



## Elaboración de compost utilizando residuos orgánicos aplicando los métodos takakura y em-compost

Composting organic waste using takakura applying em- compost and methods

Roberth E. Iliquín Fernández <sup>a,\*</sup>

a. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Amazonas – Perú.

(\*[esteve\\_90@hotmail.com](mailto:esteve_90@hotmail.com))

Recibido 11 Noviembre 2014; Aceptado 19 Diciembre 2014

### RESUMEN

En la presente investigación se estudió la producción de compost utilizando residuos orgánicos aplicando los métodos Takakura y Em-compost, por lo que se tuvo que instalar camas composteras de 1.3 x 0.8 m, en las cuales se agregaron dichos residuos y se aplicaron estos métodos juntamente con una muestra testigo, para un experimento factorial del tipo 3Ax3B bajo un DCA con 3 repeticiones, que permita determinar el tiempo de maduración y el rendimiento y conocer cuál es el método más efectivo al momento de realizar un compostaje. También se sacaron muestras en días determinados (21, 45, 70 y 223 días) para determinar características fisicoquímicas y lograr ver su comportamiento durante la maduración del compost. Para evaluar las diferencias entre las medias de los tratamientos, se efectuó la prueba de Dunnet al 95% de confianza, cuyos datos se procesaron en el software SPSS 15.0 para Windows. El mejor tiempo de maduración lo obtuvo el método Takakura con un tiempo promedio de 57.67 días, pero sin diferencia significativa, ya que con el Em-compost se obtuvo un tiempo promedio de 62 días. Además, un mejor rendimiento lo obtuvo un compostaje con el método Em-compost con 19.90 %, siendo, siendo éste el más efectivo. Del método Em-compost se obtuvo un compost que tuvo como características fisicoquímicas: materia orgánica 23.93%, carbono 13.29%, nitrógeno 1.31%, fósforo 0.54%, relación C/N 10.12, pH 7.5, conductividad eléctrica 5.02 dS/m, humedad 53,77%, densidad aparente 468.37 kg/m<sup>3</sup>, porosidad 87.98%, espacio de aire libre 62.59%, olor a tierra húmeda y color negrizo.

**Palabras claves:** Compost, residuos sólidos urbanos, Takakura, Em-compost, calidad.

### ABSTRACT

In the present investigation the production of compost was studied using organic and applying the Em - compost and Takakura composting methods, so had to install composting beds 1.3 x 0.8 m, in which the waste is added and these methods were applied, together with a control sample, for a factorial experiment 3Ax3B under a type of DCA with 3 replications, should determined the period of maturation and performance and thus know what is the most effective at the time of composting method. Samples were taken out on certain days (21, 45, 70 and 223 days) to determine some physicochemical characteristics and achieve see their behavior during maturation of compost. To assess differences between treatment means, Dunnet test was performed at 95 % confidence, the data were processed using SPSS 15.0 software for Windows. The best time of maturation was obtained using the Takakura method with an average time of 57.67 days, but no significant difference, as Em - compost with an average time of 62 days was obtained. In addition, better performance was won by a method Em - compost with 19.90 %, and therefore, the most effective. Em - compost method which had the physicochemical characteristics organic matter 23.93 % , 13.29 % carbon, 1.31 % nitrogen , 0.54 % phosphorus , C / N 10.12, pH 7.5 , electrical conductivity 5.02 dS / m, humidity 53.77%, 468.37 kg/m<sup>3</sup> bulk density , porosity 87.98 % , free air space 62.59 % , smell of damp earth and black color.

**Key words:** Compost, Municipal Solid Waste, Takakura, Em – compost, quality.



## 1. Introducción

El manejo de la basura domiciliar y los residuos sólidos industriales son un problema ambiental relevante en el país. El manejo inadecuado de los residuos sólidos ha acarreado innumerables problemas de índole social, sanitaria y ambiental como la generación de olores, presencia y proliferación de vectores (moscas y ratones), impacto sobre la estética y sobre la salud de la población, especialmente en aquellos lugares donde se vierten residuos en forma incontrolada y clandestina (INTEC, 1999).

Las industrias agropecuarias y agroindustriales generan importantes volúmenes de residuos sólidos y líquidos. En forma creciente han aumentado los costos de disposición de tales residuos lo que ha generado también un incremento de los costos generales de tales empresas. Los residuos sólidos al acumularse y no reincorporarse a la naturaleza en un corto o mediano plazo generan contaminación. La contaminación afecta al suelo, aire, ríos, lagos, mares, plantas, animales y a las personas. Los problemas de salud pública causados por la acumulación de los recursos sólidos urbanos a cielo abierto son numerosos, sin mencionar las graves afectaciones al mismo medio ambiente (Rodríguez y Córdova, 2006).

En nuestro país el tema de los residuos sólidos ha tomado dimensiones sociales, ambientales y económicas expectantes en la calidad de vida, en los patrones de consumo y de producción, y en hacer negocios por su potencial valor

económico. Esta percepción multisectorial es recogida en el enfoque que estableció la Ley N°27314, Ley General de Residuos Sólidos (LGRS) para el adecuado manejo y gestión de los residuos en un marco institucional que posibilita la sostenibilidad ambiental, la definición de políticas públicas, la articulación de agendas ambientales sectoriales, la formulación orgánica de normas generales y específicas, y la promoción de la participación del sector privado. En este proceso sistémico e institucional, debe entenderse que residuo sólido es un «producto no intencionado» derivado de las actividades individuales, colectivas y económicas, cuya peligrosidad se evidencia para la sociedad cuando su manejo compromete la salud, el ambiente y el bienestar de la persona.

El objetivo de esta investigación es el de producir compost a partir de residuos orgánicos provenientes del camal municipal y viviendas urbanas aplicando los métodos Takakura y Em-compost en el distrito de Chachapoyas, región Amazonas; y determinar cuál de estos dos métodos son más eficaces, evaluando el tiempo del proceso, rendimiento y características fisicoquímicas del producto final.

## 2. Materiales y métodos

### Lugar de experimentación

El lugar donde se realizó la experimentación fue en el centro de compostaje de la municipalidad provincial de Chachapoyas, a 40 minutos del centro de la ciudad, en el camino que conlleva hacia el centro poblado de Taquia. El terreno donde se

ubicaron las camas experimentales fue pedregoso, y se encuentra ubicado a una altitud de 2300 m.s.n.m.

### **Residuos orgánicos**

Los residuos orgánicos se recibieron de los hogares de la provincia de Chachapoyas, que forman parte del Plan de Segregación Municipal MPCH, y residuos provenientes del centro de beneficio municipal (camal municipal), en la región Amazonas.

### **Instalación de las camas composteras**

Se elaboraron nueve camas composteras de madera, tres por cada método (método Takakura, método Em-compost y testigo), colocadas en filas y en bloques de 3, para cada uno de los métodos aplicados.

Cada cama tuvo una distribución de 1.3 x 0.8 m. El terreno donde se ubicaron estas camas poseía una pendiente de 1.5 a 5 %, facilitando así el drenaje pluvial y de los lixiviados producidos en el compostaje, y a la misma vez funcionando como regulador de la humedad del medio.

### **Llenado y acondicionamiento de las camas composteras**

Los vehículos recolectores recibieron los residuos del camal municipal (estiércol) juntamente con residuos orgánicos provenientes de los hogares Chachapoyanos (plan de segregación MPCH). Ya elaboradas las camas de compostaje, el camión recolector se ubicó detrás de cada cama para depositar los desechos con la ayuda de dos operarios para su remoción y acondicionamiento.

El llenado de las camas se realizó en tres días (lunes, miércoles y viernes), en los cuales al final de cada llenado se realizaba un picado general de los residuos con las palanas. Pasado los tres días de llenado, se realizó una homogenización general de la pila, mezclando todos los residuos con el apoyo de palanas y lampas, y luego se

procedió a estandarizar las mismas cantidades de residuos a cada una de las camas experimentales.

Para el método Em-compost y prueba Testigo se llenaron completamente las camas composteras con los residuos orgánicos, mientras que para el método Takakura solo se llenaron la mitad de cada cama, para que en el momento de la activación del método se pueda agregar la otra mitad con el composte semilla en una relación 1:1 (volumen: volumen).

Al finalizar el llenado de las camas, éstas fueron cubiertas con aserrín para evitar malos olores y pérdida de humedad hasta el momento de la aplicación de los métodos.

### **Proceso de activación del Em-compost**

Este producto posee grupos microbianos concentrados en un medio de cultivo que necesitan ser activados para su uso, para lo cual se agregó cantidades de melaza (miel de caña) y agua.

Para ello las proporciones indican:

1 litro de Em-compost + 1 litro de melaza + 18 litros de agua

Esto es 20 litros de mezcla al que llamamos EMA = EM ACTIVADO.

Como para la aplicación general para todas las camas se aproxima una cantidad de 4000 m<sup>3</sup>, se requiere de 6 litros de EMA para las unidades experimentales en general.

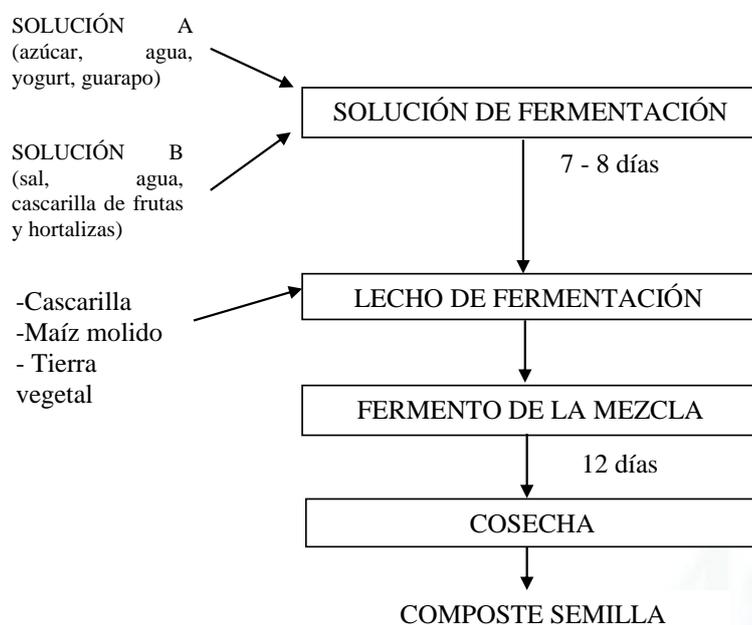
6 \* 0.05 = 0.3 litros de EM  
6 \* 0.05 = 0.3 litros de MELAZA  
6 \* 0.90 = 5.4 litros de AGUA SIN CLORO

Se dejó reposar herméticamente por espacio de 7 días al término del cual el pH fue inferior a 4 y obtuvo una coloración café-naranja y un olor agri dulce.

### **Proceso de activación del método Takakura**

Para el proceso de activación del método Takakura se siguió los pasos del manual elaborado por JPEC (2005) del programa de reducción de residuos

mediante la promoción del compostaje de residuos orgánicos por el sistema KitaQ (IGES, 2009).



**Figura 02.** Flujograma para la obtención de composte semilla para del método Takakura

### Aplicación de los métodos activados a las camas composteras

#### Método Takakura

Se agregó el composte semilla a las camas con residuos en una relación de 1: 1, luego se procedió a mezclar con la ayuda de una pala y una lampa hasta dejar una pila más homogénea. También se agregó agua para controlar la humedad (aproximadamente al 60%).

#### Método Em-compost

Para las camas experimentales del método Em-compost, se agregó el EMA en una primera aplicación, es decir, solo se agregó la mitad del Em activado. Para esto se hizo una remoción de los residuos y se fue agregando el EMA con una mochila pulverizadora. La otra mitad del EMA se dejó para la segunda

semana de aplicación, en la cual se procedió a seguir con los mismos pasos.

Para el testigo solo se hizo una remoción de los residuos y se agregó agua.

Todas las camas experimentales, tanto para el método Takakura, Em-compost como el testigo, fueron cubiertas con plástico de doble membrana, para mantener la temperatura y humedad de la pila (protección de lluvias).

#### Análisis fisicoquímico en el proceso de compostaje

Los análisis fisicoquímicos se realizaron en campo (para controlar el proceso de compostaje) y en laboratorio.

Los análisis en laboratorio se realizaron de muestras extraídas de las camas experimentales (Em-compost, Takakura y testigo con cada una de sus

repeticiones), que fueron enviadas a los 21, 45, 70 y 223 días desde que se inició el proceso de compostaje, con un peso de muestra de 300 g.

### Análisis en campo

#### Determinación de temperatura

Se realizó empleando un termómetro, con tal motivo se colocó en el centro de la pila para medir la temperatura.

#### Determinación de pH

Se realizó con cintas de pH. Se retiraba una muestra de la pila y se remojaba con agua, después de lo cual se colocaba la cinta de pH por un lapso de 10 segundos en dicha muestra, luego se comparaba el color obtenido en la cinta con el test que se encontraba en la caja del producto.

#### Determinación de humedad

Esta medición se hizo en forma subjetiva, en base al conocimiento del personal experimentado, solo al tacto. Se tomaba una muestra de la pila con la mano y se exprimía, si el contenido de humedad era correcto (40 al 60%), la mezcla se convertía en una masa sin fuga de agua y mantenía su forma.

### Análisis en laboratorio

Éstos se realizaron en la Estación Experimental Baños del Inca, del

Instituto Nacional de Innovación Agraria; laboratorio de servicio de suelos, aguas, abonos y pastos, Cajamarca. Se determinó con los métodos oficiales del AOAC: pH, humedad, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, y humedad.

### Cosecha del bioabono

Después del proceso de compostaje, se cosechó el bioabono en saquetas, se midió la cantidad extraída en volumen, y se obtuvo el rendimiento.

Finalmente se dió una presentación final en bolsas de polietileno transparente con una capacidad de 5 kg para los dos métodos aplicados (Takakura y Em-compost). También se dió una presentación en bolsa de polietileno para el composte semilla (método Takakura).

### Diseño experimental para determinar estadísticamente el mejor método de compostaje

Para el análisis de estudio de la presente investigación se empleó un experimento de un factor bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 3 repeticiones, por unidad experimental (Tabla 01). Para el procesamiento de los datos experimentales se utilizó el software SPSS 15.0 para Windows.

Además:

$Y_{ij}$ : Tiempo de maduración del compostaje y rendimiento en el  $i$ -ésimo método y en la  $j$ -ésima repetición (cama de compostaje).

$\mu$ : Efecto de la media general.

$T_i$ : Efecto del  $i$ -ésimo método

$\epsilon_{ijk}$ : Error experimental.

**Tabla 01.** Esquema experimental de los tratamientos

Métodos	Testigo	Takakura	Em-compost
Tratamientos	T0	T1	T2
R1	$Y_{11}$	$Y_{21}$	$Y_{31}$

Factor	Nivel
Método	a1: Testigo a2: Takakura a3: Em-compost
Variables respuesta	Tiempo de maduración (días) Rendimiento en %
Unidad experimental	Camas de compostaje

### Modelo aditivo lineal.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

$i = 1, 2, 3$  (Nivel del factor)

$j = 1, 2, 3$  (Repeticiones)

R2	Y <sub>12</sub>	Y <sub>22</sub>	Y <sub>32</sub>
R3	Y <sub>13</sub>	Y <sub>23</sub>	Y <sub>33</sub>

### Comparaciones Múltiples:

Para evaluar las diferencias entre las medias de los tratamientos, se emplearon la PRUEBA DE DUNNETT con un nivel de confianza del 95%.

### 3. Resultados y discusión

#### Tiempo de maduración del compost

En la Tabla 02 se muestra los resultados del tiempo de maduración del compost, según el tipo de tratamiento aplicado, tomando en cuenta los datos de pH y temperatura cuando estas se mantienen constantes.

En el tratamiento 1 (método Takakura) se obtuvo un compostaje con menor tiempo de maduración, con un promedio de 57, 67 días; mientras que el testigo tuvo un tiempo de maduración de 212.67 días.

**Tabla 02:** Tiempo de maduración del compost, según método aplicado (en días)

Repeticiones	Testigo	Takakura	Em-compost
	T0	T1	T2
R1	216	57	61
R2	210	57	64
R3	212	59	61
Promedio	212.67	57.67	62.00
sd	± 3.06	± 1.15	± 1.73

Según el análisis estadístico, el tiempo de maduración de las muestras tiene diferencia significativa entre el tratamiento T1 y el Tratamiento T0 al igual que entre los tratamientos T2 y T0; mientras que entre los tratamientos T1 y T2 no existe diferencia significativa en el tiempo de maduración evaluado (Tabla 03).

**Tabla 03.** Análisis estadístico del tiempo de maduración

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación	Intervalo de confianza al 95%	
		Límite inferior			Límite superior	
T1	T0	-155,0000(*)	1,74271	,000	159,9889	150,0111
T2	T0	-150,6667(*)	1,74271	,000	155,6556	145,6777

\* La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05.

#### Temperatura

En lo que respecta a la temperatura, se dio una evolución normal en el proceso de compostaje, la diferencia es que tanto para el método Takakura y el método Em-compost solo se realizaron dos volteos y se incrementó el volumen de la pila, siendo solo en el primer volteo donde se volvió a notar el comportamiento de los microorganismos mesófilos, tal como lo dice Sztern y Pravia (1996), cuando manifiesta que la finalización del proceso de compostaje se tipifica por la ausencia de actividad metabólica, donde las poblaciones microbianas se presentan en fase de muerte por agotamiento de nutrientes, por eso es necesario remover la pila ya que algunos microorganismos entran a una etapa de inhibición por falta de nutrientes en la parte del núcleo, y apoyando también a la aireación, provocando así que la secuencia de fases de temperatura se repitan más de una vez. En el segundo volteo para el método Takakura y Em-compost no se volvió a ver un comportamiento diferente de la temperatura, concluyendo así que se dio la estabilidad del compostaje. En el Testigo se realizaron 5 volteos, notándose en el último que se llegó a la estabilidad del proceso.

#### Rendimiento

En la Tabla 04 se muestra los resultados del rendimiento en porcentaje del

compostaje según el método aplicado. Estos datos es el resultado de todo el proceso productivo hasta la obtención del compost maduro y su almacenamiento.

El rendimiento en los tres procesos fue bajo, ya que a los residuos orgánicos sólo se le realizó un picado simple con las palanas, previo al compostaje, pues se quiso determinar la eficacia de los microorganismos sobre la mayor superficie de los residuos; tal como lo dice Sztern y Pravía (1996), al indicar que al no haber un picado de los residuos, genera que la superficie de contacto entre los microorganismos y los desechos sea pobre.

**Tabla 04.** Rendimiento (%) del compostaje según Método aplicado.

Repeticiones	Testigo	Takakura	Em-compost
	T0	T1	T2
R1	13.54	19.47	19.97
R2	12.65	19.26	19.53
R3	13.98	18.60	20.19
Promedio	13.39	19.11	19.90
sd	± 0.68	± 0.45	± 0.34

### Características fisicoquímicas en el proceso de compostaje

#### Color

El color en el método Takakura del compost maduro fue un poco más claro, que en el método Em-compost y el testigo, obteniendo un color café oscuro, mientras que los otros dos en el producto final obtuvieron un color más oscuro, casi negro.

Esto es debido a que el método Takakura por ser un método que posee un porcentaje de tierra vegetal, éste le proporcionó ese color característico, mientras que en el método Em-compost al ser un compostaje puro, obtuvo un color oscuro, que es característico de un compost maduro.

#### Olor

El olor obtenido en los tres procesos, al final del compostaje, fue de un olor a tierra húmeda. En lo que respecta al olor, en el método Takakura y Em-compost no existió propagación de malos olores, mientras que en el Testigo existieron malos olores en el proceso, aproximadamente hasta los 90 días, esto debido a que no se daba una buena descomposición de los residuos, y que la actividad microbiana no era continua, generándose así putrefacción de los residuos y no dándose un proceso deseado de fermentación, incidiendo ésta a la aparición de moscas (IGES, 2009).

En la Tabla 05 se muestra el análisis que se realizó en el transcurso del proceso del compostaje hasta la estabilidad del proceso en cada método, cuyos resultados son promedios de tres repeticiones por análisis.

El porcentaje de carbono tanto para los dos métodos como para el testigo fue disminuyendo en el transcurso del proceso de compostaje, debido a la mineralización de la materia orgánica, pero comparado con los días de análisis en las muestras (21, 45 y 70 días) se vé una mayor estabilidad y constancia de este parámetro en los dos métodos, mientras que en el testigo todavia el proceso es inestable, tal como lo dice Moreno y Moral (2008), que indica que el carbono se vuelve estable y constante cuando el compostaje llega a su fase de madurez.

En lo que respecta al nitrógeno, existe un incremento de este parámetro debido a su concentración, por motivo de la pérdida de peso (Walker, 1993).

En los métodos Takakura y Em-compost el crecimiento es constante, pero en el Testigo existe una disminución de este componente con respecto al análisis realizado el día 223 (ver Tabla 05), esto puede ser debido a que se perdió hacia la atmosfera en

forma de amoníaco, debido al incremento de la temperatura, ya sea por la anaerobiosis del medio, o ya sea porque los microorganismos todavía siguen degradando los residuos. Este fenómeno no afecta negativamente al proceso, sin embargo tiene una gran importancia desde el punto de vista de

la contaminación y producción de malos olores que limitan la localización de las plantas de compostaje (Sánchez-Monedero y otros, 2001).

*Agroind Sci*  
*Agroind Sci*  
AGROINDUSTRIAL



**Tabla 05.** Resultados de los análisis evaluados en el proceso de compostaje

Análisis	Testigo				Takakura				Em-compost			
	21 días	45 días	70 días	223 días	21 días	45 días	70 días	223 días	21 días	45 días	70 días	223 días
% Materia orgánica	36,24 ± 0,79	24,63 ± 0,92	23,12 ± 1,55	19,02 ± 0,59	22,90 ± 0,51	22,55 ± 0,69	21,32 ± 0,34	-	26,00 ± 0,47	25,56 ± 2,13	23,93 ± 0,33	-
% C	20,14 ± 0,44	13,68 ± 0,51	12,85 ± 0,86	10,57 ± 0,33	12,72 ± 0,29	12,53 ± 0,38	11,84 ± 0,19	-	14,44 ± 0,26	14,20 ± 1,18	13,29 ± 0,18	-
% N	1,13 ± 0,03	1,15 ± 0,05	1,19 ± 0,04	1,02 ± 0,03	1,02 ± 0,06	1,07 ± 0,01	1,07 ± 0,01	-	1,21 ± 0,02	1,27 ± 0,02	1,31 ± 0,02	-
% P	0,82 ± 0,26	0,86 ± 0,22	0,52 ± 0,26	0,44 ± 0,13	0,59 ± 0,01	0,83 ± 0,06	0,62 ± 0,25	-	0,66 ± 0,03	0,97 ± 0,08	0,54 ± 0,24	-
C/N	17,78 ± 0,72	11,87 ± 0,28	10,76 ± 0,47	10,40 ± 0,35	12,45 ± 0,42	11,74 ± 0,32	11,03 ± 0,08	-	11,94 ± 0,11	11,20 ± 0,77	10,12 ± 0,23	-
pH	9,67 ± 0,15	9,53 ± 0,06	9,5 ± 0,26	7,5 ± 0	8,13 ± 0,15	7,77 ± 0,21	7,5 ± 0,0	-	8,43 ± 0,06	7,9 ± 0,20	7,5 ± 0,00	-
Conductividad eléctrica dS/m	8,57 ± 0,71	7,59 ± 0,92	7,04 ± 1,95	4,23 ± 0,06	6,40 ± 1,00	5,29 ± 0,37	4,85 ± 0,20	-	16,40 ± 2,36	6,92 ± 1,20	5,02 ± 0,07	-
% Humedad	67,00 ± 4,49	65,60 ± 3,68	61,02 ± 3,31	42,11 ± 1,08	50,34 ± 2,32	47,57 ± 3,26	46,65 ± 0,28	-	61,34 ± 1,54	55,13 ± 3,93	53,77 ± 6,36	-
Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	342,27 ± 9,45	359,60 ± 9,87	389,59 ± 8,56	494,85 ± 2,89	392,80 ± 5,05	403,20 ± 5,83	479,74 ± 12,90	-	394,27 ± 2,42	406,73 ± 9,65	468,37 ± 21,88	-
Porosidad %	91,30 ± 0,24	90,84 ± 0,26	90,05 ± 0,22	87,29 ± 0,08	89,97 ± 0,13	89,70 ± 0,15	87,68 ± 0,34	-	89,93 ± 0,06	89,60 ± 0,26	87,98 ± 0,57	-
FAS %	72,53 ± 0,75	71,16 ± 0,77	68,80 ± 0,67	60,51 ± 0,22	68,55 ± 0,39	67,73 ± 0,46	61,70 ± 1,02	-	68,43 ± 0,19	67,45 ± 0,76	62,59 ± 1,73	-

dS:

decisiemens



La relación C/N inicial teóricamente adecuado para el material de un producto es de entre 25 a 35 (Jhorar y otros, 1991), esto depende del material inicial del producto. Finalmente la relación C/N de un compost estable y maduro debe ser cercana a 10, similar a la del humus. En la investigación el método Takakura obtuvo una relación C/N a los 21 días de 12.45, mientras que el método Em-compost tuvo una relación de 11.94, lo que es un indicador de la rapidez del proceso, ya que el testigo obtuvo una relación C/N de 17.78. Ya en el análisis final, tanto el método Takakura y el método Em-compost obtuvieron valores cercanos a 10 a los 70 días, con una relación de 11,03 y 10,12 respectivamente; mientras que el testigo obtuvo una relación de 0,40 a los 223 días, cuando se dio la estabilidad del proceso. Según Martínez y otros (2011), el porcentaje de fósforo en un compost maduro varía entre 0,1% – 1,0% (1g a 10g por Kg de compost), lo que indica que tanto los métodos de compostaje como el testigo están en el rango establecido.

Según la Norma de calidad de compost de la República de Chile, la cantidad de sales que deberían existir en un compost maduro es de  $\leq 5$  dS/m (Compost Clase A) y de 5-12 dS/m (Compost Clase B). Según esta información tanto los métodos Takakura y Em-compost como el Testigo están en el rango de compost de clase A. La conductividad eléctrica debería aumentar durante el proceso de compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica, hecho que produce un aumento de la concentración de nutrientes (Moreno y Moral, 2008), pero en la investigación en los dos métodos y en el testigo, ésta disminuyó. Este puede ser debido a fenómenos de lixiviación en la masa, provocados por la humectación excesiva de la misma (Moreno y Moral, 2008).

La porosidad o el espacio poroso total es el volumen total del material no

ocupado por partículas orgánicas ni minerales, un nivel adecuado de porosidad es aquel que se sitúa por encima del 80% en volumen (Martínez, 1992). Los dos métodos como el testigo estuvo un rango aproximado de porosidad del 87% (ver Tabla 05).

#### 4. Conclusiones

El método Takakura fue el proceso más rápido en lo que respecta a la madurez del compost, con un promedio de 57.67 días; seguido por el método Em-compost con un promedio de 62 días. El testigo presentó un proceso más lento, con un tiempo promedio de madurez de 212.67 días.

El porcentaje del rendimiento del compostaje fue mayor en el método Em-compost, con un promedio de 19.90%, seguido por el método Takakura con un promedio de 19.11%. El testigo obtuvo un rendimiento más bajo, con un porcentaje de 13.39%.

Tanto el método Takakura como el método Em-compost obtuvieron una constante de temperatura y pH más rápido que el testigo, demostrando así la eficacia de los métodos para obtener con mayor rapidez un compost maduro y de calidad.

#### 5. Referencias

- AOAC – Association of Official Analytical Chemist. 1990. Official Methods of Analysis. Vol. 1, Chapter 4, 15th Edition, Edited by Kenneth Helrich, Virginia, U.S.A. p. 69, 79.
- IGES - Institute for Global Environmental Strategies. 2009. Programa de reducción de residuos mediante la promoción del compostaje de residuos orgánicos por el sistema KitaQ. Ed. JICA. Japón.
- INTEC. 1999. Corporación de Investigación Tecnológica de Chile. Manual de compostaje. Editorial INTEC. 1era ed. Santiago de Chile - Chile.
- Jhorar, B., Phogat, V. y Malik, E. 1991. Kinetics of composting rice Straw with glue waste at different C/N ratios in a semiarid

- environment. *Arid Soil Rest. Rehabil.*, 5:297-306.
- JPEC Co., Ltd. Wakamatsu Environment Research Institute. 2005. *Basic Theory of Compost (Takakura Compost)*.
- Ley general de residuos sólidos. Ley N° 27314. Decreto supremo N° 057-04-PCM. 2004. Marco institucional de los residuos sólidos en el Perú. SINCO Editores. Lima- Perú.
- Martínez, F. 1992. Propuesta de metodología para la determinación de las propiedades físicas de los sustratos. *Actas de Horticultura*, 11:55-66.
- Martínez, M., Gutierrez V., Novo R. 2011. *Microbiología aplicada al manejo sustentable de suelos y cultivos*. Ed. USM. Universidad Federico Santa María, Chile. 235p.
- Moreno, J. y Moral, R. 2008. *Compostaje*. Editores Científicos. Madrid – España.
- Norma de calidad de compost. 2000. Comisión Nacional del Medio Ambiente – departamento descontaminación, planes y normas. Santiago – Chile.
- Rodríguez, M. y Córdoba, A. 2006. *Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos*. S y G editores. Coyoacán – México.
- Sánchez-Monedero, M, Roig, A., Paredes, C. y Bernal, M. 2001. Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures, *Biores. Technol.*, 78(3):301-308.
- Sztern, D. y Pravia, M. 1996. *Manual para la elaboración de compost – Bases conceptuales y procedimientos*. Organización panamericana de la salud OPS- Uruguay.
- Walker, J. 1993. Control of composting odor, pp. 185 -218. En: H. A. J. Hoitink y H. M. Keener (eds.). *Science and Engineering of composting and Design, Environmental, Microbiological and Utilization Aspect*. The Ohio State University, Wooster, OH. EE.UU.

