

**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 C. Barrantes
04 - 06 de Abril 2019, La Molina
Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

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 - UNALMA

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
Estiérol seco vacuno	1.95	3.43	3.33	19	7.8	34.9
Estiérol 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 - UNALMA

3

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

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

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal

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

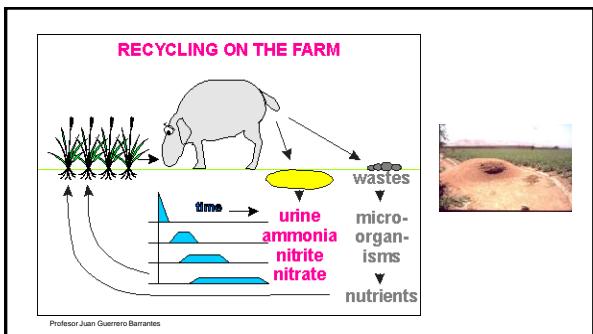
abonos	humedad	Nitrogeno %	Fosforo %	Potasio %
vaca	83.2	1.67	1.08	0.56
caballo	74.0	2.31	1.15	1.30
Oveja	64.0	3.81	1.63	1.25
Llama	62.0	3.93	1.32	1.34
Vicuña	65.0	3.62	2.0	1.31
Alpaca	63.0	3.60	1.12	1.29
Cerdo	80.0	3.73	4.52	2.89
gallina	53.0	6.11	5.21	3.20

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

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

6

6



7

Composición química de estiércoles de diferentes clases de animales							
En las deyecciones sólidas							
Estíerco	%M.S.	%N	%P2O5	%K2O	%CaO	%MgO	%S04
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	1,55	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

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
Coreta 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 áboles y malezas	1.04 - 2.1	1.5	1.3
Broza de algodón	0.7	0.8	1.4
J. Guerrero B. 1990			

Características de material vegetal utilizado para compostaje en la UNALM

9

materiales	Humedad	% MO	% Ct	% N	Relación 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	64.4	41.97	24.34	2.77	8.78
Paracas					

(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 (%)	UN	Relación C/N apropiada para realizar COMPOST
Lodo Residual de la industria de papel (Empresa Kimberly Clark)	0.759	7.5	51.0	0.409	29.58	72.32	20 – 30

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; (a) Fuente: Laboratorio Iberfol – Alicante (ESPAÑA). Datos proporcionados por la empresa CBI-Perú S.A.C., 2005. (b) Fuente: U. S. Environmental Protection Agency, 1994. (c) 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

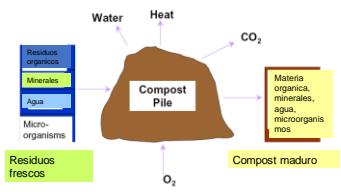
Pozas de compostaje CONSAS

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal

13

13

EL PROCESO DE COMPOSTAJE



Residuos orgánicos
Minerales
Agua
Micro-organismos

Residuos frescos

Water

Heat

CO₂

Compost Pile

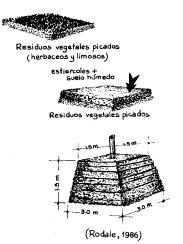
O₂

Materia orgánica, minerales, agua y microorganismos

Compost maduro

14

**METODO INDORE
(METODO HOWARD)**



Residuos vegetales picados (herbaceous y limos)
estuques de suelo minado

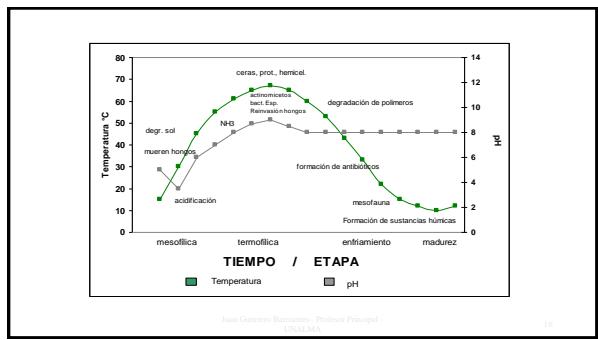
Residuos vegetales picados

1.5 m
3.0 m
3.0 m

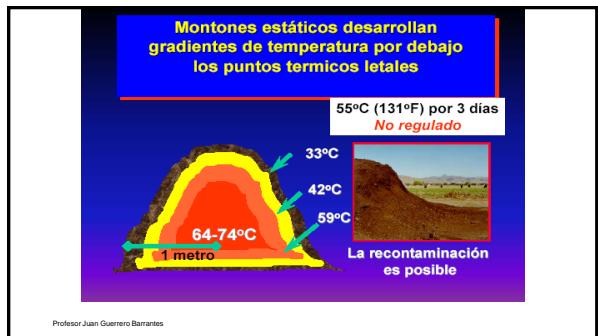
(Rodale, 1986)

Profesor Juan Guerrero Barrantes

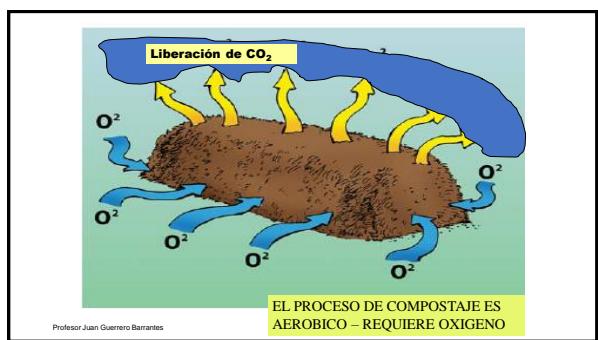
15



16



17



18

Total materiales utilizados		
6 m³	Desechos vegetales	231.0 Kg.
3 m³	Estiércol de vacuno	535.0 Kg.
Ceniza		8.6 Kg.
Total insumos: 774.6 Kg. (0.74 TM)		
La cantidad total del compost cosechado, Tamiñado malla 4 cm y pesado fue:		
441.6 Kg.		

19

Calidad del compost: físico- química y microbiológica

20



21

GERMINACIÓN DEL TRATAMIENTO COMPOST – MUSGO



T-1 T-5 T-6 T-7

Profesor Juan Guerrero Barrantes

22

Prueba de Germinación para determinar los riesgos de fitotoxicidad en los Diferentes

Tipos de Compost



Profesor Juan Guerrero Barrantes

23

Bioensayos de Crecimiento



Profesor Juan Guerrero Barrantes

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	Calcinación	11.27 %	18.46%
Nitrógeno total	Kjeldahl	0.53%	0.64
Carbono total	Calcinación	6.5%	10.70%
Relación C/N	-	12.3	16.7
pH	Potenciométrico	6.6	6.6
Conductividad eléctrica	Conductivimétrico	14.16	12.56
Fósforo	Olsen	0.41 % de P ₂ O ₅	0.59% de P ₂ O ₅
Potasio	Peech	0.61 % de K ₂ O	0.76% de K ₂ O
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%

Autor: Giovanni Barrantes / Profesor: Principal

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

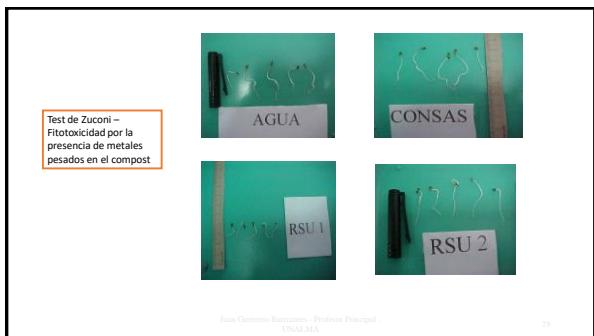
Comparación de elementos potencialmente tóxicos con los LMP en compost de la Normativa Española

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 146 19 Junio 1991

Profesor: Juan Antonio Gutiérrez B.

27



28

Reporte Fitopatológico		
Medio de Cultivo	Muestra	
	Primera	Segunda
PAR (selectivo a Phytophthora y Pythium)	Negativo	Negativo
AN	Bacterias G(+)	Bacterias G(+)
KELMAN (Erwina)	Negativo	Negativo
PDAO	Aspergillus niger Aspergillus spp. Trichoderma sp. Penicillium sp.	Cladosporium sp. Aspergillus sp. Penicillium sp.
Nemátodos	Ninguno	Rabditidos Afelencoídes

Juan Gómez Barrionuevo - Profesor Principal

29

29



30



Foto: Juan Antonio Gómez B.

31

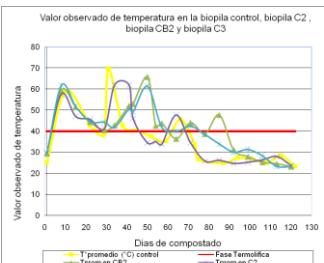
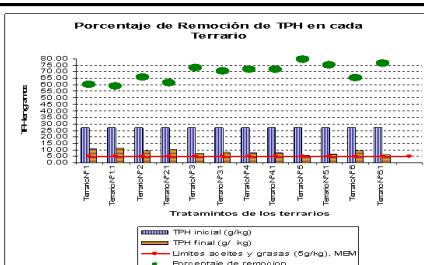


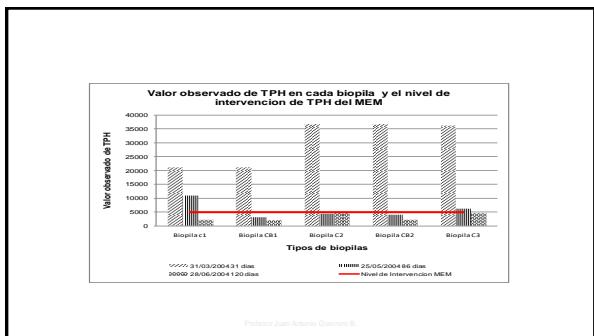
Foto: Juan Antonio Gómez B.

32

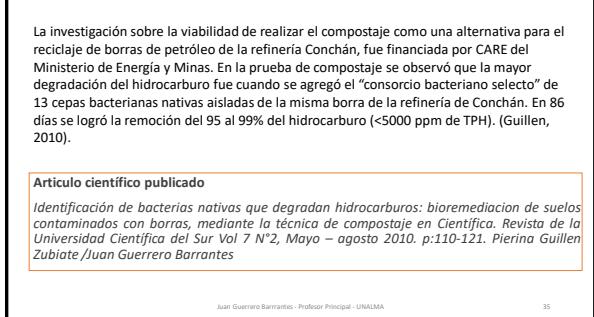


El mayor porcentaje de remoción de TPH se observó en los terrarios TS (79%) y T5.1 (75%), los cuales fueron inoculados con el consorcio bacteriano selecto. Los resultados fueron comparados con la normativa nacional vigente, con el criterio del nivel de saneamiento de 5000 mg/kg de TPH

33



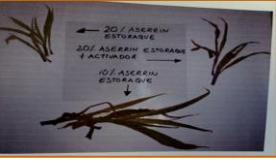
34



36



20% ASERRIN
CAPIRONA
20% ASERRIN
ESTORAKE



20% ASERRIN
ESTORAKE
10% ASERRIN
CAPIRONA

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

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

37

Se evaluó la utilización del aserrín de dos especies maderables: estorake y capirona y una mezcla de aserrín (estorake, 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 Ruzterr 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 pasó su fase termóflica 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 plantulas de maíz si se observaron diferencias. En los dos tipos de aserrín se observó que cuando se utilizó 10% de aserrín en la mezcla del proceso de compostaje se logró el compost de mejor calidad, porque las plantulas tuvieron mayor producción de materia seca.

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

El crecimiento de las plantulas de maíz depende del tipo de compost utilizado: la dosis más 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

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 espaciados



Capa de estiérco



Capa de lodo

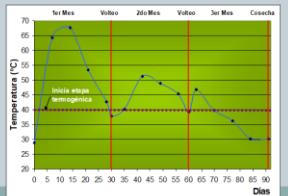


Capa de pescos de tuna y chala de maíz

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

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

ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA (Compost. Pila aérea de compost (1m x 1m x 1 m.).

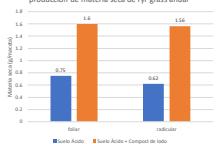
pH	C.E. dm³/m	M.O. %	C %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
7,40	17,66	24,8	14,39	1,09	1,22	2,39
C/N	CaO %	MgO %	Na %	Bd %	B ppm	Cu ppm
13,20	11,48	1,58	0,60	40,83	131	65,50

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

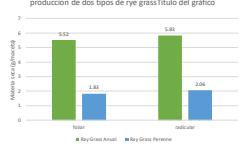
Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

41

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



Efecto del uso de compost de loto de papel en la producción de dos tipos de rye grass (Título del gráfico)



Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

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 Barranco - Professor Principal 43

43

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

Tratamiento	Densidad Aparente (TM/m ³)	Humedad equivalente
Trichoderma harzianum	0.66	83.6%
Multienzimas	0.73	64.17%
CONSAS	0.75	65.56

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

Tratamiento	pH		CE		C/N	
	initial	final	initial	final	initial	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 Bar

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 Wosnitza. 2004



Copyright © J.Y. Piriou IFREMER

45



46

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

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

Table 2 : 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

Table 3 : Chemical characteristics of different mixtures.

Mixture	C.E dS/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

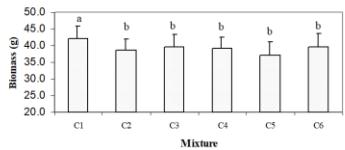


Figure 2: Dry aerial biomass of maize plants grown in different mixtures. Different letters indicate significant differences at $p \leq 0.05$. Vertical lines represent standard errors for $n=5$ replicates per treatment.

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

49

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

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

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

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 **estiércol 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.

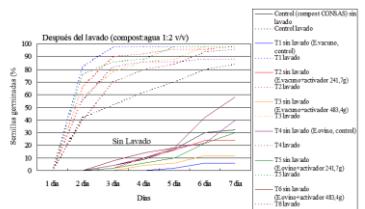
Los 3 restos tipos de tratamientos (T4, T5 y T6) se elaboraron con material vegetal y **estiércol ovino**. La diferencia entre estos 3 tipos de compost fue por el mismo criterio considerado para los 3 tipos de compost anteriores. El T4 fue el control para este tipo de compost, por consiguiente no se 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 Kinggrass verde, pasto Kinggrass seco, Campanilla y tallo de Algodón, previamente picados.

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

52

52



Germinación de semillas de rabanito en compost puro sin lavar y lavado

Juan Guerrero Barrantes - Profesor Principal - UNALMA

53

53

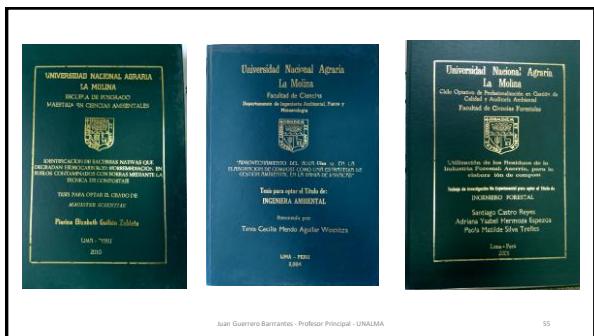
Solo se observó una mejora en la calidad agronómica del compost cuando se utilizó Enzimplus y estiércol de vacuno

Artículo científico publicado:
 Evaluación de los efectos del activador biológico Enzimplus en la elaboración de compost utilizando estiércol 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



55



56



57