

Characterization of organic fertilizer with beneficial microorganisms of the ASOSERMARCE community in Marcelino Maridueña

Vladimir D. Holguin, M.Sc.¹, Hector I. Apolo, M.Sc.¹, Bruno G. Jara, Chm. Eng.¹ and Cinthya E. Pacalla, Chm. Eng.¹

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Campus Gustavo Galindo Km. 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador.

vladholg@espol.edu.ec, hapolo@espol.edu.ec, bajara@espol.edu.ec, cinpacal@espol.edu.ec.

Abstract– This article aims to characterize vegetable urban waste with beneficial microorganisms in the Marcelino Maridueña community to obtain compost, considering that the recyclers of the ASOSERMARCE association produce organic fertilizer of poor quality, which difficult them to commercialize it.

Several factors a related such as: improper selection of residues, unused beneficial bacteria, poor monitoring of key variables and lack of physical-chemical analysis during the composting process.

A suitable for the recyclers methodology is proposed for the compost elaboration, by means of an adequate waste selection considering the carbon to nitrogen ratio, the correct handling of the waste pile, the use of beneficial bacteria (Q- BIO COMPOSTER) that allow to obtain a product with high nitrogen content and in less time, adequate monitoring and measurement of variables and physical-chemical analysis during the composting process.

As a result, this richer in nutrients compost obtained will have more market opportunities as well as will increase its productivity.

Keywords— beneficial bacteria, waste characterization, compost, urban waste, carbon to nitrogen ratio.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.244>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Caracterización de abono orgánico con microorganismos benéficos en la comunidad ASOSERMARCE del cantón Marcelino Maridueña

Vladimir D. Holguin, M.Sc.¹, Hector I. Apolo, M.Sc.¹, Bruno G. Jara, Chm. Eng.¹ and Cinthya E. Pacalla, Chm. Eng.¹

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Campus Gustavo Galindo Km. 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador.

vladholg@espol.edu.ec, hapolo@espol.edu.ec, bajara@espol.edu.ec, cinpacal@espol.edu.ec.

Este artículo tiene como finalidad presentar la caracterización de los residuos vegetales urbanos con microorganismos benéficos en la comunidad Marcelino Maridueña para la obtención de compost, dado que en la asociación de recicladores ASOSERMARCE producen abono orgánico de baja calidad, lo cual dificulta su comercialización.

Esto se debe a muchos factores como: la selección inadecuada de los desechos, la no utilización de bacterias benéficas, el escaso monitoreo y control de las variables de seguimiento y la falta de análisis físico químico durante el proceso de compostaje.

Se propone una metodología acorde a las posibilidades de los recicladores para la elaboración de compost, mediante una selección adecuada de los desechos por medio de la relación carbono nitrógeno, el correcto manejo de la pila de los desechos, el uso de bacterias benéficas (Q-BIO COMPOSTER) que permiten obtener un producto con alto contenido de nitrógeno y en menor tiempo, el monitoreo adecuado, la medición de las variables de seguimiento y los análisis físico químicos durante el proceso de compostaje.

De esta manera se podrá estimar la capacidad comercial del producto a obtener en base a otros productos líderes del mercado.

Keywords— bacteria benéfica, caracterización de desechos, compostaje, desechos urbanos, relación carbono nitrógeno.

I. INTRODUCCIÓN

La asociación de recicladores (ASOSERMARCE) por medio de sus integrantes elaboran abono orgánico a partir de los desechos urbanos orgánicos generados en el cantón Marcelino Maridueña, el cual no es competitivo comercialmente; pudiendo ser aprovechados de mejor manera para la obtención de compost de calidad. Este problema se debe a la selección inadecuada de los desechos urbanos a utilizar, el incorrecto control y manejo de los residuos orgánicos durante el proceso de compostaje, y la no utilización de bacterias benéficas desaprovechando sus bondades. Para la elaboración de abono orgánico de alta calidad, se debe empezar por una correcta selección de los desechos en base a la relación carbono nitrógeno de cada material a compostar, el correcto manejo y control de las variables de seguimiento de los desechos urbanos durante el proceso de compostaje [1]. Adicional, el uso de bacterias benéficas permite obtener un producto con alto contenido de nitrógeno y en menor tiempo gracias a los hongos y Bacillus, además de la gran colonia de bacterias que posee.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.244>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Al elaborar abono orgánico a partir de los desechos de la comunidad, estos se revalorizan ayudando a generar empleo a la asociación, reducen la contaminación ambiental tanto los componentes suelo, agua y aire, evitan la proliferación de organismos vectores de enfermedades como roedores y moscas y aumentan el tiempo de vida útil del relleno sanitario [2].

En la Tabla I se muestran los rangos que un compost de calidad debe tener para su comercialización.

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DE UN COMPOST MADURO

Materia orgánica	pH	Conductividad eléctrica (ms/cm)	Nitrógeno	Potasio	Calcio
55-65 (%)	6-8.5	4-7	1.4-2.6 (%)	1.1-2.1 (%)	1.1-3.1 (%)

Fuente: [1]

En un informe emitido por el Banco Mundial, indica que en países en vías de desarrollo muchas veces no se realiza una gestión para el manejo de los desechos generados siendo parte esencial para el desarrollo sostenible de las ciudades, por lo que solo el 4% de los desechos se lo recicla. Por otro lado, en países desarrollados se recicla y se composta más del 30% de los desechos generados [3].

En el Ecuador, la actividad principal es la agrícola, razón por la que se pueden realizar proyectos de compostaje. La caracterización de los desechos generados de la mayor parte de los Municipios Autónomos Descentralizados en el Ecuador obtuvo como resultado: un 58% de desechos orgánicos, y un 42% de desechos inorgánicos (plásticos desechos sanitarios u otros) [4].

En la actualidad más de la mitad de la materia orgánica de los residuos municipales se desaprovecha siendo enviada como disposición final a botaderos municipales; se estima que alrededor del 19% de los desechos es seleccionado y clasificado para elaborar abono orgánico [5].

Por otra parte, la Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN), creó la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) que es una organización intergubernamental que está formada por países de Canadá, Estados Unidos y México; en la que argumentan que si se disponen apropiadamente los desechos orgánicos representaría una oportunidad en favor de la sustentabilidad, con una reducción

del impacto ambiental y productos que se puedan aprovechar [6].

A. Compostaje (abono orgánico)

Es un producto obtenido por medio de un proceso biológico a partir de la descomposición de la materia orgánica. Tiene aspecto de tierra, libre de malos olores y microorganismos patógenos [7].

B. Variables de seguimiento

Las etapas del proceso de compostaje son: mesófila, termófila, enfriamiento y madura [1]. Las variables de seguimiento que se miden durante las cuatro etapas son:

- **Temperatura:** Durante el proceso la temperatura se encuentra en 25 °C, posteriormente comienza a subir hasta alcanzar los 70 °C y luego retorna a su temperatura inicial en su última etapa [1].
- **Humedad:** Es el contenido de agua que poseen los desechos durante el proceso de compostaje [1].
- **pH:** Los materiales a compostar indican el pH inicial del proceso y dependiendo de la fase del proceso aumenta de 5 a 8 siendo ese el rango apropiado para el proceso de compostaje [1].
- **Aireación:** La pila de desechos requiere de oxígeno para retirar la humedad presente. La cantidad de oxígeno va a depender de la naturaleza de material que se va a compostar, del tamaño de las partículas y la humedad que tenga la pila durante el proceso [1].

En la tabla II se muestran los rangos permisibles de las variables del proceso en cada etapa.

TABLA II
RANGO PERMISIBLE DE PARÁMETROS EN EL PROCESO

Parámetro	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C:N	25:1 - 35:1	15:20	10:1 - 15:1
Humedad	50% - 60%	45%-55%	30% - 40%
Concentración de oxígeno	~10%	~10%	~10%
Tamaño de partícula	<25 cm	~15 cm	<1,6 cm
pH	6,5 - 8,0	6,0-8,5	6,5 - 8,5
Temperatura	45 - 60°C	45°C-Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
Densidad	250-400 kg/m ³	<700 kg/m ³	<700 kg/m ³
Materia orgánica (Base seca)	50%-70%	>20%	>20%
Nitrógeno Total (Base seca)	2,5-3%	1-2%	~1%

Fuente: [1]

C. Variables óptimas para obtener un producto de calidad

Las siguientes variables se miden durante el proceso de compostaje.

- **Dimensiones de la partícula:** La textura debe ser homogénea para que exista un mejor contacto superficial entre los desechos de la pila y las bacterias

puedan transformar los desechos vegetales con mayor rapidez [8].

- **Contenido nutricional (NPK):** Estos macronutrientes requieren tener un rango óptimo para la obtención de un producto de calidad.
- **Contenido de la materia orgánica:** es proporcional a la formación de las colonias bacterianas durante el proceso de compostaje;
- **Carbono orgánico:** El exceso de carbono puede retardar el proceso hasta que las estructuras de nitrógeno se puedan degradar;
- **Relación Carbono Nitrógeno:** Son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica, el carbono suministra la energía para las bacterias durante el proceso y el nitrógeno ayuda al crecimiento y las proteínas para los cultivos [8].

C. Organismos benéficos

Son la composición de diferentes bacterias benéficas. Actualmente se usa para la producción de alimentos con altos estándares de calidad sin presencia de químicos, el tratamiento de residuos orgánicos (abono orgánico), en camales y otros [9].

D. Biol

Es un subproducto líquido originado del proceso de compostaje al descomponerse los residuos orgánico, amigable con el ambiente y posee altos índices de nutrientes que se absorben fácilmente en los suelos de cultivos [10].

E. Tipos de Bacterias presentes en el proceso

- **Bacterias fotosintéticas:** Microorganismos que realizan su actividad de forma independiente. Sintetizan las excretas de raíces; utilizan la luz natural y el calor del suelo como reserva energética [8].
- **Bacterias ácido lácticas:** Son generadoras del ácido láctico a partir de fuentes de azúcar y de otras estructuras de carbono presentes generados por los microorganismos foto trópicos [8].
- **Levaduras:** Las bacterias foto trópicas secretan sustancias sencillas, luego las levaduras las transforman en sustrato para los microorganismos ácido lácticas [8].

F. Microorganismos eficientes

Son la composición de diferentes bacterias benéficas. Actualmente se usa para la producción de alimentos con altos estándares de calidad sin presencia de químicos, el tratamiento de residuos orgánicos (abono orgánico) y ganadería [9].

G. Q-BIO Composter

Es una mezcla de organismo benéficos, principalmente bacilos y hongos, que permite obtener un abono orgánico en menor tiempo y con mayor contenido de nitrógeno por el aprovechamiento de este desde el amoníaco para el crecimiento bacterias.

II. METODOLOGÍA

La metodología comprendió tres etapas, las cuales se detallan a continuación:

Etapas 1. Caracterización del abono ubicado en el relleno sanitario de la comunidad.

1. Recepción de muestra de abono
2. Trituración de muestra
3. Tamizado en malla de 2mm
4. Análisis físico químico

Etapas 2. Preparación de la pila y el monitoreo apropiado para la obtención de abono orgánico.

1. Selección de desechos vegetales
2. Trituración de desechos vegetales
3. Formación de pila de compostaje
4. Activación de bacterias (Q-BIO COMPOSTER)
5. Volteos (aireación de la pila), cada dos días
6. Toma de lecturas de humedad y temperatura cada 3 días
7. Suministro de lixiviados para humedecer la pila
8. Medición de pH y humedad durante el proceso

Etapas 3. Caracterización del abono obtenido y análisis de rentabilidad

1. Molienda y tamizado en malla 2mm del abono
2. Análisis físicos y químicos
3. Análisis microbiológico
4. Determinar su rentabilidad

Etapas 1. Caracterización del abono ubicado en el relleno sanitario de la comunidad.

Con la finalidad de caracterizar la calidad del abono producido sin monitoreo, ni microorganismo eficientes se tomó una muestra, se la trituró, tamizó y analizó. Los parámetros físico químicos que se midieron fueron:

- **pH:** Para la medición del pH se utilizó el método del potenciómetro que mide la cantidad de iones hidrógeno H^+ que se encuentran presentes en una solución [8].
- **% humedad:** La determinación del contenido de humedad, se lo realizó por el método de la estufa. Este procedimiento se lo realizó bajo condiciones de operación controladas, se preparó la estufa a una temperatura constante 60 grados Celsius para luego introducir la muestra y secarla [8]. A continuación la ecuación (1) para hallar contenido de humedad (H%):

$$H(\%) = ((B-V) - (P-V)) / ((B-V)) \times 100 \quad (1)$$

Fuente:[8]

H = Porcentaje del contenido de humedad de la

muestra

B= Cantidad de muestra sin secar y placa en gramos

P= Cantidad de muestra seca y placa en gramos

V= Peso de placa Petri en gramos

- **Contenido de cenizas:** Se realizó por el método de calcinación de la materia vegetal, en un horno (mufla) de calcinación, en la que el equipo se opera a temperatura constante de 550 grados Celsius [8]. Ecuación empleada:

$$Cen(\%) = P2/P1 \times 100 \quad (2)$$

Cen= porcentaje de cenizas;

P2. =Cantidad de muestra final calcinada a 550°C;

P1= Cantidad de muestra sin calcinar

- **Materia orgánica presente:** Se puede estimar el contenido de materia orgánica presente indirectamente con el contenido de cenizas; al calcinar la muestra los sólidos que se volatilizan ese es el contenido orgánico que posee la muestra.

$$Ma O (\%) = 100 - cen\% \quad (3)$$

Ma O= Contenido de materia orgánica en la muestra

- **Contenido de carbono:** Se obtuvo el contenido de carbono por el método de Walkley – Black, mediante el dato de la materia orgánica y dividiendo para 1.72
- **Contenido de nitrógeno:** Se obtuvo la cantidad de nitrógeno presente en la muestra utilizando el método Kjeldhal (digestión húmeda), el cual nos permite obtener el contenido de nitrógeno. Consta de tres fases las cuales son la digestión, titulación y destilación [8].

$$Nt (\%) = ((Pi - Po)) / M \times 1.4 \times 100 \quad (4)$$

Nt (%)= Cantidad total de nitrógeno;

Pi= Consumo de ácido clorhídrico en la titulación para la muestra en ml

P0=Consumo de ácido clorhídrico en la titulación para el blanco en ml;

1.4= Factor de corrección en mg de Nitrógeno/ ml de ácido clorhídrico;

M= Cantidad de muestra en mg

- **Relación carbono – nitrógeno.**

Es el ratio o relación que se obtuvo dividiendo el %C para el %N

$$Rel. C/N = (\%C) / (Nt(\%)) \quad (5)$$

Una vez realizados estos análisis se comprobó comparando con la Norma Chilena para compost NCh 2880 que el producto obtenido no podía comercializarse por estar fuera de los rangos de calidad que exige la Norma.

Etapas 2. Preparación de la pila y el monitoreo apropiado para la obtención de abono orgánico.

Se elaboró abono orgánico a partir de los desechos urbanos que se generaron en el mercado y los alrededores del

cantón Marcelino Maridueña. En la siguiente Fig.1 se muestra el proceso de compostaje.

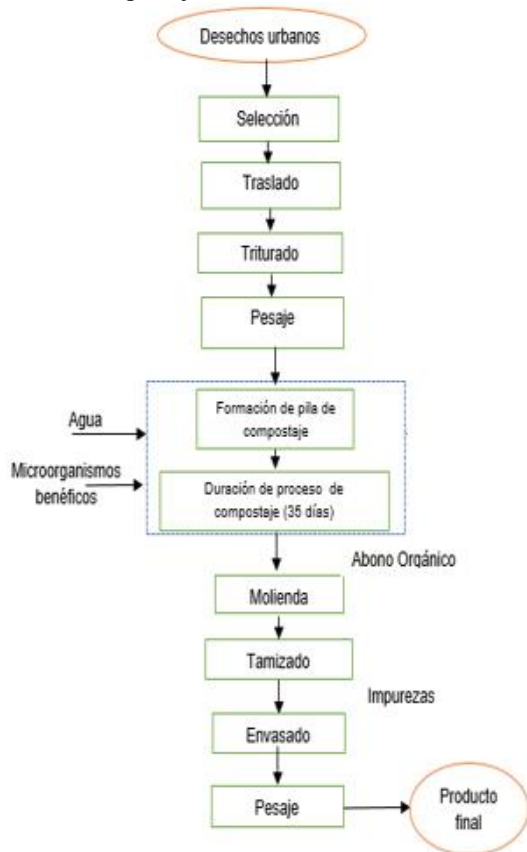


Fig. 1 Diagrama del proceso de compostaje

De manera preliminar se realizó el acopio de los residuos orgánicos en base a la relación carbono nitrógeno de cada material para de esta forma tener un producto equilibrado. La pila se formó con los desechos generados durante dos días; cabe indicar que se utilizó material de los alrededores para tener las mínimas dimensiones que requiere la construcción de la pila de compostaje.

TABLA III
MATERIALES UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DE ABONO ORGÁNICO
EN BASE A LA RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO

Desechos vegetales	Relación C/N	Cantidad (sacos)	Peso (lb)
Residuos de lechuga	14/1	4	120
Residuos de brócoli	12/1	2	40
Hojas verdes	17/1	1	20
Cascara de yuca	130/1	¼	20
Cascara de frejol tierno	25/1	1,5	35
Cascara de habas	27/1	1.5	35
Cascara de alverjitas	25/1	1	30
Total			300

Después se trasladaron los desechos a un lugar más apropiado ya que el relleno sanitario de la localidad no prestaba las condiciones adecuadas para construir la pila de compostaje; se colocó una geomembrana que sirva para la recuperación de los lixiviados que se generen durante el

proceso y para poner encima los desechos y tritararlos de forma manual con la ayuda de machetes a una dimensión aproximada de 3 centímetros, de tal manera la pila se pueda airear y el proceso se pueda compostar con mayor rapidez. La pila formada tuvo una dimensión de 1 m de alto, 1.10 m de largo y 1 m de ancho.

Luego se prepararon las bacterias benéficas con agua y dosificándola en base al peso que la pila de desechos contenía para suministrarla. Los volteos de la pila se realizaron cada tres días debido a la humedad que la pila tenía; cabe indicar que la medición de la humedad se la realizó con un medidor de humedad y se comprobaba esta lectura en el laboratorio con la ayuda del secador.

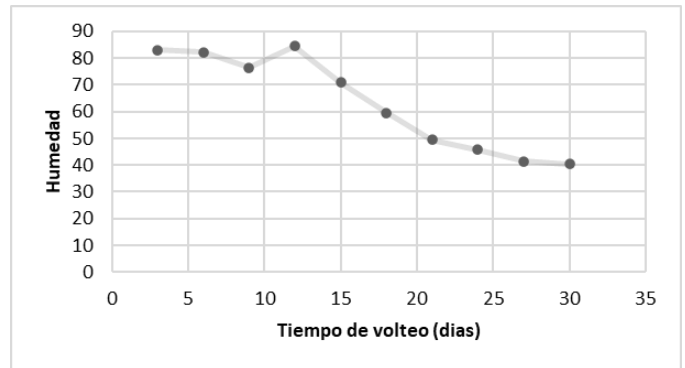


Fig. 2 Comportamiento de temperatura vs día volteo

Además, se realizó la medición del pH una vez por semana con la ayuda del pH metro, esto con la finalidad de estimar el rango en que se encontraba la pila de compostaje el cual debía estar entre 6 y 8.5. A los 28 días del proceso se realizó la medición del pH a la muestra; el cual se elevó repentinamente, se debía ajustar el pH con la ayuda de un compuesto de grado alimentario (ácido cítrico), el cual ayudaría a ajustar el pH a los rangos permisibles requeridos.

La medición de la temperatura se lo realizaba cada tres días antes del volteo, el cual serviría para saber en qué etapa del proceso se encontraba la pila. Al inicio la pila se encontraba a temperatura ambiente y con el paso de los días su temperatura llegó cercana a 70 grados Celsius y luego descendió a temperatura ambiente nuevamente siendo esta la etapa final de maduración.

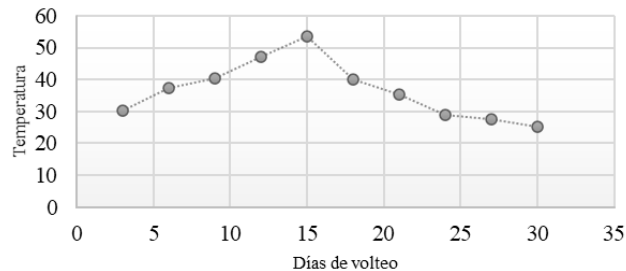


Fig. 3 Comportamiento de temperatura vs día volteo

Etapas 3. Caracterización del abono obtenido y análisis de rentabilidad

Cuando el compost ya estaba en etapa madura se procedió a tamizarlo en una malla de 2 mm el cual ayudó a retener material no degradado e impurezas.

Se realizó el pesaje del producto final (abono orgánico), con un peso aproximado de 120 libras; cabe indicar que el proceso tiene una conversión a partir de material fresco a producto final del 40%.

TABLA IV
CONVERSIÓN DE DESECHO ORGÁNICOS A ABONO

Material	%conversión
Masa de abono obtenido	40%
Biol generado	5%
Impurezas y pérdidas por formación de gases	55%

Luego del tamizado se procedió a realizar el análisis físico químico para determinar si el abono orgánico obtenido con bacterias benéficas estaba dentro de los estándares de calidad que exige la Norma Chilena NCh 2880 para compost.

Los parámetros para analizar fueron: pH, conductividad eléctrica, humedad, contenido de materia orgánica, contenido de cenizas, prueba de germinación, contenido de nitrógeno, contenido de carbono, relación carbono nitrógeno, contenido de fósforo, contenido de potasio cantidad de bacterias presentes. Siguiendo los mismos procedimientos realizados anteriormente en la Etapa 1.

- **Determinación de la cantidad de bacterias formadas:** Para conteo se realizó el siguiente procedimiento
 - Limpiar cuidadosamente la cámara Neubauer y su malla protectora.
 - Esperar que se seque.
 - Pesar la muestra, preparación la solución, para el cálculo del factor de dilución.
 - Diluir la muestra con agua destilada en un vaso de precipitación, luego agregar unas gotas de solución dentro de los canales de la cámara.
 - Poner la cámara Neubauer en la base de vidrio del microscopio y realizar el conteo de la formación de colonias bacterianas.
 - Calcular la concentración real de las bacterias

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de realizar el análisis físico químico al abono orgánico a partir de desechos urbanos y bacterias benéficas, se pudo constatar que el producto final se encuentra dentro de los rangos de calidad que exige la Norma chilena NCh 2880 para compost. Los resultados se pueden apreciar en la tabla V donde a su vez se compara el abono sin y con microorganismos benéficos (Q-Bio Composter).

TABLA V
RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL ABONO PROCESADO CON Q – BIO COMPOSTER, REALIZADO POR EL LABORATORIO AGRO AROMA

Parámetros	Abono sin Q – BIO COMPOSTER	Abono con Q – BIO COMPOSTER	Norma Chilena Nch 2880
% N	0,4	2,1	≥0,5
% P ₂ O ₅	-	1,24	1-2
% K ₂ O	-	4,09	3,5-4,5
% CaO	-	2,06	2-4
% MgO	-	0,67	0,6-0,8
Mn ppm	-	104,98	
% Fe	-	0,19	0,15-0,8
Cu ppm	-	8,75	-
Zn ppm	-	52,49	-
% C/N	58,65	15,38	≤25
% M.Org	40,52	55,71	≥20
pH	10,33	8,54	6-8-5
% Humedad	11,73	12,1	11,5 – 12,5
Prueba de germinación	4	2	≤2
Conductividad eléctrica (ds/m)	8,33	3,7	≤4

A. Análisis de rentabilidad de la producción de abono orgánico.

El análisis se lo realizó en base a la cantidad de desechos generados en el mercado Marcelino Maridueña y convertido en abono orgánico.

Para que se elabore abono, la pila requería de un tamaño como mínimo de 1 metro de alto, 1 metro de largo y 0.9 metros de ancho; pero la cantidad de desechos que se generó en el mercado y se almaceno para construir la pila de desechos, no podía cumplir con esa mínima condición de tamaño, por lo que se hizo el acopio de otros desechos para alcanzar las dimensiones que requería la pila.

De acuerdo a los datos proporcionados por el municipio de Marcelino Maridueña, con respecto al peso de los desechos orgánicos recolectados en un solo fin de semana fue aproximadamente de 17,67 kg (3 sacos).

De esta manera se hizo el acopio de 12 sacos con desechos generados en el mercado y de otros lugares, de esta forma se obtuvo un peso aproximado de 136 kilos. Así se logró alcanzar el mínimo tamaño que requería la pila de compostaje.

$$136 \text{ kilos de desechos} \times \frac{1 \text{ ton. de desechos}}{1000 \text{ kg de desechos}} = 0.136 \text{ ton. de desechos}$$

$$0.136 \text{ toneladas de desechos} \times \frac{0.45 \text{ ton. abono}}{1 \text{ ton de desechos}} = 0.0612 \text{ ton. de abono}$$

$$0.0612 \text{ ton. de abono} \times \frac{1000 \text{ kilogramos de abono}}{\text{ton. abono}} \times \frac{1 \text{ saco de abono}}{50 \text{ kilogramos abono}} = 1,224 \text{ sacos de abono}$$

La densidad del biol es 0.97 toneladas /m³ [10]

$$0.136 \text{ toneladas de desechos} \times \frac{0.05 \text{ ton. biol}}{1 \text{ ton de edechos}} = 0.068 \text{ ton. de biol}$$

$$0.068 \text{ ton. de biol} \times \frac{1 \text{ m}^3 \text{ de biol}}{0.97 \text{ ton de biol}} \times \frac{1000 \text{ litros}}{1 \text{ m}^3 \text{ de biol}} = 7 \text{ litros de biol}$$

Se generaría 1.224 sacos de abono y 7 lt de biol

El costo de un saco de urea de 50 kg bordea los \$26, teniendo una composición alta en nitrógeno del 46% [11].

En base al análisis físico químico realizado al producto final, el contenido de nitrógeno es alrededor del 36%, se determinó que el precio de un saco de abono COMPOSTOMARCE es de \$19.

El precio de un 1 lt de biol es de \$ 3.50; en nuestro caso el precio venta será de \$ 3.

$$1.224 \text{ sacos de abono} \times \frac{\$ 19}{1 \text{ saco de abono}} = \$ 23.25$$

$$7 \text{ litros de biol} \times \frac{\$ 3}{1 \text{ litro de biol}} = \$ 21$$

Los ingresos por elaboración de abono orgánico con la cantidad sacos de utilizados son de \$ 44.25, en base a la siguiente tabla los gastos de producción de abono son de \$142 lo que indica que hay una pérdida de \$ 100. Por tal motivo el proceso no es rentable si se utilizan pequeñas cantidades de desechos.

TABLA VI

CALCULO DE GASTOS POR ELABORACIÓN DE ABONO ORGÁNICO

Actividad y materiales	# personas, material y movilización	Costo Total ($\frac{\$}{\text{unidad}}$)
Acopio de desechos	1	\$32
Compra de sacos	10	\$2
Traslado de desechos	1	\$12
Adquisición de machete	2	\$8
Adquisición de palas	2	\$12
Adquisición de geomenbrana	1	\$4
Alquiler de báscula.	1	\$3
Formación de pila de desechos	1	\$8
Monitoreo durante el proceso	2	\$40
Dosis de Q-BIO (COMPOSTER)	1	\$5
Ensacado de abono orgánico	2	\$16
Gasto Total		\$142

Para que el proceso sea rentable se debe tener una cantidad de desechos mínima a pilas de composta de 1 tonelada:

La cantidad de abono orgánico producido a partir de una tonelada de desechos se calcula a continuación:

$$1 \text{ ton. de desecho} \times \frac{0.45 \text{ ton. de abono}}{1 \text{ ton. de desecho}} = 0.45 \text{ ton. de abono}$$

$$0.45 \text{ ton de abono} \times \frac{1000 \text{ kilogramos de abono}}{1 \text{ ton de abono}} = 450 \text{ kg de abono}$$

$$450 \text{ kg de abono} \times \frac{1 \text{ saco de abono}}{50 \text{ kg abono}} = 9 \text{ sacos de abono}$$

La cantidad de biol generado para una tonelada de desechos es:

$$1 \text{ ton de desecho} \times \frac{0.05 \text{ ton. de biol}}{1 \text{ ton. de desecho}} = 0.05 \text{ ton. de biol}$$

$$0.05 \text{ ton. de biol} \times \frac{1 \text{ m}^3 \text{ de biol}}{0.97 \text{ ton de biol}} \times \frac{1000 \text{ litros de biol}}{1 \text{ m}^3 \text{ de biol}} = 51 \text{ litros de biol}$$

$$9 \text{ sacos de abono} \times \frac{\$ 19}{1 \text{ saco de abono}} = 171$$

$$51 \text{ litros de biol} \times \frac{\$ 3}{1 \text{ litro de biol}} = \$ 153$$

Balance de rentabilidad del proceso: \$171 + \$153 - \$142= \$182

El análisis de rentabilidad dio un balance positivo con una ganancia al mes aproximada de \$182. El beneficio económico sería mayor si la cantidad de desechos a compostar fuese de 3 toneladas de desechos en adelante.

Finalmente, la rentabilidad del producto se la determinó en base a los costos generados durante la selección de los materiales a compostar, hasta la obtención del compost en su fase madura. Cabe indicar que la capacidad comercial se la realizó comparándola con el producto mayormente consumido por los agricultores siendo este la urea granular

De tal manera se puede apreciar la importancia de aprovechar los desechos urbanos que se generan en el cantón y sus alrededores para obtener ingresos económicos. Sin embargo, es necesario fomentar este tipo de biotecnología en conjunto con el Municipio de la localidad haciéndolo sostenible tanto para la asociación ASOSERMARCE, El Municipio y los habitantes del cantón.

IV. CONCLUSIONES

Los resultados del análisis físico químico y microbiológico realizado al abono orgánico, están dentro de los rangos de calidad según la Norma Chilena NCh 2880 para compost.

Las bacterias benéficas permiten obtener el abono orgánico, en un periodo de tiempo de 30 a 35 días, que generalmente se lo obtienen de forma tradicional entre 120 a 150 días.

Las bacterias gracias a sus bondades proporcionan que el abono orgánico tenga mayor contenido de nitrógeno, el cual favorece la productividad de los cultivos.

La implementación de esta Biotecnología generaría fuentes de ingresos para la asociación ASOSERMARCE.

La revalorización y el aprovechamiento de los desechos urbanos además de generar ingresos económicos a la asociación, permite aumentar el tiempo de vida útil del relleno sanitario del cantón.

V. RECOMENDACIONES

Es recomendable la utilización de equipos de protección personal para la construcción, manejo y control de la pila, por seguridad y para evitar la contaminación de la pila.

Se recomienda realizar una mezcla adecuada de los distintos desechos en base a la relación carbono nitrógeno de los materiales a compostar, para que el producto final sea equilibrado.

Se recomienda realizar la trituración de los desechos de la pila en dimensiones de 2 a 3 cm, esto será muy beneficioso para un rápido compostaje y también para que la aireación en la pila sea la adecuada.

Se recomienda el uso de las bacterias benéficas en cantidades adecuadas, debido a que reducen los malos olores y presencia de organismo vectores, al igual que reduce el tiempo de obtención del abono orgánico y requiere una menor área para el compostaje.

REFERENCIAS

- [1] Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Manual de compostaje del agricultor, <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>, 2013
- [2] Bobbio, L., Melé, P., & Ugalde, V. (2017). Conflictos y concertación: La gestión de los residuos en México, Italia y Francia. México: Colegio de México AC.
- [3] Kaza, Silpa; Yao, Lisa C.; Bhada-Tata, Perinaz; Van Woerden, Frank. 2018. What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development;. Washington, DC: World Bank. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317> License: CC BY 3.0 IGO.”
- [4] Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos. *Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales* Contenido. 15–17. Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Gestion_Integral_de_Residuos_Solidos/2016/Presentacion_Residuos_Solidos_2016_F.pdf
- [5] Galera, A., Hidalgo, A. M., & Gómez, M. D. M. M. (2014). Biorresiduos: gestión y alternativas de utilización.
- [6] CCA (2017). Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte,
- [7] Feder, F. (2004). Aplicación del compost en los sectores agrícola en Cádiz, Huelva y Granada.
- [8] Mendoza, M. (2012). Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la Universidad de Piura. Tesis de pregrado en Ingeniería Industrial y de Sistemas. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú.
- [9] APROLAB, (2007). Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces [Base de datos en línea]. Perú: Instructivo No. 001-2007. [Fecha de acceso 28 de febrero del 2020].URL disponible en: <https://www.scribd.com/document/70087156/Manual-Para-Elaboracion-de-Compost>
- [10] Sistema de Biobolsa. (2015). Sistema Biobolsa®/ Manual de BIOL Contenido. *Manual de Biol*, 17.
- [11] UNIDAD NACIONAL DE ALMACENAMIENTO EP. (23 de Mayo de 2017). Listado de precios. Obtenido de Listado de precios: <http://www.una.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/12/LISTA-DE-PRECIOS-DTCI.pdf>