

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POST GRADO

MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA



**“COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y DE
LENTEJA DE AGUA (*Lemna sp.*) CON APLICACIÓN
MICROORGANISMOS EFICACES”**

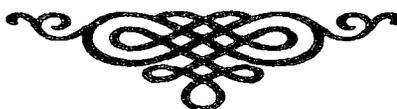
TESIS:

PRESENTADA POR:

MARIA ELENA SUAÑA QUISPE

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAGISTER SCIENTIAE EN
AGROECOLOGIA**



PUNO - PERÚ

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO	
BIBLIOTECA CENTRAL AREA DE TESIS	
Fecha Ingreso:	07 AGO 2014
N°	00429

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POST GRADO**

MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA



**“COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y DE LENTEJA DE
AGUA (*Lemna sp.*) CON APLICACIÓN MICROORGANISMOS
EFICACES”**

T E S I S:

PRESENTADA POR:

MARIA ELENA SUAÑA QUISPE

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAGISTER SCIENTIAE EN
AGROECOLOGIA**

PUNO – PERÚ

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA
ESPECIALIDAD EN AGROECOLOGÍA



“COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y LENTEJA DE AGUA (*Lemna spp.*) CON APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES”

TESIS PRESENTADA POR:

MARIA ELENA SUAÑA QUISPE

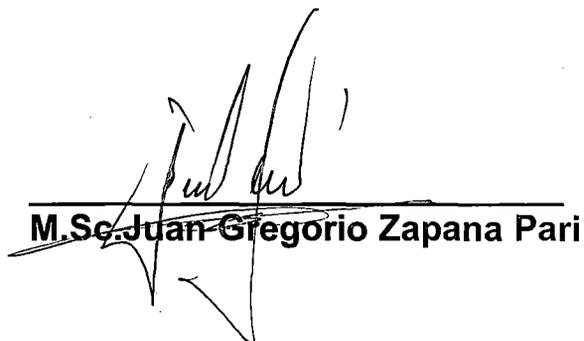
PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER SCIENTIAE EN AGROECOLOGÍA

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

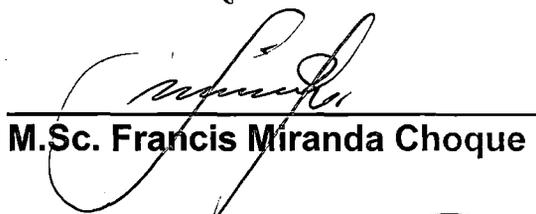
PRESIDENTE :


M.Sc. Evaristo Mamani Mamani

PRIMER MIEMBRO :


M.Sc. Juan Gregorio Zapana Pari

SEGUNDO MIEMBRO :


M.Sc. Francis Miranda Choque

ASESOR DE TESIS :


M.Sc. Angel Cari Choquehuanca

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso, quién me dio la fe, la fortaleza y salud para seguir adelante.

Con gran amor y cariño a todos mis seres queridos, por su apoyo y dedicación que me han permitido alcanzar este deseo compartido para seguir siempre adelante, contribuyendo en mi formación personal y profesional.

María Elena

AGRADECIMIENTO

A mi Alma Mater la Universidad Nacional del Altiplano, quienes me acogieron en sus aulas durante los años de mi formación profesional.

Con gran aprecio y profundo reconocimiento a los miembros integrantes del Jurado Calificador: M.Sc. Evaristo Mamani Mamani, M.Sc. Juan Gregorio Zapana Pari, M.Sc. Francis Miranda Choque, por su orientación necesaria para el enriquecimiento teórico de la presente investigación.

Al asesor M.Sc. Ángel Cari Choquehuanca, por su respaldo, dirección continua y determinación que han sido esenciales en la culminación de mis aspiraciones profesionales.

A mis amigas, amigos y compañeros que supieron brindarme su amistad y me apoyaron cuando más lo necesitaba.

María Elena

I N D I C E

Pág.

RESUMEN

INTRODUCCION

CAPITULO I	EL PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	1
CAPITULO II	MARCO TEORICO.....	4
2.1	Antecedentes.....	4
2.1.1.	Producción de Residuos Sólidos Urbanos y Lenteja de Agua.....	4
2.1.2.	Obtención de Compost con Microorganismos Eficientes.....	7
2.1.3.	Tiempo de Descomposición y Granulometría del Compost.....	12
2.1.4.	Utilidad del Compost.....	15
2.1.5.	Determinaciones Físicas – Químicas.....	17
2.2	Marco Teórico.....	20
2.2.1.	El Compostaje.....	20
2.2.2.	Composición Química del Compost.....	21
2.2.3.	Microorganismos Eficientes.....	22
2.2.4.	Abonos Orgánicos.....	25
2.2.5.	Aspectos Generales de Lemna sp. (Lenteja de Agua).....	26
2.3.	Marco Conceptual.....	29
CAPITULO III	METODOLOGIA.....	31
3.1	Metodología de la Investigación.....	31
3.1.1.	Procedimientos.....	31
3.1.2.	Análisis Físico y Químico de Laboratorio.....	34
3.1.3.	Análisis Estadístico.....	46
3.1.4.	Ámbito de Estudio.....	47

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSION.....	48
4.1. Evaluación del Tiempo de Descomposición y Granulometría del Compostaje de Residuos Orgánicos Domésticos y Lenteja de Agua (<i>Lemna spp</i>).....	48
4.2. Evaluación de la Temperatura y pH en el Compostaje de Residuos Orgánicos Domésticos y Lenteja de Agua (<i>Lemna spp</i>).....	51
4.2.1. Temperatura del Compost.....	51
4.2.2. Potencial de Hidrogeniones (pH) en el Compost.....	55
4.3. Análisis de las Concentraciones de los Elementos Químicos: Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Sodio en la Elaboración de Compostaje a partir de Residuos Orgánicos Domésticos y Lenteja de Agua (<i>Lemna spp</i>).....	59
4.3.1. Análisis del Nitrógeno (N) en Compost.....	59
4.3.2. Análisis del Fósforo (P) en el Compost.....	64
4.3.3. Análisis del Potasio (K) en el Compost.....	67
4.3.4. Análisis de Sodio Total (Na) en el Compost.....	70
CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES.....	76
BIBLIOGRAFIA.....	77
ANEXOS.....	84

CUADROS

	Pág.
CUADRO N° 1 Tipos de Compost y Dosis de EM Utilizadas en el Estudio....	32
CUADRO N° 2 Valores de Referencia de pH.....	36
CUADRO N° 3 Valores de Referencia para Nitrógeno.....	40
CUADRO N° 4 Valores de Referencia para Fósforo.....	43
CUADRO N° 5 Tiempo de Descomposición del Compost (días) y Granulometría (% <1.5 mm.), Según Materia de Origen y Dosis de EM.....	48
CUADRO N° 6 PROMEDIO DE Temperatura (°C) del Compost, Según Materia de Origen y Dosis de EM.....	51
CUADRO N° 7 Análisis de Varianza para la Temperatura de Compost, Considerando Dos Tipos de Materia Prima, Tres Dosis de EM y Tres Meses..	52
CUADRO N° 8 Prueba de Rango Múltiple de Duncan para la Temperatura, Según las Dosis de EM en Compost.....	53
CUADRO N° 9 Promedio de pH del Compost, Según Materia Prima de Origen y Dosis de EM.....	56
CUADRO N° 10 Análisis de Varianza para el pH de Compost, Considerando Dos Tipos de Materia Prima, Tres Dosis de EM y Tres Meses.....	57
CUADRO N° 11 Promedio de Nitrógeno del Compost, Según Materia de Origen y Dosis de EM.....	60
CUADRO N° 12 Análisis de Varianza para el Nitrógeno de Compost. Considerando Dos Tipos de Materia Prima, Tres Dosis de EM y Tres Meses..	61
CUADRO N° 13 Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Nitrógeno (%) Según las Dosis de EM en Compost.....	62

CUADRO N° 14 Promedio de Fósforo en el Compost, Según Materia de Origen y Dosis de EM.....	64
CUADRO N° 15 Análisis de Varianza para el Fósforo de Compost, Considerando Dos Tipos de Materia Prima, Tres Dosis de EM y Tres Meses..	65
CUADRO N° 16 Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Fósforo (%), Según la Dosis de EM en Compost.....	66
CUADRO N° 17 Promedio de Potasio (k) en el Compost, Según Materia De Origen y Dosis de EM.....	67
CUADRO N° 18 Análisis de VaRIANZA PARA Potasio (%) en Compost, Considerando Dos Tipos de Materia Prima, Tres Dosis de EM y Tres Meses..	69
CUADRO N° 19 Promedio de Sodio (%) en el Compost, Según Materia de Origen y Dosis de EM.....	70
CUADRO N° 20 Análisis de Varianza para Sodio en Compost, Considerando Dos Tipos de Materia Prima, Tres Dosis de EM y Tres Meses.....	71
CUADRO N° 21 Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Sodio Según el Tipo de Materia Prima del Compost.....	72
CUADRO N° 22 Prueba de Rango Múltiple de Duncan para Sodio Según las Dosis de EM en Compost.....	72
CUADRO N° 23 Promedios de Tiempo de Descomposición y Granulometría Según Materia Prima y Dosis de EM.....	86
CUADRO N° 24 Promedios de Temperatura y pH Según Materia Prima y Dosis de EM.....	86
CUADRO N° 25 Promedios de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Sodio Según Materia Prima y Dosis de EM.....	86

FIGURAS

	Pág.
FIGURA Nº 1 Procedimiento Seguido en la Ejecución del Estudio.....	33
FIGURA Nº 2 Tiempo de Descomposición del Compost (días) y Granulometría (% <1.5 mm.), Según Materia de Origen y Dosis de EM.....	49
FIGURA Nº 3 Promedio de Temperatura en Dos Materias Primas de Compost.	52
FIGURA Nº 4 Promedio de Temperatura Según las Dosis de EM en Compost.	53
FIGURA Nº 5 Mecanismo Metabólico de Generación de Calor en el Compost.	55
FIGURA Nº 6 Promedio de pH Según la Materia Prima del Compost.....	56
FIGURA Nº 7 Promedio de pH Según las Dosis de EM en el Compost.....	57
FIGURA Nº 8 Promedio de Nitrógeno (%) Según la Materia Prima del Compost.....	60
FIGURA Nº 9 Promedio de Nitrógeno (%) Según la Materia Prima del Compost.....	62
FIGURA Nº 10 Promedio de Fósforo (%) Según la Materia Prima del Compost.	64
FIGURA Nº 11 Promedio de Fósforo (%) Según las Dosis de EM en el Compost.....	65
FIGURA Nº 12 Promedio de Potasio (%) Según la Materia Prima del Compost.....	68
FIGURA Nº 13 Promedio de Sodio Total Según la Materia Prima del Compost.....	68
FIGURA Nº 14 Promedio de Sodio Total Según la Materia Prima del Compost.....	70
FIGURA Nº 15 Promedio de Sodio Según las Dosis de EM en el Compost....	71
FIGURA Nº 16 Temperatura Diaria para Lenteja de Agua, Según Dosis de EM en el Compost.....	84

FIGURA N° 17 Temperatura Diaria para Residuos Orgánicos, Según Dosis de EM en el Compost.....	84
FIGURA N° 18 Valores de pH Diario para Lenteja de Agua, Según Dosis de EM en el Compost.....	85
FIGURA N° 19 Valores de pH Diario para Residuos Orgánicos, Según Dosis De EM en el Compost.....	85
FIGURA N° 20 Proceso de la Elaboración de Compost.....	87
FIGURA N° 21 Botadero Municipal con Residuos Orgánicos.....	88
FIGURA N° 22 Preparado de las Muestras.....	88
FIGURA N° 23 Armado del Pilón de Compost.....	89
FIGURA N° 24 Toma de Muestras para Análisis de Laboratorio.....	89

RESUMEN

El estudio se realizó en el Departamento de Puno, Perú; en las instalaciones del laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas durante los meses de Octubre a Diciembre del 2012, con el fin de elaborar compost a partir de residuos orgánicos domésticos y Lenteja de agua (*Lemna spp.*) aplicando microorganismos eficaces (EM) a tres dosis (0, 100 y 200 ml) se evaluó el tiempo de descomposición y granulometría, temperatura, pH, nitrógeno, fósforo, potasio y sodio. Se utilizó el análisis de varianza y la prueba de rango múltiple. Los resultados muestran que el tiempo de descomposición a 75 días fue la lenteja de agua; 50 días los residuos sólidos ambos con 200 ml de EM. La granulometría indica un 75 a 90% de gránulos con diámetros <1.5 mm en ambos compost. La temperatura a 26.56 °C para lenteja de agua y 27.48 para residuos orgánicos, similares entre si ($P>0.05$); con 200 ml de EM. El pH de lenteja de agua 6.5, residuos orgánicos 6.4 similares entre si ($P>0.05$). Para las dosis de EM, pH neutros y similares entre si ($P>0.05$), nitrógeno, fósforo y potasio no se encontró diferencia estadística ($P>0.05$), para sodio total la lenteja de agua presenta un valor superior al de los residuos orgánicos. Nitrógeno 0.33% a 200 ml de EM, estadísticamente superior al resto de dosis ($P<0.05$). Fósforo con dosis de EM: 100 ml presentó 41.075 %, 200 ml a 43.72 %, siendo mayores al testigo y similares entre si ($P<0.05$), el testigo con 22.305 %. Para potasio con dosis de EM: 200 ml presentó 0.685%, 100 ml con 0.595% y el testigo 0.5%, sin diferencia estadísticas entre si ($P>0.05$). Sodio presentan promedios similares 662.5 y 725.0 respectivamente, 100 y 200 ml de EM.

Palabras claves: Compost, eficaces, granulometría, microorganismos.

ABSTRACT

The study was conducted in a controlled environment in the laboratory facilities of Biology, Faculty of Biological Sciences, at an altitude of 3815 m. The objectives were: a) evaluate the decay time and particle size on the composting of organic household waste and duckweed (*Lemna spp.*) b) Evaluate the temperature and pH, c) analyze the concentrations of Nitrogen, Phosphorus, Potassium and sodium in the compost. The methodology consisted of composting in piles, using two substrates (duckweed and organic waste) and three doses of effective microorganisms (EM) (0, 100 and 200 ml), assessed by physical and chemical analysis laboratory temperature, pH, nitrogen, phosphorus, potassium and sodium, the statistical analysis used analysis of variance and multiple range test. The results were: The decay time for the duckweed substrate is higher in the control at 90 days, with 82 and 75 days for doses of 100 and 200 ml of EM. For organic waste decomposition time is smaller but similar effect of EM, 65 days in control, 55 and 50 days for doses of 100 and 200 ml respectively. Indicates a grain size from 75 to 90% of granules with diameters <1.5 mm in both substrates of compost. By substrate temperature was 26.56 °C for duckweed and 27.48 for organic waste, similar to each other ($P>0.05$) for doses of EM presented the highest temperature the dose of 100 ml to 29.38 °C. The pH by substrate duckweed was for 6.5, 6.4 organic waste similar to each other ($P>0.05$). According to the substrate used for nitrogen, phosphorus and potassium found no statistical difference ($P>0.05$) for total sodium substrate duckweed has a value greater than the organic waste. For nitrogen according to the dose of EM: with 200 ml 0.33% showed statistically superior to all other doses ($P<0.05$), the dose to 100 ml with 0.235% and 0.145% control. For phosphorus according to the dose of EM: with 100 ml were 41,075 % to 43.72 % with 200 ml, being greater the control and the like each other ($P<0.05$), the witness with 22,305 %. For potassium as the dose of EM: with 200 ml were 0,685%, to 100 ml with 0.595% and the control with 0.5%, no statistical difference between them ($P>0.05$). According to sodium dose of MS: 100 and 200 ml of EM have similar average with 662.5 sodium and 725.0 respectively, higher than the control which showed 550 ($P<0.05$).

Keywords: compost, effective, granulometric, microorganisms.

INTRODUCCION

La basura constituye un problema serio de contaminación, en el mundo moderno. El aumento de la población y del consumismo agrava cada día más el problema (Hernández, 2008).

Ante el incremento de la generación de residuos y promovido por la legislación vigente que prioriza el reciclaje y la valorización de residuos como alternativa a su deposición en vertederos, el compostaje se presenta como una tecnología sostenible para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Esta tecnología permite la valorización de los residuos orgánicos mediante la degradación y estabilización de su contenido en materia orgánica (Barrena, 2006).

El compostaje difiere de otros sistemas de descomposición en que la temperatura y velocidad de descomposición se alteran generalmente por intervención del hombre. Las transformaciones que se producen en un proceso de compostaje presenta ciertos aspectos en común con los mecanismos de humificación en el medio natural, se diferencia fundamentalmente por la concurrencia de unas condiciones ecológicas menos complejas, la ausencia de un sustrato mineral predominante, y la duración mucho más reducida del proceso (Vicente *et al*, 1996).

En Colombia la limitada capacidad de procesamiento de bienes de origen agropecuario donde su transformación implica un reto estresante, la garantía de materias primas e insumos, los estándares de calidad de los alimentos, proveedores a tiempo y presupuestos financieros bien llevados, hacen que sea

difícil garantizar el funcionamiento continuo, de las empresas encargadas de la transformación de perecederos (Mejía y Ramírez, 2013).

El proceso utilizado para la transformación fue el de compostaje aeróbico. Este tuvo una duración de 90 días, tiempo durante el cual se efectuaron varios volteos y se monitorearon los indicadores claves para el buen desarrollo del proceso.

El compost obtenido a partir de los residuos orgánicos, obtuvo contenidos de nutrientes, el cual es el producto comparativo inmediato, utilizado como fuente de materia orgánica.

Durante el proceso no se generaron malos olores y su producto final presentó una apariencia similar a la de tierra húmeda y oscura, por lo que independientemente de su posibilidad de comercialización como fuente de materia orgánica, este proceso constituye un manejo de residuos más inocuo al ambiente que el que actualmente se desarrolla.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El manejo de los residuos sólidos en los hogares a nivel internacional, se ha convertido en uno de los problemas ambientales más importantes, asimismo otros estudios sostienen que el problema no solamente radica en la cantidad sino también en la calidad de residuos que generamos, es decir, composiciones orgánicas altas y aumento de materiales tóxicos, conllevando perjuicio al medio ambiente, peligro para la salud humana y problemas de salud pública.

En el Perú el problema del manejo de residuos sólidos en los hogares, es un serio problema ambiental para el gobierno local y nacional; en vista de que la mayoría de estos carecen de sistemas adecuados para su buen manejo y procesamiento, llegando a contaminar el ambiente por su disposición final en botaderos municipales sin segregación ni tratamiento alguno.

Por otro lado en la región de Puno, la lenteja de agua (*Lemna spp.*) es una planta acuática que se ha propagado por el proceso de eutrofización que ha sufrido el lago Titicaca, siendo una planta indicadora de que existe una gran cantidad de nitrógeno y fósforo en la bahía interior del lago Titicaca, esta

macrófita y otras algas obstruyen el paso de los rayos solares afectando directamente la vida acuática, la contaminación se ha producido por el vertimiento de desagües legales y clandestinos que se han instalado a lo largo de los canales pluviales en los últimos treinta años.

Como alternativa a la acumulación de residuos sólidos orgánicos provenientes de los hogares, así como del uso de la lenteja de agua que es cosechada en la bahía interior del lago Titicaca, se tiene a la producción de compost, que se produce a partir de cualquier tipo de residuo o materia orgánica, aplicando microorganismos eficientes (EM) en el proceso, es posible optimizar el proceso de compostaje, el compost obtenido es un fertilizante que proporciona al suelo nutrientes sin degradarlo ni contaminar los alimentos que se producen con su uso (IDMA, 1993).

El interés existente en la actualidad por la recuperación de los desechos sólidos orgánicos domésticos y el aumento de la lenteja de agua en la bahía interior del lago Titicaca, enlaza dos aspectos ambientales de gran importancia como son el uso de materia orgánica sin utilidad inmediata y la obtención de un producto final (compost), con posibilidades de uso en parques y jardines para la mejora del ornato de la ciudad.

A partir de los problemas planteados anteriormente, se puede indicar que el sistema de manejo de residuos orgánicos domésticos y la lenteja de agua en la ciudad de Puno es deficiente, y por ello se requiere de estudios de investigación, con alternativas de solución y de políticas ambientales para el manejo adecuado. El presente estudio pretende trazar una línea de base sobre la situación del compostaje a base de residuos orgánicos domésticos y lenteja

de agua con la aplicación de Microorganismos Eficaces (EM) sobre la cual puedan generarse alternativas para mejorar aquellos aspectos que no han dado resultado o generar nuevas propuestas metodológicas de acción en cuanto a su aprovechamiento y valorización.

En perspectiva a ello esta investigación se orienta a elaborar compostaje a partir de los residuos orgánicos domésticos y con la lenteja de agua (*Lemna spp.*), aplicando los microorganismos eficientes, para dar una alternativa de reciclaje mediante la utilización de la biotecnología de punta, el objetivo general del estudio fue evaluar la aplicación de dosis de Microorganismos Eficaces y su influencia en el proceso de compostaje de residuos orgánicos domésticos y lenteja de agua (*Lemna spp.*).

Los objetivos específicos del estudio fueron: a) Evaluar el tiempo de descomposición y la granulometría del compostaje de residuos orgánicos domésticos y lenteja de agua (*Lemna spp.*); b) Evaluar la temperatura y pH en el compost y c) Analizar las concentraciones de los elementos químicos Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Sodio en la elaboración de compostaje a partir de residuos orgánicos domésticos y lenteja de agua (*Lemna spp.*).

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes.

2.1.1. Producción de Residuos Sólidos Urbanos y Lenteja de Agua.

MADRID *et.al* (2001), comenzó a funcionar la planta de reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de Villarrasa (Huelva) para el tratamiento y recuperación de los residuos de los municipios del sur de la provincia de Huelva, incluida la capital. Inicialmente fue diseñada para tratar 360 t día, esperándose una recuperación de 20.520 t de compost al año, así como menores cantidades de chatarra férrea (3.240 t), vidrio (2.160 t), papel y cartón (2160 t), plásticos (756 t) y aluminio (324 t). La fracción de componentes recuperados representaría el 27 % de los RSU, lo que unido a unas pérdidas durante el compostaje del 22 % implicaría que sólo el 51 % de los RSU sería depositado en vertedero, alargándose por consiguiente su vida media.

PINEDA Y LOERA (2007), en cuanto a la generación de basura, aprecian que Nogales, al producir 1.31 kilogramos por habitante, es la ciudad que produce más basura. En contraste la ciudad Obregón produce un kilogramo por

habitante y Hermosillo sólo 710 gramos por cada poblador. Si atendemos a los indicadores de gestión, el servicio menos costoso es del de Cajeme. Sin embargo ésta no es una cualidad ya que, al no reciclar ni contar con relleno sanitario, también resulta el servicio más incompleto e insatisfactorio. Algo similar puede afirmarse del servicio en Nogales que tampoco cumple con todas las actividades ni resulta satisfactorio. Hermosillo es, por lo tanto, el servicio más completo y para conocer su eficiencia sería necesario compararlo con servicios del mismo orden o nivel de suficiencia.

MADRID *et.al* (2001), en la planta de Villarrasa procesaron RSU sin recogida selectiva en origen, aunque pequeños porcentajes de vidrio y papel son recogidos en contenedores específicos. Una vez en la planta, separaron los elementos voluminosos, y el material resultante pasaron por un tromel de 6 cm de diámetro de malla, que separa los residuos en dos fracciones. La de mayor tamaño pasa a un área de selección y recuperación donde, mediante un electroimán y selección manual, se separan los elementos reciclables (chatarra, plásticos, cartón), destinándose el resto a vertedero. La fracción de menor tamaño, más rica en materia orgánica, pasa al parque de fermentación después de ser sometida a una separación magnética. El compostaje se lleva a cabo por el proceso de pilas volteadas. Estas pilas, que están al aire libre, tienen 3 m de altura, 3-4 m de ancho y 30 m de largo

VALDERRAMA (2004), encontró que el porcentaje de residuos orgánicos fue 30% y los inorgánicos 70%, siendo la composición de los residuos orgánicos desechos de cocina (54%), papeles y cartones (8%), heces (19%), huesos (11%), arbustos (4%), madera (2%) y lana (2%) y la de los residuos inorgánicos bolsas de plástico (13%), botellas PET (descartables) (6%),

zapatos sintéticos (5%), vasijas de barro (6%) y otros (17%). Existe un mayor porcentaje de residuos orgánicos en la zona Sur del Malecón (43.20%), mientras que en la zona Nor Este encontramos un menor porcentaje (3.06%). El mayor porcentaje de residuos inorgánicos (29.97%), se presenta en la zona Sur Oeste del Malecón.

MEJÍA (2004), indica que una de las razones por las cuales nuestro país puede realizar proyectos de compostaje es por ejemplo: En el distrito de Santa Anita de Lima el 70,379% de los productos corresponde a los residuos orgánicos, seguido de 9,270% residuos del baño, que están conformados principalmente de pañales y papel higiénico. En efecto, la composición de la basura doméstica en nuestro país entonces representa aproximadamente el 79 % de materiales orgánicos, 15% de reciclables inorgánicos y 6 % de otros componentes". Estas cifras constituyen un promedio en todo el país, con excepción de zonas urbanas en las que los niveles de consumo de materiales inorgánicos aumentan significativa y constantemente.

HAUSTEIN (1999), indica que: Las lentejas de agua se encuentran restringidas a hábitats resguardados o bordeando los ríos de flujo lento, en las zonas bien abrigadas y particularmente en la Bahía interior de Puno. Se encuentran también donde los totorales son muy densos. En las condiciones ideales de protección, ellas pueden constituir un lecho plurilaminar de 0.5 a 1 cm de espesor, mas generalmente las especies se disponen en un solo espesor y son a veces mezclados y otros separados

PALACIOS y LAGUNA (1991), realizaron un estudio sobre la biomasa y análisis bromatológico de la *Lemna spp.* "lenteja de agua" en la bahía interior

del lago Titicaca, indican que es un macrófito de distribución cosmopolita, de hábitat libre y flotante sobre la superficie de los lagos, pantanos, y cursos de aguas muy lentas, es perenne y aparentemente abundante, la biomasa es mayor en zonas con contaminación por aguas residuales con un promedio de 2.56 kg/m² en 1986 y 2.45 kg/m² en para el año 1990.

QUISPE (1999), indica que la composición química de la "lenteja de agua" se caracteriza por su elevado nivel de proteína total (23%), alta proporción de ceniza (17,3%), baja proporción de fibra cruda (12,1%), la grasa total está en (4,5%) y el extracto libre de nitrógeno en (43,2%).

CARRIZO (2010), las mezclas que utilizaron fueron: 100% LA, 75% LA-25% E0, 50% LA-50% E0, 25% LA-75% E0 y 100% E0 en volumen. Los resultados que obtuvo muestran que la lenteja de agua colectada en el lago de Maracaibo presenta un alto potencial como enmienda de suelo y sustrato para germinación. El acondicionamiento de la lenteja de agua con estiércol ovino mejora el compostaje/vemicompostaje, encontrándose que con 25% de E0 en la mezcla, la lenteja de agua mejora significativamente sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

2.1.2. Obtención de Compost con Microorganismos Eficientes.

MELENDEZ (2004), en una investigación realizada en San Miguel Dueñas en Guatemala, utilizó como unidad experimental 45 montículos de pulpa de 0.75 toneladas cada una, el diseño experimental fue completamente al azar con arreglo combinatorio de 4*3. Las variables de respuesta evaluadas fueron físicas y químicas como relación C/N, materia orgánica, elementos mayores (N, P, K), elementos menores (cobre, hierro, manganeso, zinc, magnesio y

calcio) y potencial de hidrogeniones pH) y variables físicas humedad y temperatura. Los resultados indican que el mejor tratamiento fue con dilución de 1:50 de microorganismos eficientes y agua con frecuencia de volteo de cada 12 días, presentaron características de calidad comercial.

BARRENA (2006), dice que el compostaje es una técnica muy antigua presente en la agricultura tradicional, que ha pasado de aplicarse sobre una producción puntual a tratar grandes cantidades de residuos, este cambio obliga a pasar de un proceso relativamente sencillo a otro mucho más exigente en el cual se han de aplicar técnicas más rigurosas y bajo controles más estrictos siendo motivo de discusión la calidad apropiada del compost final. Durante el proceso de compostaje los microorganismos transforman el residuo orgánico en presencia de oxígeno y producen biomasa CO_2 , H_2O y un producto estabilizado el compost, la mayoría de las cuales se realizan a temperaturas fijas entre 30 -37 °C.

SANCLEMENTE y GARCIA (2011), en un estudio sobre obtención de compost a partir de hojas de caña de azúcar con el uso de microorganismos eficientes, indica que estos actúan como acelerador infinito de los residuos de hoja de caña, esto es analizado en cada contexto de la finca, porque es importante evaluar a fondo para no generar descompensaciones tanto en la microbiología del suelo, como en la sustentabilidad de la fertilidad del suelo. En las primeras etapas la descomposición es rápida y luego se disminuye, esto se debe en parte a que los microorganismos eficientes toman los carbohidratos rápidamente degradables de los tejidos de la hoja de caña de azúcar y la solución de melaza, y retrasan la degradación de las moléculas más estables.

LEÓN y CHAVES (2010), desarrollaron una alternativa para mejorar la calidad y dispersión del efluente vacuno sin diluir, tratándolo en dos lagunas de estabilización (5 x 10 x 1 m) con flujo semi-continuo, una con microalgas inmovilizadas, otra con *Lemna aequinoctiales* y utilizando un humedal subsuperficial (10 x 1.5 x 0.65 m) con flujo horizontal, sembrado con plantas de altura. La productividad promedio en peso húmedo de las microalgas utilizadas durante la estación seca fue para *Chlorella emersoni* (107±9.59 g m-2d-1), *Fischerella muscicola* (113±10.87 g m-2d-1), *Lyngbya hieron* y *musii* (115.14±11.11 g m-2d-1), y para *L. aequinoctiales* fue 109.7±39.84 g m-2d-1. El tiempo de retención hidráulica (TRH) fue 7.056, 7.903 y 5.60 días para cada laguna y el humedal respectivamente. Luego de 35 días de retención, las microalgas removieron DBO5 (91.4%), NNO3 (98.8%), P-PO4 (92.7%), sólidos suspendidos totales (SST) (77%) pero aumentó el nitrógeno amoniacal (N-NH4) en un 248%, debido a la desnitrificación como el principal mecanismo de remoción.

GORDILLO y CHAVEZ (2010), realizaron un estudio que se enfocó en aprovechar los residuos azucareros por medio de la elaboración y estandarización del proceso de compostaje y la evaluación de la calidad final del producto, se establecieron tratamientos mediante diferentes combinaciones de materia prima, fuentes de microorganismos eficientes y métodos de aireación. Los resultados muestran que el mejor método de aireación fue por volteos; la formulación más estable para macro y micronutrientes fue la formulación tres (50% de bagazo, 25% de cachaza y 25% de ceniza). Además, al finalizar el proceso: la formulación dos (40% bagazo, 30% cachaza y 30% ceniza) tuvo la relación C/N más aceptable. Los

microorganismos eficientes mantuvieron una mayor población microbiana durante y al finalizar el proceso. La temperatura logró llegar a la temperatura inicial; los valores de la conductividad eléctrica se mantuvieron por debajo de los 3000 us/cm; el pH para el proceso fue el óptimo aunque finalizó elevado; la formulación tres (50% de bagazo, 25% cachaza y 25% ceniza) fue la que presentó la mayor concentración de materia orgánica en el producto final.

AZURDUY *et al* (2010), revalorizaron económicamente los residuos orgánicos urbanos generados en el Municipio de Quillacollo (Bolivia). Los tratamientos fueron T1=activador TC (té de compost y fermento de estiércol), T2=activador BC (harina de hueso, torta de soya, salvado de arroz, melaza y biol), T3=activador LC (levadura y melaza), T4=activador EM (microorganismos efectivos), T5= Testigo 1 (estiércol de vaca), T6=Testigo 2 y T7=Testigo 3 (pila a la intemperie), evaluaron durante 2,5 meses el proceso de compostaje y, al final de este período, la calidad de los compost a través de parámetros químicos (%MO, %Nt, %Pt, %K y C/N). Los resultados mostraron cómo la incorporación de activadores orgánicos en el proceso de compostaje favorece al incremento de la temperatura en un periodo corto. Por otro lado, la cubierta de plástico (T1- T6) mantuvo la humedad constante en las pilas de compostaje, protegiéndolas de las altas precipitaciones y evitando la lixiviación de nutrientes. A los 2,5 meses, los tratamientos que lograron descomponer más del 50 % del volumen inicial fueron T1 (57 %) y T5 (52 %), entre estos el tratamiento T1 (activador TC) sobresalió reduciendo un 84 % del volumen inicial, restando solamente un 16%. En cuanto a las características físicas, químicas y biológicas del compost procesado, los tratamientos a los que se incorporaron los diferentes activadores orgánicos

presentaron características de un compost de óptima calidad, favoreciendo al normal crecimiento y desarrollo de la planta.

CERRATO (2000), señala que algunos de los organismos más importantes que participan en el proceso de degradación son: bacterias, hongos, actinomicetos, levaduras, protozoarios, insectos, lombrices, etc. Estos organismos actúan bajo diferentes rangos de temperatura, por lo cual no están presentes durante todo el proceso y aparecen en diferentes concentraciones. Los microorganismos se clasifican de acuerdo al rango de temperatura en el cual trabajan. Los organismos que actúan de forma óptima por debajo de los 20° C se clasifican como psicrófilos, los que lo hacen entre los 20 – 40° C se denominan mesófilos, y los que lo hacen por encima de los 40° C son llamados termófilos. De ésta forma los microorganismos realizan una acción en cadena, al inhibirse unos con el cambio de temperatura y así dar paso a que otros organismos actúen.

CASTILLO (1996), el trabajo que realizó fue caracterizar químicamente y físicamente el compost a partir de residuos sólidos domésticos, evaluando su rendimiento y calidad. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones, en las siguientes proporciones T1 (100% estiércol (E)); T2 (100% desechos de cocina (DC)); T3 (75% E y 25% DC); T4 (50% E y 50% DC); T5 (25% E y 75% DC). Estas mezclas fueron sometidas a 90 días de composteo. De los productos obtenidos determinaron: nitrógeno potencialmente mineralizable; fósforo disponible, potasio extractable, materia orgánica, pH, rendimiento al tamizado, y la pérdida de peso de los abonos obtenidos, encontraron diferencias significativas entre mezclas con respecto a los materiales puros. Además el

contenido de nitrógeno en el compost oscila de 0,5 a 1,2% el contenido del fósforo está íntimamente ligado a la dosis puesta a disposición del suelo. No presenta elementos tóxicos de efectos fisiológicos sobre vegetales, organismos animales después de su asimilación.

CALDERÓN (2001), comenta que en cuanto a los resultados podemos comparar el Compost con el promedio de otros compost. Observó que su "rating" general es del 95 %, específicamente por que presenta algunos parámetros "bajos". Estos parámetros bajos son los siguientes: El valor del Nitrógeno, este cae posiblemente debido a la incorporación de la viruta de madera, el valor del magnesio, el cual posiblemente también se ve empobrecido por la incorporación de la viruta de madera. Por otro lado y a pesar de la incorporación de la viruta, presenta excelentes contenidos de Fósforo, Potasio y Calcio superiores en 38, 44 y 12 por ciento respectivamente frente a un compost tradicional, se debe tener en cuenta que el material de partida es muy rico en nutrientes.

2.1.3. Tiempo de Descomposición y Granulometría del Compost.

MADRID *et.al* (2001), para estudiar la calidad media de los compost obtenidos en Villarrasa, todas las muestras, tomaron de las pilas de compost elaborado, ya dispuesto para ser vendido (es decir, después de su maduración en la planta). Cada muestra estaba formada por 3-4 kg de compost tomado en distintos puntos de una pila. Durante los tres años de seguimiento se tomaron 48 muestras de compost C10 y 17 muestras de compost C25. La periodicidad de los muestreos dependía de la actividad en la planta (sobre todo influenciada por la meteorología y la demanda del producto); varió

generalmente entre 2 y 6 meses, y en cada ocasión tomaron muestras de varias pilas. Las muestras lo secaron a 70 °C, separaron manualmente las impurezas, fundamentalmente vidrio, y fueron molidas (1 mm). Los resultados expresaron sobre materia seca total, libre de impurezas, una vez calculada la humedad residual al secar la muestra molida a 105 °C.

IÑIGUEZ, *et.al* (2006), mencionan que en el análisis granulométrico de compost obtenido a partir de bagazo de agave, la distribución del tamaño de partículas del promedio de las dos pilas mostraron que el 20.8% fue de material completamente transformado en polvo, mientras que 11.6, 25.5, 12.7 y 29.4 %, quedaron repartidos entre las mallas de abertura 6.68, 3.33, 1.98 y 0.85 mm, respectivamente. Por el tamaño de partículas no habría problema alguno en utilizar estas compostas como sustrato o como materia prima para la preparación de mezclas de sustratos.

MADRID *et.al* (2001), realizaron pilas que fueron volteadas durante siete semanas. Tras un período conveniente de secado, que puede realizarse al aire libre o en naves con aireación forzada, el material es tamizado por un tamiz de 10 mm (muestras C10) o 25 mm (muestras C25), destinándose los rechazos a vertedero. En el caso del compost menor de 10 mm, éste además es sometido a un proceso de deschinado, que separa elementos densos, como vidrio y piedras, en una mesa densitométrica. Los compost preparados se dejan madurar en pilas de 5-6 metros de altura, al aire libre hasta el momento de su venta (este tiempo puede variar entre 2 y 5 meses, según la demanda del compost por los agricultores de la zona).

MADRID *et.al* (2001), llevaron a cabo además ensayos específicos para ver la madurez de los compost. Para ello realizaron un ensayo de germinación con

un compost C10 y un compost C25 (ambos con unos dos meses de maduración), siguiendo básicamente las condiciones, utilizando para ello semillas de tres especies distintas, *Lepidium sativum* L. (Berro), *Lolium multiflorum* Lam. (Ryegrass) y *Helianthus annuus* L. (Girasol).

VASQUEZ DE DIAZ, *et.al* (2010), indican que fueron aisladas e identificadas 8 cepas nativas de microorganismos: *Pseudomonas aeruginosa*, *Citrobacter koseri*, *Bacillus spp.*, *Escherichia coli*, *Stenotrophomona maltophilia*, *Cromobacterium spp.*, *Pseudomonas spp.* Al final el compost mostró relaciones carbono-nitrógeno (C/N) en la pila 1 (9,6 %), en la pila 2 (10 %) y en la pila 4(9,5 %), cumplieron con los valores establecidos (< 20 %), lo que demuestra madurez y calidad sanitaria con valores bajos de Coliformes fecales y totales, con ausencia de Salmonella. Se obtuvo en 40 días un compost que cumple con los parámetros exigidos por la norma técnica Colombiana (NTC 5167, 2004).

CARRIELLO *et.al* (2007), con el objetivo de acelerar el proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos, inocularon pilas de material con una mezcla de microorganismos endógenos. Las bacterias se identificaron como *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens* y un hongo, *Aspergillus fumigatus*. Se preparó un inóculo con una concentración de 1×10^7 UFC/ml para cada microorganismo y se aplicó por aspersión, 2 L m^{-3} Se evaluaron los siguientes parámetros: aspecto físico, temperatura, humedad, pH, relación C:N, materia orgánica, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico. Los resultados mostraron que las pilas inoculadas alcanzaron las características de estabilidad y madurez, cuatro semanas antes de la pila

control sin inoculación. Estos resultados indicaron que el inóculo fue útil para acelerar el proceso de compostaje en residuos urbanos.

PACHECO (2009), realiza en compost obtenido a partir de residuos orgánicos urbanos, indica que en relación a los resultados obtenidos del análisis granulométrico efectuado. Los resultados reflejan que para ninguna de las 5 fracciones obtenidas posteriores al cribado, se pudieron encontrar diferencias estadísticas significativas. La criba se realizó sobre el compost denominado como producto final ya que más del 50% del mismo presenta un tamaño de partícula menor de 8 mm lo cual llega a acotar evidencia de que el proceso de degradación se desarrolló a pesar de las bajas temperaturas obtenidas.

2.1.4. Utilidad del Compost.

IDMA (2000) menciona que el bocashi es un sistema de preparación de abono orgánico de origen japonés que puede requerir no más de 10 o 15 días para estar listo, para su aplicación; sin embargo, es mejor si se aplica después de los 25 días, para dar tiempo a que sufra un proceso de maduración, es un fermento suave (no obstante es un tipo de compost) y se considera provechoso por que sale rápido, utiliza diversos materiales en cantidades adecuadas para obtener un producto equilibrado y se obtiene de un proceso de fermentación. Las diversas prácticas de abonamiento orgánico como componentes importantes de la agricultura ecológica, nos permite recuperar, mantener y mejorar la fertilidad natural de suelos, asegurando una buena producción y productividad agropecuaria.

MARTINEZ (2003), dice que las plantas necesitan 16 elementos en diferentes cantidades para obtener una producción adecuada. Estos nutrimentos están

clasificados de acuerdo a las cantidades necesarias. Tan sólo tres de estos 16 (carbono, oxígeno e hidrógeno) acumulan el 95% del total requerido y son suministrados a través del aire y el agua. El restante deberán ser suplementados a través del suelo y la fertilización sintética. Sin embargo, solamente el nitrógeno, fósforo y potasio se requieren en altas cantidades, el resto normalmente el suelo posee suficientes cantidades o son suministradas en bajas cantidades a través de aplicaciones foliares (zinc, boro, calcio, magnesio, manganeso, fierro y azufre) o vienen mezclados con los fertilizantes que contienen macro nutrientes (calcio y azufre).

MARTELO y LARA (2011), argumentan que el uso de micrófitos flotantes ha demostrado eficiencias de remoción significativamente altas en todos los constituyentes de las aguas residuales. Una cantidad importante de especies ha sido empleada en sistemas de tratamiento, y en ejercicios investigativos a escala real y a escala laboratorio, siendo el Jacinto de agua, la macrófita de mayor interés dada las características ya señaladas. Esta especie, de acuerdo con los reportes de la literatura, alcanza reducciones de DBO_5 en el orden de 95 %, y hasta 90,2 % para la DQO. En el caso de los sólidos suspendidos se registran disminuciones con valores que se encuentran en el rango de 21 % y 91 %. En cuanto al fósforo total y nitrógeno total, se alcanzaron máximas remociones de 91,7 % y 98,5 % respectivamente, siendo este último, el contaminante con mayor remoción. Los metales también han sido objeto de remoción, encontrándose porcentajes de máxima remoción desde 85 % hasta 95 % para el hierro, cobre, zinc, cadmio y cromo.

QUINTO (1995), estudió la influencia de tres formas de elaboración de compost de Llachu (*Lemna gibba*) en el cultivo de rabanito y concluyó que la elaboración de compost de "llachu" bajo la superficie del suelo, mostró en 120 días mejor descomposición y mayor rendimiento en el cultivo de rabanito, frente a otros sustratos.

IDMA (2000) menciona que el bocashi es un sistema de preparación de abono orgánico de origen japonés que puede requerir no mas de 10 o 15 días para estar listo, para su aplicación; sin embargo , es mejor si se aplica después de los 25 días, para dar tiempo a que sufra un proceso de maduración, es un fermento.

2.1.5. Determinaciones Físico – Químicas.

BARRENA (2006), dice que el pH es un parámetro que condiciona la presencia de microorganismos, ya que los valores extremos son perjudiciales para determinados grupos. Para conseguir que al inicio del compostaje la población microbiana sea la más variada posible hay que trabajar a pH cercanos a 7. Un pH extremo no es un impedimento para el proceso, pero si lo es para su cinética, dificultando la puesta en marcha, el tipo de reacciones y la velocidad, el pH es indicador de la evolución del proceso, al inicio el pH puede disminuir debido a la formación de ácidos libres, pero a lo largo del proceso aumenta por el amoniaco desprendido en la descomposición de las proteínas, las subidas de pH pueden facilitar la liberación de nitrógeno amoniacal ya que un pH básico extremo afecta a los equilibrios ácido-base que influyen en la conservación del nitrógeno. Una reducción de pH en algún momento del proceso puede indicar que se han producido condiciones

anaerobias. Los microorganismos en ausencia de oxígeno producen ácidos de cadena corta como producto metabólico, acidificando el medio.

PATRON y PINEDA (2010), utilizó sustrato para organoponia, encontrando materia orgánica de 50 -75% (v/v), suelo 25 – 50%, textura media a fina, otros como la cascarilla de arroz, aserrín, pulpa de café, turba, fibra de coco, arena, tezontle (menor 15%) pH de 5-7. Si pH es menor a 5 son deficientes de N, K, P, Ca, Mg y B, Si pH es mayor que 7 existe deficiencia de Fe, Mn, Zn y Cu. Se encuentran libres de plagas, patógenos y malas hierbas.

BARRENA (2006), utilizó como agente estructurante a la viruta de madera procedentes de la carpintería donde se trabaja con pino, haya y sapelli, estas virutas contienen una elevada proporción de partículas de pequeño tamaño que se puede considerar como aserrín.

HOYOS *et.al* (2010), menciona que, el pH influye en el proceso debido a su acción sobre los microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia.

PATRON y PINEDA (2010), menciona que, son condicionantes del proceso de compostaje, la temperatura controla la actividad biológica que a su vez se encarga de generar calor, en sus diferentes etapas de transformación del material, el pH al igual que la temperatura es un indicador del buen funcionamiento del proceso, el valor óptimo está comprendido entre 5 y 8, las bacterias prefieren un pH cercano al neutro y los hongos toleran el pH ácido, HOYOS *et.al* (2010), dice que, la temperatura es el parámetro que mejor indica el desarrollo del proceso de compostaje, debe mantenerse entre 35 -65 °C, cada grupo de microorganismos tiene una temperatura óptima para

realizar su actividad: Criófilos, de 5 a 15 °C. Mesófilos, de 15 a 45 °C. o Termófilos, de 45 a 70°C. El grupo favorecido descompondrá la materia orgánica para obtener materia y energía, y en la operación se emitirá calor que puede hacer variar la temperatura de la pila y de las condiciones ambientales. En general las temperaturas conseguidas en el proceso, junto con la competencia por los nutrientes y la producción de fermentos (antibióticos) que impiden su desarrollo, llegan a eliminar los microorganismos patógenos parásitos y semillas de malas hierbas llegados con los residuos. A temperaturas demasiado elevadas mueren determinadas especies buenas para el compostaje, mientras que otras no actúan por estar en forma de espora.

CASTILLO *et.al* (2000), determinaron en forma simultánea el carbono orgánico y N potencialmente mineralizable en suelos; fósforo disponible con solución extractante formada por bicarbonato sódico, y posterior reacción colorimétrica con molibdato de amonio-ácido ascórbico; potasio intercambiable usando la solución extractante de Mehlich y posterior medición por espectrofotometría de absorción atómica; materia orgánica, método volumétrico modificado basado en la oxidación de la materia orgánica, y pH por método potenciométrico. Al final el material fue secado al aire y tamizado con tamiz de malla de 5 mm, se pesó el material elaborado y restos de granulometría mayor, a fin de obtener el rendimiento al tamizado y observar la pérdida de peso en los distintos tratamientos.

NAVARRO *et.al* (1995), argumenta que las características medias del compost de RSU de la planta de Valdemingómez (Madrid) y composición en materia seca obtuvieron granulometría inferior a 10 mm, humedad 28 %,

materia orgánica total (ms.) 57 %, materia orgánica oxidable (ms.) 31 %, C/N 12.5, pH 1.3, Cao (en la muestra) 4.5 %, capacidad de campo (retención H₂O) 185 %, N total 1.5%, K₂O 1.3%, P₂O 1.4 %, Mg 1.2%, Fe 1.5%, Zn 0.12%, Cu 0.02 %, Acidos húmicos (ms.) 6.1 %, Acidos fúlvicos (m.s.) 7.5 %, contenido en vidrio < 1 %.

CASTILLO *et.al* (2003), realizaron la caracterización fisicoquímico del sustrato después de la reducción de tamaño encontraron carbono orgánico %(p/p) 39.0, Nitrógeno total % (p/p) 2.46, fósforo % (p/p) 0.22 y tamaño de partícula mm 4-6, los nutrientes presentes en el efluente fueron: carbono orgánico total 16.00%, nitrógeno total 1.95%, potasio 3.63%, fósforo 1.40%, C/N 8.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. El Compostaje

BALTODANO y SOTOMAYOR (2002), mencionan que el compostaje se define como un sistema de tratamiento/estabilización de los residuos orgánicos basado en una actividad microbiológica compleja, realizada en condiciones controladas (presencia asegurada de oxígeno aerobiosis y con alguna fase de alta temperatura) en las que se obtiene un producto utilizable como abono, enmienda o sustrato. La diferencia principal es que el compostaje se asume como un proceso artificial, como una biotecnología por el hecho de corresponder a una explotación industrial del potencial de los microorganismos. También puede considerarse una ecotecnología, ya que permite el retorno al suelo de la materia orgánica y de los nutrientes vegetales, introduciéndola de nuevo en los ciclos biológicos.

ELZAKKER (1995), argumenta que la función del compostaje es lograr un balance entre los materiales orgánicos de fácil y difícil descomposición. Este proceso da lugar a una transformación de la materia orgánica, tanto química como mecánica. Se requiere la utilización de materia prima adecuada para poder tener un producto final con buenas características para incorporar al suelo. Con el compost se logra dar al cultivo la nutrición adecuada así como brindar al suelo, humus estable como aporte a la estructura, tiene las ventajas de reducir el volumen de las materias primas (concentrar los nutrientes), disminuir la emisión de malos olores, matar gérmenes de enfermedades y destruir semillas de malezas.

CASTILLO (1996), define al compost como un producto estable e inofensivo sanitariamente, resultante de someter a la fracción biodegradable de los residuos urbanos (orgánicos), agrícolas, residuos vegetales a una degradación bioquímica natural. El compost es un fertilizante natural orgánico portador de elementos nutritivos para un equilibrio adecuado del suelo y también como materia básica y energética para el desarrollo de los microorganismos. El carbono procedente del compost tiende a incrementar el poder de retención y absorción del agua.

2.2.2. Composición Química del Compost.

LABRADOR (2001), menciona que la calidad del compost está afectada por el material original (contenido inicial de nutrientes) y por el sistema de compostaje (proceso de larga duración que conduce a sobre maduración). Un compost inmaduro (que no cumpla las características físico químicas) puede interferir con el crecimiento de plantas inmovilizando el nitrógeno

cuando la relación carbono/ nitrógeno es alta, lo que causa competencia entre las raíces y los microorganismos del suelo por compuestos nitrogenados; pero cuando la relación carbono/nitrógeno es baja origina deficiencia de oxígeno para el sistema radicular.

2.2.3. Microorganismos Eficientes.

HIGA (1993), indica que: EM, es una abreviación de Effective Microorganisms (Microorganismos Eficaces), cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros. Cuando el EM es inoculado en el medio natural, el efecto individual de cada microorganismo es ampliamente magnificado en una manera sinergista por su acción en comunidad. Argumenta que el EM no es sólo un tipo específico de microorganismos, el EM son una mezcla de grupos selectos de microbios que producen múltiples efectos benéficos debido a su coexistencia. En esta relación entre microorganismos, se presentan antagonismos que logran vivir en armonía y aumentar la microflora y las condiciones del ecosistema, específicamente del suelo (características físicas y químicas). Sin embargo, una de las reacciones en las que la tecnología EM es diferente a la agricultura convencional, es que las plantas no sólo absorben minerales sino compuestos orgánicos (proteínas, aminoácidos, entre otros). Esto se debe a que este proceso es promovido por hormonas y vitaminas producidas por EM. Además se sintetizan otros compuestos útiles para el metabolismo de las plantas y el suelo.

Dosis para Elaborar EM (EM activado)

PETER (2006), recomienda: Mezclar 500 ml de EM1 con 500 ml de melaza de caña de azúcar y 9 litros con agua templada de una buena calidad. Dejar fermentar de siete a diez días con una temperatura de entre 25 °C y 37 °C con el bidón cerrado. A partir del tercer día, dejar escapar un poco de aire una vez al día. El EM estará listo cuando ya no se produzca más presión. El proceso de fermentación debería tener lugar, a ser posible, en la oscuridad. Éste producto se puede utilizar de forma óptima durante 14 días; después, pierde en eficacia. Por ello, se debería calcular antes la cantidad exacta.

Componentes del EM

TABORA y SHINTANI (1999), dicen que los EM (Microorganismos Eficientes), es un cultivo microbiano mixto de especies seleccionadas de microorganismos. Este contiene un alto número de levaduras, bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas y cantidades menores de otros tipos de organismos. Se incluyen también los actinomicetos, que son mutuamente compatibles entre sí y coexisten en un cultivo líquido. Debido a la amplia variedad de microorganismos presentes en el EM, es posible que se lleven a cabo procesos de fermentación anaeróbica y degradación anaeróbica, así como la sana descomposición.

SANGAKKARA (1999), indica que dentro de las funciones que realizan los principales grupos de microorganismos del EM están: bacterias fotosintéticas, bacterias lácticas y levaduras.

Bacterias Fotosintéticas, estas bacterias hacen uso de la luz del sol como fuente de energía para realizar la fotosíntesis. También tienen otras fuentes de energía como el calor del suelo. Su función es la de ayudar a sintetizar sustancias útiles para las raíces, materia orgánica o gases dañinos. Algunas de las sustancias sintetizadas por las bacterias fotosintéticas son: aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, las cuales promueven el crecimiento y el desarrollo celular en las plantas.

Bacterias Lácticas, las funciones primordiales de estas bacterias está el producir ácido láctico, logrando así suprimir microorganismos dañinos (Fusarium, nematodos, etc.). De igual forma ayudan a promover la descomposición de la materia orgánica. Estas bacterias son sumamente importantes en los procesos de fermentación y descomposición de material como la lignina y la celulosa. Así mismo juegan un papel muy importante, ya que son las causantes del proceso de fermentación.

Levaduras, El rol de las levaduras en el EM, es el de sintetizar sustancias antimicrobiales, aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fotosintéticas. Estas son benéficas para el crecimiento de las plantas y sus raíces. Las sustancias bioactivas, como las hormonas y las enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división activa de células y raíces; estas secreciones también son sustratos útiles para microorganismos eficaces como las bacterias lácticas y actinomicetos.

De todos estos organismos, los hongos juegan un papel vital durante el proceso de compostaje debido a que son capaces de degradar la celulosa y la

lignina, ambos constituyentes importantes de la materia orgánica. Asimismo, se requiere constantemente de la presencia de bacterias lácticas para que el proceso sea completo y efectivo.

2.2.4. Abonos Orgánicos.

ARTAVIA *et al* (2010), los abonos orgánicos ejercen efecto supresivo sobre patógenos de planta; su capacidad supresora varía de acuerdo al tipo de abono y al sistema planta-patógeno, evaluarón el efecto supresor de diferentes abonos orgánicos en el sistema tiquisque- *Pythium myriotylum*. Donde determinaron la madurez, estabilidad, y actividad microbiana de los diferentes abonos, así como el efecto del tipo de compostaje (compost vs vermicompost), el material de origen (estiércol vs broza de café) y el grado de madurez, sobre la supresión del patógeno. El efecto supresivo sobre el desarrollo de la enfermedad en plantas de tiquisque, establecieron por medio de una escala visual de síntomas a los 3, 6 y 9 días del transplante. Los abonos presentaron relaciones C/N entre 6 y 15 y ninguno afectó la germinación o la longitud de las raíces de plántulas de pepino. Los abonos maduros clasificaron como estables y los inmaduros, con excepción del compost de broza, como inestables.

BUCKMAN (1977), mencionan que el abono más importante es el estiércol, ya que no solo proporciona materia orgánica al suelo, sino también alimentos nutritivos. La materia orgánica a su vez mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo elevando consecuentemente los rendimientos de la cosecha. Así mismo, hace hincapié sobre la cualidad del estiércol bien descompuesto, siendo este material más deseable que el estiércol fresco para

los cultivos, la razón de esta consideración es de que la liberación de nutrientes asimilables para las plantas es rápida.

2.2.5. Aspectos Generales de *Lemna spp.* (Lenteja de Agua).

DIMITRI (2004), indica que la lenteja de agua es una planta flotante aérea reunida en número de 2 - 4 orbiculares de 3,5 a 6 mm de largo por 2,5 – 5 mm de ancho, parte superior o inferior plana, raíces sin ramificaciones, se reproducen de forma vegetativa.

WETZEL (1981), describe a la *Lemna spp.* como plantas que en su mayor parte de las hojas flotantes tienen poco tejido lignificado, la rigidez y flotabilidad de sus hojas son mantenidas por la turgencia de sus células vivas y por el gran desarrollo del tejido lagunar del mesófilo (muchas veces más del 70% del volumen está ocupado por aire, su propagación es vegetativa, que da lugar a nuevas roseta. Las macrofitas juegan un papel importante en el flujo de energía y los ciclos de nutrientes en los sistemas lacustres. Durante la fotosíntesis son capaces de incorporar energía en forma de materia orgánica y durante este proceso toman nutrientes del agua y de manera importante fósforo y nitrógeno. Por otra parte debido a la captación de nutrientes, modificaciones del medio circundante o por liberación de sustancias antibióticas, son capaces de inhibir el crecimiento y reproducción de otros organismos, entre los que se cuentan algas microscópicas y grupos bacterianos. El fósforo y algunas formas químicas del nitrógeno son considerados contaminantes cuando se presentan en el agua en concentraciones elevadas, su presencia favorece el crecimiento de fitoplancton y la proliferación de organismos potencialmente patógenos por lo que es deseable disminuir su concentración y para esto se han desarrollado

diferentes métodos de tratamiento que incluyen procedimientos químicos y biológicos.

HAUSTEIN (1985), dice que las lentejas de agua se encuentran restringidas a habitats resguardados y bordeando los ríos de flujo lento, en las zonas bien abrigadas y particularmente en la Bahía interior de Puno. Se encuentran también donde los totorales son muy densos. En las condiciones ideales de protección, ellos pueden constituir un lecho plurilaminar de 0,5 a 1 cm. De espesor y son a veces mezclados y otros separados.

PALACIOS Y LAGUNA (1991), argumentan que la totalidad de nutriente que absorben estas plantas proviene del lago; la mayoría de estas macrófitas se encuentran en aguas ricas en sales disueltas, aguas servidas, con alto contenido de nutrientes, a la que mediante investigaciones se le consideró como un indicador de la contaminación y/o eutrofización de aguas.

UBICACIÓN TAXONÓMICA

COLLOT, (1980), dice que la lenteja de agua tiene la siguiente ubicación taxonómica:

Reino	: Vegetal
Sub reino	: Fanerogamae
División	: Angiospermae
Clase	: Monocotiledóneas
Orden	: Espatifloras
Familia	: Lemnaceae
Género	: Lemna
Especie	: <i>Lemna spp.</i>
Nombre Común	: Lenteja de agua

PALACIOS y LAGUNA (1991), indican que: las Lemnaceas (una treintena de especies agrupadas en 6 géneros) se singularizan por su aparato vegetativo sumamente reducido; está constituido por un órgano taloide sin tallo ni hojas reconocibles, llevando algunas veces una o algunas raíces en su lado inferior; sus capullos son incluidos en dos bolsas generalmente laterales. Las flores, de una extrema pequeñez, aparecen raramente; están agrupadas (una flor femenina y 2 ó 3 flores masculinas) en una inflorescencia contenida en una de las bolsas; la flor masculina está reducida a un estambre, la femenina a un carpelo.

Biomasa.

PALACIOS Y LAGUNA (1991), mencionan que la mayor concentración de lenteja de agua, está en las zonas de Laykacota con $2,68 \text{ kg/m}^2$, en la zona de Espinar con $2,60 \text{ kg/m}^2$ y la menor concentración corresponde a las zonas de Huaje con $2,37 \text{ kg/m}^2$ y los Uros con $2,34 \text{ kg/m}^2$, lo que explica que cada una de las zonas presentan diferentes concentraciones de nutrientes en sus aguas que acondicionan una mayor o menor biomasa de lenteja de agua.

Utilidad de la Lenteja de Agua.

HILLMAN y CULLEY (1980), manifiestan que: la lenteja de agua puede ser utilizada como alimento en dieta balanceada para aves, cerdos, peces y otros. La lenteja de agua es una planta nutritiva que puede utilizarse como componente de dietas balanceadas para aves a nivel, en dietas de gallinas de postura se ha utilizado en niveles hasta del 40% con excelentes resultados en

cuanto a producción y calidad del huevo, en dietas de pollos barrilleros, hasta un 25% con resultados satisfactorios; así mismo se ha utilizado en dietas.

CARPIO (1989), sostiene que la lenteja de agua se puede utilizar en biodigestores para la producción de metano, brinda también ventajas para la lombricultura, una actividad que demanda materia vegetal en descomposición, este recurso en 14 y 18 días de precomposteo se puede utilizarse logrando a un nivel proteico del 68 al 82 %, su alta absorción de nitrógeno y su alto contenido proteico hace de la lenteja de agua un buen abono verde para cualquier cultivo. Además la lenteja de agua tiene la capacidad de fijar bacterias.

WETZEL (1981), argumenta que los macrófitos de hojas flotantes muestran valores elevados de lípidos, lo cual refleja en sus valores calorimétricos de los macrófitos acuáticos son aproximadamente de 20%.

2.3. Marco Conceptual.

Basura Doméstica: también denominada técnicamente residuos sólidos, es todo desperdicio de las actividades humanas o animales, generalmente de condición sólida y descartado como indeseado (Lebenhagen, 1998: 72).

Basura Orgánica: todo desecho de origen biológico (desecho orgánico), que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo, por ejemplo: hojas, ramas, cáscaras y residuos de la fabricación de alimentos en el hogar, etc. (Colomar, 2007).

Compost: se puede emplear cualquier materia orgánica, con la condición de que no se encuentre contaminada. Generalmente las materias primas (Mayea, 1994)

Descomposición de Materia Orgánica: se trata de materia orgánica muerta o detritus, representa la mayor parte de la energía química presente en los ecosistemas. En cualquier eslabón de la cadena trófica (POZO *et.al* 2009).

Lenteja de Agua: es una planta monoica con flores unisexuales. Las flores masculinas están constituidas por un solo estambre y las flores femeninas constituyen en un pistilo formado por un solo carpelo. El periantio está ausente. Las flores nacen de una hendidura ubicada en el borde de la hoja, dentro de una bráctea denominada espata. Muy común en las especies del Orden Arales (Armstrong, 2003. Instituto Gallach).

Microorganismos Eficaces: La tecnología de los microorganismos efectivos (EM) o microorganismos benéficos (MB), como también se les llama, fueron desarrollados por el Profesor Dr. Teruo Higa, en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón (CORREA, 2008).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Metodología de la Investigación.

Por su naturaleza el trabajo de investigación tiene un carácter experimental y comparativo, se diseña el análisis de varianza y prueba de rango múltiple, Se analizó los resultados comparativamente, tomando repeticiones de la variable de respuesta para la confiabilidad del estudio.

3.1.1. Procedimientos.

Material Experimental.

- 1) Residuo orgánicos doméstico de los habitantes de la ciudad de Puno, que constituye desde restos de cocina, cáscara de frutos, semillas, tubérculos, etc,
- 2) Lenteja de agua, procedente de la Bahía interior del Lago Titicaca.
- 3) Microorganismos eficaces: EM1, adquirido de AGEARTH-Perú: Asociación de Graduados de la Universidad EARTH en Perú.

Representantes exclusivos en el Perú del producto "EM". Moquegua-Perú.

Procedimiento

El material experimental (residuos orgánicos y lenteja de agua) se colocaron en depósitos de madera de las mismas dimensiones 30 cm de largo por 25 cm de ancho, se adiciono un tubo con agujeros a lo largo colocados al azar en el centro, de forma que llegue hasta el fondo del depósito de 30cm aprox. de profundidad. El depósito fue llenado en forma de pila, colocando los residuos orgánicos domésticos hasta una altura de 5cm y en forma de lluvia (se añadió agua destilada con los microorganismos eficaces, con concentraciones según la medida a tres dosis 0, 100 y 200 ml), se agrego encima una capa de aserrín hasta llegar a 10 cm de altura (Anexo 3); se añadió agua destilada con los microorganismos eficaces en forma de lluvia esta actividad se repite hasta tres veces. El mismo proceso para la Lenteja de agua.

CUADRO N° 1. TIPOS DE COMPOST Y DOSIS DE EM UTILIZADAS EN EL ESTUDIO.

Tipos de compost	Código
Lenteja de agua	L1
Residuos orgánicos	RO2
Dosis de EM	Código
Testigo	M1
100 ml	M2
200 ml	M3

El procedimiento que siguió el estudio se resume en el siguiente diagrama de flujo:

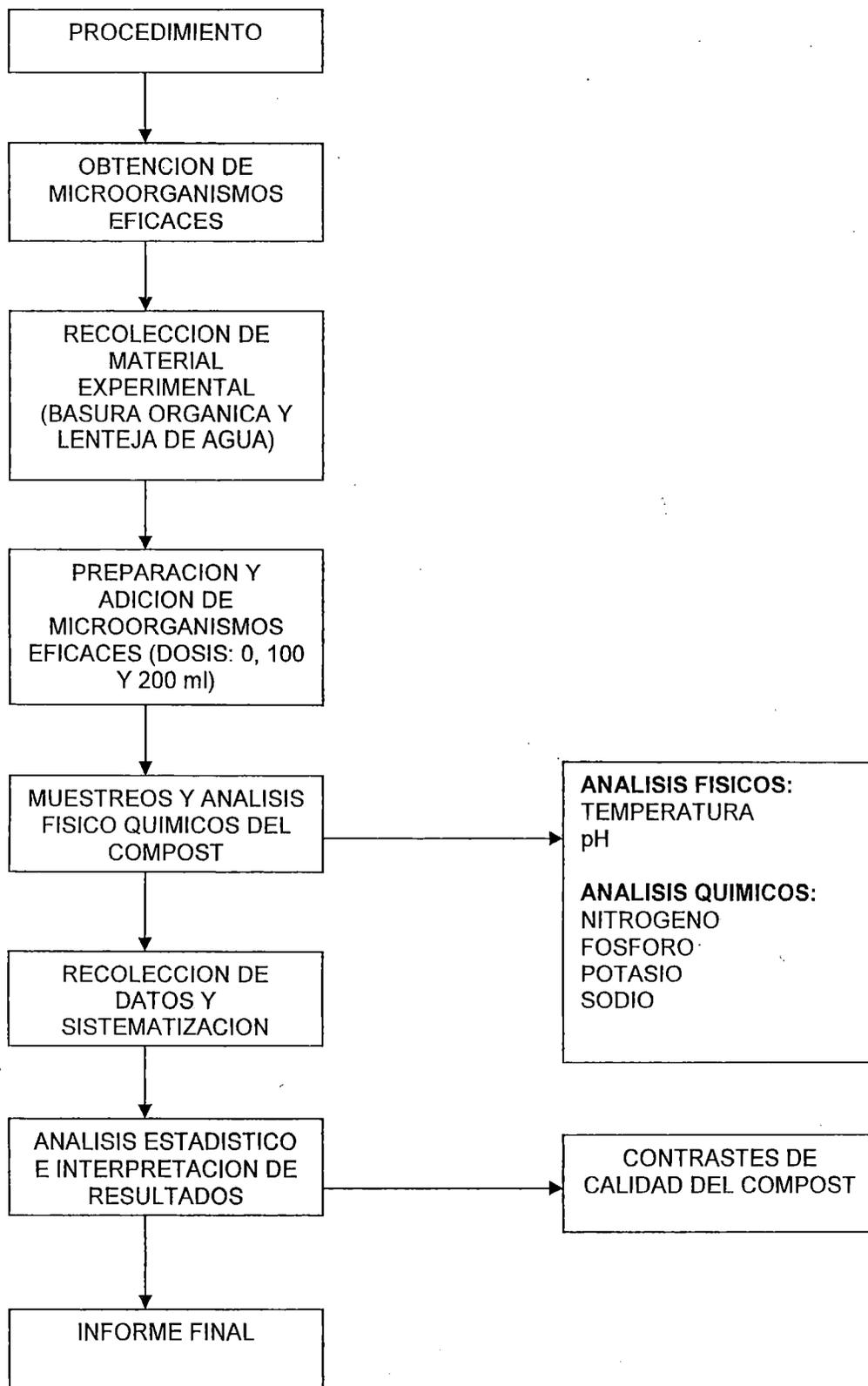


Figura 1. Procedimiento seguido en la ejecución del estudio.

Evaluación del Tiempo de Descomposición y la Granulometría del Compostaje de Residuos Orgánicos Domésticos y Lenteja de Agua (*Lemna spp.*)

3.1.2. Análisis Físico - Químico de Laboratorio.

- El análisis para determinación del tiempo de descomposición fue organoléptico, por el olor, color y textura del compost para evaluar su madurez.
- Para el análisis granulométrico se utilizó cribas que permitieron separar el porcentaje de partículas <1.5 mm. Según el tipo de determinación se realizaron sobre muestra húmeda haciendo pasar una cantidad determinada de muestra por diferentes tamices sometidos a vibración.
- El análisis físico químico del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y lenteja de agua, con diferentes dosis de EM, se realizó en el laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA-Puno.

Evaluación de la Temperatura y pH en el Compost.

Determinación de la Temperatura °C.

Se procedió a medir la temperatura con el termómetro introduciendo hasta el fondo del sustrato durante cinco minutos a las 8: 00 a.m. 12: 00 del medio día y 5: p.m.

Determinación del pH.

El pH es una propiedad química del compost que tiene un efecto importante en el desarrollo de los seres vivos (incluidos microorganismos y plantas). La lectura de pH se refiere a la concentración de iones hidrógeno activos (H⁺) que se da en la interfase líquida del suelo, por la interacción de los

componentes sólidos y líquidos. La concentración de iones hidrógeno es fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo. El grado de acidez o alcalinidad de un suelo es determinado por medio de un electrodo de vidrio en un contenido de humedad específico o relación de suelo-agua, y expresado en términos de la escala de pH. El valor de pH es el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno, que se expresa por números positivos del 0 al 14.

Tres son las condiciones posibles del pH en el compost: la acidez, la neutralidad y la alcalinidad.

Método.

Para la determinación del pH se utilizó el método potenciométrico (WILLARD Et.al., 1974; BATES, 1983).

Fundamento.

El método potenciométrico o electroquímico para medir pH de un compost es el más utilizado. Con este método se mide el potencial de un electrodo sensitivo a los iones H^+ (electrodo de vidrio) presentes en una solución problema; se usa como referencia un electrodo cuya solución problema no se modifica cuando cambia la concentración de los iones por medir, que es generalmente un electrodo de calomelano o de $Ag/Ag\ Cl$. El electrodo a través de sus paredes, desarrolla un potencial eléctrico. En la práctica se utilizan soluciones amortiguadoras, de pH conocido, para calibrar el instrumento y luego comparar, ya sea el potencial eléctrico o el pH directamente de la solución por evaluar.

Material y equipo.

- Muestra de compost.
- Balanza analítica.
- Vasos precipitados de 25 ml.
- Pipeta de 10 ml.
- Piceta con agua destilada.
- Potenciómetro.
- Agua destilada.
- Solución amortiguadora de pH 7 y 4.
- Agitadores magnéticos.

Procedimiento.

- Pesar 1 g de compost y colocarlo en un vaso precipitado de 25 ml.
- Agregar 10 ml de agua destilada.
- Agitar y dejar reposar 10 minutos.
- Ajustar el potenciómetro con las soluciones amortiguadoras.
- Pasados los 10 minutos, medir el pH con el potenciómetro.

Criterios de evaluación.

Criterios de evaluación de un compost con respecto a su pH (NOM-021-RECNAT-2000).

CUADRO N° 2. VALORES DE REFERENCIA DE PH.

Categoría	Valor de pH
Fuertemente ácido	< 5.0
Moderadamente ácido	5.1 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Medianamente alcalino	7.4 – 8.5
Fuertemente alcalino	8.5

Analizar las Concentraciones de los Elementos Químicos (N, P, K, Na) en la Elaboración de Compostaje a Partir de Residuos Orgánicos Domésticos y Lenteja de Agua (*Lemna spp.*).

Determinación de Nitrógeno.

En los microorganismos la carencia de nitrógeno puede afectar el crecimiento, por lo que la población microbiana no tendrá un desarrollo óptimo. En contraste, demasiado nitrógeno permite el crecimiento microbiano rápido y acelera la descomposición; pero puede crear problemas de olor en condiciones anaerobias. Además, el exceso de nitrógeno puede ser liberado como amoníaco; en tanto que el nitrógeno aprovechable escapará en forma de gas. Para la mayoría de los materiales una relación C/N cercana a 10:1 mantendrá estos elementos en equilibrio aproximado. En los compost normalmente el contenido de nitrógeno varía de 0.05 a 2% en sus diferentes formas.

Método.

La determinación de nitrógeno total se realiza con el método Micro-Kjeldahl (Modificado por BREMNER, 1965).

Fundamento.

El método Kjeldahl comprende tres fases fundamentales:

1. Digestión de la muestra. La muestra de compost se somete a una digestión por calentamiento con ácido sulfúrico y por una mezcla de sales que aceleran y facilitan tanto la oxidación de la materia orgánica como la conversión de todas las formas de nitrógeno en N^{+3} , que en medio ácido se

encuentran en forma de radical amonio (NH_4^+); es decir, se llevan las formas orgánicas a formas minerales de nitrógeno.

2. Destilación. Una vez transformado el nitrógeno en NH_4^+ , se expone a una base fuerte como el hidróxido de sodio para formar hidróxido de amonio, que por la acción del calor se descompone en amoníaco (NH_3) y agua.
3. Valoración. El amoníaco desprendido por la reacción se recoge en un volumen conocido de solución valorada de ácido bórico y por comparación con un blanco se determina la cantidad de ácido que reacciona con el NH_3 .

Material y Equipo.

- Muestra de compost seco y molido con un mortero.
- Balanza analítica.
- Matraces Kjeldahl.
- Vasos de precipitados.
- Probetas.
- Digestor.
- Matraz aforado de 1 L.
- Matraces Erlenmeyer de 1 L.
- Perlas de ebullición.
- Pipeta.
- Destilador.
- Bureta.
- Soporte universal con pinza.

Procedimiento.

A. Digestión.

1. Pesar una muestra de compost de 0.25 a 1 g, que dependerá de la materia orgánica contenida en el compost, entre más materia orgánica tenga un compost menos serán los gramos de muestra.
2. Colocar la muestra de compost en un matraz Kjeldahl seco.
3. Adicionar 2 g de mezcla de catalizadores.
4. Agregar 5 ml de ácido sulfúrico concentrado.
5. Poner a calentar en el digestor a una temperatura media, hasta que la muestra se torne clara. La temperatura debe ser regulada de modo que los vapores de ácido sulfúrico se condensen en el tercio inferior del cuello del matraz Kjeldahl.
6. Hervir la muestra por una hora a partir de ese momento.
7. Una vez terminada la digestión, apagar el digestor y tapar con un frasco los matraces para dejar enfriar.

B. Destilación.

1. Añadir al matraz Kjeldahl frío 25 ml de agua destilada y mezclar vigorosamente hasta una disolución completa.
2. Transferir el líquido a un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Colocar de 5 a 6 perlas de ebullición.
3. Adicionar 3 granallas de zinc. Añadir 15 ml de la solución de hidróxido de sodio 10 N, sosteniendo el matraz inclinado de modo que se deposite en el fondo.
4. Colocar en la salida del aparato de destilación un vaso de precipitados de 50 ml, que contenga 10 ml de la solución de ácido bórico más indicador.

5. Conectar el flujo de agua e iniciar la destilación. Destilar hasta que el volumen alcance la marca de 20 ml en el vaso de precipitados de 50 ml. Una vez alcanzado dicho volumen, retirar el matraz y apagar el aparato.
6. Titular el nitrógeno amoniacal con la solución de ácido sulfúrico 0.01 N hasta que vire de verde a rosado fuerte.
7. Realizar un blanco siguiendo los pasos del 3 al 15.

Cálculos.

Calcular la concentración de nitrógeno, sustituyendo en la siguiente fórmula:

$$\text{Nitrógeno \%} = \frac{(T-B) \cdot N \cdot 1.4}{S}$$

Donde:

T = ml de ácido sulfúrico valorado gastados en la muestra.

B = ml de ácido sulfúrico valorado gastados en el blanco.

N = normalidad exacta del ácido sulfúrico.

S = peso de la muestra de compost.

CUADRO N° 3. VALORES DE REFERENCIA PARA NITRÓGENO.

Categoría	Valor % nitrógeno
Extremadamente pobre	< 0.032
Pobre	0.032 – 0.063
Medianamente pobre	0.064 – 0.095
Medio	0.096 – 0.126
Medianamente rico	0.127 – 0.158
Rico	0.159 – 0.221
Extremadamente rico	> 0.221

Determinación de Fósforo (P) Soluble.

El P es un macronutriente esencial para las plantas y los microorganismos, junto con el nitrógeno y el potasio. Puede ser un nutriente limitante, ya que es un componente de los ácidos nucleicos y de los fosfolípidos. Los análisis de P sirven fundamentalmente para el control de la dosificación de productos químicos en tratamientos de agua o suelos, como un medio para determinar que un sistema presenta contaminación por exceso de este compuesto (MUÑOZ *et.al.*, 2000).

Método.

Para la medición del P soluble se utiliza el método de Bray (desarrollado por Bray y Kurtz, 1945), el cual fue modificado en la parte de extracción del P. La cuantificación se lleva a cabo por colorimetría. Este método se emplea como índice del P aprovechable con pH neutro y ácido (NOM-021-RECNAT-2000).

Fundamento.

Este método se basa en la extracción de las formas de fósforo fácilmente solubles, principalmente fosfatos de calcio y una fracción de los fosfatos de aluminio y hierro, con la combinación de ácido clorhídrico y fluoruro de amonio. El fluoruro de amonio disuelve los fosfatos debido a la formación de un ión complejo con estos compuestos, cuando se encuentran en solución ácida. Este método ha dado buenos resultados en suelos ácidos y aceptables en suelos con pH neutros.

Material y Equipo.

- Muestra de compost (1 g) seco y molido en un mortero.
- Vasos de precipitado.
- Pipetas de 1, 5 y 10 ml.
- Matraces aforados de 0.5 y 1 L.
- Espectrofotómetro visible.
- Probeta de 250 ml.
- Botellas de polipropileno 1 L.
- Tubos de ensayo de 10 ml.
- Tubos de plástico para centrifuga de 15 ml.
- Gradillas.
- Vórtex.
- Centrifuga.
- Matraz Erlenmeyer de 1 y 2 L.
- Frascos de vidrio ámbar con tapa esmerilada.

Procedimiento.

1. Pesar 1 g de compost previamente seco y molido, y colocarlo en un tubo para la centrifuga de 15 ml.
2. Agregar 7 ml de solución extractora, agitar con vórtex de tal manera que se mezcle bien el suelo y la solución extractora.
3. Centrifugar las muestras durante 10 minutos a 6 000 rpm.
4. Del sobrenadante tomar 1 ml y colocarlo en un tubo de vidrio, agregar 6 ml de agua destilada y 2 ml de la solución de molibdato y mezclar bien.

5. Agregar 1 ml de solución de cloruro estañoso diluido (que debe prepararse al momento) y nuevamente mezclar.
6. Pasados 10 minutos leer la absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 640 nm. Todas las lecturas deberán terminarse antes de 20 minutos.
7. Cada vez que se lea un lote de muestras realizar un blanco de la siguiente manera: Poner 1 ml de H₂O destilada y 1 ml de solución extractora, agregar 5 ml de agua destilada y 2 ml de solución de molibdato de amonio, mezclar bien y agregar 1 ml de la solución de cloruro estañoso, finalmente mezclar otra vez.
8. Para construir la curva patrón hacer las diluciones correspondientes de la solución tipo de fosfato, llevando el volumen a 100 ml, y considerarlas proporciones.

CUADRO N° 4. VALORES DE REFERENCIA PARA FOSFORO.

Categoría	Valor (mg kg ⁻¹)
Bajo	< 5.5
Medio	5.5 – 11
Alto	>11

Determinación de Potasio.

Reactivos:

1. Solución de 10.000 ppm de potasio: disuelva 19.07 g de cloruro potásico seco, en agua destilada y lleve al litro.
2. Solución de 500 ppm de potasio: diluya 5 ml de la solución de 10.000 ppm de potasio a 100 ml con acetato amónico 1N de pH 7.

3. Solución de 100 ppm de litio: disuelva 6,1 g fr cloruro de litio en 10 litros de agua. Dote a la vasija de una goma de salida cerrada con una pinza.

Procedimiento: La respuesta del potasio cuando se lee por emisión es lineal hasta 2 ppm. La solución de trabajo se prepara en dos fases: obtenga una solución de 20 ppm diluyendo 4 ml de la de 500 ppm de potasio a 100 ml con acetato amónico 1N pH=7. Tome 10 ml de la solución de 20 ppm de potasio y diluya a 100 ml con la solución de litio. Estas soluciones pueden sufrir cambios de hasta 2 por 100 en su concentración en el intervalo de 24 horas, por lo que se deben preparar nuevas todos los días. Tome 5 ml del matraz procedente de la determinación de los cationes de cambio y diluya a 50 ml con la solución de litio. Ajuste el fotómetro con la solución de 2 ppm de potasa y el blanco. A continuación lea las muestras. Chequee la estabilidad de las lecturas intercalando el patrón cada cinco a seis lecturas.

El litio tiene la finalidad de atenuar los efectos de las variaciones de presión del propano y aire y cambios de viscosidad de las soluciones.

Calcule la cantidad de potasio por la expresión:

$$\text{ppm de K} = \frac{\text{lectura muestra}}{\text{lectura patrón}} \times 500$$

$$\text{meq/100 g K} = \frac{\text{ppm}}{390}$$

Determinación de Sodio Cambiable.

Reactivos.

1. Solución patrón de 10.000 ppm de sodio: disuelva 25,41 g de la sal seca, en agua destilada y lleve a litro.
2. Solución de 250 ppm de sodio: diluya 2,5 ml de la solución de 10.000 ppm de sodio a 100 ml con acetato amónico 1N de pH=7.

Procedimiento.

La respuesta del sodio cuando se lee por emisión es lineal hasta 1 ppm. Prepare una solución de 10 ppm diluyendo 4 ml de la de 250 ppm a 100 ml con acetato amónico 1N pH 7. Tome 10 ml de la solución de 5 ppm de sodio y diluya a 50 ml con la solución de litio. Prepare estas soluciones de nuevo todos los días.

Calibre el fotómetro con la solución de 1 ppm de sodio y el blanco. A continuación lea las muestras en el mismo matraz donde leyó el potasio. Chequee la estabilidad de las lecturas intercalando el patrón cada cinco a seis lecturas.

Calcule la cantidad de sodio por la expresión:

$$\text{ppm de Na} = \frac{\text{lectura muestra}}{\text{lectura patrón}} \times 250$$

$$\text{meq Na/100 g} = \frac{\text{ppm}}{230}$$

3.1.3. Análisis Estadístico.

Para determinar la influencia de microorganismos eficaces en los dos tipos de Compost, se utilizó el Diseño Bloque Completamente al Azar, con un arreglo factorial de 2 x 3, con 2 tratamientos, 3 bloques (repeticiones) 6 unidades experimentales (AVILA y ZEA, 1995).

El modelo lineal aditivo del diseño fue:

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

y_{ijkl} = Variable de respuesta

μ = Media general

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor meses

β_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor tipo de materia

γ_k = Efecto del k-ésimo nivel del factor dosis de EM

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Efecto de la interacción del j-ésimo nivel del factor materia,
con el k-ésimo nivel del factor dosis de EM.

ε_{ijkl} = Efecto del error experimental

El cálculo numérico se realizó haciendo uso del Sistema de Análisis Estadístico (SAS ver. 9.1), los gráficos respectivos se realizaron mediante la hoja de cálculo EXCEL de Microsoft.

3.1.4. Ámbito de Estudio.

Ubicación.

El trabajo se realizó en la Universidad Nacional del Altiplano, ubicada en la ciudad de Puno, a una altitud de 3815 msnm, dentro del ámbito de las siguientes coordenadas: 15° 12' Latitud Sur, y 70° 00' Longitud Oeste. El estudio se llevo a cabo en ambiente controlado, en las instalaciones del laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias Biológicas, área básica.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación del Tiempo de Descomposición y Granulometría del Compostaje de Residuos Orgánicos Domésticos y Lenteja de Agua (*Lemna spp*).

El tiempo de descomposición se evaluó en términos de días que el compost alcanzó la madurez, la granulometría se expresó en porcentaje del compost con granos menores a 1.5 mm, que es el establecido como referencia de calidad.

CUADRO N° 5. TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN DEL COMPOST (DÍAS) Y GRANULOMETRÍA (%<1.5 MM), SEGÚN MATERIA DE ORIGEN Y DOSIS DE EM DESDE OCTUBRE A DICIEMBRE DEL 2012.

Materia	Lenteja de agua (<i>Lemna</i>)			Residuos orgánicos		
	0	100	200	0	100	200
Dosis EM	0	100	200	0	100	200
Tiempo (días)	90	82	75	65	55	50
Granos <1.5 mm (%)	75	78	84	83	88	90

Fuente: Elaboración propia.

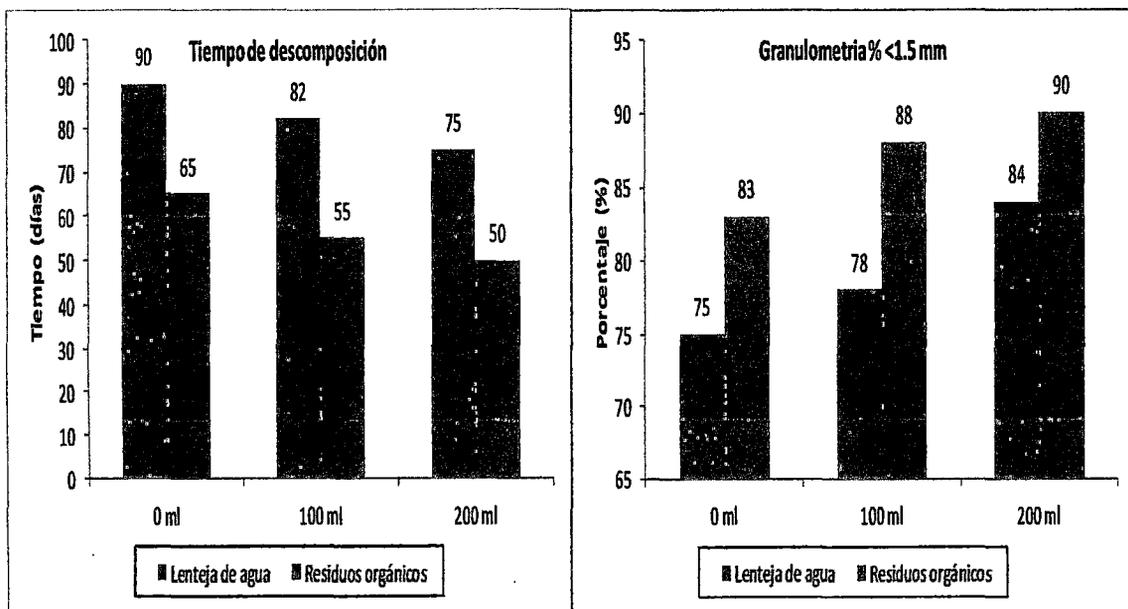


Figura 2. Tiempo de descomposición del compost (días) y granulometría (%<1.5 mm), según materia de origen y dosis de EM desde Octubre hasta Diciembre del 2012.

En el cuadro 5 y Figura 2 se muestra que para el compost de lenteja de agua, en promedio el tiempo de descomposición es mayor que en el tratamiento testigo sin adición de EM con 90 días, los tratamientos con EM muestran un menor tiempo de descomposición con 82 días para la dosis de 100 ml y de 75 días para 200 ml de EM. Para el compost de residuos orgánicos el tiempo de descomposición es menor pero con similar efecto de los EM, siendo de 65 días para el control, 55 días para la dosis de 100 ml y de 50 días para la dosis de 200 ml, notándose la disminución del tiempo de descomposición por la acción de los EM.

Respecto a la granulometría del compost de lenteja de agua, evaluada al final del estudio, se determinó que el porcentaje de gránulos con diámetros <1.5 mm fueron similares según las dosis de EM, con 75% para el control y de 78 y 84% para las dosis de 100 y 200 ml de EM respectivamente. Para el compost de

residuos orgánicos los valores fueron de 83% para el testigo, 88 y 90% para las dosis de 100 y 200 ml de EM respectivamente.

De los resultados es notorio un efecto positivo de los microorganismos eficaces (EM) en el tiempo de descomposición del compost, reduciendo el tiempo de compostaje debido a su actividad de descomposición continua, por lo que es considerado como un acelerador de descomposición infinito a diferencia de aditivos como la melaza que al agotarse por el consumo de los microorganismos, también se ve afectada la descomposición del sustrato usado para el compostaje, lo que se traduce en un mayor tiempo de descomposición (SANCLEMENTE y GARCIA, 2011).

La lenteja de agua requiere un mayor tiempo de descomposición debido a su composición con un alto contenido de fibra con 20% (HAUSTEIN, 1999), respecto al análisis granulométrico del compost se tomó el criterio de evaluar el porcentaje de gránulos con diámetros <1.5 mm, considerado como referencia de la calidad del mismo. Por el tamaño de partículas observado tanto para el compost de lenteja de agua como de residuos orgánicos, no habría problema alguno en utilizar estas compostas como sustrato o como materia prima para la preparación de mezclas de sustratos para uso agrícola, como ha sido señalado en otro estudio con similares porcentajes del análisis granulométrico en compost de bagazo de agave (IÑIGUEZ *et al.*, 2006).

Según los resultados del tiempo de descomposición, se acepta la hipótesis planteada en el estudio, es decir de un menor tiempo de descomposición para

las dosis de 100 y 200 ml de EM comparada con el testigo. Así mismo la granulometría se encuentra dentro de lo aceptable para uso agrícola del compost en ambos sustratos y dosis de EM.

4.2. Evaluación de la Temperatura y pH en el Compostaje de Residuos Orgánicos Domésticos y Lenteja de Agua (*Lemna spp.*).

4.2.1. Temperatura del Compost.

La temperatura del compost se registró durante los meses de estudio desde Octubre hasta el mes de Diciembre del 2012, para los dos tipos de materia utilizadas y las dosis de microorganismos eficaces (EM), la temperatura se incrementó desde el inicio hasta el final del estudio, debido al calor generado por la descomposición (Anexo 1).

Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 6. PROMEDIO DE TEMPERATURA (°C) DEL COMPOST, SEGÚN MATERIA DE ORIGEN Y DOSIS DE EM DESDE OCTUBRE HASTA DICIEMBRE DEL 2012.

Materia	Lenteja de agua (<i>Lemna spp.</i>)			Residuos orgánicos		
	0	100	200	0	100	200
Promedio	24.14	26.98	28.57	24.97	26.93	30.53
D.E.	3.67	3.27	2.87	3.11	3.38	2.80
Promedio	26.56			27.48		
D.E.	2.24			2.81		

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 6, se muestran los valores promedio de temperatura para el compost, es notorio que las mayores temperaturas promedio corresponden a las dosis de EM (100 y 200 ml), mientras que el testigo sin EM presenta temperaturas inferiores, esta diferencia es atribuible a que los microorganismos

eficientes actúan descomponiendo la materia orgánica rápidamente, lo que produce calor y consiguientemente el aumento de la temperatura del compost.

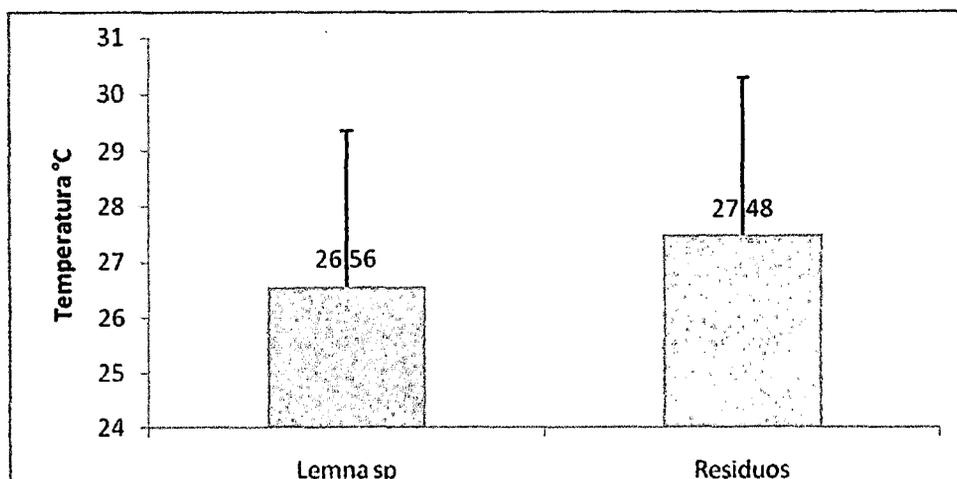


Figura 3. Promedio de temperatura en dos materias primas de compost.

En la Figura 3, se muestra que en promedio la temperatura para el compost obtenido a partir de *Lemna spp.* (lenteja de agua) presenta 26.56 °C de temperatura y el obtenido a partir de residuos orgánicos domésticos 27.48 °C, siendo estadísticamente similares, se puede señalar entonces, que la materia de origen del compost no influye mayormente en la temperatura del mismo en el proceso de compostaje.

El análisis comparativo de las variaciones de la temperatura se muestra en el siguiente cuadro de análisis de varianza.

CUADRO N° 7. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA TEMPERATURA DE COMPOST, CONSIDERANDO DOS TIPOS DE MATERIA PRIMA, TRES DOSIS DE EM Y TRES MESES.

Fuente de variación	G.L.	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Meses	2	74.401	37.200	28.817	< 0.0001
Materia prima	1	3.624	3.624	2.808	0.125
Dosis EM	2	135.399	67.699	52.444	< 0.0001
Materia prima*Dosis EM	2	5.634	2.817	2.182	0.164
Error	10	12.909	1.291		
Total corregido	17	231.967			

Pr<0.05 es estadísticamente significativo

En el cuadro 7, se observa la existencia de diferencia estadística altamente significativa ($P < 0.01$) para las Dosis de microorganismos eficaces (EM), lo que indica que la temperatura varía según la dosis de EM aplicada al compost. La materia prima de origen (*Lemna spp.* y residuos orgánicos) no presenta diferencia estadística, indicando que la temperatura es similar en ambos sustratos de origen del compost; se encontró diferencia estadística para los meses de muestreo, considerándose las variaciones a la actividad de los microorganismos.

Para comparar diferencias específicas entre las dosis de EM, donde se encontró diferencias, se procedió a realizar la prueba de rango múltiple de Duncan.

CUADRO N° 8. PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN PARA LA TEMPERATURA SEGÚN LAS DOSIS DE EM EN COMPOST.

Dosis EM	Media estimada	Grupos de Duncan
100	29.38	A
200	28.56	A
0	23.20	B

Promedios con letra diferente son estadísticamente diferentes entre si ($P < 0.05$)

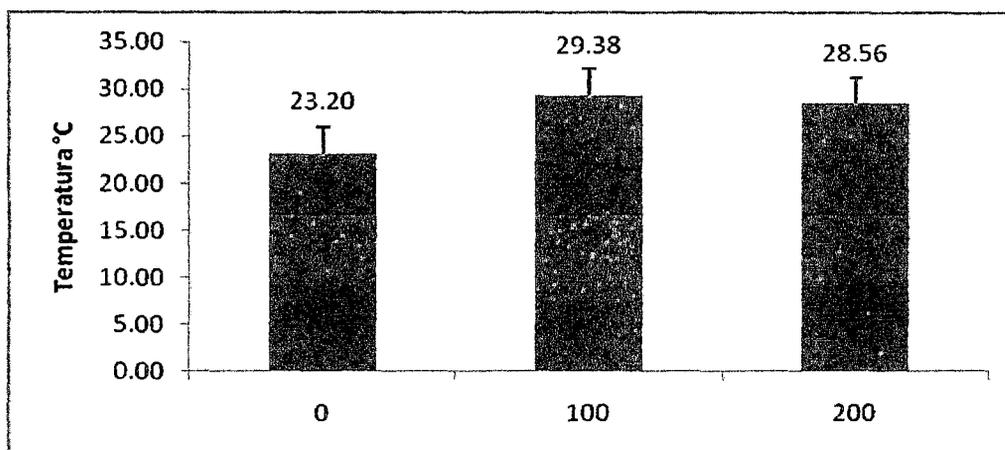


Figura 4. Promedio de temperatura según las dosis de EM en compost desde Octubre hasta Diciembre del 2012.

En el cuadro 8 y Figura 4, se muestra que la mayor temperatura promedio lo presentó la dosis de EM de 100 ml con 29.38 °C, que es estadísticamente similar a la dosis con 200 ml de EM que se ubica en segundo lugar con 28.56 °C, ambos estadísticamente superiores al testigo (sin adición de EM) con la menor temperatura de 23.20 °C ($P < 0.05$).

Se observa una clara tendencia en los resultados en cuanto a las dosis de EM, es decir a mayor concentración de EM, que se da en las dosis altas, las poblaciones de microorganismos es mayor y aumentan más en el tiempo, esto generó una fuerte actividad microbiana, dando como resultado un aumento en la temperatura del sustrato, que se expresa en una mayor liberación de calor. En un estudio con adición de EM en cáscara y pulpa de café, se encontró similar incremento de temperatura con dosis altas de EM, llegando incluso a superar los 30 °C, con exposición al sol (MELENDEZ, 2004).

El tratamiento al que no se añadió los EM (testigo) presentaron los valores más bajos de temperatura del sustrato, lo cual es un indicador claro de la baja actividad microbiana, que está representada solo por la flora microbiana nativa presente tanto en la lenteja de agua como en los residuos orgánicos. Si bien la descomposición también es producida por esta flora microbiana nativa, esta es más lenta y con menor generación de calor como ha sido señalado también para compost obtenido a partir de hoja de caña de azúcar sin adición de EM y solo con agua (SANCLEMENTE Y GARCIA, 2011).

El mecanismo por el cual se genera el incremento de temperatura en el sustrato del compost (Figura 5), requiere de la presencia de oxígeno (proceso aerobio), y la presencia activa de microorganismos descomponedores, en este caso los EM, de esta actividad metabólica se obtiene como producto el compost, CO₂, agua y calor, este último expresado en el incremento de la temperatura, esperando que a una mayor actividad microbiana, también un mayor incremento de la temperatura (PETER, 2006).

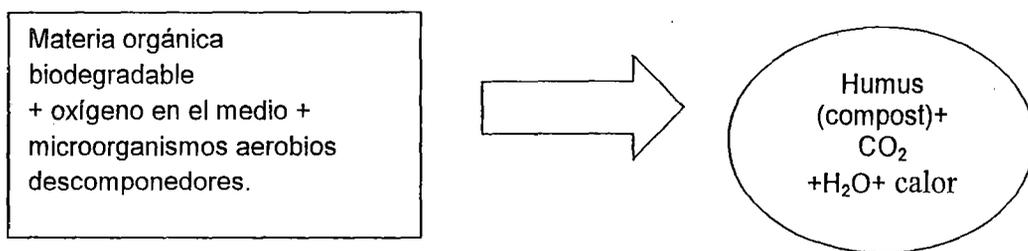


Figura 5. Mecanismo metabólico de generación de calor en el compost.

4.2.2. Potencial de Hidrogeniones (pH) en el Compost.

El pH es un factor importante en procesos de descomposición microbiana, pues variaciones significativas pueden reducir la actividad de los mismos. El pH en el presente estudio se mantuvo relativamente constante desde el inicio al final del estudio para ambos sustratos utilizados (Anexo 1).

Los resultados de pH de las unidades experimentales, según los factores en estudio se muestran en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 9. PROMEDIO DE PH DEL COMPOST, SEGÚN MATERIA DE ORIGEN Y DOSIS DE EM.

Materia	Lenteja de agua (<i>Lemna spp.</i>)			Residuos orgánicos		
	0	100	200	0	100	200
Dosis EM	0	100	200	0	100	200
Promedio	6.29	6.74	6.47	6.1	6.44	6.63
D.E.	0.71	0.29	0.24	0.7	0.19	0.18
Promedio	6.50			6.39		
D.E.	0.22			0.27		

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro N° 9, se muestran los valores promedio de pH en los diferentes sustratos y dosis de EM, se observa que los valores se encuentran entre 6.10 a 6.74, con variaciones mínimas tanto entre tipos de sustrato como para dosis de EM, los valores se encuentran en la categoría de pH neutro.

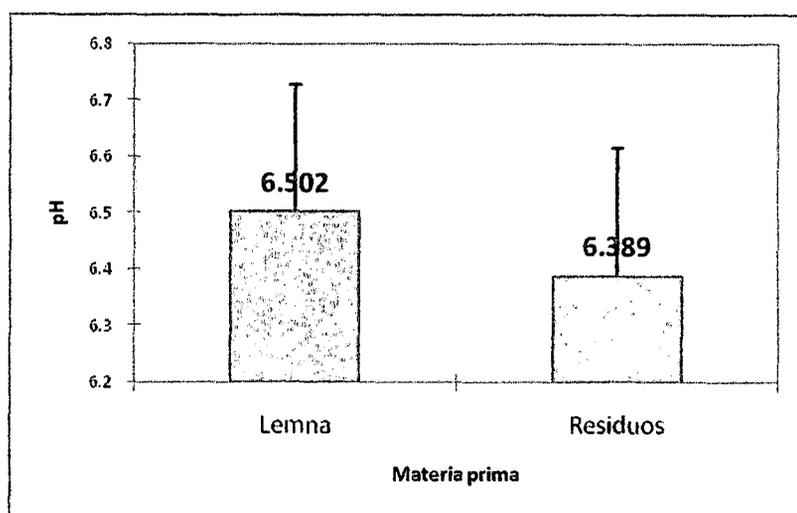


Figura 6. Promedio de pH según la materia prima del compost.

En la Figura 6, mostramos los promedios de pH según el sustrato de origen del compost, el sustrato de lenteja de agua presenta pH de 6.5, el sustrato de residuos orgánicos 6.4.

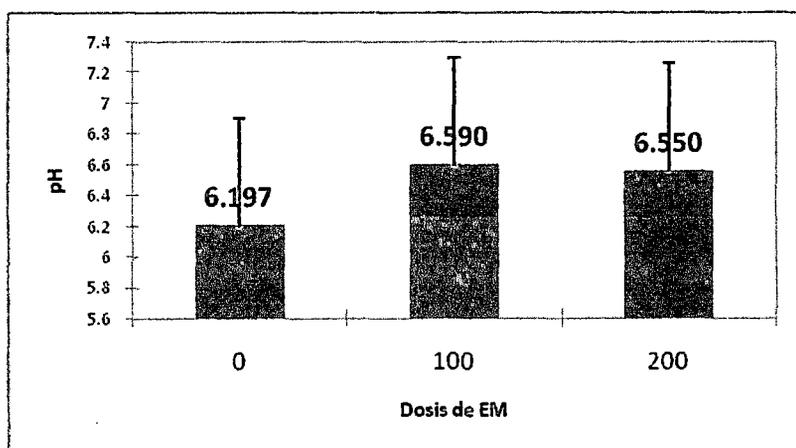


Figura 7. Promedio de pH según las dosis de EM en el compost.

En la Figura 7, se observa los pH según las dosis de EM, para el testigo sin adición de EM es de 6.19, para la dosis de 100 ml de EM es de 6.59 y para la dosis mayor de 200 ml es 6.55. Para todas las dosis los valores de pH no presentan variaciones apreciables, considerándose neutros para todos los casos.

El análisis de varianza de los valores de pH considerando los factores en estudio, se muestran en el siguiente cuadro.

CUADRO 10. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PH DE COMPOST, CONSIDERANDO DOS TIPOS DE MATERIA PRIMA, TRES DOSIS DE EM Y TRES MESES (OCTUBRE-DICIEMBRE DEL 2012).

Fuente de variación	G.L	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Meses	2	0.473	0.236	1.217	0.336
Materia prima	1	0.058	0.058	0.298	0.597
Dosis EM	2	0.562	0.281	1.448	0.280
Materia prima*Dosis EM	2	0.169	0.084	0.434	0.660
Error	10	1.942	0.194		
Total corregido	17	3.204			

Pr<0.05 es estadísticamente significativo.

En el cuadro N° 10, el análisis de varianza indica que no existe diferencia estadística para los meses de muestreo, para los tipos de materia prima

tampoco se encontró diferencia estadística, indicando que el pH es estadísticamente similar para ambas materias primas (lenteja de agua y residuos orgánicos), para dosis de EM no se encontró diferencia, interpretando que el pH no varía significativamente con las diferentes dosis de EM.

Un pH neutro o normal permite que los procesos de descomposición, mineralización y transformación de los sustratos se desarrollen dentro del ámbito de lo normal. Los resultados muestran que no existe una afectación de las dosis de EM en los valores de pH, lo que es un efecto deseable en aditivos como éste, que permiten una mayor tasa de descomposición sin modificación del pH del sustrato inicial. Otro estudio con adición de EM indica valores de pH alcalinos de hasta 8, sin embargo señalan que aún con este valor, los procesos de descomposición se llevaron con normalidad en compost de pulpa de café, mostrando que los EM presentan tolerancia a variaciones de pH (MELENDEZ, 2004). En algunos casos el pH del compost suele incrementarse al final de la fase de compostaje, como se indica para compost a partir de desechos de caña de azúcar (GORDILLO y CHAVEZ, 2008), este efecto se manifestó solo en el tratamiento testigo (sin EM) que bajo su pH en el segundo mes de compostaje (Anexo 1).

Las bacterias tienen su máximo de desarrollo a pH de 6 y 7,5 mientras que los hongos los tendrán a valores entre 5 y 6 (CASTILLO, 1996), por lo que los pH observados en el presente estudio se encuentran cercanos al óptimo para el desarrollo de los microorganismos eficaces.

Se conoce que el pH se sitúa en torno a 7-8, como consecuencia de la capacidad tamponante que confiere a la materia orgánica y el humus que se va formando, así mismo el sustrato utilizado puede hacer variar significativamente los valores de pH y en muchos casos se requiere tomar medidas para corregirlo como añadir cal apagada o sales ácidas (MELENDEZ, 2004), en nuestro caso los sustratos utilizados (lenteja de agua y residuos orgánicos) presentan homogeneidad y características consideradas buenas para la preparación de compost, manifestándose en la estabilidad de los valores de pH reportados.

Según los resultados del análisis de la temperatura, se acepta la hipótesis planteada en el estudio, de a mayor dosis de EM mayor incremento de temperatura por actividad microbiana. Así como de que los valores de pH se mantienen constantes a lo largo del proceso de compostaje para ambos sustratos y dosis de EM.

4.3. Análisis de las Concentraciones de los Elementos Químicos Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Sodio en la Elaboración de Compostaje a Partir de Residuos Orgánicos Domésticos y Lenteja de Agua (*Lemna spp.*).

4.3.1. Análisis del Nitrógeno en Compost.

El nitrógeno es uno de los elementos mayores, por lo que es deseable que el compost presente un valor apreciable de este elemento para ser utilizado en la agricultura.

Los resultados del análisis químico del contenido porcentual del compost obtenido a partir de dos sustratos y dosis de microorganismos eficientes (EM) se muestran en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 11. PROMEDIO DE NITRÓGENO DEL COMPOST, SEGÚN MATERIA DE ORIGEN Y DOSIS DE EM.

Materia	Dosis EM	Nitrógeno (%)
Lenteja de agua	0	0.19
	100	0.24
	200	0.34
Residuos orgánicos	0	0.1
	100	0.23
	200	0.32

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 11, se muestran los valores de contenido de nitrógeno porcentual para los compost de dos sustratos y dosis de EM, los valores se encuentran en el rango de 0.1 a 0.34%, se aprecia que los valores altos corresponden a la dosis más altas de EM.

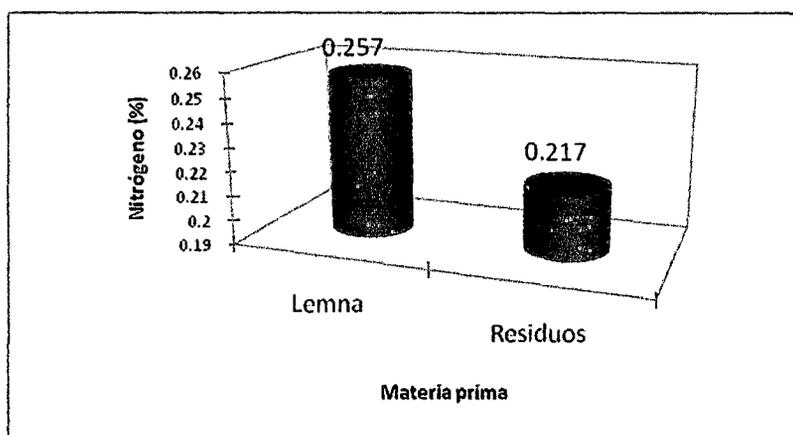


Figura 8. Promedio de nitrógeno (%) según la materia prima del compost.

En la Figura 8, se muestra el porcentaje de nitrógeno según el sustrato utilizado, para lenteja de agua es de 0.257% y para residuos orgánicos es de 0.217%, no existiendo diferencia estadística entre ambos, pero con una ligera ventaja para el sustrato de lenteja de agua.

El análisis de varianza para los contenidos de nitrógeno se muestra en el siguiente cuadro:

CUADRO 12. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL NITRÓGENO DE COMPOST, CONSIDERANDO DOS TIPOS DE MATERIA PRIMA, TRES DOSIS DE EM Y TRES MESES.

Fuente de variación	G.L	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Materia prima	1	0.002400	0.002400	96.000	0.065
Dosis EM	2	0.034233	0.017117	684.667	0.027
Materia prima*Dosis EM	1	0.001875	0.001875	75.000	0.073
Error	1	0.000025	0.000025		
Total corregido	5	0.038533			

Pr<0.05 es estadísticamente significativo

El cuadro N° 12, muestra la existencia de diferencia estadística significativa para las dosis de EM ($P < 0.05$), no se encontró diferencia para los tipos de materia prima, de los cual se puede indicar que son las dosis de EM las que explican las variaciones del contenido de nitrógeno en el compost.

Para las comparaciones específicas entre dosis de EM, se procedió con la prueba de rango múltiple.

CUADRO N° 3. PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN PARA NITRÓGENO (%) SEGÚN LAS DOSIS DE EM EN COMPOST DESDE OCTUBRE HASTA DICIEMBRE DEL 2012.

Dosis EM	Media estimada	Grupos de Duncan
200	0.330	A
100	0.235	B
0	0.145	C

Promedios con letra diferente son estadísticamente diferentes entre si (P<0.05)

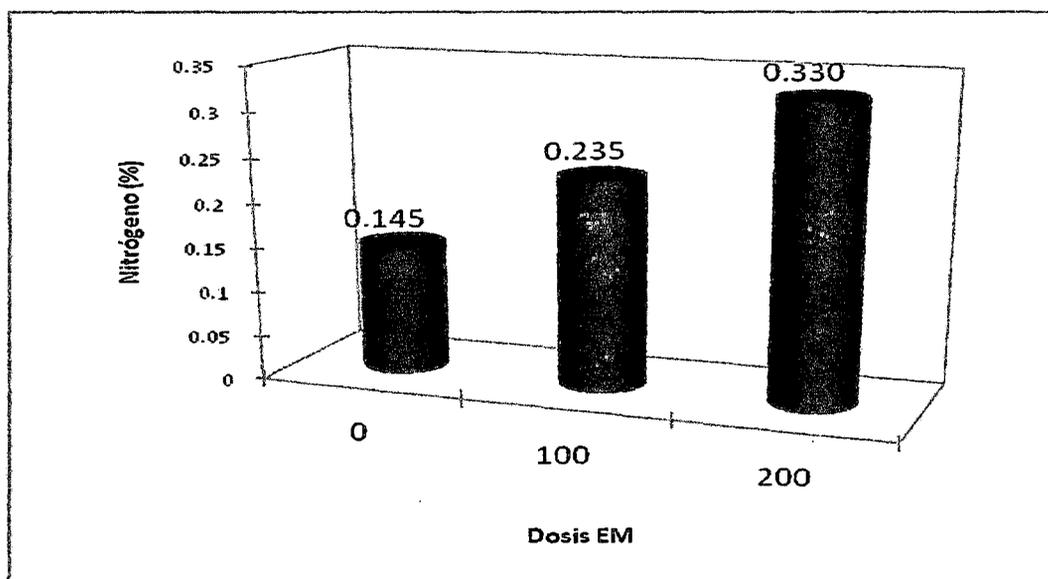


Figura 9. Promedio de nitrógeno (%) según las dosis de EM en el compost.

En el cuadro 13 y Figura 9, se muestra que la prueba de rango múltiple de Duncan encontró diferencia estadística entre las dosis de EM, la dosis con 200 ml presentó el mayor porcentaje de nitrógeno con un promedio de 0.33% estadísticamente superior al resto de dosis (P<0.05), la dosis con 100 ml presenta un promedio de 0.235%, el grupo control sin dosis de EM presenta el menor porcentaje de nitrógeno con solo 0.145% en promedio.

Los resultados indican un mayor contenido de nitrógeno para la dosis de 200 ml de EM, según los valores de referencia de calidad de compost (entre 0.4 a 3.5%), esta dosis estaría en el límite inferior de lo recomendado con 0.33%, atribuible a que es posible lograr una mayor tasa de mineralización en un periodo de tiempo mayor. Un estudio realizado con sustrato de residuos orgánicos urbanos, indica valores de nitrógeno porcentual dentro del rango de lo recomendado, pero en un lapso de tiempo de cuatro meses (AZURDUY *et al*, 2010). Otro estudio con sustrato de pulpa de café también menciona valores superiores de contenido de nitrógeno mayores al 2% (MELENDEZ, 2004).

Se conoce que el nitrógeno es liberado de la materia orgánica como consecuencia de procesos biológicos, los EM se pueden considerar aceleradores infinitos del proceso de mineralización, y que se añaden a los residuos orgánicos para acelerar este proceso (SANCLEMENTE y GARCIA, 2011), lo cual explica el mayor porcentaje de nitrógeno obtenido con la dosis de 200 ml de EM comparado con el testigo en el presente estudio.

Cuando se realiza el proceso de descomposición, inicialmente se libera el nitrógeno orgánico almacenado en los tejidos de la materia orgánica, que es atacado inmediatamente por los microorganismos, descomponiendo estos compuestos con liberación de amoníaco, parte del nitrógeno pasa a formar parte de la biomasa de los microorganismos. Cuando estos microorganismos mueren, el nitrógeno orgánico se libera como amoníaco, el amoníaco, es el compuesto más rico en nitrógeno, contiene aproximadamente un 82% en peso de nitrógeno. En general la descomposición anaeróbica de las proteínas (putrefacción), característica de las bacterias esporulantes anaerobias

(*Clostridium sp*) no libera todo el nitrógeno orgánico como amoníaco. Parte de los aminoácidos dan lugar a aminas que en presencia de aire se oxidan al amoníaco (DIAZ y ROQUE, 1997), de esta manera los EM en dosis altas permiten obtener buenos porcentajes de nitrógeno en el compost.

4.3.2. Análisis de Fósforo (P) en el Compost.

El fósforo es otro elemento importante para el desarrollo de las plantas, los resultados para este elemento se muestran en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 14. PROMEDIO DE FÓSFORO EN EL COMPOST, SEGÚN MATERIA DE ORIGEN Y DOSIS DE EM.

Materia	Dosis EM	Fosforo (%)
Lenteja de agua	0	23.50
	100	41.95
	200	45.21
Residuos orgánicos	0	21.11
	100	40.20
	200	42.24

Fuente: Elaboración propia.

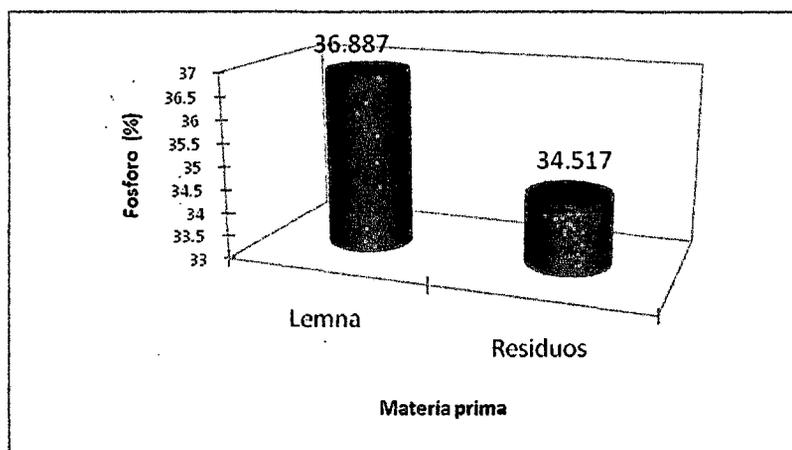


Figura 10. Promedio de fósforo (%) según la materia prima del compost.

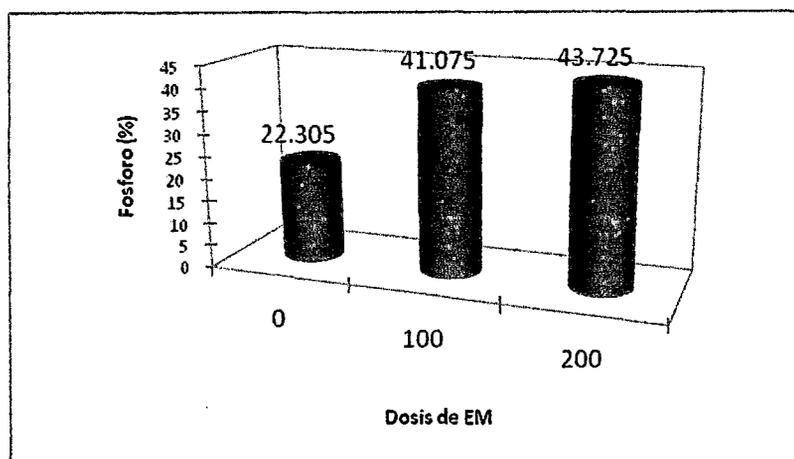


Figura 11. Promedio de fósforo (%) según las dosis de EM en el compost.

En el cuadro N° 14 y Figura 10 se muestra el promedio del contenido de fósforo para los dos sustratos, para lenteja de agua es de 36.89 % y para residuos orgánicos de 34.5 %.

En la figura 11, se muestra el promedio de fósforo según las dosis de EM en el compost, para microorganismos eficaces (EM), se tiene para la dosis de 100 ml un contenido de fósforo de 41.075 ppm, para 200 ml presentan un mayor valor con 43.72 %, el tratamiento testigo sin EM presenta un menor promedio de fosforo con 22.305 %.

CUADRO N° 15. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL FÓSFORO DE COMPOST, CONSIDERANDO DOS TIPOS DE MATERIA PRIMA, TRES DOSIS DE EM Y TRES MESES.

Fuente de variación	G.L	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Materia prima	1	8.42535	8.42535	22.643	0.132
Dosis EM	2	545.43453	272.71727	732.914	0.026
Materia prima*Dosis EM	1	0.00030	0.00030	0.001	0.982
Error	1	0.37210	0.37210		
Total corregido	5	554.23228			

Pr<0.05 es estadísticamente significativo.

En el cuadro 15, el análisis de varianza encontró diferencia estadística significativa para dosis de EM, indicando que los valores de fósforo en el compost varían según las dosis aplicadas ($P < 0.05$), no se encontró diferencia entre los tipos de materia prima.

Para obtener las diferencias específicas, se procedió con la prueba de rango múltiple.

CUADRO N° 4. PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN PARA FÓSFORO (%) SEGÚN LAS DOSIS DE EM EN COMPOST.

Dosis EM	Media estimada	Grupos de Duncan
200	43.725	A
100	41.075	A
0	22.305	B

Promedios con letra diferente son estadísticamente diferentes entre si ($P < 0.05$)

La prueba de rango múltiple de Duncan indica la conformación de un primer grupo formado por las dosis de 200 y 100 ml de EM, con valores estadísticamente similares entre si y superiores al testigo sin aplicación de EM, de lo que se puede señalar que con las dosis utilizadas de EM se obtiene un significativo incremento de fósforo con respecto al tratamiento control.

Con base a los resultados se puede inferir que en los tratamientos con mayor concentración de EM (dosis de 100 y 200 ml), la actividad microbiana fue más intensa que la del testigo con una fauna microbiana nativa, lo que provocó una mayor mineralización y disponibilidad de fósforo como lo demuestran los análisis químicos de laboratorio. Otro estudio indica la misma tendencia de a mayor concentración de EM mayor disponibilidad de fósforo de hasta 0.54% (MELENDEZ, 2004). Para compost obtenido a partir de residuos orgánicos, se

reporta que los valores de fósforo total, el 100 % de los tratamientos, se encuentran dentro del rango de un compost de calidad de 0,1 a 1,6% (AZURDUY *et al*, 2010).

Se sabe que el fósforo es liberado de la materia orgánica como consecuencia de procesos biológicos, en la descomposición se libera por hidrólisis como fosfato inorgánico, los EM son aceleradores infinitos del proceso de mineralización, lo cual explica el mayor porcentaje de fósforo obtenido con las dosis de 100 y 200 ml de EM comparado con el testigo en el presente estudio.

4.3.3. Análisis del Potasio (K) en el Compost.

Los resultados del contenido de potasio (K) expresado en porcentaje, en los tratamientos en estudio se muestran en el siguiente cuadro.

CUADRO Nº 5. PROMEDIO DE POTASIO (K) EN EL COMPOST, SEGÚN MATERIA DE ORIGEN Y DOSIS DE EM DESDE OCTUBRE HASTA DICIEMBRE DEL 2012.

Materia	Dosis EM	Potasio (%)
Lenteja de agua	0	0.45
	100	0.57
	200	0.71
Residuos orgánicos	0	0.55
	100	0.62
	200	0.66

Fuente: Elaboración propia.

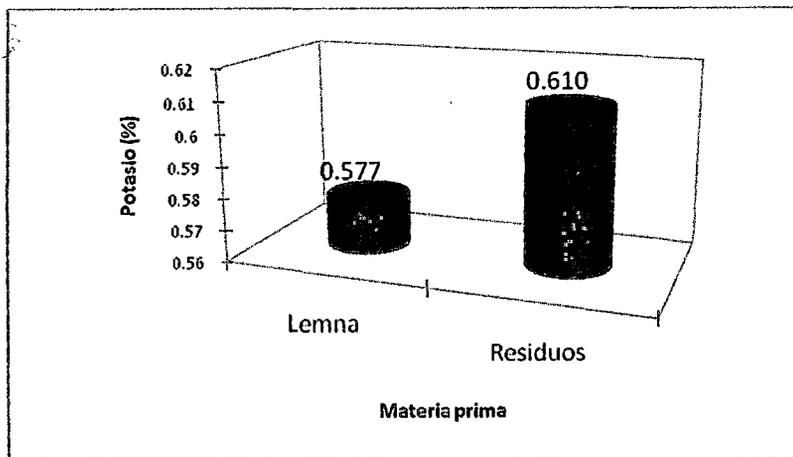


Figura 12. Promedio de potasio (%) según la materia prima del compost.

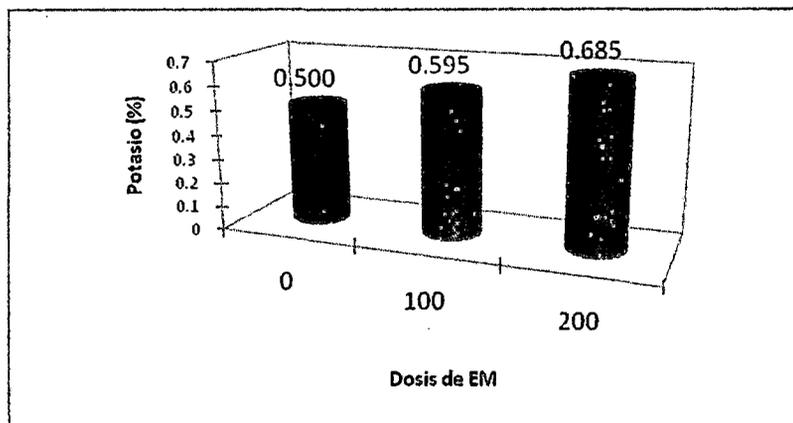


Figura 13. Promedio de potasio (%) según las dosis de EM en el compost.

En el cuadro 17 y Figura 12, se muestra el contenido promedio de potasio para los sustratos utilizados, para lenteja de agua es de 0.557 % y para los residuos orgánicos de 0.610%, valores similares entre si.

En la Figura 13, se muestra los contenidos promedio de potasio para las dosis de EM, siendo para la dosis de 200 ml de EM 0.685%, para la dosis de 100 ml es de 0.595% y para el tratamiento testigo sin aplicación de EM es de 0.5%, valores similares entre si.

En el siguiente cuadro se muestra el análisis de varianza del contenido porcentual de potasio, para los diferentes sustratos y dosis de EM, según los factores en estudio.

CUADRO N° 18. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA POTASIO (%) EN COMPOST, CONSIDERANDO DOS TIPOS DE MATERIA PRIMA, TRES DOSIS DE EM Y TRES MESES OCTUBRE-DICIEMBRE DEL 2012.

Fuente de variación	G.L	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Materia prima	1	0.00167	0.00167	0.66667	0.56409
Dosis EM	2	0.03423	0.01712	6.84667	0.26088
Materia prima*Dosis EM	1	0.00333	0.00333	1.33333	0.45437
Error	1	0.00250	0.00250		
Total corregido	5	0.04173			

Pr<0.05 es estadísticamente significativo

En el cuadro 18, el análisis de varianza no encontró diferencia estadística para ninguno de los factores en estudio, lo que indica que el contenido de potasio (K) en el compost es estadísticamente similar tanto para los tipos de materia prima como para las dosis de EM.

De los resultados se desprende que el potasio a diferencia de otros elementos, no presenta variaciones por la adición de dosis altas de EM, lo que se ha observado también en otro estudio de compost a partir de residuos orgánicos, donde los valores de potasio del compost obtenido, muestran que todos los tratamientos aplicados se encuentran dentro de los rangos normales de un compost maduro 0,4-1,6% (AZURDUY *et al.*, 2010), al igual que los resultados del presente estudio, esto se explica porque a diferencia del nitrógeno y fosforo, el potasio es secuestrado y liberado de la materia orgánica por procesos químicos y no biológicos, por lo cual la adición de EM no muestran el

mismo efecto que en el resto de elementos señalados (N y P) (SANCLEMENTE y GARCIA, 2011).

4.3.4. Análisis de Sodio (%) en el Compost.

Los resultados del contenido del sodio, para los tratamientos en estudio se muestran en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 6. PROMEDIO DE SODIO (%) EN EL COMPOST, SEGÚN MATERIA DE ORIGEN Y DOSIS DE EM.

Materia	Dosis EM	Sodio (%)
Lenteja de agua	0	700
	100	795
	200	850
Residuos orgánicos	0	400
	100	530
	200	600

Fuente: Elaboración propia.

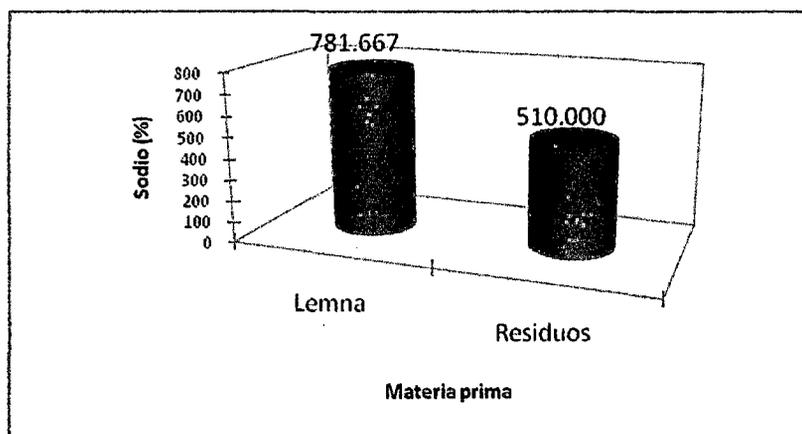


Figura 14. Promedio de sodio total según la materia prima del compost.

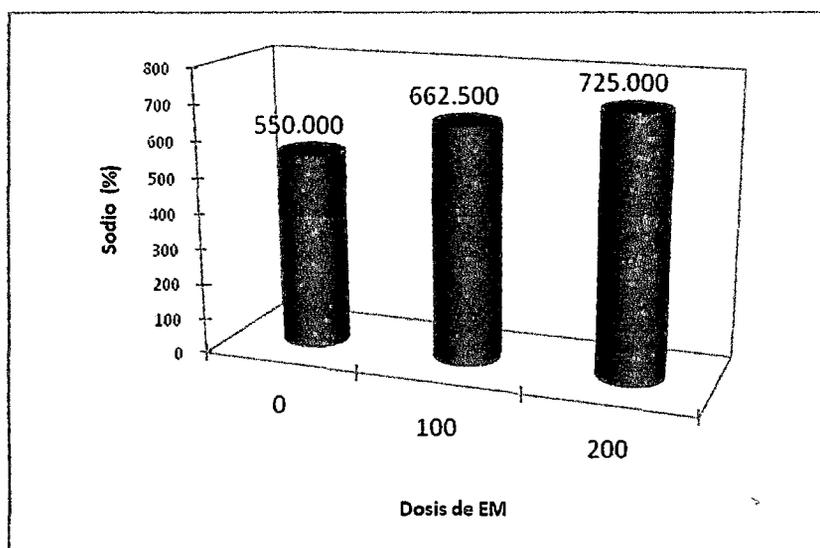


Figura 15. Promedio de sodio según las dosis de EM en el compost.

En el cuadro 19 Figura 14, indica que para el sustrato de lenteja de agua el contenido de sodio es de 781% y para el sustrato de residuos orgánicos es de 510%.

En la Figura 15, las dosis con 100 y 200 ml de EM presentan promedios de sodio total similares con 662.5 y 725.0% respectivamente, el testigo sin adición de EM presenta un promedio menor de sodio total con 550%.

El análisis de varianza se muestra a continuación.

CUADRO N° 7. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA SODIO EN COMPOST, CONSIDERANDO DOS TIPOS DE MATERIA PRIMA, TRES DOSIS DE EM Y TRES MESES.

Fuente de variación	G.L.	Suma de los cuadrados	Media de los cuadrados	F	Pr > F
Materia prima	1	110704.167	110704.167	1968.074	0.014
Dosis EM	2	31458.333	15729.167	279.630	0.042
Materia prima*Dosis EM	1	602.083	602.083	10.704	0.189
Error	1	56.2500	56.2500		
Total corregido	5	142820.8333			

Pr<0.05 es estadísticamente significativo

En el cuadro 20, el análisis de varianza encontró diferencia estadística significativa ($P<0.05$) para los tipos de materia prima y para dosis de EM, lo

que indica que el sodio total varia en ambos tipos de materia prima, así como según las dosis de EM utilizadas.

Se procedió con la prueba de rango múltiple para ambos casos para visualizar diferencias específicas.

CUADRO N° 21. PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN PARA SODIO SEGÚN EL TIPO DE MATERIA PRIMA DEL COMPOST.

Materia prima	Media estimada	Grupos
<i>Lemna spp.</i>	781.667	A
Residuos	510.000	B

Promedios con letra diferente son estadísticamente diferentes entre sí ($P < 0.05$)

La prueba de rango múltiple determinó que el compost cuyo sustrato fue la lenteja de agua (*Lemna spp.*), presenta estadísticamente un mayor contenido de sodio total ($P < 0.05$) con promedio de 781.7%, comparado con el sustrato de residuos orgánicos con menor contenido de sodio total (510%). Estas diferencias serían atribuidas al origen de cada sustrato, si bien no se cuenta con información de análisis de sodio en ambos sustratos, es de esperar que la lenteja de agua por su desarrollo en aguas eutrofizadas, presente valores superiores de sodio producto de dicho proceso.

CUADRO N° 22. PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN PARA SODIO SEGÚN LAS DOSIS DE EM EN COMPOST.

Dosis EM	Media estimada	Grupos de Duncan
200	725.000	A
100	662.500	A
0	550.000	B

Promedios con letra diferente son estadísticamente diferentes entre sí ($P < 0.05$)

En el cuadro 22, mostramos la prueba de rango múltiple, que indica valores superiores de sodio total para los tratamientos con 100 y 200 ml de EM,

estadísticamente similares y superiores al testigo ($P < 0.05$), indicando que la adición de EM incrementa también el sodio total del compost, sin embargo no se reporta el efecto del sodio total en el uso del compost.

Según los resultados se cumplió la hipótesis planteada de mayor contenido de nitrógeno y fósforo con dosis de EM, sin embargo el potasio no presentó diferencias, el sodio total presentó valores superiores con las dosis de EM.

CONCLUSIONES

PRIMERO.- El tiempo de descomposición para la lenteja de agua es mayor en el tratamiento testigo con 90 días, con 82 y 75 días para dosis de 100 y 200 ml de EM. Para residuos orgánicos el tiempo de descomposición es menor pero con similar efecto de los EM, de 65 días para el control, 55 y 50 días para las dosis de 100 y 200 ml respectivamente. La granulometría indica un 75 a 90% de gránulos con diámetros <1.5 mm en ambos sustratos de compost utilizados.

SEGUNDO.- La temperatura según el sustrato fue 26.56 °C para lenteja de agua y 27.48 para residuos orgánicos, similares entre si ($P>0.05$); para dosis de EM la mayor temperatura presentó la dosis de 100 ml con 29.38 °C, estadísticamente similar a la dosis con 200 ml con 28.56 °C, ambas estadísticamente superior al testigo con 23.20 °C. El pH según el sustrato fue para lenteja de agua 6.5, para residuos orgánicos 6.4 similares entre si ($P>0.05$). Para las dosis de EM fueron el testigo con 6.19, para la dosis 100 ml de 6.59 y para la dosis de 200 ml de 6.55, siendo considerados pH neutros y similares entre si ($P>0.05$).

TERCERO.- Según el sustrato utilizado, nitrógeno, fósforo y potasio no se encontró diferencia estadística ($P>0.05$), para sodio total el sustrato de lenteja de agua presenta un valor superior al de residuos orgánicos. Para nitrógeno según la dosis de EM: con 200 ml presentó 0.33% estadísticamente superior al resto de dosis ($P<0.05$), la dosis con 100 ml con 0.235% y el control con

0.145%. Para fósforo según la dosis de EM: con 100 ml presentó 41.075%, para 200 ml con 43.72%, siendo mayores al testigo y similares entre si ($P < 0.05$), el testigo con 22.305%. Para potasio según las dosis de EM: con 200 ml presentó 0.685%, para 100 ml con 0.595% y el testigo con 0.5%, sin diferencia estadísticas entre si ($P > 0.05$).

CUARTO.- Para sodio total según dosis de EM: con 100 y 200 ml de EM presentan promedios de sodio total similares con 662.5 y 725.0% respectivamente, superiores al testigo que presentó 550% ($P < 0.05$).

RECOMENDACIONES

PRIMERO.- Realizar estudios con mayor número de dosis de microorganismos eficaces (EM) para obtener el óptimo biológico y el óptimo económico en la preparación de compost.

SEGUNDO.- Realizar aplicaciones del compost producido con microorganismos eficaces (EM) en cultivos de hortalizas, para evaluar la producción y productividad de los mismos versus un testigo.

TERCERO.- Utilizar diferentes sustratos con materia prima de la región, con adición de microorganismos eficaces para producción de compost.

CUARTO.- Balancee la pila de composta con materiales secos de color café y materiales húmedos de color verde. Los microbios se multiplican más rápido en la composta que tiene de 25 a 30 veces más carbono (plantas secas de color café) así como nitrógeno (plantas verdes húmedas), o cuando la proporción de carbono a nitrógeno (C: N) es 25-30:1.).

QUINTO.- Los microbios beneficiosos dependen de un abastecimiento constante de aire y agua. Cuando cualquiera de estos falta, los microbios mueren, y la descomposición se desacelera o se detiene completamente. Mantenga el material húmedo uniformemente.

LITERATURA CITADA

ARMSTRONG, W. 2003. Waynes Word Lemnaceae. On- Line. Available from:
www. Waynesword. palomar. edu Instituto Gallach.

ARTAVIA, S. URIBE, L. SABORÍO, F. ARAUZ, L. CASTRO, L. 2010.

Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la supresión de *Pythium myriotylum* en plantas de tiquis que (*Xanthosoma sagitti folium*) Instituto Tecnológico Cartago. Centro de Investigaciones Agronómicas en protección de cultivos, Universidad de Costa Rica. San José.

AZURDUY, S. ORTUÑO, A. AZERO C. 2010. Evaluación de activadores orgánicos para acelerar el proceso de compostaje de residuos orgánicos en el municipio de Quillacollo. Universidad Católica Boliviana San Pablo, Carrera de Ingeniería Ambiental, Cochabamba Fundación PROINPA, Cochabamba, Bolivia

BALTODANO, R. y O. SOTOMAYOR. 2002. Evaluación de manejo de desechos orgánicos domésticos en la Universidad Earth, Trabajo de Graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo con el grado de Licenciatura, Guácimo, Costa Rica.

BARRENA, G. 2006. Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. Tesis para optar el Grado de Doctora por la Universidad Autónoma de Barcelona. España.

BATES R. G. 1983. Determination of pH, Wiley, New York.

BIOCITY. 2007. Microorganismos. Barcelona-España. Disponible en URL:
<http://biocity.iespana.es/micro/leva.htm>

BRAY R. H. and KURTZ L. T. 1945. Determination of total, organic and

available form of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59:360-361.

- BREMNER J. M. 1965. Nitrogen availability indexes. In: C.A. Black *et al.* (ed.) *Methods of soil analysis, Part 2.* *Agronomy* 9:1324-1345. Am. Soc. of Agron Madison, Wis.
- BUCKMAN, B. 1997. *Naturaleza y Propiedades de los suelos.* Reimpresión. Editorial Montana y Simon. S. A. Barcelona España. 321 p.
- CALDERÓN, F. 2001. Cultivo semi-orgánico de plantas madres de Clavel laboratorios Ltda, Septiembre de 2001 Avda. 13 No. 87-81 Bogotá D.C., Colombia S.A.
- CARRIELLO, M.; L. CASTAÑEDA; I. RIOBO; J. GONZÁLEZ. 2007. Inoculante de microorganismos endógenos para acelerar el proceso compostaje de residuos sólidos urbanos. *R.C. Suelo Nutr. Veg.* 7 (3) p.26-37.
- CARPIO, B. 1989. Distribución y abundancia de micrófitos Litorales en la Bahía Interior de Puno. Tesis para optar el Título de Licenciado en Biología. Facultad de Ciencias Biológicas UNA-PUNO. 73 p.
- CARRIZO, L. 2010. Valorización de la Lenteja de agua (*Lemna spp.*) y el estiércol ovino para su utilización en agricultura. Ingenieros agrónomos de la Universidad de Zulia- Venezuela.
- CASTILLO, C. 1996. Elaboración de compost a partir de residuos orgánicos urbanos, Asociación Regional de Recicladores Bogotá Acodal. 31p.
- CASTILLO, A. QUARÍN; S., IGLESIAS, M. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. Universidad Nacional del Nordeste Argentina.
- CASTILLO, E., CRISTANCHO, D., ARELLANO, V. 2003. Estudio de las condiciones de operación para la digestión anaerobia de residuos sólidos urbanos. Centro de Estudios de Investigaciones

- Ambientales, Universidad Industrial de Santander Bucaramanga. Colombia.
- CERRATO, M. 2000. Procesos químicos orgánicos e inorgánicos. Guácimo, Limón. Zaragoza España.
- COLOMAR MENDOZA, F. J. Y GALLARDO IZQUIERDO, A. 2007. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. Universidad Politécnica de Valencia. Limusa. ISBN 13 978
- COLLOT, D. 1980, Los Macrófitos de Quelque Laes (Lake Titikaka, Lake Poopo, Dos Valles D. Hyhuja) UMSA La Paz-Bolivia.
- CORREA, M. 2008. Microorganismos eficaces (EM). [Disponible en:]<http://www.autosuficiencia.com.ar/shop/detallenot.asp?notid=543>. [Consulta: 14 de abril, 2010].
- DIAZ GOMEZ J.; ROQUE ELIECER A. 1997. Dinámica del Nitrógeno y Fósforo ISSN:0120-5951 Vol.11-Fasc.págs; 6'-67. Colombia.
- DIMITRI, J. 2004. Enciclopedia de agricultura y Jardinería. Segunda Edición. Editorial ACME B.A. Argentina.
- ELZAKKER, B. 1995. Principios y prácticas de la agricultura en el trópico. Fundación Guillombé. San José, Costa Rica. 86 p.
- GORDILLO, F y E. CHAVEZ. 2010. Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros. Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador.
- HAUSTEIN, A. 1999. Estudio de la Lenteja de Agua en Aguas Servidas. Investigación y monitoreo de la cuenca de los ríos Carabaya-Ramis y Cabanillas en el sector Nor Oeste del Lago Titicaca Universidad Nacional Agraria La Molina Facultad de Ciencias Forestales. Lima-Perú.
- HERNANDEZ SOLARES, HUGO L. 2008. Experiencias en la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos provenientes de mercados de la ciudad capital y su valor agronómico. Universidad San Carlos de Guatemala Facultad de Agronomía.

- HIGA, T. 1993. Una revolución para salvar la tierra. Una forma de resolver los problemas de nuestro mundo a través de los Microorganismos Efectivos (EM). Trad. M. del MAR RIERA. 2002. España. Grafiques Manlleu. 332 p.
- HILLMAN, W. y D. CULLEY. 1980. Utilización de la Lenteja de agua en la producción de Tilapias The uses of duckweed amscio. USA.
- HOYOS, J., VARGAS, C., VELAZCO, R. 2010. Evaluación de compost obtenido en pila móvil empleando mezclas de gallinaza de jaula con material celulósico. Universidad del Cauca Popayán. Colombia.
- IDMA-Lima. 1993. Preparación de Abonos Orgánicos. Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente. Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente Ediciones Lima. Abancay. <http://www.idmaperu.org/htm.com>.
- IDMA-Lima. 2000. Estudio de las características físico químicas y biológicas del basural "El Monton". Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente Ediciones Lima - Huánuco. <http://www.idmaperu.org/htm.com>.
- IÑIGUEZ, G.; J. PARRA y P. VELASCO. 2006. Utilización de subproductos de la industria tequilera. Parte 8: evolución de algunos constituyentes de la mezcla de biosólidos-bagazo de agave durante el compostaje. Rev. Int. Contam. Ambient. 22 (2) p. 83-93.
- LABRADOR, M. 2001. La materia orgánica en los agrosistemas. España.
- LEBENHAGEN, CHRISTOPH SCHAFERS (1998) "El proceso de recolección y tratamiento de los residuos sólidos municipales". *Federalismo y Desarrollo*, num. 63 (julio-septiembre), pp. 72-83.
- LEÓN B. Y CHAVES, D. 2010. Tratamiento de residual vacuno utilizando microalgas, la lenteja de agua Lemna aequinoctiales y un humedal subsuperficial en Costa Rica Laboratorio Biotecnología de Microalgas (LABMA), Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica
- MADRID, F., LÓPEZ, R., CABRERA, F., MURILLO, J.M. 2001 Caracterización de los composts de residuos sólidos urbanos de la planta de

Villarrasa (Huelva) Instituto de recursos naturales y Agrobiología de Sevilla España CSIC.

MARTELO, J., LARA J. 2011 Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá Colombia.

MARTINEZ, G. 2003. Fertilizantes. Investigación Científica medio ambiente Edición Lima – Perú.

MAYEA, S. 1994 Tecnología para la producción de compost (biotierra) a partir de la inoculación con microorganismos de diversos restos vegetales. CIDA. La Habana, Cuba. 22 p.

MEJIA ECHEVERRI, A.E.; RAMIREZ VERGARA, J. J. 2013 Modelo Económico para el aprovechamiento de los residuos orgánicos de mango y banano generados en la central mayorista de Antioquia. Universidad de Manizales Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible Colombia Medellín.

MEJÍA, M. 2004. Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.

MELLENDEZ, A. 2004. Evaluación del efecto de microorganismos efectivos (EM), en diferentes diluciones y frecuencias de volteo sobre la descomposición de la pulpa de café, San Miguel Dueñas, Sacatepequez. Tesis Ingeniería agronómica, Universidad San Carlos. Guatemala.

MUÑOZ I. D. J., MENDOZA C. A., LÓPEZ G. F., SOLER A. A., HERNÁNDEZ M. M. 2000 Manual de análisis de suelo. Edafología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México.

NAVARRO, P., MORAL, H., GOMEZ, L., MATAIX. B. 1995. Residuos orgánicos y agricultura. Universidad de Alicante edición: Compobell, S.L. Murcia. Impreso en España.

PACHECO, F. 2009. Evaluación de la eficacia de la aplicación de inóculos microbiales y de Eisseniafoetida en el proceso de compostaje doméstico de desechos urbanos. Tesis Universidad Pública de Navarra. España.

- PALACIOS, L. y LAGUNA, G. 1991. Biomasa de la lenteja de agua en la Bahía Interior de la Ciudad de Puno. Tesis presentada para optar el Título Profesional de Licenciado en Biología, Facultad de ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú. 82 p.
- PATRON IBARRA, J. y PINEDA, J. Sustratos orgánicos: Elaboración, manejo y principales usos. Colegio de Postgraduados Texcoco, estado de México
- PETER, F. 2006. EM Microorganismos Efectivos. Descubré la utilidad de los EM en el hogar y el jardín, la agricultura y la salud. Trad. de Luise S., M. Barcelona, RBA Integral. 237 p.
- PINEDA PABLOS, NICOLÁS Y LOERA BURNES EDMUNDO 2007. Bien recolectada pero mal tratada. El manejo municipal de la basura en Ciudad Obregón, Hermosillo y Nogales, Sonora México.
- POZO, J.; ELOSEGI, A.; DIEZ, J.; MOLINERO, J. 2009. Dinámica y relevancia de la materia orgánica Universidad de Girona. Edición en Español. Fundación BBVA.
- PRIMO, E. 1981. Química Agrícola. Edit. Alumbardo S. A. Madrid - España.
- QUINTO, L. 1995. Estudios con la "lenteja de agua" Investigación Científica Medio Ambiental No 15 edición IDMA, Lima – Perú.
- QUISPE, L. 1999. Determinación del valor nutricional de la "lenteja de agua" (*Lemna spp.*) en ovinos. Tesis presentada para optar el Título Profesional de Licenciado en Biología, Facultad de ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Altiplano, Puno Perú, 73 p.
- SANCLEMENTE, O y M. GARCIA. 2011. Efecto del uso de melaza y microorganismos eficientes sobre la tasa de descomposición de la hoja de caña (*Saccharum officinarum*). Investigación Agraria y Ambiental. RIAA 2.

- SANGAKKARA, R. 1999. Tecnología de los Microorganismos Eficientes Edición APNAN. Thailand. Lima Perú. 44 p.
- TABORA, P y M. SHINTANI. 1999. La utilización de Bokashi de residuos agrícolas para la recuperación de la capacidad nutricional de los suelos. Universidad EARTH. Guácimo, Limón, Costa Rica.
- VALDERRAMA, A. 2004. Contaminación por residuos sólidos urbanos en la Bahía del Malecón Turístico de la ciudad de Puno. Tesis de Maestría en Salud Pública EPG – UNA - Puno.
- VÁSQUEZ DE DÍAZ, M.; A. LÓPEZ; B. FUENTES y E. COTE. 2010. Aceleración del proceso de compostaje de residuos post-cosecha (pulpa) del café con la aplicación de microorganismos nativos. Revista CENIC Ciencias Biológicas. 41p.
- VELÁZQUEZ, F y N. REY. 2002. Metodología de la Investigación Científica. Editorial San Marcos. 311 p.
- VICENTE, J.; CARRASCO, J. E.; NEGRO, M. J. 1996. El compostaje como tecnología para el tratamiento de residuos: compostaje de bagazo de sorgo dulce con diferentes fuentes nitrogenadas. Instituto de Energías Renovables. Ciudad Universitaria. Madrid-España.
- WETZEL, B. 1981. Estudio sobre el uso de Macrófitas sumergidas para el tratamiento de agua. Editorial Omega S. A. España.
- WILLARD H. H., MERRIT L. L., DEAN J. A. 1974. Instrumental methods of analysis. 5th edition Van Nostrand.

ANEXOS

ANEXO 1

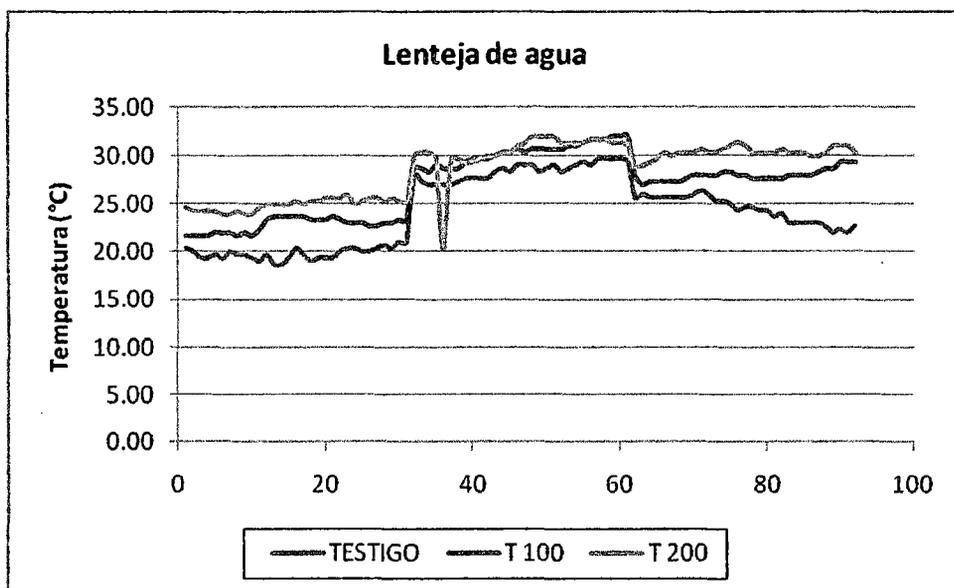


Figura 16. Temperatura diaria para lenteja de agua, según dosis de EM en el compost.

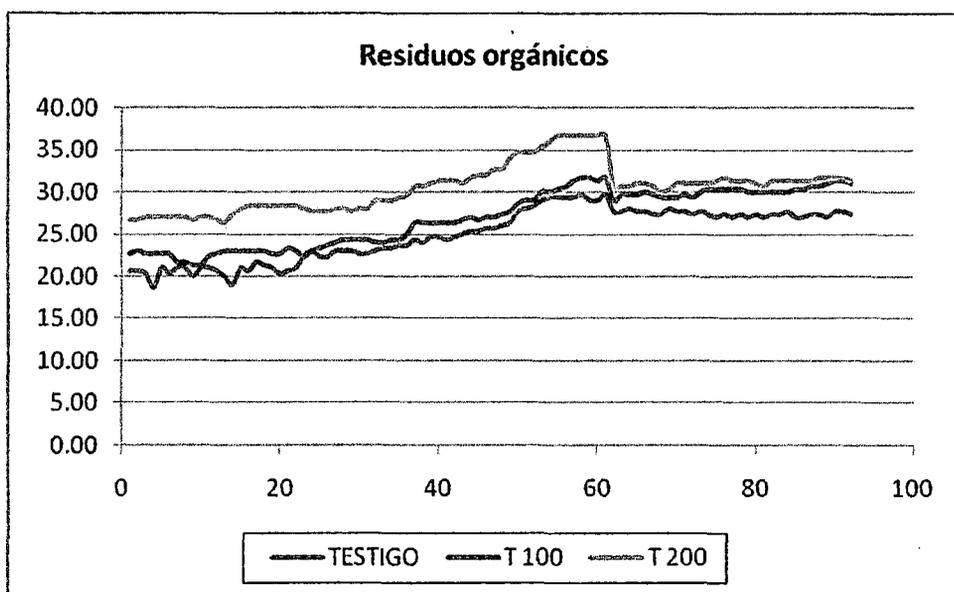


Figura 17. Temperatura diaria para residuos orgánicos, según dosis de EM en el compost.

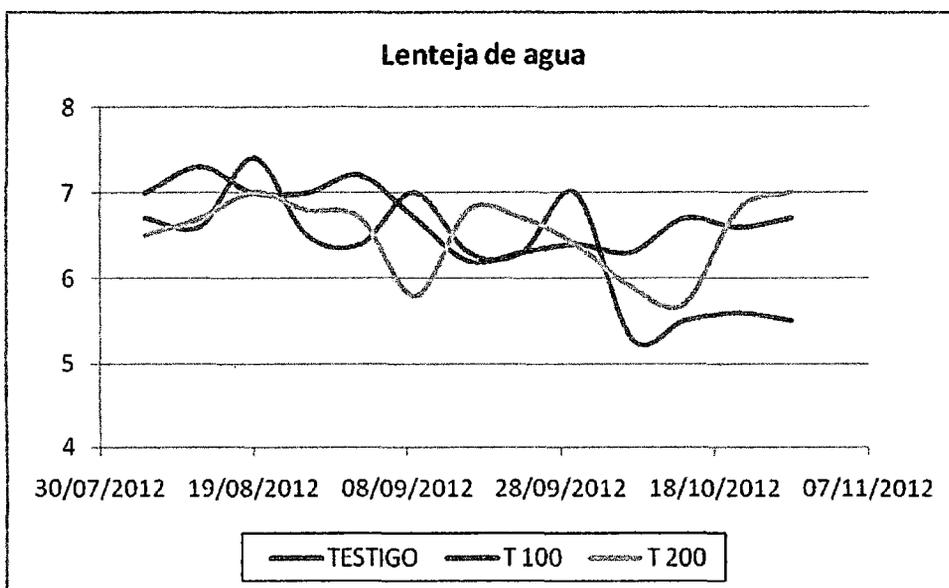


Figura 18. Valores de pH diario para lenteja de agua, según dosis de EM en el compost.

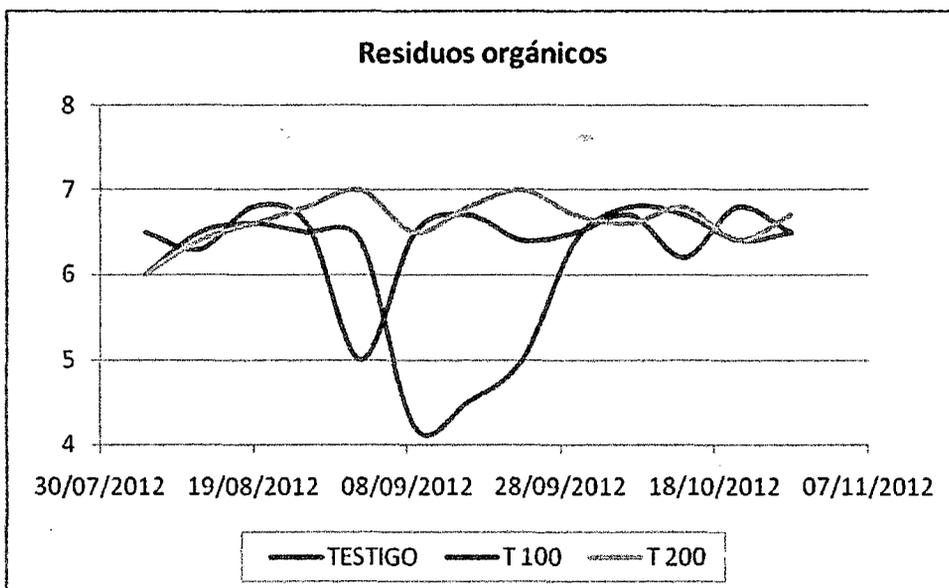


Figura 19. Valores de pH diario para residuos orgánicos, según dosis de EM en el compost.

ANEXO 2

CUADRO 8. PROMEDIOS DE TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN Y GRANULOMETRÍA SEGÚN MATERIA PRIMA Y DOSIS DE EM.

Materia prima	Lenteja de agua (<i>Lemna spp.</i>)			Residuos orgánicos		
	0	100	200	0	100	200
Dosis EM						
Tiempo (días)	90	82	75	48	55	62
Granos <1.5 mm (%)	75	78	84	83	88	90

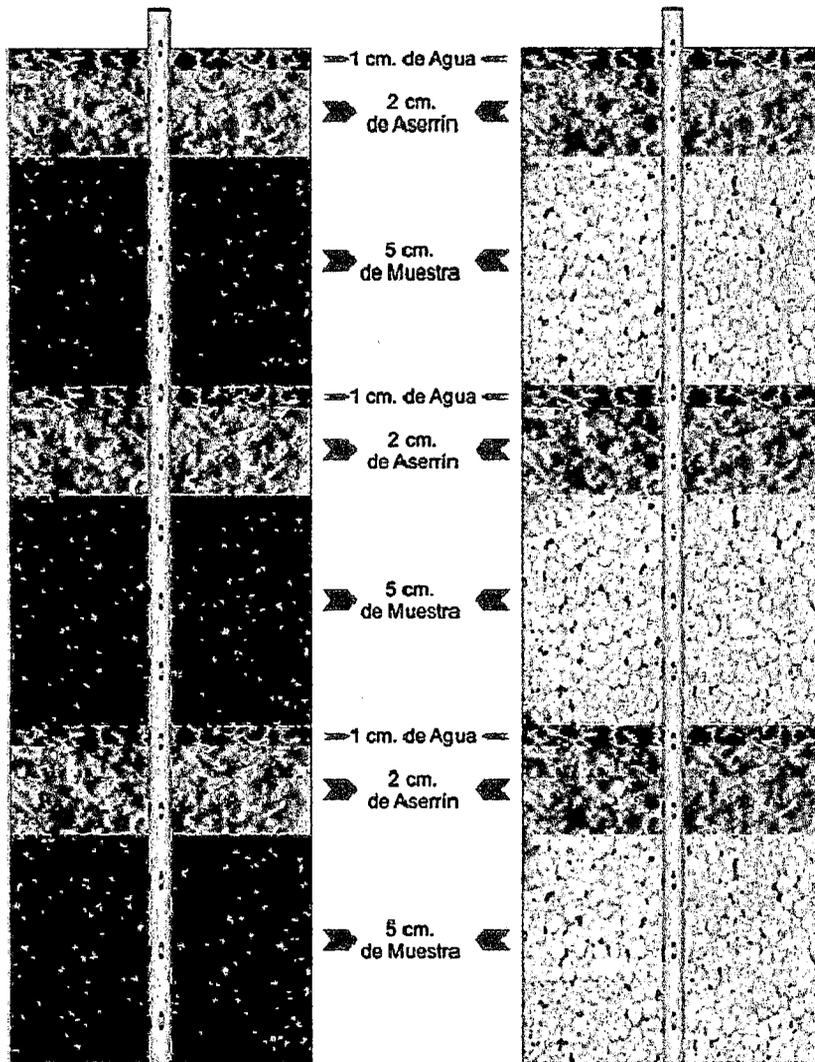
CUADRO 9. PROMEDIOS DE TEMPERATURA Y PH SEGÚN MATERIA PRIMA Y DOSIS DE EM.

Materia prima	Dosis	Mes	Temperatura	pH
<i>Lemna spp.</i>	0	1	19.77	6.80
<i>Lemna spp.</i>	0	2	22.77	6.60
<i>Lemna spp.</i>	0	3	24.98	5.48
<i>Lemna spp.</i>	100	1	28.40	7.08
<i>Lemna spp.</i>	100	2	30.28	6.56
<i>Lemna spp.</i>	100	3	30.44	6.58
<i>Lemna spp.</i>	200	1	24.40	6.75
<i>Lemna spp.</i>	200	2	28.00	6.32
<i>Lemna spp.</i>	200	3	30.33	6.35
Residuos	0	1	21.20	6.40
Residuos	0	2	22.92	5.30
Residuos	0	3	27.53	6.60
Residuos	100	1	26.36	6.55
Residuos	100	2	27.81	6.22
Residuos	100	3	33.01	6.55
Residuos	200	1	27.41	6.45
Residuos	200	2	30.10	6.80
Residuos	200	3	31.12	6.63

CUADRO 10. PROMEDIOS DE NITRÓGENO, FOSFORO, POTASIO Y SODIO SEGÚN MATERIA PRIMA Y DOSIS DE EM.

Materia prima	Dosis	N%	P%	K%	Na%
<i>Lemna spp.</i>	0	0.19	23.50	0.45	700.00
<i>Lemna spp.</i>	100	0.24	41.95	0.57	795.00
<i>Lemna spp.</i>	200	0.34	45.21	0.71	850.00
Residuos	0	0.1	21.11	0.55	400.00
Residuos	100	0.23	40.20	0.62	530.00
Residuos	200	0.32	42.24	0.66	600.00

Anexo 3



**Residuos
Sólidos Domésticos**

Lenteja de Agua

Figura 20. Proceso de la elaboración de Compost.



FIGURA 21 BOTADERO MUNICIPAL CON RESIDUOS ORGÁNICOS



FIGURA. 22. Preparación de la muestra

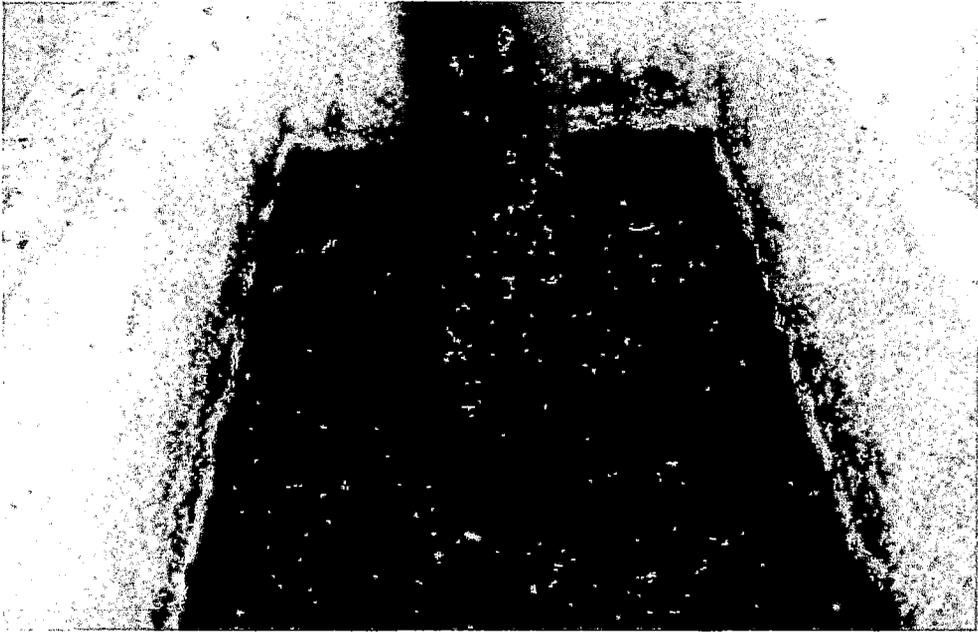


Figura 22. Armado del pilón de compost.



Figura 23. Toma de muestras para análisis de laboratorio