientos, los niveles de metales pesados, estuvieron por deba-

jo de lo considerado “mínimo de tolerancia”. En el pH, los tratamientos se agruparon, en el siguiente orden $a=b>c>d>e$, en los nitratos, el ranking fue $a>b>c=d=e$ y en la CE, $a>b>d>c=e$, demostrando superioridad de valores, para las tres variables, cuando existió estiércol de avés o de feed lot, en los tratamientos. La materia orgánica disminuyó durante el proceso de compostado, siendo mas resistente a la descomposición el tratamiento (e) sin estiércol, que el resto. El tratamiento (a) presentó una superioridad inicial, en nitrógeno total, respecto del resto, pero (b) lo igualó al final del proceso. En todos los tratamientos los niveles de calcio y magnesio, se incrementaron durante el compostado, mientras que los de sodio disminuyeron. La suma de cationes disponibles (Ca, Mg, K), siguió el siguiente orden $a=b>c>d>e$, presentando el tratamiento (a) una mayor disponibilidad de potasio, que el resto. Cuando los tratamientos compostados, fueron incorporados como enmienda al suelo, y comparados con testigo sin incorporación, el rendimiento comercial del cv *grey zucchini*, superó en (a) al resto de los tratamientos.

INTRODUCCION

La utilización de estiércoles ha sido una práctica muy difundida como forma de incorporar residuos a los suelos, en especial para restablecer los niveles de materia orgánica perdidos por sucesivos ciclos agrícolas de cultivo (11). Además la materia orgánica, es proveedora de nutrientes asociados a la producción, tales como Nitrógeno, Fósforo, e interactua con los cationes Calcio, Magnesio y Potasio los cuales se encuentran en mayor o menor grado retenidos en esta (7). Los estiércoles amontonados en pilas a campo al aire libre, deben cumplir una serie de procesos físicos y biológicos necesarios, para lograr una mayor eficiencia en la obtención de un abono orgánico estable y balanceado en macronutrientes. Los estiércoles analizados en muestras provenientes de, cama de aviaros, corrales de encierre bovino y equinos, presentan valores de pH alcalinos, teniendo además, los de aves una mayor concentración en sales. Otros estiércoles como los de “feed lot”, a pesar de su alto contenido salino, se ubican en valores de pH, neutros o debilmente ácidos (12). Otro aspecto a destacar, es el porcentaje de

REFERENCIA

Trabajo presentado en **XXIII Congreso Argentino, ASAO**; X Congreso Latinoamericano y III Congreso Iberoamericano de Horticultura. Mendoza, Horticultura Argentina vol. 19, n. 46. Pp 47. 26 al 30 de septiembre de 2000

carbono orgánico (%) que presentan estos residuos, siendo variable. Algunos, como por ejemplo los de feed lot bovino o corrales de encierre, no superaran el 20%, mientras que los de cama de aves tienen 30% o más, provocando por consiguiente un muy variable efecto, según sea la mezcla, establecida en las pilas de compostado (12). Otro aspecto en cuestión, es el contenido de humedad. En este sentido, las camas de aves suelen presentar menores valores (entre 11- 35%) que los estiércoles frescos de feed lot o corrales bovinos (32%-85%) desecándose, las primeras más fácilmente (2) (5). Estos residuos, para su continuo uso en agricultura orgánica, deben cumplir como requisitos mínimos, de no presentar altos rangos de metales, denominados como “pesados”, ni bacterias contaminantes, como coliformes, *salmonella*, ni elevados contenidos salinos. Además para su uso en los suelos y cultivos deben al menos tener, un adecuado contenido de carbono orgánico, humedad y macronutrientes como nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio y potasio. Los agricultores que más defienden la técnica de incorporación de estiércol fresco, sin compostar, se basan en que la cantidad de nitrógeno orgánico mineralizable durante el primer año, es un importante aporte a los cultivos, pero desestiman las pérdidas que ocurren por lavado, lixiviación, volatilización y desnitrificación de este nutriente (6). También al no considerar adecuadamente la humedad y el porcentaje de carbono del abono orgánico, no pueden establecer un plan racional de fertilización orgánica con sus posteriores balances de nutrientes para la rotación de cultivos. Por lo tanto un estiércol fresco, recién llegado a un establecimiento para su distribución no podría ser considerado un abono ecológico en su totalidad. El proceso de maduración, de estiércoles frescos y residuos vegetales es conocido como compostado, el cual supone al menos una fase termófila (mayor de 55°C) con intensa respiración de microorganismos, liberación de calor e incremento de la temperatura. Otra fase, mesófila, donde la población de bacterias y hongos predomina en un rango más bajo de temperatura (menor 55 °C) (3). El objetivo de este trabajo fue estudiar formas de maduración de estiércoles, de uso más frecuente en la zona norte de la Pcia de Bs As, junto a residuos vegetales ricos en carbono, para compostarlos, bajo la protección de cubierta plástica oscura, mínima remoción y bajo humedecimiento.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo fue iniciado con la caracterización química y nutricional de los estiércoles y residuos vegetales, previo al armado de pilas de compostado. Los estiércoles frescos elegidos fueron, cama de avés, “feed lot” bovino, y los residuos vegetales, abono verde de avena, pellets de avena, y residuos de granos de secaderos de cereales. Las pilas de compostado, eran individuales con 1 metro de altura y dos metros de ancho en la base, cada una, con capas alternas de 50%, en volumen de las siguientes partes constitutivas:

- (a) cama de aves (50%) y verdeo de avena triturado seco (50%), bajo plástico negro. Tratamiento (Pilas 1 a 5).
- (b) estiércol de feed lot (50%) y verdeo de avena triturado seco (50%) bajo plástico negro. Tratamiento (Pilas 6-10).
- (c) estiércol de feed lot (50%) y verdeo de avena triturado seco (50%)

sin cubierta plástica. Tratamiento (Pilas 11-15).

d) estiércol de feed lot (50%) y residuos de secadero de cereal (50%) bajo plástico negro. Tratamiento (Pilas 16-20)

e) pellets de avena (50%) y residuos de secadero de cereal (50%) bajo plástico negro. Tratamiento (Pilas 20-25)

El experimento tuvo un diseño, completamente aleatorizado con cinco pilas o repeticiones por cada tratamiento. Anterior a la implementación de las mezclas y durante el proceso de maduración y al final, fueron determinados:

- Metales, Cadmio, Plomo, Cobre, Zinc por absorción atómica
- Bacterias Coliformes (NMP/gr),
- Salmonella (NMP/gr) y Hongos y levaduras (UFC/gr), filtración por membrana, recuento en placas.
- Concentración salina (CE) (mS/cm) pasta de saturación y conductímetro Hanna, HI 9033.
- PH en suspensión acuosa 1:5 laboratorio y pHmetro Radiometer 3001.
- Humedad % en estufa a 105 °C.
- Nitratos (ppm) por colorimetría (equipo Nitratechek).
- Temperatura, termocupla.
- Carbono orgánico por calcinación.
- Nitrogeno total semimicro Kjeldhal.
- Calcio, Magnesio, Potasio, Fósforo, por elementos totales y por miliequivalentes/100 gr.

El experimento fue iniciado en febrero de 1999, y se continuo en marzo, abril, mayo, realizandose, las determinaciones analíticas en laboratorio en tres ocasiones: antes del armado de las mezclas en las pilas, un mes después de las mismas y al final del proceso a medida que la temperatura disminuía. Con equipos portátiles (phmetro, conductímetro, nitratechek) se efectuaron cinco muestreos (dos adicionales a los enunciados). Las pilas operacionalmente fueron manejadas cubiertas con plástico negro, de 100 micrones, destapadas dos veces para su remoción, humedecimiento y el compost obtenido en cada tratamiento, fue conservado bajo cubierta plástica, hasta su aplicación a parcelas de suelos. Para ello con los

datos de materia seca, carbono orgánico al final del proceso, se igualaron todos los tratamientos, llevando la dosis del experimento a 10 toneladas de carbono por ha. Los diferentes tratamientos de compostado fueron incorporados a canteros sobreelevados construidos, luego de una secuencia cincel, disco excéntrico, cantereador y una vez aplicada la enmienda, los canteros fueron laboreados con rotobactor subsuperficialmente. En diciembre fueron transplantados plantines del cv *grey zuchhini* a una distancia de 0.5m entre plantas en la fila, con dos hileras alternas por cantero. El riego fue efectuado por goteo y la cosecha a partir de los 40 días post-transplante, en un experimento con diseño completamente aleatorizado con cinco tratamientos, resultantes del compostado y un testigo sin aplicación de enmienda orgánica, con seis repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el **Cuadro 1**, los valores de cadmio, plomo, cobre, zinc, en todos los tratamientos, se encuentran por debajo de los niveles mínimos establecidos como tolerancia, por otros trabajos de análisis de procesos de compostado (1) (8). La inocuidad de los abonos orgánicos, también depende de la concentración de bacterias coliformes y la ausencia de salmonellas. En este aspecto los niveles de coliformes presentes al inicio del proceso de compostado, en los tratamientos (a) (b) (c), estuvieron por debajo (10^3 por gramo) de los encontrados en residuos domiciliarios (por ej. 10^8 por gramo) (4). De todas formas la concentración de coliformes, en residuos de secaderos de cereales, en los tratamientos (d) (e), fue superior (10^4 por gramo) a la de los estiércoles en los tratamientos (a) (b) (c). Al final del proceso (**Cuadro1**), todos los tratamientos, incrementaron la concentración en coliformes, siendo en (d) (e) del orden de 10^5 por gramo. En esto puede haber incidido, el sistema de poca remoción realizado, el cual no superó temperaturas de $55\text{ }^{\circ}\text{C}$. En otros trabajos con residuos urbanos domiciliarios, donde se alcanzaron $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, se

encontraron concentraciones finales de 10^3 coliformes por gramo. *Salmonella sp*, estuvo ausente en todas las muestras analizadas. Los niveles de humedad en el inicio de todos los tratamientos, a excepción del que no incluyó estiércol (e) promediaron 45%, lo que significó un nivel óptimo para comienzo de proceso de compostado (**Fig.1**). Valores inferiores de humedad tendrían un efecto adverso en la multiplicación de microorganismos (3). La humedad al final del proceso demostró en cama de pollo (a), y residuo de secadero de cereal (d) que eran, los de más rápido desecamiento, pudiendo haber influido esta disminución, en una menor actividad biológica durante el compostado. Sin embargo los valores de hongos y levaduras, hacia el final del mismo se incrementaron (**Cuadro 1**). La complementación de residuos fibrosos junto a estiércoles, no solo fue necesaria, por la complementación de la relación C/N, sino también, como favorecimiento, de la absorción de la alta humedad de los estiércoles, por parte de los residuos verdes secos, como el abono de avena triturado. Este a pesar de su de menor tenor de humedad cuando seco, presenta un máximo de humedad permisible muy alto. Los valores de pH, CE, y nitratos demostraron ser siempre superiores, en los tratamientos (a) y (b), pero estas variables no se comportaron de la misma forma, en cuanto al proceso de biomaduración, en el tiempo. El pH mostró una disminución gradual de unidades (**Fig.2**), en todos los tratamientos, alcanzando niveles de acidez en ausencia de estiércol, como en el tratamiento (e). Otros autores citan la disminución del pH, solo en la primera fase de maduración de estiércoles, con con-



siguiente incremento del valor, tendiendo a la neutralidad (7). Los resultados volcados aquí, con un sistema de mínima remoción, demuestran que es muy fuerte la influencia del residuo originario, disminuyendo gradualmente en función del tipo de residuo, sin manifestar aumentos posteriores de valores. La CE (Fig.3), demostró, que los valores pueden crecer después de armadas las pilas de compostado, tal vez debido a la mayor concentración de nutrientes o la disminución sucesiva de humedad, que provoca mayor concentración de sales. Los nitratos (Fig.4) primero se incrementaron, para luego ir disminuyendo, pudiendo su dinámica estar ligada, a la marcha de las temperaturas y el cambio de microflora que ocurre con las mismas (9). En este caso, el hecho de no haber superado temperatura mayor de 55°C, podría haber contribuido con la

flora mesófila de mayor población de nitrificadores. La materia orgánica también se mineralizó, (Fig.5) desde el inicio al final, mayoritariamente en los tratamientos en que estaba el estiércol de feed lot presente (b) (c) (d), pero sin embargo en los tratamientos (e) (a), los contenidos permanecieron estables. Tal vez, en presencia del estiércol bovino de feed lot junto a verdeo de avena, ocurrió una mejor complementación de la relación C/N, para la descomposición. También es factible, que el rango

Cuadro 1. Valores de metales denominados “pesados”, bacterias coliformes, salmonella, hongos y levaduras, en estiércoles y residuos vegetales, antes y después de ser sometidos a procesos de compostado.

Valores iniciales de los residuos a ser mezclados en pilas de compost										
		Estiércol Cama de Aviario			Estiércol de Feed Lot			Residuo de secadero de cereales		
Cadmio		0.02			0.004			0.004		
Plomo		0.69			0.17			2.17		
Cobre		32.6			10.84			4.68		
Zn		206			121			110		
Tratamientos	Cama aves + andana de avena cubierto		Feed lot + andana de avena cubierto		Feed lot + andana de avena sin cubrir		Feedlot + residuo de secadero de cereales cubierto		Pellets + residuo secadero de cereales cubierto	
	Antes	Final	Antes	Final	Antes	Final	Antes	Final	Antes	Final
Cadmio	0.09	0.08	0.07	0.05	0.09	S/d	0.07	0.03	0.03	Nd
Plomo	1.6	1.8	1.6	2.9	1.4	S/d	4.1	4.4	1.3	1.9
Cobre	48.6	46.9	27.3	32.2	21.9	S/d	13.5	19.4	2.6	4.3
Zn	277	326.4	250	269	195	S/d	129	196.3	40	55.4
Valores iniciales de los residuos a ser mezclados en pilas de compost										
		Estiércol de Feed Lot			Estiércol Cama de Aviaros			Residuo de secadero de cereales		
Coliformes totales (NMP/gr)		23000			15			43000		
Salmonella (NMP/gr)		-			-			-		
Hongos y levaduras (UFC/gr)		1000			200000			500000		
Tratamientos	Cama aves + andana de avena cubierto		Feed lot + andana de avena cubierto		Feed lot + andana de avena sin cubrir		Feedlot + residuo de secadero de cereales cubierto		Pellets + residuo secadero de cereales cubierto	
	Antes	Final	Antes	Final	Antes	Final	Antes	Final	Antes	Final
Coliformes totales (NMP/gr)	30	24000	6100	24000	7300	24000	26000	110000	24000	110000
Salmonella (NMP/gr)										
Hongos y levaduras (UFC/gr)	5800	8900	80	11000	680	3800	4800	2210000	5600	51600

de humedad por debajo del óptimo en (e), no hubiera permitido un accionar adecuado de microorganismos descomponedores o heterótrofos. El nitrógeno demostró, (Fig.6) que si bien, fue superior en la cama de pollo (a), los factores de pérdida, al inicio de proceso son de difícil control (1º muestreo), pero a medida que las pilas se iban estabilizando y la humificación ocurría (2º muestreo), los valores se mantuvieron, incluso hasta en los tratamientos (d) y (e) de liberación de nitrógeno mas lenta. Cuando se analizó la disponibilidad de cationes (miliequivalentes/100 gr), a través de la suma de Calcio, Magnesio, Potasio, el efecto como fertilizante orgánico, se vio en los tratamientos (a) (b) (c), alcanzando 100 meq/100 gramos. Según otros trabajos (9) este un valor aceptable, en términos de capacidad de intercambio y calidad al final del proceso de biomaduración del compost. Cuando se analiza la Fig.7, existe superioridad en disponibilidad de potasio, a favor del tratamiento (a) respecto del resto. En la Fig.8, en términos de kilos totales de frutos de zucchini cosechados, este último, es el único tratamiento, que supera al resto en rendimientos. Algunos hechos podrían explicar el fenómeno, así por ejemplo la mayor disponibilidad en conjunto de nitratos y potasio en la cama de pollo, contribuyendo, con los rendimientos superiores. Si bien los requere-

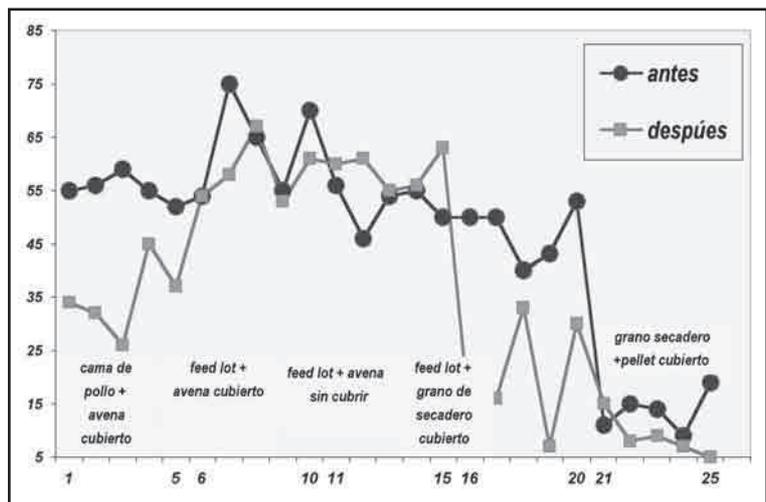


Figura 1: Contenidos de humedad en mezclas de estiércoles y residuos vegetales, antes y después, de ser sometidos a proceso de compostado, en pilas bajo cubierta plástica negra.

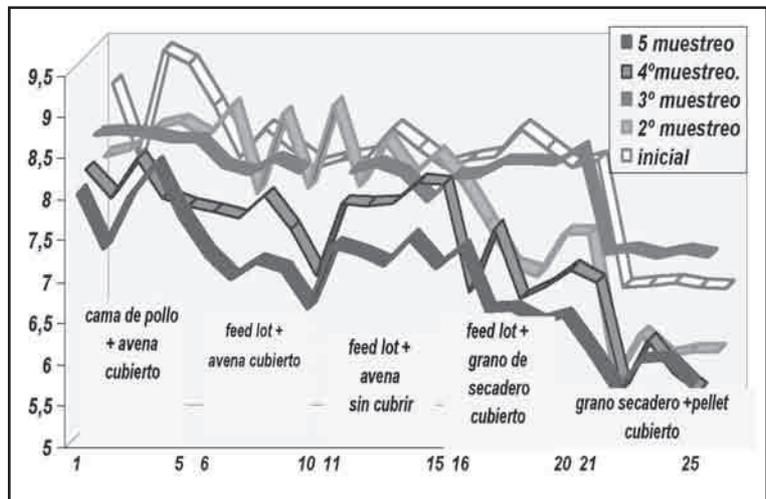


Figura 2: Valores de pH de mezclas de estiércoles y residuos vegetales, antes y después de ser sometidos, a procesos de compostados en pilas bajo cubierta plástica negra

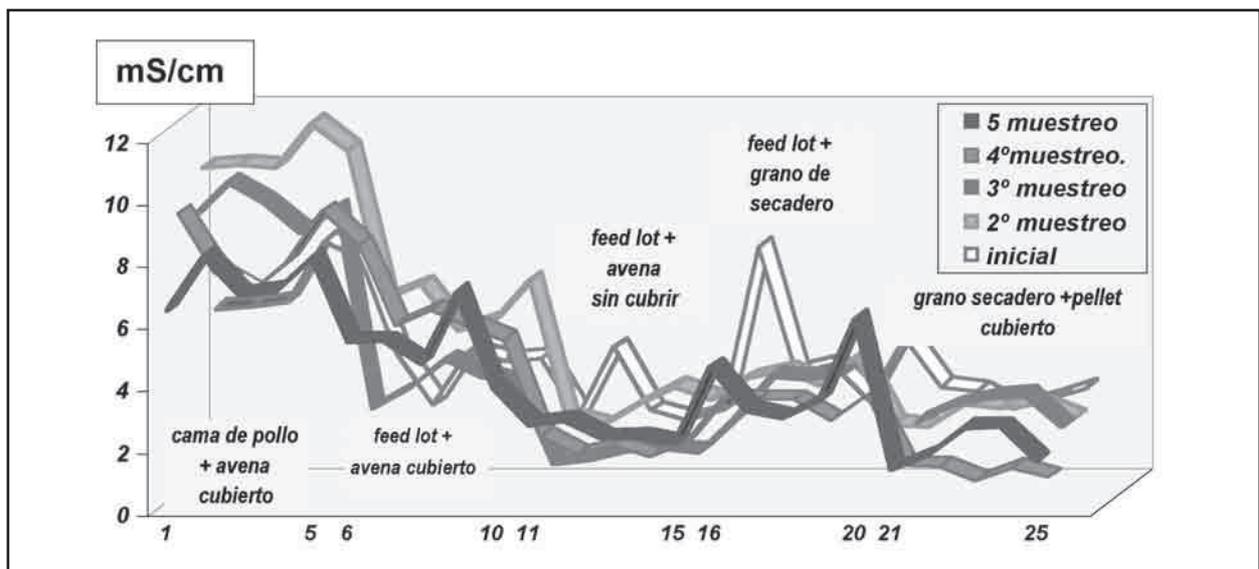


Figura 3: Contenidos de sales (mS/cm) de mezclas de estiércoles, y residuos vegetales, antes y después de ser sometidos, a procesos de compostados en pilas bajo cubierta plástica negra.

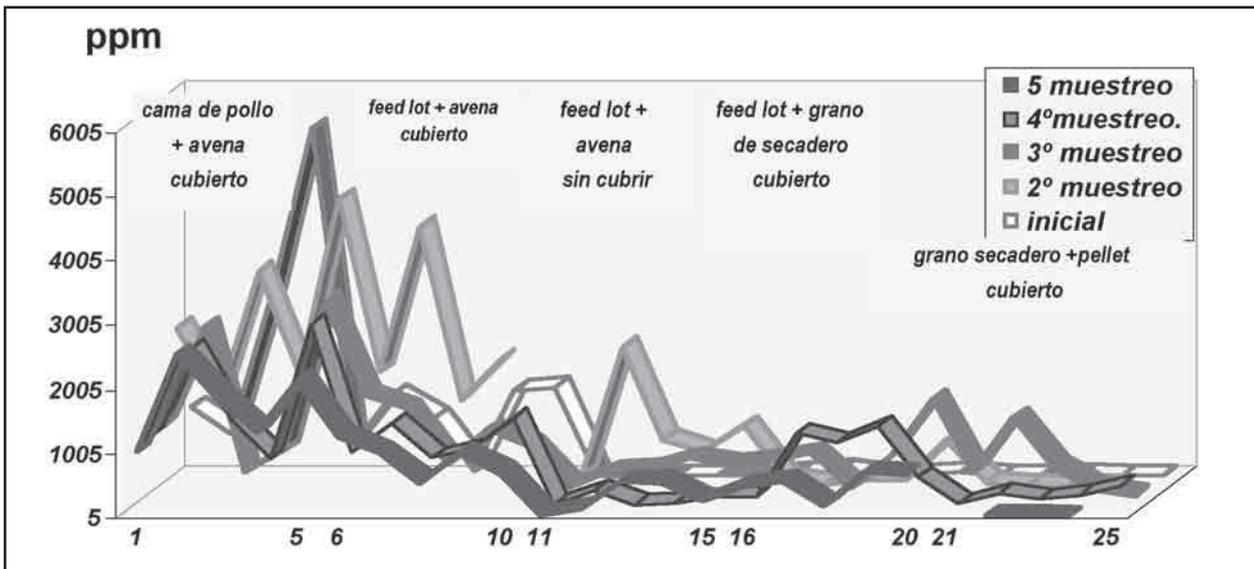


Figura 4: Contenidos de nitratos de mezclas de estiércoles, y residuos vegetales, antes y después de ser sometidos, a procesos de compostados en pilas bajo cubierta plástica negra.

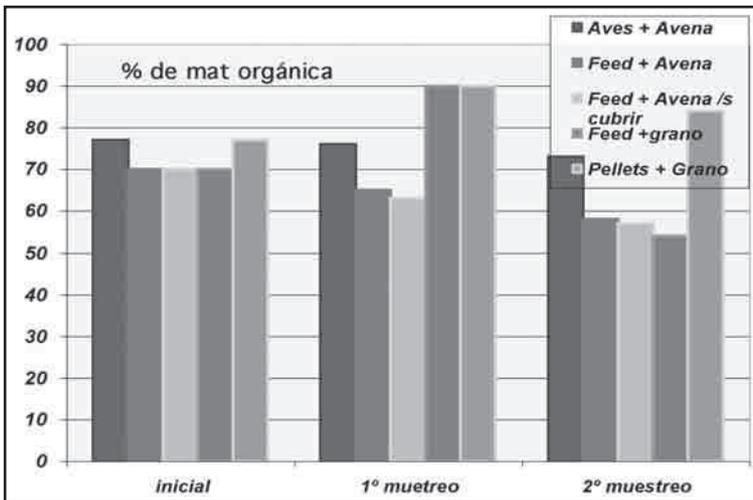


Figura 5: Contenido de materia orgánica en mezclas de estiércoles y residuos vegetales, antes y después de ser sometidas a proceso de compostado, en pilas bajo cubierta plástica negra

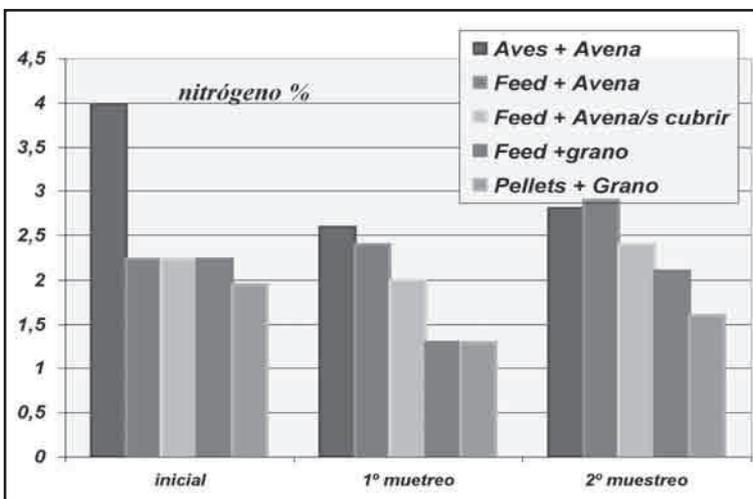


Figura 6: Contenido de nitrógeno en mezclas de estiércoles y residuos vegetales, antes y después de ser sometidas a proceso de compostado, en pilas bajo cubierta plástica negra

rimientos nutricionales de hortalizas, varían mucho en función de los diferentes grupos, en horticultura orgánica, disponibilidad de nitrógeno y potasio son dos macronutrientes imprescindibles para la expresión de calidad y producción. (10). También los mayores niveles de pH y CE del tratamiento (a) parecerían en un primer ciclo de cultivos, no haber limitado los rendimientos. Las ventajas de monitorear el proceso de maduración de estiércoles junto a fibras vegetales en pilas de compostado y su posterior incorporación a los suelos, a través de las variables aquí propuestas, permitiría elaborar abonos orgánicos con contenidos aceptables de macronutrientes, evitando o minimizando, los factores de pérdida.

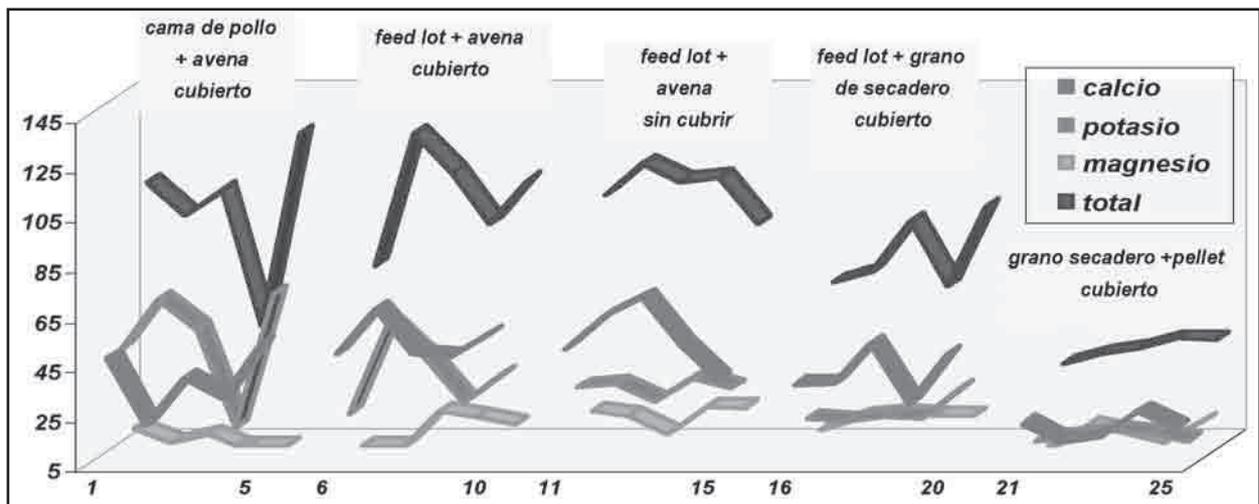


Figura 7: Disponibilidad de cationes calcio, magnesio, potasio, (meq/100gr) en mezclas de pilas de compostado, al final del proceso y antes de su incorporación a parcelas de suelos.

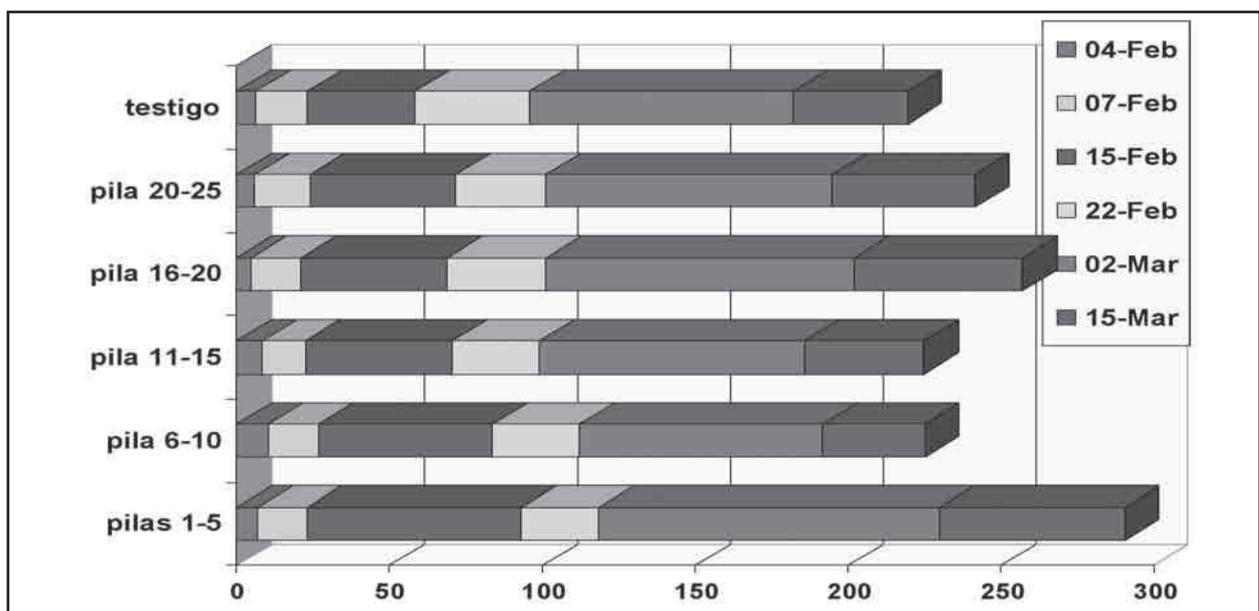


Figura 8: Producción en Kg. de zapallito grey zucchini en suelos enmendados con los tratamientos mezcla de estercoles y residuos vegetales

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. Bidingmaeir, W. and Maile, A. Results of a Parallel Interlaboratory test of the analysis of compost. Compost Science & utilization vol4 : pp18-37. 1996
2. Ernani, P.R. Utilização de materiais orgânicos e adubos minerais na fertilização do solo.. Porto Alegre, 1981. Dissertação de mestrado. Fac. Agron. Univ. Fed. R. G. Sul. Porto Alegre. Brasil
3. Golueke, C. G. Implementing Principles. In Composting Source Separated Organics. Editado BioCycle. Journal of Composting & Recycling. Emmaus, Pennsylvania. JG Press Inc, 1994. Section 1 pp 16-21.
4. Greenberg, A.E, Shastid & Ellgas, W.M Quality Control Monitoring. Byocycle. Vol 27. pp 36-38. 1986.
5. Holanda, J.S. Utilização de esterco e adubo mineral em quatro sequências de culturas em solo de Encosta Basáltica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1981. Dissertação de Mestrado. Fac. Agron. Univ. Fed. R. G. Sul. Porto Alegre. Brasil.
6. Iglesias Martinez, L. El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. Hojas Divulgadoras . Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (Madrid). Nº 1/94 HD. pp 3-23. 1995
7. Kiehl, E.J. Fertilizantes Orgânicos. Piracicaba. Editora Agronômica Ceres. Ltda. Brasil. 1985. 492p
8. Marcote Tejero, I .D. Aprovechamiento del compost de los residuos sólidos urbanos. Estudios de su capacidad fertilizante y del efecto sobre las propiedades físicas , químicas y biológicas. Madrid 1994 . Tesis doctoral. Universidad Politecnica de Madrid. España.
9. Mathur. S.P , Owen, G , Dinel, H., Schnitzer, M. Determinación of compost biomaturity. Literature Review. Biological Agriculture & Horticulture. Vol 10 pp 65-68. 1993.
10. Morra L. Il ruolo della sostanza orgánica del terreno in orticoltura biologica. Italus Hortus. Vol 6 pp 35-39. Firenze . 1999
11. Sasal, C. , Andruilo, A., Ullé, J., Abrego, F., Bueno, M. Efecto de diferentes enmiendas sobre algunas propiedades edáficas en sistemas de producción hortícola del centro norte de la región pampeana. In Ullé Jorge. Curso de Capacitación en producción de hortalizas de hojas y frutos. EEA INTA SAN PEDRO. 5 y 6 de agosto, 1999. San Pedro. Pcia de Bs As. pp 41- 47.
12. Ullé, J. & Galetto, M.L. Fermentación de estiércoles y residuos vegetales. In Ullé Jorge. Curso de Capacitación en producción de hortalizas de hojas y frutos. EEA INTA SAN PEDRO. 5 y 6 de agosto, 1999. San Pedro. Pcia de Bs As. pp 26-35.