

CARACTERIZACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS UTILIZANDO TÉCNICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS

Susana Schweizer¹, Eduardo Salas², Alexis Vargas¹

RESUMEN

Se recolectaron 16 muestras de abonos orgánicos, la mayoría de ellos disponibles comercialmente en el país y se analizaron siguiendo técnicas físicas, químicas y biológicas. El objetivo fue caracterizarlos y a la vez, determinar las técnicas más apropiadas para conocer su calidad y madurez, utilizando como parámetro el rendimiento de plantas de sorgo en invernadero desarrolladas en un sustrato con una proporción de abono- suelo de 1:9 peso por peso. Entre las medidas físicas y físico-químicas se determinaron: humedad de cada muestra, densidad, porcentaje de materiales gruesos, pH y conductividad eléctrica. La caracterización química se realizó cuantificando el contenido nutricional disponible y total para las plantas. Se determinaron además: contenido de cenizas, porcentaje de materia orgánica y C orgánico, C hidrosoluble, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y porcentaje de N total. Las medidas biológicas evaluadas fueron: bioensayo microbiano, determinación del índice de germinación con semillas de sorgo y rendimiento de sorgo en invernadero. Los resultados obtenidos confirman la heterogeneidad de los abonos orgánicos y la necesidad de determinar parámetros que puedan usarse de rutina en los laboratorios y que permitan establecer estándares de calidad para los diferentes abonos orgánicos, según el uso que se desee darles. Algunos de los análisis presentados en este trabajo pueden ser idóneos para tal fin, como Índice de germinación, determinación de biomasa "crecida" que se relaciona con la liberación de nutrimentos de los abonos orgánicos a corto plazo, pH, conductividad eléctrica, porcentaje de C orgánico y N y se podrían incorporar otros más. Lo importante es determinar el menor número de medidas factibles de realizar, que permitan establecer la calidad de un abono orgánico y reglamentar rangos apropiados para su buen uso.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en la búsqueda de alternativas de una producción agropecuaria en forma amigable con el ambiente, los abonos orgánicos han adquirido especial importancia por su capacidad de mejorar las condiciones del suelo y restituirle la materia orgánica perdida. En el país, según un estudio realizado por CEDECO (1998) había 9000 ha dedicadas a la producción orgánica. Se espera que actualmente la cifra sea superior y siga aumentando con el tiempo.

Dos condiciones primordiales a tener en cuenta para poder usar un abono orgánico en agricultura es la inocuidad desde el punto de vista bacteriológico y fitopatológico, y que su aplicación no produzca riesgo de contaminación química.

De cumplirse lo anterior, un segundo paso es evaluar la calidad de los mismos, ya que pueden ser distribuidos sin cumplir con los requerimientos de madurez. Además, la información que se especifica en la mayoría de los abonos es el contenido total de cada

¹ Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), Costa Rica.

² Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional, Costa Rica.

nutrimento, lo que no indica su disponibilidad (Melgarejo *et al.* 1997). La aplicación de un abono inestable e inmaduro puede provocar inmovilización de N mineral del suelo, posible toxicidad de elementos pesados y, si contiene sustancias fitotóxicas, estas pueden inhibir la germinación y el desarrollo de las plantas (Imbar *et al.* 1990, Hue y Liu 1995, Shiralipour *et al.* 1997).

Para evitar estos y otros problemas es necesario evaluar la estabilidad y madurez de los abonos orgánicos para lo que se cuenta con diferentes métodos, que en ocasiones se complementan. La riqueza en microorganismos favorables para los suelos y la ausencia de patógenos, determina la calidad biológica del abono final. Además debe considerarse la eliminación de materiales inertes como vidrio, plástico y metales (California Integrated Waste Management Board 2002).

En el país existe actualmente una reglamentación específica para abonos orgánicos, pero no se ha desarrollado una normativa en cuanto a los métodos que se deben usar y a los parámetros de calidad ya establecidos en muchos países y es necesario un desarrollo exhaustivo de la investigación respectiva. Actualmente se tienen pocas referencias de investigaciones sobre parámetros de calidad en composts (Rojas 1999), por estos motivos se plantea la presente investigación con el objetivo de plantear algunos parámetros adecuados en la determinación del estado de estabilidad y madurez del compost y la calidad nutricional del mismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron 16 muestras de abonos orgánicos, la mayoría disponibles comercialmente en el país (Cuadro 1) y se secaron a 60 °C, se tamizaron y se envasaron para su posterior análisis químico y físico. Se guardó muestra de cada uno sin procesar, para realizar el análisis de biomasa "crecida" por el método de respiración microbial inducida por un sustrato.

Técnicas físicas y físico-químicas:

Se determinó humedad de campo en el material tal y como se suministró, a 105 °C durante 24 h. El porcentaje de materiales gruesos en los abonos se calculó tamizando un peso exacto del producto por tamiz de seis mm de apertura, separando y pesando los materiales que no pasaron por el tamiz. Se midió la densidad aparente siguiendo la técnica citada por Ingram y Henley (s.f.). El pH y la conductividad eléctrica se midieron directamente en extracto acuoso 1:2,5 y 1:2 (v: v) respectivamente.

Técnicas químicas:

Para C orgánico total se utilizó el método de Walkley y Black modificado tanto en la muestra sólida como en el extracto acuoso. En este último caso, se mezcló material con agua en una relación 1: 10 (p:v), se agitó mecánicamente durante 24 horas, a temperatura ambiente y se filtró. Se tomó una alícuota de 10 cc, que fue secada y en el residuo se realizó la determinación de C hidrosoluble (Hue y Liu 1995). El porcentaje de materia orgánica por la técnica de ignición a baja temperatura, se calculó por diferencia entre 100% y el porcentaje de cenizas de las muestras colocadas en mufla a 550 °C por siete horas. Se obtuvo el dato de C orgánico total por esta técnica, multiplicando por 0,58 el porcentaje de materia orgánica obtenido. La capacidad de intercambio catiónico se analizó por extracción con acetato de amonio 1 N, a un pH de 7. Se evaluó N total por el método de micro-Kjeldahl y se cuantificó el contenido nutricional en forma disponible por extracción con bicarbonato sódico y total por el método de metanol ácido (Schweizer *et al.* 1980).

Técnicas biológicas:

Se llevó a cabo un ensayo de índice de germinación de semillas de sorgo, en base al test de Zucconi *et al.* (1981) modificado para

posible toxicidad y un bioensayo microbiano para determinar biomasa microbiana "crecida" que se relaciona con los nutrientes que puede liberar un abono orgánico en corto tiempo (Vandevire y Ramírez 1995). Se realizó un experimento de invernadero donde se midió la biomasa aérea de plantas de sorgo desarrolladas en un sustrato con una proporción de abono-suelo de 1:9. El diseño experimental fue totalmente aleatorizado, con cuatro repeticiones por cada abono considerado. Se utilizó como testigo el suelo experimental sin adición de abono.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis físicos y físico-químicos:

En el Cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos en el análisis de las propiedades físicas y físico-químicas que se determinaron.

Con respecto al contenido de humedad, las normativas de los diferentes países tienen divergencias según el uso que se les dará a los abonos orgánicos, aunque esto se manifiesta en casi todos los estándares. Considerando un rango óptimo de humedad entre 30% y 50% (NSOGA 2002), se puede acotar que sólo cuatro de los abonos analizados están dentro de ese rango. Seis han perdido mucha humedad y están muy secos para su manipulación y los seis restantes tienen un contenido de agua muy alto.

La importancia de este parámetro en la calidad de los abonos orgánicos debe considerarse desde dos aspectos: el aspecto económico, ya que se pagaría en producto y transporte por el agua que contiene el abono y también porque es indicativo de las condiciones del proceso de compostaje. La Dirección General de Tecnología Agraria de Zaragoza, España (2000) considera los valores límites de humedad entre 35 - 45%; Bidlingmaier

Cuadro 1. Identificación de los abonos orgánicos analizados*

Nº Muestra	Identificación
01	Lc1. Lombricompost de estiércol vacuno y de caballo. Tres meses de proceso
02	Lc2. Lombricompost de cerdaza con heno, lirio, burucha, polvo de maíz
03	B1. Bocashi con gallinaza, semolina, carbón molido, melaza, cascarilla de arroz, tierra de bosque. Proceso 15 días. Almacenaje 16 días
04	Lc3. Lombricompost de broza de café. Tres meses. Almacenaje 20 días.
05	C1. Compost de estiércol de vacuno y caballar y desecho de pacas. Seis semanas de compostaje
06	Lc4. Lombricompost de estiércol vacuno, caballar y desecho de pacas
07	Ao1. Abono orgánico de burucha y cerdaza. Proceso cuatro semanas
08	Ao2. Abono orgánico de burucha, cerdaza, heno, polvo de maíz, efluente de bio-digestor. Proceso cuatro semanas
09	Lc5. Lombricompost con cerdaza, lirio, granza, bagazo y burucha
10	Ao3. Abono orgánico con pulpa de café, cachaza y carbón
11	Lc6. Lombricompost de broza de café y cachaza. Proceso seis meses
12	B2. Bocashi de gallinaza (75%), granza, carbón de caña, semolina y miel. Proceso: 30 días
13	B3. Bocashi de gallinaza con caña picada, carbón, microorganismos y miel. Proceso: tres semanas. Almacenamiento: seis meses
14	C2. Compost de pulpa de café con bagazo. Proceso: tres meses
15	Lc7. Lombricompost de pulpa de café con miel. Proceso tres meses
16	Lc8. Lombricompost de broza de café

* La identificación de los materiales analizados los cuales en su mayoría son comerciales, fue suministrada por los productores.

Cuadro 2. Propiedades físicas y físico-químicas de los materiales analizados.

Muestra N°	Humedad (% de peso total)	Densidad (g/cm ³)	Materiales Gruesos (%)	pH	Conductividad (dS/m)
1	14,2	0,41	6,15	7,5	4,6
2	56,0	0,20	28,6	7,0	7,7
3	17,4	0,28	20,4	8,1	6,7
4	66,1	0,16	21,1	8,2	5,5
5	34,6	0,27	n.d.	8,6	6,4
6	37,8	0,37	n.d.	8,4	3,3
7	19,4	0,03	54,6	7,8	n.d.
8	60,3	0,08	33,6	7,4	4,5
9	69,3	0,13	45,3	6,9	n.d.
10	17,7	0,38	17,6	8,5	2,4
11	38,5	0,36	1,5	8,7	5,8
12	14,9	0,35	7,4	9,3	14,6
13	12,1	0,41	20,5	8,4	16,9
14	54,1	0,28	5,0	7,8	2,1
15	45,8	0,29	23,7	8,7	7,0
16	56,5	0,23	0,0	9,2	5,6

n.d. = no determinado.

(1993) comenta que la humedad máxima de un compost debe ser de 50% y, si se vende empacado, alrededor de 20% para evitar reacciones de fermentación. El mismo autor comenta que en Alemania el límite máximo es de 45% y si el producto se vende empacado, debe tener menos de 35% de humedad.

Los valores de densidad encontrados están todos por debajo del límite inferior considerado en la literatura de 0,48 a 0,50 g/cm³, (BIOAGRO s.f.). Ho Um y Lee (2001) sólo hacen referencia al límite superior para densidad aparente y lo establecen en 0,60 g·cm⁻³.

Se considera que los abonos orgánicos de calidad no deben tener más de 5% de piedras o materiales mayores de 0,5 cm (Brinton 2000). Esta es una medida a tener en cuenta para determinar calidad física del abono. Sólo tres de estos abonos cumplen con ese requisito.

El pH de las muestras analizadas varía entre 6,9 y 9,3. Hay siete muestras que presentan valores de pH mayores a 8,4. En los

abonos con pH alcalino puede producirse una pérdida de N. En Australia los valores estándares de pH están entre 5 y 7,5 (WRAP 2002). En Canadá (NSOGA 2002) consideran que el pH debe estar entre 5,5 y 7 y en EEUU, entre 6 y 7 (Brinton 2000).

Los valores de conductividad eléctrica encontrados están entre 2,1 y 16,9 dS/m. Se puede considerar que sólo tres abonos tienen un contenido óptimo de sales solubles (conductividad eléctrica menor a 3,5 dS/m (Ho Um y Lee 2001); Cedar Grove Certification (s.f.) recomienda valores entre 2,1 a 3,2 dS/m. Seis de estos abonos tienen como material base la pulpa de café, que es rica en potasio, esto sumado a los otros iones solubles, puede incrementar la conductividad eléctrica (Leal y Madriz s.f.). Soliva y Giró (1992) observaron conductividades eléctricas entre 4,04 y 5,8 dS/m al añadir excretas animales a la mezcla de compostaje. Diez de estos abonos tienen excretas animales en sus componentes.

Análisis químicos:

La determinación de materia orgánica en abonos orgánicos es un proceso que brinda una estimación de todas las sustancias que tienen C orgánico. Incluye formas de materia orgánica en diferentes etapas de degradación. Durante el compostaje, algunos compuestos de C se transforman en otros más estables y también se mineralizan y pierden C como CO₂. Ciertos abonos orgánicos considerados en este estudio posiblemente requieran mayor tiempo de compostaje y la acción de microorganismos especializados para descomponer los materiales más difíciles. La materia orgánica en este trabajo se analizó por dos métodos: el tradicional por oxidación ácida y por ignición en mufla. Por el método de ignición en mufla o calcinación, los valores fluctúan entre 31,4 y 80,9, mientras los mismos abonos analizados por oxidación ácida dieron resultados entre 10,3% y 33,4% (Figura 1). Los valores obtenidos por este último método indican que sólo se oxida parte del C contenido en el abono orgánico. Ciavata y otros (1989) señalan la inconveniencia de aplicar el método de oxidación ácida de Walkley and Black para determinar C en compost y otros materiales orgánicos. Granatstein (1997) afirma que este método tiende a subestimar los contenidos en materiales altos en materia orgánica como los composts.

El método considerado en el "Test de métodos para el análisis de caracterización

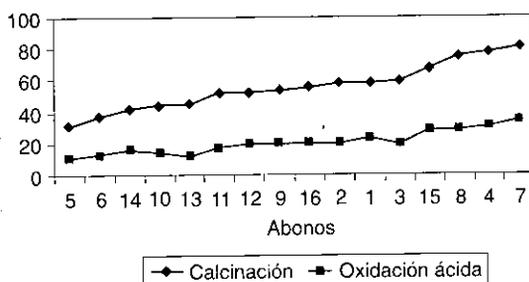


Figura 1: Porcentaje de materia orgánica de los abonos orgánicos, analizada por dos métodos diferentes.

de compost" publicado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A. 2 000) para materia orgánica, es el de pérdida por ignición o calcinación a baja temperatura (500 °C) y el C se calcula por medida del CO₂ desprendido. En este trabajo se consideraron para la discusión los datos obtenidos por el método de calcinación.

Todos los abonos superan el porcentaje mínimo de M.O. establecido por la Legislación Australiana y por la Comunidad Económica Europea que es del 25% de la materia seca, pero además hay que considerar que para que un abono esté maduro debe tener una reducción en el contenido de materia orgánica inicial de un 60% (Ho Um y Lee 2001).

Los porcentajes de C orgánico se obtuvieron multiplicando el porcentaje de materia orgánica por el factor 0,58 y estuvieron en el rango de 18% a 47% (Cuadro 3).

En el contenido de N total en un compost influyen los materiales iniciales y el proceso de compostaje, que puede originar pérdidas importantes de este nutrimento. Los estándares australianos consideran que si el producto se va a usar como fertilizante orgánico debe tener un mínimo de 0,8 % de N (WRAP 2002), condición que cumplen todos los abonos considerados en este estudio (Cuadro 3). Sin embargo la etiqueta ecológica en Europa exige además que el contenido de N no exceda el 2% (Brinton 2000) y ocho de los abonos analizados exceden ese límite. En BIOAGRO (s. f.) recomiendan entre 3% y 4% como porcentaje apropiado de N para un compost de calidad. Debe considerarse el uso que se va a dar a los abonos y las condiciones ambientales de la zona para poder establecer estándares apropiados.

La relación C:N en el producto final no es un buen indicador de madurez pero denota el éxito del proceso de compostaje en producir un producto final de características similares a la materia orgánica del suelo (Brewer y Sullivan 2003). Stevenson (1994) señala que en el humus dicha relación está entre 10 y 12.

Cuadro 3. Porcentaje de cenizas, materia orgánica, Carbono orgánico, Nitrógeno, relación C/N, C hidrosoluble y CIC de los diferentes abonos orgánicos.

Muestra N°	Cenizas %	M.O. por calcinación %	C orgánico %	N Total %	Relación C/N	C hidrosoluble g/ kg	C.I.C. de M.O. Cmol(+).l
1	41,87	58,13	34	1,8	18,47	3,1	92,38
2	42,49	57,51	33	2,6	12,81	3,1	118,24
3	40,83	59,18	34	1,9	18,30	9,9	107,82
4	22,37	77,64	45	4,2	10,65	3,7	126,75
5	68,59	31,41	18	1,0	17,56	3,7	133,72
6	62,30	37,70	22	1,2	18,27	3,1	122,55
7	19,04	80,96	47	2,1	22,63	12,4	65,83
8	25,39	74,61	43	2,9	14,86	12,4	97,71
9	46,60	53,41	31	2,5	12,27	3,7	117,22
10	56,02	43,99	26	1,6	16,29	3,1	152,32
11	48,25	51,76	30	2,6	11,75	3,7	146,07
12	47,88	52,12	30	1,8	17,32	n.d.	92,38
13	54,82	45,18	26	1,6	16,52	n.d.	118,24
14	58,60	41,40	24	1,8	13,52	n.d.	107,82
15	32,62	67,38	39	3,0	13,28	n.d.	126,75
16	45,00	55,00	32	2,2	14,40	n.d.	133,72

n.d = no determinado

California Compost Quality Council (2001) establece que dicha relación debe ser igual o menor a 25 para aplicar otros métodos de madurez con posterioridad. La Dirección General de Tecnología Agraria de Zaragoza (2000) indica que este parámetro debe presentar valores lo más cercanos a 15 y que su interpretación es muy difícil.

La mitad de las muestras analizadas dieron una relación C:N entre 10 y 14, considerada como muy buena para la finalización de un abono orgánico. De las restantes, siete muestras tuvieron una relación C:N entre 15 y 20 y el abono con burucha y cerdaza dio superior a 20 (Cuadro 3). Una relación C:N superior a 20, significa que ese abono puede liberar nitrógeno muy lentamente (C.I.W.M.B 2002). La relación C:N desciende a medida que el compost se va madurando o estabilizando. Para que esta medida sea útil, es necesario conocer su valor al comienzo, durante y al final del proceso.

El C hidrosoluble es usado en algunos casos como medida de estabilidad para abonos orgánicos. Hue y Liu (1995) proponen como índice: C hidrosoluble \leq a 10 g de C por kg

de material. De los 11 abonos a los que se les realizó el análisis, uno casi alcanza este valor y otros dos superan el límite propuesto y serían considerados inmaduros. Este método al requerir que se seque una alícuota de extracto acuoso para realizar la determinación, puede resultar demasiado lento para incorporarlo como medida de rutina en un laboratorio.

Los valores encontrados para CIC están entre 65,8 y 152,3 cmol(+)/kg sobre la base del material libre de cenizas (Cuadro 3). Este parámetro tiene interés por el valor agronómico que representa y también porque tiene una relación directa con el grado de estabilidad de la materia orgánica del abono (Dirección General de Tecnología Agraria de Zaragoza, 2000). Van Dijk (1971), citado por Erhart y Burian (1997), considera que la capacidad de intercambio de la materia orgánica está entre 150 y 400 cmol (+)/ kg. En nuestro estudio sólo una muestra alcanza el valor mínimo considerado.

Los resultados de los nutrientes disponibles se muestran en el Cuadro 4. El calcio da valores en un ámbito desde bajo (2,4 cmol(+)/l) hasta muy alto (27 cmol(+)/l). El Mg

fluctúa entre 2,6 y 17,1 cmol(+)/l y el K está alto en todos los abonos (4,64-32,75 (cmol(+)/l). En la mitad de los abonos caracterizados, los niveles de K disponible son mucho más altos que los de Ca y Mg pudiendo presentar problemas de salinidad y alteración en las relaciones catiónicas y absorción de nutrimentos por las plantas.

El contenido de P varió desde 35 mg/l hasta 1.600 mg/l. Ho Um y Lee (2001) comentan que pueden liberarse entre 13,6 y 80,7 mg/kg de fosfato soluble a partir de un suelo que contenga 1.600 mg/kg de fosfato. Aunque el fosfato es fácilmente fijado por el suelo, pequeñas concentraciones pueden causar eutroficación de lagos y ríos (0,02-0,07 mg/l). Brinton (2000) transcribe valores de P y K recomendados en Alemania, Austria y USA para composts categoría "Mezcla para potes". Un promedio de estos valores sería para P menos de 400 mg/l (nueve abonos sobrepasan este límite y para K menos de 1.500 mg/l (todos los abonos tienen contenidos de K superiores al recomendado en ese estudio).

El análisis de los contenidos totales de nutrimentos varía ampliamente y no se puede

deducir cuánto de esos contenidos estará disponible para los cultivos ni en cuánto tiempo, pero éste es uno de los parámetros que se solicita actualmente en el país para registrar un abono orgánico. El porcentaje de disponibilidad de los nutrimentos analizados varía desde 0,6% para P hasta 97% para Ca.

En el Cuadro 5 se observa que el N total varía entre 1,04 y 4,24%; El P entre 0,12 y 1,30%. EL K está entre 0,4 y 5,6%; el Ca presenta valores entre 0,83 y 1,89% y el Mg fluctúa entre 0,13 y 1,58%. De los elementos menores los únicos que consideran las normativas internacionales son los contenidos de Cu y Zn y los abonos analizados no presentan problemas dentro de los rangos establecidos, aunque las normativas varían mucho en los estándares para estos parámetros. La Comunidad Económica Europea considera apropiados para fincas orgánicas, valores de Cu menores a 70 mg/kg (Centemero *et al.* s.f.). Dos de los abonos estudiados sobrepasan ese límite.

Análisis biológicos:

La determinación del Índice de germinación (I.G.) indica la presencia de sustancias

Cuadro 4. Contenido de nutrimentos disponibles en los abonos orgánicos

Muestra Número	Cmol(+)/l				mg/l				
	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe
1	0,10	16,6	13,4	4,64	530	12,8	51	2	49
2	0,15	27,0	17,1	4,74	590	80,3	14	10	112
3	0,15	6,2	5,8	5,56	220	28,8	107	3	90
4	0,15	16,0	3,4	32,75	90	7,9	5	1	13
5	0,15	9,3	8,0	13,75	650	29,0	27	4	75
6	0,15	12,5	12,6	5,25	540	65,0	13	2	70
7	0,15	8,0	5,6	5,18	790	57,2	19	12	92
8	0,15	6,9	9,7	28,50	1600	56,1	22	14	62
9	0,15	18,7	12,3	5,58	480	79,5	5	5	69
10	0,15	5,9	2,6	5,43	390	10,4	97	97	189
11	0,15	14,3	7,8	29,50	35	16,6	16	16	132
12	0,15	2,4	13,4	16,75	1300	42,2	68	6	107
13	0,15	5,4	9,4	35,75	1600	43,1	59	9	60
14	0,10	14,3	4,3	6,25	80	13,1	12	4	79
15	0,10	9,6	5,4	20,00	100	7,5	60	4	100
16	0,15	7,3	4,4	16,00	100	9,0	17	4	188

Cuadro 5. Contenido total de elementos mayores y menores en diferentes abonos orgánicos.

Muestra Número	N	P	%		Mg/kg				
			K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe
1	1,83	0,26	2,6	1,04	0,95	17	144	212	582
2	2,61	0,24	5,6	1,12	0,61	17	141	179	704
3	1,88	0,19	1,7	1,55	0,30	11	28	37	550
4	4,24	0,19	1,8	1,51	0,35	13	32	28	507
5	1,04	0,60	0,6	1,48	0,58	49	112	338	859
6	1,20	1,00	0,7	1,47	0,68	185	177	335	880
7	2,08	0,55	1,1	0,86	0,34	47	101	362	875
8	2,92	0,21	2,6	1,56	0,19	47	60	145	769
9	2,53	0,24	0,9	1,02	0,40	70	98	384	850
10	1,57	0,38	0,7	1,25	0,56	68	152	476	861
11	2,56	0,54	1,6	1,34	0,36	53	158	179	860
12	1,75	1,10	3,2	1,89	1,58	49	142	486	770
13	1,59	1,30	2,3	1,80	0,61	102	141	481	801
14	1,78	0,15	0,4	1,67	0,22	81	67	356	794
15	2,95	0,20	2,5	1,17	0,38	64	68	341	795
16	2,22	0,12	0,7	0,83	0,13	54	51	390	771

fitotóxicas y se considera internacionalmente como uno de los test para determinar madurez de un compost. Combina la medida de dos variables: el porcentaje de germinación y la longitud de la radícula, después de 72 horas de incubación a 28 °C.

Los índices de germinación obtenidos fueron muy variables. Seis abonos tuvieron un I.G. inferior a 50. la Legislación Española establece ese porcentaje como límite inferior para considerar un abono como maduro (Dirección General de Tecnología Agraria 2000). Barberis y Nappi (1996) y Jodice (1989) citado por Helfrich y otros (1998) consideran que un I.G. > 70, indica un bajo nivel de sustancias fitotóxicas. Estos autores encontraron un nivel constante de I.G. > 80 después de los 105 días de compostaje.

La adición de abonos orgánicos al suelo dio, en todos los casos, un efecto positivo sobre el desarrollo de las plantas de sorgo en el experimento de invernadero, pero su magnitud varió para cada abono utilizado.

Considerando el rendimiento del testigo (suelo sin abono) igual a la unidad, en biomasa aérea la relación fluctuó desde 1:1,8 hasta 1:5,8 según los diferentes abonos orgánicos (Figura 3).

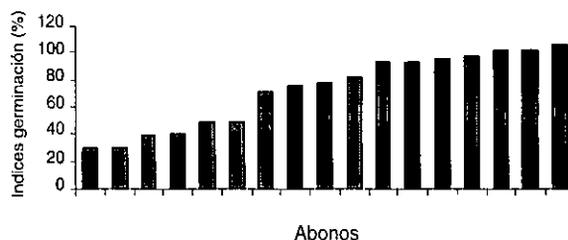


Figura 2: Índices de germinación de diferentes abonos orgánicos.

Los valores de biomasa microbial obtenidos en estos abonos (entre 0,42 y 3,36 mg C/g) se sitúan en los niveles medios y superiores. Vandevire y Ramírez (1995) establecen que un abono puede considerarse excelente como fertilizante si su contenido en C microbial es > 2 mg C/g. De los 11 abonos que se analizaron por este método, cuatro pueden considerarse de excelente calidad y los restantes como de mediana y buena calidad.

Al comparar los resultados del bioensayo microbiano para determinar el valor nutricional de los abonos estudiados con el rendimiento de las plantas de sorgo se obtuvo un coeficiente de correlación de 0,83 (Figura 4). Los autores que proponen este método para medir disponibilidad de nutrimentos en

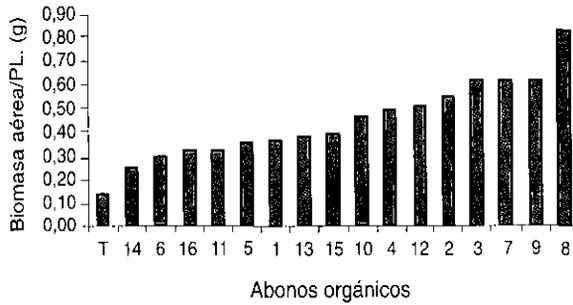


Figura 3: Biomasa aérea de sorgo en mezcla suelo: abono 9: 1.

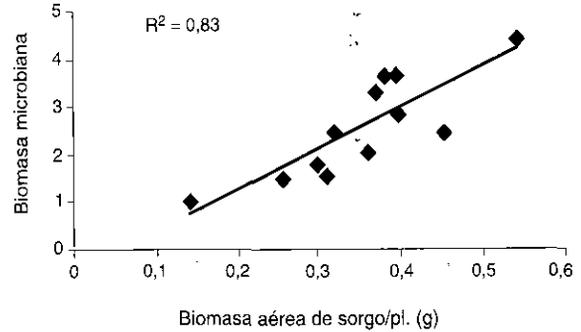


Figura 4: Correlación entre biomasa microbiana y biomasa aérea de sorgo en invernadero.

compost (Vandevire y Ramírez 1995), también señalan en su artículo la relación existente entre la biomasa microbiana y porcentajes de N, P y K disponibles. Este mismo bioensayo puede utilizarse para determinar estabilidad de los compost, midiendo la evolución del CO₂ en abonos sin incubar anteriormente con glucosa.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El trabajo confirma la heterogeneidad de los abonos orgánicos disponibles comercialmente en el país.
- Señala la necesidad de determinar calidad de abonos orgánicos según uso, con la menor cantidad de análisis por muestra y priorizar cuáles deben ser esos análisis. Además se deben establecer estándares nacionales para diferentes parámetros que puedan indicar calidad y un etiquetado apropiado para los abonos orgánicos.
- Algunos de los parámetros considerados en este estudio que podrían considerarse como métodos de rutina en laboratorios son: Tamaño de agregados (tamizado según se suministre la muestra); porcentaje de humedad; conductividad eléctrica; materia orgánica; C y N totales, nutrientes disponibles por bioensayo microbiano, índice de germinación y contenido total de nutrientes.

- El abono destinado para uso en potes para invernaderos o para semilleros debe ser de mayor calidad (muchos de los parámetros aquí considerados son para ese uso). Cuando el abono se aplica en el campo no es siempre necesario o deseable que esté muy maduro.
- Para cultivos desarrollándose activamente los abonos jóvenes que tienen una relación C:N < a 20 pueden ser rápidamente mineralizados y liberar nutrientes. Los abonos maduros y con una mayor relación C:N pueden contribuir más a aumentar el nivel de humus y liberar nutrientes a largo plazo. Estos criterios son importantes para poder establecer parámetros, métodos y estándares apropiados para abonos orgánicos según el uso que se desee darles.

AGRADECIMIENTO

A los agricultores y casas comerciales que donaron muestras para este estudio, y a la Lic. Paulina Montes de Oca, de la Universidad Nacional, por su colaboración desinteresada.

LITERATURA CITADA

- Barberis, R.; Nappi, P. 1996. Evaluation of compost stability. *In: The Science of Composting*. Chapman y Hall. p. 175-184.

- Bidlingmaier, W. 1993. The history of the development of compost standards in Germany. *In*: Hoitink A.J. y Keener H.M. (ed.). Science and engineering of composting: design, environmental, microbiological and utilization aspects. The Ohio State University, pp: 536-544.
- BIOAGRO s.f. Biofertilizantes 100% orgánicos. Composición físico-química del compost. (En línea). Consultado 17/07/03. Disponible en: www.montevideo.com.uy/bioagro
- Brewer, L. J.; Sullivan, D. M. 2003. Maturity and stability evaluation of composted yard trimmings. *Compost Science and Utilization* 11 (2): 96-112.
- Brinton, W. F. 2000. Compost quality standards & guidelines. Final report. Woods End Research Laboratory, Inc. New York State Association of Recyclers. 42 p.
- California Compost Quality Council. 2001. Compost maturity index. (En línea) Consultado 15/07/03. Disponible en: www.ccqc.org,
- California Integrated Waste Management Board (CIWMB). 2002. Compost quality: performance requirement. Organic materials management (En línea). Consultado 23/07/03. Disponible en: www.ciwmb.ca.gov/Organic.
- CEDAR GROVE. (s.f.). Product certification & testing (En línea). Consultado 22/09/03. Disponible en: www.cedargrovecertification.
- Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense (CEDECO). 1998. Estado actual de la agricultura orgánica en Costa Rica. San José. Costa Rica. Avance de resultados N°3, Noviembre.
- Centemero, M; Ragazzi, R; Favoino, E. 1999. Label policies, marketing strategies and technical developments of compost market in the European Counties (En línea). Consultado 04/08/03. Disponible en www.orbit99-centemero.com.
- Ciavatta C., Antisari, L.; Sequi, P. 1989. Determination of organic carbon in soils and fertilizers. *Commun. In Soil Sci. Plant Anal* 20 (7-8):759-773.
- Dirección General de Tecnología Agraria. 2000. Producción y gestión del compost. (En línea).
- Departamento de Agricultura del Centro de Técnicas Agrarias de Zaragoza, España. Informaciones Técnicas Núm. 88. 32p. Consultado 15/07/03. Disponible en: www.agricologica.com.
- Erhart, E.; Burian, K. 1997. Evaluating quality and suppressiveness of Austrian Biowaste Composts. *Compost Science & Utilization* 5 (3): 15-24.
- Granatstein, D. 1997. Laboratory comparison study completed. The Compost Connection for Washington Agriculture No. 4. Washington State University Cooperative Extension. 4p.
- Helfrich, P.; Chefetz, B.; Hadar, Y.; Chen, Y.; Schnabl, H. 1998. A novel method for determining phytotoxicity in compost. *Compost Science & Utilization* 6 (3): 6-13.
- Ho Um M.; Lee, Y. 2001. Quality control for commercial compost in Korea. National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAS), Suwon, Korea. (En línea). Consultado 10/09/03. Disponible en: www.Agnet.org/library/article.
- Hue, N.V.; Liu, J. 1995. Predicting compost stability. *Compost Science & Utilization* 3 (2): 8-15.
- Imbar, Y.; Chen, Y.; Hadar, Y.; Hoitink, H.A.J. 1990. New approaches to compost maturity. *BioCycle* 31 (12): 64 - 69.
- Ingram, Dewaine L.; Henley, Richard W.; Yeager, Thomas H. Diagnostic and monitoring procedures for nursery crops. Circular 556. Florida Cooperative Extension Service. University of Florida s/f. p 25.
- Leal, N.; Madriz de Cañizales, C. s.f. Compostaje de residuos orgánicos mezclados con roca fosfórica. *Agronomía Tropical* 48: 335-357. (En línea). Consultado 29/09/03. Disponible en: www.redpav-fpolar.info.ve.
- Melgarejo M.; Ballesteros M.; Bendeck M. 1997. Evaluación de algunos parámetros físicoquímicos y nutricionales en humus de lombriz y composts derivados de diferentes sustratos. *Revista Colombiana de Química* 26 (2).
- Nova Scotia Organic Growers Association (NSOGA). 2002. Compost quality. (En línea).

- Consultado 10/09/03. Disponible en: www.gks.com/NSOGA/compost.php3.
- Rojas, C. F. 1999. Memorias del taller la producción orgánica en Costa Rica: lineamientos para una estrategia concertada. 1a. Coronado, Costa Rica.
- Schweizer, S.; Coward, H.; Vázquez, A. 1980. Metodología para análisis de suelos, aguas y plantas. Boletín Técnico N° 68. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 32 p.
- Shiralipour, A.; McConnell, D.B.; Smith W.H. 1997. Phytotoxic effects of a short-chain fatty acid on seed germination and root length of *Cucumis sativus* cv. "Poinset". *Compost Science & Utilization* 5 (2): 47 - 52.
- Soliva, M.; Giró, F. 1992. Composting of three kinds of residues of very different origin. *Acta Horticulturae* (302): 181-192.
- Stevenson, F. J. 1994. Electrochemical and ion exchange properties of humic substances. *In*: J. F. Stevenson (ed.). *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. John Wiley and Sons, Inc., New York. p. 350-377.
- The Waste and Resources Action Programme (WRAP). 2002. Review of compost standards in Australia. Nation specific supplement 16. (En línea). Consultado 5/08/03. Disponible en: www.wrap.org.uk.
- USDA. 2000. Test methods for the examination of composting and compost. W.H. Thompson; P.B. Leege; P. Milner; M.E. Watson (ed.) U. S. Government Printing Office (En Prensa). Tabla de contenidos consultada 3/07/03. Disponible en: <http://tmecc.org>.
- Vandevivere, P; Ramírez, C. 1995. Control de calidad de abonos orgánicos por medio de bioensayos. *In*: Simposio centroamericano sobre agricultura orgánica. Ed. por J. A. García, J. Monge Nájera, O. Castañeda. UNED, San José, Costa Rica. p. 121-140.
- Zucconi, F.; Pera, A.; Forte, M. 1981. Evaluating toxicity of immature compost. *BioCycle* 22 (2): 54 - 57.