

**1er CONGRESO INTERNACIONAL DE COMPOSTAJE –
MATERIA PRIMA, TÉCNICA, PROCESO Y CALIDAD.**

Experiencias de investigación en compostaje 1990 -
2006 - Facultad de Agronomía- Taller de Conservación de
Suelos y Agricultura Sostenible (CONSAS)- UNALM



• **Profesor Juan Guerrero Barrantes – Dpto de
Suelos - AGRONOMIA**

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALM

1

Investigaciones en compostaje - CONSAS

1. Caracterización de los insumos para el compostaje en la Molina
2. Utilización de biotecnológicas para acelerar el proceso de compostaje
3. Análisis de la calidad del compost: pruebas físicas, químicas y biológicas y fitotoxicidad
4. Investigaciones sobre temas ambientales: el compostaje para la remediación de borras de petróleo

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALM

2

2

1. Caracterización de insumos para compost

Características químicas de los estiércoles de la Universidad
Nacional Agraria La Molina

especie	N %	P2O5 %	K2O %	Salinidad ds/m	pH	C/N
Estiércol seco vacuno	1.95	3.43	3.33	19	7.8	34.9
Estiércol fresco vacuno	2.09	2.86	1.41	36.0	8.3	38.8
caprino	2.17	1.26	2.91	11.0	8.5	17.2
cerdos	4.0	6.98	0.52	5.4	7.1	9.80
gallinaza	2.90	4.08	2.02	9.2	7.1	9.80
codorniz	1.50	0.19	1.19	20.0	8.2	22.40

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALM

3

3

Características químicas del estiércol de caballo de la Universidad Nacional Agraria La Molina

variable	valores
Nitrógeno total	1.57%
Carbono Total	42.60%
Fosforo	0.40%
Potasio	2.43%
Calcio	2.29%
Magnesio	0.40%
Molibdeno	42 ppm
Manganeso	190 ppm
Cobre	106 ppm
Zinc	86 ppm
Humedad Equivalente	71.8 %
Salinidad – Conductividad eléctrica	2.1 dS/m

Juan Guerrero Barrante - Profesor Principal - UNALM

4

4

Las características químicas de los estiércoles de la Molina utilizados fue la siguiente:

Estiércol	Hd %	CE DS/m	pH	MO %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	Na %
Ovino	24.0	15.91	8.2	60.66	2.15	1.62	6.08	5.36	1.12	1.25
gallina	54.02	13.50	6.6	58.05	2.38	1.87	3.04	13.57	1.88	0.90
Vacuno	50.45	14.90	8.4	65.50	2.35	1.59	5.82	3.61	1.28	0.78

Esta información muestra que los tres estiércoles son salinos, superan los valores de normalidad que corresponde a 4 dS/m,

5

Composición química de estiércoles de diferentes clases de animales

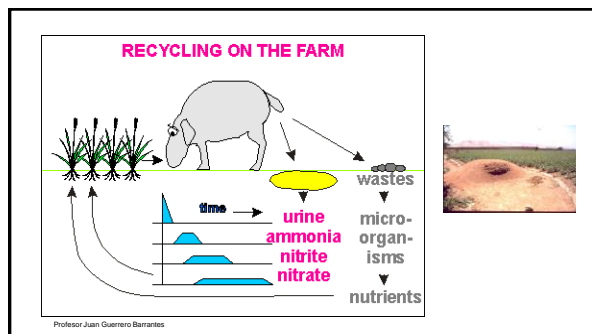
abonos	humedad	Nitrogeno %	Fosforo %	Potasio %
vaca	83.2	1.67	1.08	0.56
caballo	74.0	2.31	1.15	1.30
Oveja	64.0	3.81	1.63	1.25
Llama	62.0	3.93	1.32	1.34
Vicuña	65.0	3.62	2.0	1.31
Alpaca	63.0	3.60	1.12	1.29
Cerdo	80.0	3.73	4.52	2.89
gallina	53.0	6.11	5.21	3.20

Pasculli, 1980. Reciclaje de Materia Orgánicas en la Agricultura de América. Boletín de suelos de la FAO 51.

Juan Guerrero Barrante - Profesor Principal - UNALM

6

6



7

Composición química de estiércoles de diferentes clases de animales

Estiércol	%M.S.	%N	%P ₂ O ₅	%K ₂ O	%CaO	%MgO	%SO ₄
En las deyecciones sólidas							
Vacuno	16,00	0,29	0,17	0,10	0,35	0,13	0,04
Caballos	24,00	0,44	0,35	0,35	0,15	0,12	0,06
Ovejas	35,00	0,55	0,31	0,15	0,46	0,15	0,14
Cerdos	18,00	0,60	0,41	0,28	0,09	0,10	0,04
En las deyecciones líquidas							
Vacuno	6,00	0,58	0,01	0,49	0,01	0,04	0,13
Caballos	10,00	1,55	0,01	1,50	0,45	0,24	0,06
Ovejas	13,00	1,95	0,01	2,26	1,16	0,34	0,30
Cerdos	3,00	0,43	0,07	0,83	0,01	0,08	0,08

Yagodin, 1986)

Profesor Juan Guerrero Barrantes

8

Características de material vegetal utilizado para compostaje en la UNALM	Tipo de material	% de N	% de P ₂ O ₅	% K ₂ O
	alfalfa	2.5	5.0	2.1
	Paja de cereales	0.5	0.2	1.1
	Follaje de papas	0.4	0.16	0.3
	Pulpa de café	1.7	0.18	2.0
	Sarmiento de vid	0.5	0.4	0.6
	Coretza de árbol	0.5	0.3	0.2
Fuente (Alarcón, 1973)				
	Follaje de leguminosas	1.2 – 1.5	0.8	1.6
Felipe Morales C., 1979				
	Mezcla de rastrojos de leguminosas, hojas árboles y malezas	1.04 – 2.1	1.5	1.3
	Broza de algodón	0.7	0.8	1.4
J Guerrero B 1990				


9

materiales	Humedad	% MO	% Ct	% N	Relacion C/N
Mezcla residuos vegetales (brocoli/Grass)	41.5	81.07	47.02	1.26	37.32
Estiércol vaca	54.6	68.76	39.88	2.43	16.10
Alga ulva Paracas	64.4	41.97	24.34	2.77	8.78

(Tania Mendo, 2004)

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA 10

10

Características físico-químicas de la industria de papel							
	Características	C.E. (mS/cm)	pH	M.O. (%)	N (%)	C (%)	C/N
	Lodo Residual de la industria de papel (Empresa Kimberly Clark)	0,759	7,5	51,0	0,409	29,58	72,32
							20 – 30
							INTERPRETACIÓN

Erik Cordoba, 2010)

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA 11

11

Concentración de elementos químicos potencialmente tóxicos en el lodo de la industria del papel Kimberly Clark Perú S.A							
Concentración de elementos potencialmente tóxicos.*	Zn ppm	Cd ppm	Cu ppm	Cr ppm	Hg ppm	Ni ppm	Pb ppm
Lodo de industria papelera.*	110,87	0,08	49,95	16,10	<0,36	5,13	58,63
Límites Máximos Permisibles para biosólidos (ppm).							
USEPA (Estados Unidos) ^(b)	7500	85	4300	3000	57	420	840
NCh 2880 (Chile) ^(c)	3000	10	1500	1000	10	200	800

(*) En base a **Peso Seco**; (b) Fuente: Laboratorio Iberfla – Alicante (ESPAÑA). Datos proporcionados por la empresa CBU-Perú S.A.C. – 2005; (c) Fuente: *L. 2. Equipamiento/Protección Agency*, 1994; (d) Fuente: Norma Chilena Oficial NCh 2880 of 2004.

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA 12

12

1. Calidad del proceso de compostaje

Taller de conservación de suelos y Agricultura Sostenible CONSAS – 1990-2005



4 X 4 X 1.5



8 X 4 X 1.5

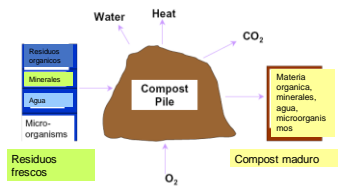
Pozas de compostaje CONSAS

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal -
1990-2005

13

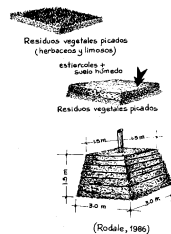
13

EL PROCESO DE COMPOSTAJE



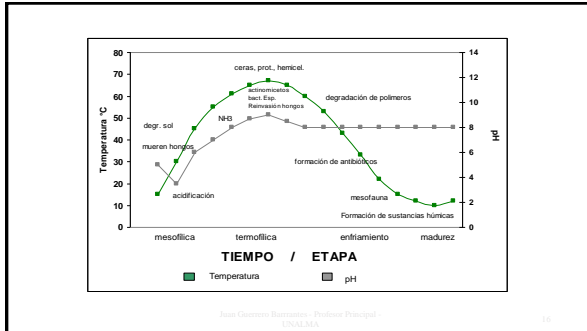
14

METODO INDORE (METODO HOWARD)

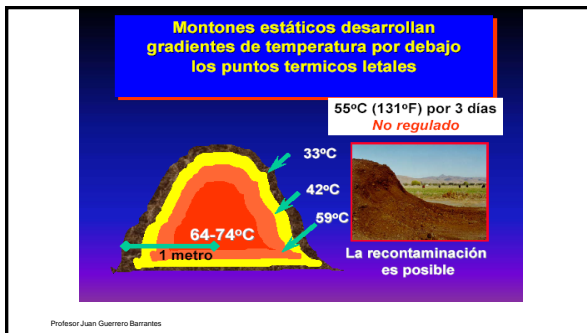


Profesor Juan Guerrero Barrantes

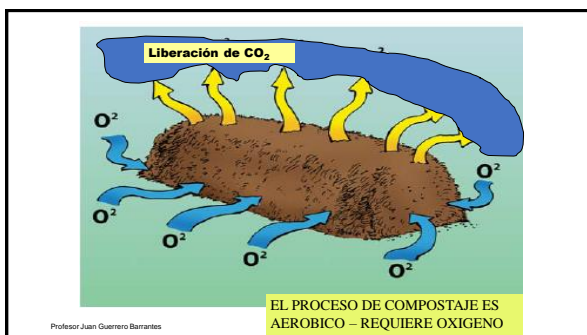
15



16



17



18

Total materiales utilizados

6 m³
3 m³

Desechos vegetales
Estiércol de vacuno

231.0 Kg.
535.0 Kg.

Ceniza

8.6 Kg.

Total insumos:

774.6 Kg. (0.74 TM)

La cantidad total del compost cosechado,
Tamizado malla 4 cm y pesado fue:

441.6 Kg

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

19

Calidad del compost: físico- química y microbiológica

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

20

20

GERMINACIÓN DEL TRATAMIENTO

COMPOST - ARENA



T-1

COMPOST PURO

T-2

25% compost + 75% arena

T-3

50% compost + 50% arena

T-4

100% arena

Profesor Juan Guerrero Barrantes

21



22



23



24

Variable	Métodos - Lab. de Análisis de suelos (UNALM)	Resultados del Compost RSU1 -	Resultados del Compost RSU2 -
Porcentaje de humedad	Gravimétrico	12 %	28.02%
Materia orgánica	Calcificación	11.27 %	18.46%
Nitrógeno total	Kjeldahl	0.53%	0.64
Carbono total	Calcificación	6.5%	16.70%
Relación C/N	-	12.3	16.7
pH	Potenciométrico	6.8	6.6
Conductividad eléctrica	Conductivímetro	14.16	12.56
Fósforo	Olsen	0.41 % de P_2O_5	0.59% de P_2O_5
Potasio	Peech	0.61 % de K_2O	0.76% de K_2O
Calcio	Fotómetro de llama	3.22 % CaO	3.02% CaO
Magnesio	Fotómetro de llama	0.95 % MgO	0.88 % MgO
Sodio	Fotómetro de llama	0.26%	0.24%

Isaac Contreras Bustamante - Profesor Principal -
UNALM, UGEL

25

25

Variable	Método	COMPOST RSU1	COMPOST RSU2	LIMITE MAXIMO PERMITIDO*
Boro		37 ppm	43 ppm	300 ppm**
Cobre	Absorción atómica	63 ppm	50 ppm	1 750 ppm
Hierro	Absorción atómica	20 260 ppm (2.02 %)	12,100 ppm (1.2%)	2%**
Zinc	Absorción atómica	279 ppm	212 ppm	4 000 ppm
Cadmio	Absorción atómica	3 ppm	2 ppm	40 ppm
Plomo	Absorción atómica	67 ppm	50 ppm	1 200 ppm
Cromo	Absorción atómica		19 ppm	750 ppm

* Normativa Española BOE num 146, del 19 de Junio de 1991

** Nivel máximo permitido para suelos con una CIC < 15 cmol(+) kg.

26

26


Comparación de elementos potencialmente tóxicos con los LMP en
compost de la Normativa Española

Concentración	Cu ppm	Fe ppm	Cd ppm	Pb ppm	Cr ppm
LMP máximo permitido en compost RSU	1750	20000	40	1200	750
Normativa española BOE 19 Junio 1991					


Profesor Isaac Contreras Bustamante

27


Test de Zuconi –
Fitotoxicidad por la
presencia de metales
pesados en el compost



AGUA



CONSAS



RSU 1



RSU 2

Juan Cuervo Barrios - Profesor Principal -
UNALMA

28

28


REPORTE FITOPATOLÓGICO		
Medio de Cultivo	Muestra	
	Primera	Segunda
PAR (selectivo a Phytophthora y Pythium)	Negativo	Negativo
AN	Bacterias G(+)	Bacterias G(+)
KELMAN (Fungo)	Negativo	Negativo
PDAO	<i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus</i> spp. <i>Trichoderma</i> sp. <i>Penicillium</i> sp.	<i>Cladosporium</i> sp. <i>Aspergillus</i> sp. <i>Penicillium</i> sp.
Nemátodos	Ninguno	Rabnitos Afelencoides

Juan Cuervo Barrios - Profesor Principal -
UNALMA

29

29

Identificación de bacterias nativas que degradan hidrocarburos:
biorremediación en suelos contaminados con borras mediante
compostaje – Tesis Mg. Sc. Blg. Pierina Guillen



Profesor Juan Cuervo Barrios

30

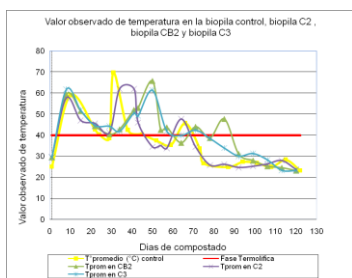
30

10



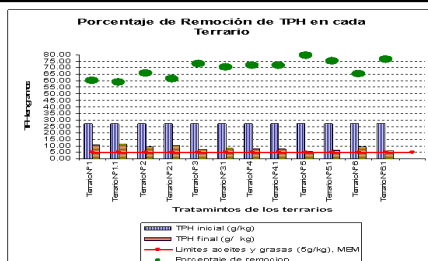
Profesor Juan Antonio Cuatrecasas G.

31



Profesor Juan Antonio Cuatrecasas G.

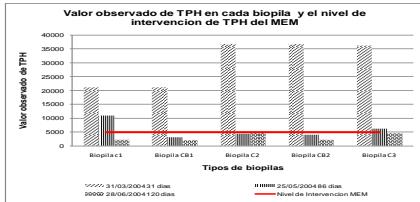
32



El mayor porcentaje de remoción de TPH se observó en los terrarios T5 (79%) y T5.1 (75%), los cuales fueron inoculados con el consorcio bacteriano seleccionado. Los resultados fueron comparados con la normativa nacional vigente, con el criterio del nivel de saneamiento de 5000 mg/kg de TPH.

Profesor Juan Antonio Cuatrecasas G.

33



Profesor Juan Antonio Guerrero B.

34

La investigación sobre la viabilidad de realizar el compostaje como una alternativa para el reciclaje de borras de petróleo de la refinería Conchán, fue financiada por CARE del Ministerio de Energía y Minas. En la prueba de compostaje se observó que la mayor degradación del hidrocarburo fue cuando se agregó el "consorcio bacteriano selecto" de 13 cepas bacterianas nativas aisladas de la misma borra de la refinería de Conchán. En 86 días se logró la remoción del 95 al 99% del hidrocarburo (<5000 ppm de TPH). (Guillen, 2010).

Artículo científico publicado

Identificación de bacterias nativas que degradan hidrocarburos: bioremediación de suelos contaminados con borras, mediante la técnica de compostaje en Científica. Revista de la Universidad Científica del Sur Vol 7 N°2, Mayo – agosto 2010. p:110-121. Pierina Guillen Zubiarte / Juan Guerrero Barrantes

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

35

35

Utilización de los residuos de la industria forestal: aserrín para la elaboración de compost

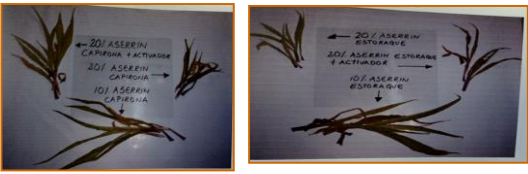


Tesis Ing Forestal. 2006
Santiago Castro Reyes
Adriana Ysabel Hermoza Espezuá
Paola Matilde Silva Trelles

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

36

36



Plántulas de maíz – ensayo de crecimiento con los diferentes tipos de compost

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA 37

37

Se evaluó la utilización del aserrín de dos especies maderables : estoraque y capirona y una mezcla de aserrín (estoraque, capirona, tornillo y moena).

Se realizaron 3 tratamientos por cada tipo de aserrín a utilizar; 10%, 20%; se decidió probar un tratamiento del uso de 20% de aserrín con el activador biológico comercial Rhuzterr aplicado en el segundo volteo.

Según los resultados obtenidos se encontró que si es posible obtener compost utilizando aserrín, en todos los tratamientos el proceso de compostaje paso su fase termofílica de manera satisfactoria ($T > 40^{\circ}\text{C}$). Los parámetros químicos del compostaje (pH, CE, C/N), tenían valores normales. Las pruebas de germinación para ver el riesgo de fitotoxicidad fueron normales, en las pruebas de crecimiento en plántulas de maíz si se observaron diferencias. En los dos tipos de aserrín se observo que cuando se utilizo 10 % de aserrín en la mezcla del proceso de compostaje se logro el compost de mejor calidad, porque las plántulas tuvieron mayor producción de materia seca.

La respuesta fue menor cuando se utilizo el activador Ruzterr y el 20% de aserrín en la mezcla de la preparación del compost.

El crecimiento de las plántulas de maíz depende del tipo de compost utilizado: la dosis mas apropiada ha sido el 10 % y el tipo de aserrín, el mejor es la mezcla de los diferentes tipos de maderas,

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA 38

38

Evaluación de parámetros físicos y biológicos para el compostaje de los lodos de la industria del papel.
Erik Córdoba Chuquival. Tesis Ing Ambiental



Proceder a colocar los demás insumos, procurando que queden bien esparcidos

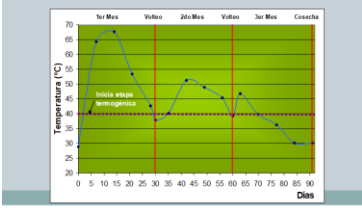


- Capa de estiércol
- Capa de lodo
- Capa de paja de vaca y chile de vaca

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA 39

39

Variación temporal de la temperatura interna de la pila de compostaje - Pila aérea de compost (1m x 1m x 1 m.).



Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

40

40

Análisis de caracterización de materia orgánica (Compost. Pila aérea de compost (1m x 1m x 1 m.).

pH	C.E. dl/m	M.O. %	C %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
7,40	17,18	24,3	14,39	1,09	1,22	2,29

C/N	CaO %	MgO %	Na %	Bd %	B ppm	Cu ppm
13,35	11,48	1,38	0,80	40,83	151	65,30

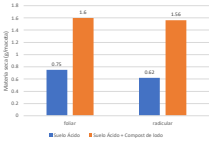
FIENTE: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria La Molina, 2005

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

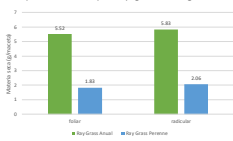
41

41

Efecto del uso del compost de lodo en la producción de materia seca de rye grass anual



efecto del uso de compost de lodo de papal en la producción de dos tipos de rye grass (título del gráfico)



Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

42

42

Evaluación de varios activadores en la producción y calidad de compost - Flor de María Alarcón .Tesis de Mg Sc en Ciencias ambientales - 2004

Evaluación del efecto de *Trichoderma* y Multienzimas en la calidad del compost



Juan Guerrero Barrueto - Profesor Principal - UNAH-MS

43

Efecto del uso de multienzimas y *trichoderma harzianum* en las propiedades físicas del compost

Efecto del uso de multienzimas y *trichoderma harzianum* en el pH, CE y relación C/N del compost

Tratamiento	Densidad		Humedad	
	Aparente (TM/m³).		equivalente	
Trichoderma harzianum	0.66		83.6%	
Multienzimas	0.73		64.17%	
CONSAS	0.75		65.56	

Tratamiento	pH		CE		C/N	
	inicial	final	inicial	final	inicial	final
Trichoderma harzianum	7.9	7.3	4.35	9.54	29	11
Multienzimas	7.9	7.1	5.32	8.96	28	12
CONSAS	7.24	7.01	6.2	10.6	28	10

Juan Guerrero Ba

44

Aprovechamiento del alga *Ulva* sp. en la elaboración de compost como una estrategia de gestión ambiental en la bahía de Paracas. Tania Cecilia Mendo Aguilar Wosnitz. 2004



Copyright © J.Y. Piriou IFREMER

45



46

46

Table 1: Percentage of materials (by volume) used for preparation of different composts.

Materials	Mixture					
	C1 (control)	C2	C3	C4	C5	C6
Straw/ <i>Ipomoea</i> (%)	75	70	62	54	70	70
<i>Com. maritima</i> (%)	25	21	21	18	21	21
<i>Urtica</i> sp. (%)	-	9	17	28	9	9

Table : C/N ratios during composting process

Mixture	Initial	First turn	Second turn	Third turn
C1	32,50	16,99	14,42	13,72
C2	30,35	16,72	11,64	13,02
C3	28,07	14,20	10,89	10,73
C4	25,56	18,74	17,54	10,55
C5	30,35	14,83	14,73	10,01

47

47

Table : Chemical characteristics of different mixtures.

Mixture	C/E gS/m	pH	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	Fe ppm	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
C1	13,2	7,6	1,55	1,59	0,90	63	292,5	424,0	12040	34,0	1,0	9,5
C2	14,1	7,3	0,87	1,08	0,86	57	239,0	487,0	15990	43,0	1,0	8,5
C3	14,0	7,3	0,96	0,94	0,79	52,5	209,5	505,0	16405	41,5	1,0	15,0
C4	16,6	7,5	0,85	1,42	0,99	59	279,0	458,5	25200	41,5	1,5	10,5
C5	14,1	7,5	0,98	1,13	0,91	65	253,0	532,0	18650	45,0	1,0	14,5
C6	13,1	7,5	0,97	1,24	0,91	64,5	266,0	503,0	22250	42,0	1,0	10,0

48

48

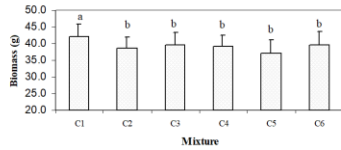


Figure 2: Dry aerial biomass of maize plants grown in different mixtures. Different letters indicate significant differences at $p \leq 0.05$. Vertical lines represent standard errors for $n=5$ replicates per treatment.

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

49

49

Recently read

Utilization of seaweed *Ulva* sp. in Paracas Bay (Peru): Experimenting with compost

Article | Full-text available | Feb 2006 - Journal of Applied Phycology

Tania Mendo · Juan Guerrero Barrantes

Mendo, T., and Guerrero, J. 2006. Utilization of seaweed *Ulva* sp. in Paracas Bay (Perú): Experimenting with compost. *Journal Appl. Phycology*. 18 (1): 27-31

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

50

50

Evaluación de los efectos del producto "enzymplus" (activador biológico) en la elaboración de compost utilizando dos tipos de estiércol (vacuno y ovino). Tesis Maestría en Ciencias Ambientales. Reika Kimura. 2006

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

51

51

Se armaron en total seis pilas, correspondientes a seis tratamientos.

Los tratamientos T1, T2 y T3 fueron elaborados a partir de material vegetal y **estiercol vacuno**. El T1 fue el control para este tipo de compost, por consiguiente no se le agregó el **activador biológico**; al T2 se consideró la dosis indicada por la empresa y se le agregó 418,2g/t de activador biológico al momento de la instalación de la pila; y al T3 se le agregó en cantidad doble, 836,3g/t de activador biológico.

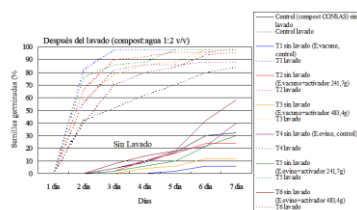
Los 3 restos tipos de tratamientos (T4, T5 y T6) se elaboraron con material vegetal y **estiercol ovino**. La diferencia entre estos 3 tipos de compost fue por el mismo criterio considerado para los 3 tipos de compost anteriores. El T4 fue el control para este tipo de compost, por consiguiente no se le agregó el activador biológico; al T5 se consideró la dosis indicada por la empresa y se le agregó 486,3g/t de activador biológico; y al T6 se le agregó en cantidad doble, 972,6g/t de activador.

(La dosis del activador biológico recomendado por la empresa ECOBIOTEC, es de 500g/t de material orgánico (Ecobiotec, 2001.)) El "material vegetal" utilizado fue una mezcla del pasto Kingrass verde, pasto Kingrass seco, Campanilla y tallo de Algodón, previamente picados.

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

52

52



Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

53

53

Solo se observó una mejora en la calidad agronómica del compost cuando se utilizó Enzymplus y estiercol de vacuno

Artículo científico publicado:
Evaluación de los efectos del activador biológico Enzymplus en la elaboración de compost utilizando estiercol de vacuno y ovino. Científica. Revista de la Universidad Científica del Sur. Volumen 6 N°3. Setiembre-Diciembre 2009. Reika Kmura y J. Guerrero B. 232-243. Científica se encuentra en el Sistema Regional de Información Latindex. Issn 1997.700X.

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

54

54



Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

55

55



Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

56

56



Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

57

57
