

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE COMPOST, ELABORADO A
PARTIR DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL MUNICIPIO
DE PUERTO MAYOR CARABUCO, PROVINCIA CAMACHO**

Zenón Mollinedo Suntura

La Paz, Bolivia
2009

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE COMPOST, ELABORADO A PARTIR
DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL MUNICIPIO DE PUERTO MAYOR
CARABUCO, PROVINCIA CAMACHO**

Tesis de Grado presentado como requisito
parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo

ZENÓN MOLLINEDO SUNTURA

Tutor

Ing. Constancio A. Condori Herrera

Asesor

Ph. D. Abul Kalam Kurban

Tribunal Examinador:

Ing. M.Sc. David Morales Velásquez

Ing. M.Sc. Jorge Pascuali Cabrera

APROBADA

Presidente Tribunal Examinador:

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	I
INDICE DE CUADROS.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE GRÁFICOS.....	VII
RESUMEN.....	X
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación.....	2
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo General.....	4
2.2. Objetivo Específico.....	4
3. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	4
3.1. Contaminación Ambiental.....	4
3.2. Los residuos sólidos.....	5
3.3. Clasificación de los residuos sólidos.....	6
3.4. Los residuos sólidos orgánicos de origen de Lago Titicaca.....	6
3.5. Proceso de compostaje.....	7
3.5.1. Proceso biológico de compostaje.....	8
3.6. Manejo del proceso de compostaje.....	9
3.6.1. Mezcla revuelta y movimiento.....	9
3.6.2. Humedecimiento o riego.....	10
3.7. Sistemas de compostaje.....	10
3.7.1. Compostaje en pilas.....	10
3.7.2. Compostaje en silos.....	11
3.7.3. Compostaje en superficie.....	11
3.8. Parámetros esenciales para un óptimo proceso de compostaje.....	12
3.8.1. Reacción de pH.....	12

3.8.2. Relación Carbono / Nitrógeno.....	12
3.8.3. Aireación.....	13
3.8.4. Temperatura.....	13
3.8.5. Población Microbiana.....	14
3.8.5.1. Bacterias.....	14
3.8.5.2. Actinomicetos.....	15
3.8.5.3. Hongos.....	15
3.8.5.4. Protozoos.....	16
3.8.5.5. Rotíferos.....	16
3.8.6. Humedad.....	18
3.9. Duración del compost.....	18
3.9.1. Compost fresco.....	18
3.9.2. Compost maduro.....	19
3.9.3. Compost curado.....	19
3.10. Propiedades del compost.....	19
3.10.1. Propiedades físicas.....	19
3.10.2. Propiedades químicas.....	20
3.10.3. Propiedades biológicas.....	20
3.11. Aplicación del compost.....	21
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
4.1. Localización.....	23
4.1.1. Características agropecuarias de la zona.....	25
4.1.2. Características climáticas.....	25
4.1.3. Fisiografía.....	26
4.1.4. Vegetación.....	26
4.2. Materiales.....	27
4.2.1. Material de campo.....	27
4.2.2. Material orgánico.....	27
4.3. Metodología de Investigación.....	28
4.3.1. Procedimiento experimental.....	28

4.3.1.1. Apertura de zanjas.....	28
4.3.1.2. Selección de residuos orgánicos.....	28
4.3.1.3. Apilado.....	29
4.3.1.4. Cubierta.....	30
4.3.1.5. Riego.....	31
4.3.1.6. Volteo.....	31
4.3.2. Diseño experimental.....	32
4.3.2.1. Factores de estudio.....	33
4.4. Variables de respuesta.....	35
4.4.1. Evaluación del proceso de compostaje.....	35
4.4.1.1. Temperatura.....	35
4.4.1.2. Reacción de pH.....	35
4.4.1.3. Contenido de humedad.....	35
4.4.2. Determinación de rendimientos.....	36
4.4.2.1. Peso al inicio y final.....	36
4.4.3. Análisis de laboratorio.....	36
4.4.3.1. Análisis de macro y microelementos.....	36
4.4.3.2. Parámetros físicos que determinan el tiempo de compostaje.....	37
4.4.4. Análisis económico.....	37
4.4.4.1. Costos Variables.....	37
4.4.4.2. Costos fijos.....	37
4.4.4.3. Costos totales.....	37
4.4.4.4. Beneficio/costo.....	38
4.4.4.5. Tasa de retorno marginal.....	38
5. RESULTADOS Y DISCUSION.....	39
5.1. Datos meteorológicos.....	39
5.1.1. Datos de temperatura de Municipio de Puerto Mayor Carabuco.....	39
5.2. Evaluaciones del proceso de compostaje.....	40
5.2.1. Temperatura.....	40
5.2.1.1. Comportamiento de la temperatura en los tratamientos.....	40

5.2.1.2. Análisis de Varianza para la variable Temperatura.....	43
5.2.1.3. Influencia de la temperatura en el proceso de compostaje.....	46
5.2.2. Reacción de pH.....	47
5.2.2.1. Influencia del pH en el proceso de compostaje.....	48
5.2.3. Contenido de humedad.....	49
5.3.3.1. Influencia de la humedad en el proceso de compostaje.....	50
5.3. Rendimientos.....	51
5.3.1. Peso al inicio y final.....	51
5.3.2. Influencia del rendimiento en el proceso de compostaje.....	52
5.4. Análisis de laboratorio.....	53
5.4.1. Análisis químico del abono orgánico compost.....	54
5.4.2. Análisis químico del estiércol de ovino.....	54
5.4.3. Análisis de macro nutrientes.....	54
5.4.4. Análisis de micro nutrientes.....	56
5.4.5. Parámetros físicos que determinan el tiempo de compostaje.....	59
5.5. Análisis económico.....	63
5.5.1. Presupuesto parcial.....	63
5.5.2. Beneficios netos.....	63
5.5.3. Análisis marginal.....	64
5.5.4. Beneficio / Costo.....	64
6. CONCLUSIONES.....	66
7. RECOMENDACIONES.....	68
8. BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXOS.....	

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química de las plantas del lago Titicaca, en porcentaje de materia seca en p.p.m.....	7
Cuadro 2. Algunos géneros de microorganismos encontrados con frecuencia en los compost.....	16
Cuadro 3. Uso del compost en la agricultura.....	22
Cuadro 4. Número de tratamientos.....	33
Cuadro 5. Temperaturas registradas en el periodo 2007 de Julio – Diciembre y 2008 de Enero – Junio.....	39
Cuadro 6. Análisis de varianza de Temperatura de la parte superior.....	43
Cuadro 7. Análisis de varianza de Temperatura de la parte media.....	44
Cuadro 8. Análisis de varianza de Temperatura de la parte inferior.....	45
Cuadro 9. Prueba de comparación de medias de la temperatura con Tukey ($\alpha=0.05$).....	46
Cuadro 10. Análisis de varianza de la reacción de pH.....	47
Cuadro 11. Prueba de comparación de medias del pH con Tukey ($\alpha=0.05$).....	48
Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable humedad.....	49
Cuadro 13. Prueba de comparación de medias de la humedad con Tukey ($\alpha=0.05$).....	50
Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable rendimiento.....	52
Cuadro 15. Prueba de comparación de medias del rendimiento con Tukey ($\alpha=0.05$).....	53
Cuadro 16. Clasificación de los diferentes parámetros en compost (rango).....	54
Cuadro 17. Clasificación de los parámetros en estiércol de ovino (rango).....	54
Cuadro 18. Comparación de beneficios netos de los tratamientos.....	63
Cuadro 19. Análisis marginal.....	64
Cuadro 20. Beneficio / costo.....	64

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación cartográfica.....	24
Figura 2. Apertura de zanja.....	28
Figura 3. Selección de residuos orgánicos.....	29
Figura 4. Apilado de los tratamientos.....	30
Figura 5. Cubierta de los tratamientos.....	30
Figura 6. Riego en el proceso de compostaje.....	31
Figura 7. Volteo en el proceso de compostaje.....	32
Figura 8. Croquis experimental.....	34

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Dinámica Térmica de la zona de Carabuco y Queascapa.....	39
Gráfico 2.	Comportamiento de la Temperatura.....	40
Gráfico 3.	Rendimiento del compost.....	51
Gráfico 4.	Tiempo de descomposición del compost.....	61

Expreso mis agradecimientos eternos:

Al sacrificio de mis amados papas: Santiago Mollinedo Crispín
y Jacoba Suntura Apaza, por haberme formado
como persona, inculcar a superarme constantemente
y apoyo íntegro durante mi formación profesional

Al constante apoyo de mis queridos hermanos: Gualberto, Nora,
Porfiria, Marcela y Esther

AGRADECIMIENTOS

- ☞ Mis agradecimientos van dirigidos en primer lugar a Dios, por haberme permitido realizar uno de mis sueños, finalizar mi carrera universitaria, por todas las bendiciones y estar siempre a mi lado.
- ☞ A la Facultad de Agronomía y docentes, quienes en todo este tiempo contribuyeron en mi formación profesional.
- ☞ Al Ph. D. Abul Kalam Kurban por todo el apoyo, colaboración, asesoramiento y tutoría durante la elaboración del presente trabajo.
- ☞ Al Ing. Constancio A. Condori Herrera por sus sugerencias y asesoramiento.
- ☞ A los Ing. David Morales Velásquez e Ing. Jorge Pascuali Cabrera, por sus sugerencias y correcciones acertadas en calidad de tribunales revisores.
- ☞ Al Sr. Juan Pacosillo y Flia por su generosidad al cederme un pequeño espacio para que la investigación sea plasmada en campo y valiosa cooperación durante el proceso de investigación.
- ☞ A mis amigos y compañeros de carrera: Aníbal, Samuel, Julio, Nemesio y APROPOR, por haberme brindado sus amistades en el transcurso de la carrera.
- ☞ Un agradecimiento especial al compañero y amigo Johnny Calcina Gomez por su colaboración incondicional durante la etapa de investigación en campo.
- ☞ Y finalmente a todas aquellas personas que indirectamente colaboraron en la realización del presente trabajo. A todos ellos mil gracias.

RESUMEN

El trabajo de Investigación “Determinación de la calidad de compost, elaborado a partir de residuos sólidos orgánicos en el Municipio de Puerto Mayor Carabuco, Provincia Camacho” fue realizado en la gestión 2007-2008 en la comunidad de Queascapa del Cantón Chaguaya, tercera sección del municipio de Puerto Mayor Carabuco de la provincia Camacho del departamento de La Paz. Localizada entre el paralelo 15°31'58” – 15°54'30” de latitud sur y entre los 68°55'30” – 69°09'05” de longitud oeste a una altitud promedio de 3810 m.s.n.m. Se utilizaron residuos sólidos orgánicos como ser: Residuos del lago (chanco), estiércoles (vacuno y ovino), residuos de forraje (avena y cebada) y residuos de cosecha (broza de tarwi y haba) como materia prima para el proceso de compostaje. De los resultados obtenidos en el ensayo de campo y hecho el respectivo análisis estadístico, se llega a las siguientes conclusiones: existen diferencias significativas en las mezclas de los cuatro tratamientos en el proceso de compostaje, la adecuada mezcla de esta investigación fue el tratamiento T3, con la siguiente composición, Residuos de forraje 40%, Mezcla de estiércol de bovino y ovino 30%, Residuos del lago 30%, que mejores resultados mostró, logrando obtener en un menor tiempo y motivo por el cual mostró también un mejor rendimiento en comparación de los demás tratamientos. Por el contrario el T4 de 58% residuos del lago 24% de residuos de cosecha y 18% de estiércol de bovino, resultó ser una de las mezclas que presentó una baja calidad, principalmente en el contenido de nutrientes y por lo tanto una de las combinaciones no recomendables. Por otro lado cabe mencionar también que existen diferencias significativas en el rendimiento, temperatura y pH en los cuatro tratamientos en el proceso de compostaje. Con relación a la calidad del compost, existen diferencias significativas en los cuatro tratamientos, principalmente por las diferentes combinaciones en porcentajes y mezclas de residuos orgánicos utilizados en esta investigación. Con respecto a los costos económicos parciales de los cuatro tratamientos, existen diferencias significativas. El tratamiento T3, su beneficio / costo fue el mayor de 2.10, en comparación con los demás tratamientos, por el contrario el T1 mostró una relación B / C bajo con 1.94 Bs.-

1. INTRODUCCION

En el Altiplano Norte circunlacustre al Lago Titicaca hoy en día se ve una alarmante disminución de la capacidad productiva por efecto de la sobre explotación de las pequeñas áreas de cultivo y consecuente contaminación del suelo por la utilización inadecuada de productos químicos, los mismos que en un futuro próximo afectará en la disponibilidad de alimentos a las generaciones futuras por lo que es necesario buscar alternativas para mantener una agricultura sustentable en el tiempo.

En el área rural la falta de incorporación de materia orgánica al suelo provoca un desequilibrio en el medio ambiente puesto que estos residuos orgánicos no llegan a ser incorporados nuevamente al suelo, sin lugar a dudas el suelo requiere de ciertos elementos nutritivos que los restos orgánicos contienen y que ayuda a que la flora microbiana presente en el suelo se encuentre en equilibrio.

La falta de conocimiento y asesoramiento especializado en el manejo de residuos sólidos orgánicos trae consigo un decremento en la capacidad productiva de los suelos cultivables y es también una de las razones para que no se aproveche su utilización, principalmente en la transformación de abonos orgánicos mejorados como es el compost con mejores características en la disponibilidad de nutrientes que los abonos naturales utilizados hasta el momento.

Puerta (2004), a nivel mundial, los residuos sólidos han ocasionado impactos ambientales negativos por su disposición incorrecta y porque cada día aumentan, asociados al incremento de la población humana, los procesos de transformación industrial, agroalimentarios y a los hábitos de consumo de las personas.

Monje (1994), en su tesis: Evaluación de la contaminación ambiental para la disposición final de los residuos sólidos: el relleno sanitario y la producción de compost, trata sobre los problemas de contaminación generados por un inadecuado manejo de los residuos sólidos y propone como alternativa el aprovechamiento de los

mismos en la producción de compost, abono obtenido mediante la fermentación aerobia de la materia orgánica.

Además los residuos sólidos domésticos se genera en cualquier tipo de actividad humana en que se utilice materia orgánica, principalmente en los procesos productivos de los sectores agrícolas, forestal o ganadero, así como en los núcleos urbanos (residuos sólidos y aguas residuales principalmente). La utilización de este tipo de biomasa ofrece, en principio, perspectivas atractivas aunque limitadas, siendo en general más importante la descontaminación que se produce al eliminar estos residuos que la energía que se puede generar con su aprovechamiento. En muchos casos, sin embargo, a escala local las instalaciones que aprovechan sus propios residuos, tales como granjas, industrias papeleras, serrerías o depuradoras urbanas, pueden ser autosuficientes desde el punto de vista energético (Furedy, 2002).

En Bolivia, las ciudades de Potosí y El Alto son los únicos lugares que hacen reciclaje selectivo separando la basura en dos grupos, los desechos orgánicos y los desechos inorgánicos, los residuos orgánicos son trasladados a una planta de compostaje, donde estos insumos naturales son transformados en abono orgánico por acción de microorganismos aerobios (Villegas, 2002).

1.1. JUSTIFICACIÓN

Con el aumento de la inseguridad alimentaria que afecta a todas partes del planeta y al no ser inmersos de esta problemática en el Altiplano Boliviano, es imprescindible buscar alternativas de prácticas agrícolas de forma sustentable en el tiempo sin afectar las oportunidades de las futuras generaciones.

En el Altiplano Norte, la falta de incorporación de materia orgánica al suelo trae como consecuencia suelos con una baja capacidad productiva lo cual conlleva en la disminución de alimentos disponibles para los habitantes del lugar y consecuentemente sigue la migración de individuos que en su generalidad son jóvenes a centros peri urbanos como es la ciudad de El Alto y La Paz.

Los hermanos originarios de la comunidad de Queascapa, vecinos próximos a la comunidad y todas las comunidades que se encuentran asentadas en las orillas del lago Titicaca mencionan que al margen de dedicarse a la pesca, lo que significa un 25 % de los ingresos que obtienen, el 75% restante proviene de la agricultura.

Es por esta razón que es imprescindible buscar alternativas que permitan recuperar los suelos que han perdido su capacidad productiva por un inadecuado uso, con la incorporación de materia orgánica descompuesta por un proceso aeróbico controlado se obtiene el compost el mismo que ayudará a mejorar las características físicas y químicas del suelo y consecuentemente un aumento en la producción de alimentos.

El presente trabajo de investigación con la realización del compostaje busca determinar la calidad del compost, puesto que se sometió a la materia orgánica local en un proceso de descomposición aeróbico controlado, acelerando de esta forma la obtención de un abono con una fácil asimilación para los cultivos agrícolas carente de nutrientes, además se realizó una comparación de la disponibilidad de nutrientes asimilables con abonos naturales de más uso del lugar de estudio, aspecto que se determinó en laboratorio mediante un análisis microbiológico.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la calidad de compost elaborado a partir de Residuos Sólidos orgánicos en el Municipio de Puerto Mayor Carabuco, Provincia Camacho.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Determinar la mezcla adecuada en porcentajes de los residuos sólidos orgánicos, que sufran el proceso de descomposición en menor tiempo.
- ❖ Determinar el rendimiento de cuatro tratamientos.
- ❖ Realizar el análisis químico y microbiológico para determinar la calidad de compost obtenido en los tratamientos de estudio.
- ❖ Realizar el análisis económico parcial del proceso de producción.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Según Tobón (2001), la contaminación ambiental significa el deterioro del medio ambiente como resultado del mal uso que el hombre da a los recursos naturales. Dicho deterioro debe preocuparnos porque influye en la salud de las personas y porque un medio ambiente degradado se opone al desarrollo de los seres humanos. Por ejemplo, cuando los suelos están pobres de nutrientes las cosechas son malas. Cuando los ríos tienen mucho detergente o basura los peces se mueren y por lo tanto hay menos alimento.

Para Mamani (2000), es el proceso a través del cual uno o más elementos producto de las actividades del hombre, pueden alterar o degradar la calidad del aire, agua suelo y recursos naturales en general, con efectos nocivos para la salud y bienestar de los seres vivos.

Según Voguel (1996), la contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan nuestro planeta, y surge cuando, por presencia cuantitativa o cualitativa de materia o energía, se produce un desequilibrio ambiental. Este término podemos definirlo también, de una manera más clara, como la adición de cualquier sustancia al medio ambiente, en cantidades tales, que cause efectos adversos en los seres humanos, animales, vegetales o materiales que se encuentren expuestos a dosis (concentración por tiempo) que sobrepasen los niveles que se encuentran regularmente en la naturaleza.

3.2. LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Según Paredes (2005), basura son todos los residuos que surgen de las actividades humanas y animales, que normalmente son sólidos domésticos y que se desechan como inútiles o no requeridos. Por sus propiedades intrínsecas, los materiales de los

residuos desechados a menudo son reutilizables y se pueden considerar como un recurso en otro marco.

Para LIDEMA (2003), el ser humano, así como los otros seres que habitan la tierra, han producido residuos sólidos desde su aparición. En un principio estos eran enteramente “naturales” y se integraban rápidamente al ciclo de la vida, sin contaminar el ambiente.

Según Castillo (1999), los residuos sólidos son las materias desechas o sobrantes que tiene carácter sólido y semisólido, putrescible o no putrescible a excepción de las excretas humanas, puede ser cualquiera que posea suficiente consistencia para no fluir por si mismo; provenientes de establecimientos domésticos, comerciales, industriales, tratamientos de lodos, hospitales, mercados, etc.

Para Montes de Oca (1997), en uno de sus estudios indica que, en nuestro país cada persona produce un promedio de 1 kg. de basura por día. Estas aproximaciones permiten afirmar categóricamente que estamos, frente a una auténtica “Cartera de empleos” en una época de crisis económica y social en Bolivia.

3.3. CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

a) Residuos orgánicos

Según Tobón et al. (2004), este tipo de basura es el resultado de desechos de plantas y animales o de su transformación. Se caracteriza porque generalmente se descompone con relativa facilidad en el medio ambiente. Como ejemplo tenemos: papel, cartón, huesos, aceites animales, restos de comida y vegetales, excrementos de animales y seres humanos, cuero, etc.

b) Residuos inorgánicos

Los mismos autores mencionan que los residuos sólidos inorgánicos son materiales que se descomponen con mucha dificultad. Por lo general necesitan muchos años

para desintegrarse. En este grupo de residuos tenemos a los diferentes tipos de vidrio, metales, latas, pilas y otros.

Además, mencionan también que estos materiales se caracterizan porque su descomposición es extremadamente lenta, es decir, tarda mucho tiempo en descomponerse totalmente. En este grupo de residuos tenemos por ejemplo los diferentes tipos de plásticos, gomas metales y vidrios entre otros.

3.4. LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE ORIGEN DEL LAGO TITICACA

De acuerdo a Castañon et al. (2002), las macrófitas, crecen en la parte litoral del lago Titicaca, estando representadas por especies como la totora (*Schoenoplectus tatora*), lima (*Myriophyllum elatinoides*), janch'alia (*Elodea potamogetom*), chanqu (*Potamogeton strictus*), la purina (*chara sp.*), lenteja de agua (*Lemma sp.*), azolla (*Azolla sp.*), entre otros.

Por otro lado Dejoux (1991), menciona que en las orillas del Lago Titicaca existe una buena cantidad de materia orgánica de origen vegetal, estas comunidades de macrofitas acuáticas del lago se caracterizan por su densidad y su extensión; ocupan todas las zonas poco profundas, ya sea en la parte más grande del Lago Menor y las bahías de poca profundidad del Lago Mayor.

El mismo autor menciona también que las biomásas que existen en el lago titicaca en aguas poco profundas, las más representativas son los siguientes: *Myriophyllum*, *Elodea*, *Schoenoplectus* y de *Chara*. Esta biomasa vegetal realizados los análisis químicos presentaban abundancia de calcio, además de otros elementos minerales como el sodio, potasio, magnesio, sílice, fósforo, hierro, cobre, manganeso y zinc.

CUADRO. 1 Composición química de las plantas del lago Titicaca, en porcentaje de materia seca en p.p.m.

PLANTAS	K	Na	Ca	Mg	SiO ₂	S	P	C	N	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Chara	0,76	0,28	25,67	0,70	0,83	0,42	0,10	21,3	0,84	925	7,0	32	10,0	210
Schoenoplectus	5,85	2,50	0,90	0,19	1,07	0,77	0,20	39,7	1,88	950	5,5	97	14,5	160
<u>Myriophyllum</u>	<u>1,77</u>	<u>1,03</u>	<u>16,25</u>	<u>0,50</u>	<u>1,02</u>	<u>0,35</u>	<u>0,20</u>	<u>31,3</u>	<u>1,46</u>	<u>940</u>	<u>6,0</u>	<u>170</u>	<u>20,0</u>	<u>345</u>
<u>Elodea</u>	<u>3,15</u>	<u>0,71</u>	<u>15,40</u>	<u>0,48</u>	<u>2,94</u>	<u>0,71</u>	<u>0,20</u>	<u>29,5</u>	<u>1,53</u>	<u>3290</u>	<u>7,5</u>	<u>422</u>	<u>17,0</u>	<u>370</u>
Potamogeton	5,20	0,81	2,80	0,33	0,54	1,11	0,20	40,5	1,83	350	3,5	62	10,0	1225
Ruppia	1,98	0,41	13,68	0,54	1,32	0,28	0,14	32,8	1,39	658	5,0	282	15,0	560

FUENTE: Franco (1980).

3.5. PROCESO DE COMPOSTAJE

Para LIDEMA (2003), el compostaje es un proceso mediante el cual los residuos orgánicos, como restos de vegetales, hojas, cáscaras, restos de jardinería y otros, se transforman en un producto parecido a la tierra, que puede ser utilizado como mejorador de suelos. Esta transformación demora varios meses, dependiente del clima del lugar.

De acuerdo a Roben (2002), el compostaje es una tecnología sencilla y económica para aprovechar toda clase de basura biodegradable: desechos de jardín o cocina, papeles, estiércoles animales, serraduras etc. Con ayuda de microorganismos y/o de lombrices se produce tierra humus de los desechos orgánicos. Se puede aplicar tanto a gran escala (a nivel municipal o empresarial) como individualmente (en el jardín, en la finca). Para instalar una planta de compostaje no se necesita una gran inversión ni una formación técnica.

3.5.1. PROCESO BIOLÓGICO DE COMPOSTAJE

Según Fuentes (2000), la pre-fermentación es la primera fase del proceso de compostaje, que comienza bajo el impacto de bacterias mesófilas. En esta fase, la temperatura del material aumenta rápidamente y el proceso de biodegradación empieza. La temperatura puede subir hasta 75°. Esto es equivalente al grado 1 de madurez.

El mismo autor menciona también que, durante la segunda fase, la fermentación principal, la temperatura sigue manteniéndose en un nivel relativamente alto por causa del calor producido por la actividad microbológica. En esta fase, la biodegradación se realiza por bacterias termófilos (grado 2 - 3 de madurez). La fase principal del compostaje puede durar entre 2 a 4 semanas en plantas mecanizadas, el doble, en plantas manuales. Eso depende de la tecnología y de la definición exacta de la fermentación principal (lo que cambia según las interpretaciones de productores y científicos).

Por otro lado Ahumada (2005), afirma que la velocidad del proceso de compostaje alcanza a su nivel más alto durante las dos primeras fases. Paralelamente, las emisiones y la necesidad de aireación y humedecimiento también se encuentran sobre su nivel más alto. Por esta causa, el control del proceso es especialmente importante durante este tiempo. Para grandes plantas mecanizadas muy cercanas a habitaciones, se recomienda un edificio cerrado con buena depuración del aire contaminado. En pequeñas plantas y plantas medianas no mecanizadas, un sistema de succión del aire sería ventajoso si es económicamente factible. Una alternativa muy económica y bastante eficiente es de cubrir el material con pasto o material similar para impedir emisiones.

La última fase del proceso de compostaje es la maduración e higienización. El proceso de biodegradación se desarrolla más despacio y las emisiones también se disminuyen. En general, no hay necesidad de aireación o humedecimiento durante esta fase. Sin embargo, en esta fase es ventajoso continuar la mezcla/ revuelta y el movimiento del material para obtener un producto homogéneo e higiénico. Al fin de la última fase, el compost tiene el grado 4 o 5 de madurez.

3.6. MANEJO DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

3.6.1. MESCLA REVUELTA Y MOVIMIENTO

Para Cabrera (2001), al inicio del proceso de compostaje, el cuerpo de desechos tiene poros de varias dimensiones que son dispersadas de forma heterogénea. El aire (venido de aireación natural o artificial) pasa por las aperturas más grandes. Por consecuencia, pueden ocurrir condiciones anaeróbicas en lugares con alta densidad y poros pequeños. La biodegradación anaeróbica no es deseable en una planta de compostaje, por causa de olores fuertes y de impedimento del proceso de biodegradación aeróbico.

Se necesita mezclar revoltear y mover los desechos frecuentemente y con regularidad para evitar la putrefacción anaeróbica. En plantas semi- mecanizadas, la mezcla revuelta y el movimiento del material se realiza con ayuda de cargadores; en plantas operadas completamente a mano, ese trabajo se realiza con palas.

Una circulación suficiente del aire puede asegurarse solamente si está garantizada una dispersión homogénea del cuerpo de basura. Por eso, la mezcla revuelta y el movimiento del material son imprescindibles no obstante el sistema de compostaje. Un impacto positivo colateral de esta operación es que la temperatura es también homogenizada dentro del cuerpo de material. Eso es muy importante para obtener una higienización suficiente.

3.6.2. HUMEDECIMIENTO O RIEGO

De acuerdo a Cisterna (2004), se necesita una humedad entre 40 - 60 % (contenido de agua del material) para asegurar una biodegradación óptima. Si es demasiado seco el material, se para el proceso de biodegradación; si es demasiado húmedo, se transforma el proceso en putrefacción anaeróbica incontrolada.

El humedecimiento se puede realizar manualmente o mecánicamente. El principio es lo mismo para los dos sistemas. Se riega el material con regadora manual o con aspersor puesto sobre las pilas o lechos de material. En regiones con poca lluvia, se puede dejar abierta la planta de compostaje para que la lluvia funcione como riego natural. En plantas cubiertas, se puede acumular el agua de los desagües de lluvia para reemplazar parcialmente o completamente el agua fresca. Se recomienda ese sistema para regiones donde llueve mucho para proteger el material de la abundancia del agua sin perder este recurso.

3.7. SISTEMAS DE COMPOSTAJE

3.7.1. COMPOSTAJE EN PILAS

Para Fuentes (2000), el compostaje en pilas es el sistema más antiguo y más sencillo. La operación de este sistema es muy fácil. Después de haber separado todo material innecesario (materiales no biodegradables) de la basura biodegradable, el material se coloca en pilas triangulares.

El tamaño de las pilas es muy importante para el proceso de compostaje. No debe superar una cantidad máxima, y tampoco debe quedarse bajo un volumen mínimo. Para asegurar la proliferación de los microorganismos que realizan el compostaje, se necesita una "masa crítica" mínima de 50 - 100 Kg. de basura biodegradable. Con esa masa, ya se puede prender y mantener durante un tiempo suficiente la reacción exóterma del proceso aeróbico que asegura las temperaturas necesarias para la higienización del material. Esta "masa crítica mínima" es especialmente importante para el compostaje individual.

3.7.2. COMPOSTAJE EN SILOS

De acuerdo a Ahumada (2005), se emplea en la fabricación de compost poco voluminosos. Los materiales se introducen en un silo vertical de unos 2 o 3 metros de

altura, redondo o cuadrado, cuyos lados están calados para permitir la aireación. El silo se carga por la parte superior y el compost ya elaborado se descarga por una abertura que existe debajo del silo. Si la cantidad de material es pequeña, el silo puede funcionar de forma continua: se retira el compost maduro a la vez que se recarga el silo por la parte superior.

3.7.3. COMPOSTAJE EN SUPERFICIE

Según Cisterna (2004), consiste en esparcir sobre el terreno una delgada capa de material orgánico finamente dividido, dejándolo descomponerse y penetrar poco a poco en el suelo. Este material sufre una descomposición aerobia y asegura la cobertura y protección del suelo, sin embargo las pérdidas de nitrógeno son mayores, pero son compensadas por la fijación de nitrógeno atmosférico.

3.8. PARÁMETROS ESENCIALES PARA UN ÓPTIMO PROCESO DE COMPOSTAJE

Dentro las apreciaciones de Fuentes (2000), menciona que son muchos y muy complejos los factores que intervienen en cualquier proceso biológico. Todas estas variables están a su vez influenciadas por las condiciones ambientales, tipo de residuo a tratar, la técnica de compostaje, la manera en que se desarrolla la operación y por la interacción entre ellas.

3.8.1. REACCIÓN DE pH

De acuerdo a Ahumada (2005), influye en el proceso debido a su acción sobre los microorganismos. En general, los hongos toleran un pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH = 6-7,5). El pH varía a lo largo del proceso. En la primera fase, fase mesófila, puede bajar por la formación de ácidos, para volver a aumentar posteriormente, finalmente el pH disminuye en la fase final o de maduración.

3.8.2. RELACIÓN CARBONO / NITRÓGENO

Koni (2007), para obtener un compost de buena calidad se debe procurar entonces, un equilibrio entre los materiales que se utilizan, es decir entre aquellos ricos en Carbono y ricos en Nitrógeno. Se considera que la mezcla ideal para la fabricación de compost debe tener entre 25 y 30 veces más material rico en carbono que en nitrógeno, es decir una relación Carbono/Nitrógeno de 30:1.

Para Mendoza (2006), la relación C/N ideal para la fabricación de un abono orgánico de rápida fermentación es de 25:35, una relación C/N menor trae pérdidas considerables de nitrógeno por volatilización, en cambio una relación C/N mayor alarga el proceso de descomposición.

El mismo autor menciona también que, según el valor de la relación C/N se determina si un material orgánico está poco o muy descompuesto. Para valores de C/N 50 a 80, existe mucha materia orgánica fresca y poca actividad microbiana; para valores entre 15 y 40, la degradación está próxima al equilibrio, y se incorpora al suelo una parte del nitrógeno liberado. La relación C/N igual a 10, se considera que la composición de la materia orgánica está en equilibrio, lo que significa que las cantidades de carbón y nitrógeno son los adecuados.

3.8.3. AIREACIÓN

Según Fuentes (2000), el oxígeno es necesario para que los microorganismos puedan descomponer eficazmente la materia orgánica. Debe ser suficiente para mantener la actividad microbiana sin que en ningún momento aparezcan condiciones anaerobias, que, además de entorpecer el proceso, dan lugar a la aparición de malos olores y a un producto de inferior calidad. La aireación tiene el doble objetivo de aportar el oxígeno y permitir la evacuación del CO₂ producido. La aireación debe mantenerse en unos niveles adecuados, teniendo en cuenta que las necesidades de oxígeno varían a lo largo del proceso.

El mismo autor menciona también que, la aireación puede afectar a otros parámetros como la temperatura o la humedad, así después de cada volteo, la temperatura disminuye de 5 a 10°C, subiendo de nuevo si el proceso no ha acabado. También se debe tomar en cuenta que un exceso de aireación puede provocar un exceso de evaporación que frenaría el desarrollo de la actividad microbiológica.

3.8.4. TEMPERATURA

Para Cisterna (2004), es el parámetro que mejor indica el desarrollo del proceso. De acuerdo con este parámetro, el proceso de compostaje se puede dividir en cuatro etapas: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración. Cada grupo de microorganismos tiene una temperatura óptima para realizar su actividad: criófilos, de 5 a 15 °C; mesófilas, de 15 a 45 °C; y los termófilas, de 45 a 70 °C.

El mismo autor continúa argumentando que, el grupo favorecido descompondrá la materia orgánica utilizándola para obtener energía y materiales para reproducirse, y en la operación se emitirá calor. Este calor puede hacer variar la temperatura de la pila de residuos. Debe mantenerse entre 35 y 60 °C para eliminar elementos patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. La variación de la temperatura dependerá del volumen de la pila, de la superficie de esta y de las condiciones ambientales. Con temperaturas demasiado elevadas, mueren determinadas especies que favorecen el compostaje, mientras que otras no actúan por estar en forma de espora.

3.8.5. POBLACIÓN MICROBIANA.

De acuerdo a Delgado (2008), el compostaje es un proceso dinámico en el que se producen una serie de cambios físicos y químicos debido a la sucesión de complejas poblaciones microbianas.

3.8.5.1. BACTERIAS

El mismo autor señala que, son organismos procariotas, es decir, con la organización celular más simple: sin ciertos orgánulos, sin núcleo verdadero, etc. Se dividen en dos grupos: eubacterias (heterótrofas) y cianobacterias (fotosintéticas). Las bacterias son los organismos vivos más pequeños y los más numerosos en el procesos de compostaje, de manera que constituyen del 80% al 90% de los microorganismos existentes en un gramo de compost. Son responsables de la mayoría de los procesos de descomposición así como de la producción de energía calorífica en el compost. Se trata de un grupo de gran diversidad metabólica, usando un amplio rango de enzimas que degradan químicamente una gran variedad de materiales orgánicos. Las bacterias que participan en el compostaje son mesófilas y termófilas. Las primeras son las que normalmente se encuentran en el suelo vegetal y producen ácidos. Las segundas son las responsables de la degradación de proteínas, lípidos y grasas.

3.8.5.2. ACTINOMICETOS

Para Cabrera (2001), son organismos que se asemejan a hongos pero son realmente bacterias filamentosas. Carecen de núcleo pero crecen formando filamentos multicelulares como los hongos. En el compostaje desempeñan un papel importante ya que degradan compuestos orgánicos complejos, tales como la celulosa, lignina, quitina y proteínas. Sus enzimas les permiten degradar químicamente los desechos duros como por ejemplo: cortezas, tallos, troncos, raíces, papeles. Ciertas especies aparecen durante la fase termofílica y otras llegan a ser importantes durante la fase de enfriamiento, cuando solamente quedan los compuestos resistentes no degradados en fases anteriores a la formación del compost. Los actinomicetos tienen forma alargada, se extienden a modo de tela de araña por toda la masa de compostaje. Hacia el final del proceso, en los 10 ó 15 cm. externos de la pila se hacen más visibles.

3.8.5.3. HONGOS

El mismo autor menciona que, son organismos eucariotas, osmótrofos, unicelulares o multicelulares, carecen de clorofila y tienen una pared celular rígida (formada por quitina y celulosa). Son los responsables de la descomposición de muchos polímeros complejos de la planta, tanto en el suelo como en el proceso de compostaje. En el compost los hongos son importantes porque degradan los desechos resistentes, permitiendo a las bacterias continuar el proceso de descomposición una vez que la mayoría de la celulosa ha sido degradada. Se separan y crecen produciendo muchas células y filamentos, y pueden atacar los residuos orgánicos que son demasiado secos, ácidos o tiene bajo contenido de nitrógeno para la descomposición bacteriana. Los hongos son numerosos durante las fases mesofílica y termofílica. Cuando las temperaturas son altas gran parte de ellos se encontrarán en la capa externa del compost.

3.8.5.4. PROTOZOOS

De la misma manera, los protozoos son animales microscópicos unicelulares, eucariotas y heterótrofos. Los encontramos en la fracción del agua del compost. Su papel en la descomposición es de menor importancia. Obtienen su alimento de la misma forma que las bacterias, pero además actúan como consumidores secundarios ingiriendo bacterias y hongos.

3.8.5.5. ROTÍFEROS

Por último, son una clase de esquelminos que viven en el agua dulce, salada y en sitios húmedos. Son organismos pluricelulares que se encuentran en las películas de agua del compost. Se alimentan de materia orgánica y también ingieren bacterias y hongos. Resisten la desecación en estado de vida latente.

CUADRO. 2 Algunos géneros de microorganismos encontrados con frecuencia en los compost.

MICROORGANISMOS	FAMILIA	GENERO
BACTERIAS		
Pseudomonales		Pseudomonas, Nitrosomas, Nitrobacter, Thiobacillus (todos Gram -)
Hipomicrobiales		Hypomicrobium
Eubacteriales	Azoto bacteriáceas	Azotobacter, Beijerinckia
Heterótrofas	Rhizobacteriáceas Enterobacteriáceas Lactobaciláceas	Rhizobium, Escherichia, Proteus, Aerobacter, Streptococcus, Lactobacillus, Stafilococcus y Bacillus
ACTINOMICETOS		
	Micobacteriáceas	Microbacterium
	Actinomicetáceas	Nocardia, Pseudonocardia
	Streptomicetáceas	Streptomices, Micromonospora y termolispora

HONGOS	
SIFOMICETOS Mixomicetos, hongos semejantes a las amebas (Protozoos)	Mixococcus Diferentes géneros en la materia orgánica en descomposición
Mixomicetales y Acrasiales Ordenes vecinos: Citridiales, Blastocladales, Monoblefaridales Oomicetos: Peronosporales	Parásitos de células o residuos en el agua o suelos a menudo húmedos Albugo, Pytium, Plasmopora (mildiu de la vid)
EUMICETOS O SEPTOMICETOS Zigomicetos Mucorales	Phytohftora (presente en el suelo y compost, parásitos de plantas: "mildiu". Numerosos mohos presentes en todos los sustratos vegetales antes del compostaje, juegan un gran papel en la descomposición de la materia orgánica, especialmente almidón y celulosa.

Entomoftorales Ascomicetos (alrededor de 30.000 especies) Protoascomicetos (levaduras) Euascomicetos (mohos)	Parásitos de insectos y vegetales Lipomices (levadura con espora), Cándida, Torula, Rodotorula, Criptococcus, Torulosis (degradan la materia orgánica). Penicilium, Aspergillus, Chetonium, Sclerotinia, Botritis, Fusarium, Trichoderma, Oidium (humificadores y mineralizadores).
Basidiomicetos (hongos)	Coprinus

FUENTE: Villegas (2002).

3.8.6. HUMEDAD

Según Ahumada (2005), los microorganismos necesitan agua. Teóricamente, los valores de humedad para que pueda darse una fermentación aeróbica están entre el 30 y el 70%, siempre que se asegure una buena aireación. En la práctica, se deben evitar valores altos, pues se desplazaría el aire de los espacios entre partículas del residuo, y el proceso pasaría a ser anaeróbico. Si por el contrario, la humedad es demasiado baja, bajará la actividad de los microorganismos y el proceso de descomposición se vuelve lento.

De la misma forma, los valores óptimos están entre el 40 y el 60%, dependiendo de la textura del material: para materiales fibrosos, la humedad máxima es del 75%, mientras que para residuos con papel o materia vegetal fresca está entre el 50 y el 60%. Para conseguir la humedad adecuada, se pueden mezclar distintos tipos de residuos y triturar o desfibrar los materiales. La humedad adecuada es esencial para la actividad microbiológica.

3.9. DURACIÓN DEL COMPOST

De acuerdo a las apreciaciones de Delgado (2008), menciona que en función del grado de evolución alcanzado durante el proceso de compostaje, los compost se pueden clasificar en frescos, maduros y curados.

3.9.1. COMPOST FRESCO

Según las apreciaciones de Ahumada (2005), el compost fresco sería el que ha atravesado una fase termófila, experimentando por ello una descomposición parcial, pero que aún no ha alcanzado la estabilización. Al añadirse al suelo continúa su proceso de degradación, mejorando la estructura del suelo y la actividad microbológica, pero puede provocar efectos desfavorables en los cultivos. Se utiliza normalmente para la recuperación de suelos ó para la preparación de suelos entre periodos de cultivos.

3.9.2. COMPOST MADURO

El mismo autor menciona que, es el producto final de la fase de estabilización, que cumple las especificaciones sanitarias, por lo que puede ser aplicado al suelo cuando se inician los cultivos, aunque no es conveniente su contacto con el sistema radicular de las plantas.

3.9.3. COMPOST CURADO

De la misma forma menciona que, ha sufrido un largo periodo de maduración y mineralización pudiendo ser empleado como sustrato en contacto directo con el sistema radicular.

3.10. PROPIEDADES DEL COMPOST

3.10.1. PROPIEDADES FÍSICAS

Para ASEAM (1999), la influencia de las aplicaciones del compost en las propiedades físicas del suelo está relacionada con la mejora de la estructura de este, lo que se puede traducir en:

- Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados y compactos y cohesionando los suelos sueltos y arenosos.
- Confiere un color oscuro al suelo debido a la materia orgánica, ayudando a la retención de energía calorífica, lo que provoca un aumento moderado de la temperatura del suelo, que influye favorablemente en los procesos biológicos.
- Aumento de la porosidad, facilitando el drenaje y también la aireación y respiración de las raíces.
- Aumenta la capacidad de retención de nutrientes del suelo, por lo que se aumenta la fertilidad de éste.
- Aumenta la infiltración y permeabilidad. Aumenta la permeabilidad de los suelos de arcilla y aumenta la capacidad de retención de agua de suelos arenosos.
- Reduce la erosión del suelo, favoreciendo el crecimiento radicular y la capacidad de retención de la humedad, lo cual, junto a la formación de agregados con las arcillas, lo hace un buen agente preventivo de los problemas de desertización.
- Mejora el laboreo al dar más esponjosidad al terreno.

3.10.2. PROPIEDADES QUÍMICAS

Según Aubert (1998), las propiedades químicas del compost son:

- Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y azufre.
- Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder de tampón.
- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.
- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico "CIC"(mayor que las arcillas).
- Facilita el abonado químico y hace que los minerales se disuelvan mejor.
- Su riqueza en oligoelementos como hierro, manganeso, cinc, boro, molibdeno, cobre lo convierte en un fertilizante completo. Aporta a las plantas sustancias necesarias para su metabolismo.
- Regula el PH. Como su PH es cercano a 7; es decir, neutro, se puede utilizar sin contraindicaciones, ya que no quema las plantas, ni siquiera las más delicadas en

suelos ácidos. En suelos ácidos, incrementa el PH, con lo que puede utilizarse como enmienda en estos suelos.

3.10.3. PROPIEDADES BIOLÓGICAS

Para Koni (2007), las propiedades biológicas del compost son:

- El compost incentiva la coexistencia de diversas especies de microorganismos y se incrementa la microflora del suelo.
- Aumenta y mejora la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ya que los retiene impidiendo que el agua que lo atraviesa se lleve los nutrientes solubles.
- Estimulación del crecimiento vegetal. Acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, madurez, sabor y color. Al mejorar el estado general de las plantas aumenta su resistencia al ataque de plagas y patógenos y la resistencia a las heladas.
- Los ciclos de nutrientes esenciales y de otros macro y micronutrientes se ven favorecidos a través de una adecuada mineralización de la materia orgánica, que asegura un continuo y gradual suministro de nutrientes a la solución del suelo, para ponerlos a disposición de la planta.
- Transformación de nitrógeno soluble en nitrógeno orgánico (en el cuerpo de microorganismos) evitando su pérdida por lixiviación o como amoníaco en el aire.

3.11. APLICACIÓN DEL COMPOST

De acuerdo a Fuentes (2000), la mayor parte de los sistemas de cultivo, si no se aporta materia orgánica de ningún modo, se produce una progresiva disminución del nivel de humus del suelo. Esta pérdida conlleva diversos problemas como erosión acelerada, deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y una pérdida genérica de fertilidad en sentido amplio.

Por lo tanto el compost de calidad obtenido se podrá usar como sustituto de tierra vegetal en jardinería y paisajismo, como enmienda orgánica en cultivos forestales y

agrícolas y como sustrato en viveros forestales, ornamentales y hortícolas. También es de destacar su aplicación en la restauración de suelos degradados y en la recuperación de superficies denostadas por diversas actividades como construcción de infraestructura viaria, hidráulicas, etc., extracciones de áridos, minería, canteras, etc.

En estas actividades, la preparación del terreno para la posterior implantación de cubiertas vegetales, mediante siembras y plantaciones que impidan o reduzcan la erosión, requiere el aporte de compost que potencie el efecto de humificación del suelo.

CUADRO. 3 Uso del compost en la agricultura

Aplicación	Objetivo	Cantidad necesaria de compost (Kg./m²)	Frecuencia de aplicación	Forma de aplicación
Preparación del terreno	Mejora la calidad de la tierra	< a 15kg/m ²	Una vez	Mezcla del compost con la tierra profundamente
Cultivo de papas, zanahoria y legumbres semejantes	Enriquecimiento de la tierra	3-5kg/m ²	1 x 2 años	Mezcla superficial del compost con la tierra
Trigo, avena, cebada, centeno y maíz	Enriquecimiento de la tierra	2-6kg/m ²	1 x 2 años	Mezcla superficial del compost con la tierra
Pasto, praderas	Enriquecimiento de la tierra	3-6kg/m ²	1 x 2 años	Dispersar sobre la superficie

FUENTE: Fuentes (2000).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. LOCALIZACIÓN

El trabajo de investigación se realizó en el Municipio de Puerto Mayor Carabuco comunidad Queascapa, se encuentra ubicado en el Altiplano norte del Departamento de La Paz, y constituye la Tercera Sección de la Provincia Camacho y cuenta con cuatro cantones que son: Carabuco, Chaguaya, San Miguel de Yaricoa y Ambana. El Municipio cuenta con una superficie de 296.83 Km² lo que representa el 15% del tamaño total de la provincia Camacho.

Geográficamente las coordenadas del municipio se hallan comprendidas entre los 15°31'58" – 15°54'30" de latitud sur y entre los 68°55'30" – 69°09'05" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Limita al Norte con la Segunda Sección (Moco Moco) de la Provincia Camacho, al Este con la Provincia Muñecas, al Sur con la Provincia Omasuyus y al Oeste con el Lago Tititicaca (Riveros, 2007).

La población mayoritariamente es de origen aymara, de ahí que el principal idioma es el Aymara (88%) seguido del Español (11.30%); el idioma quechua es hablado en un porcentaje muy bajo.

Entre otras localidades del Municipio se encuentran: Pata Cusi, Suncallo, Cancollo, Titijoni, Titicachi, Challapata, Quericachi Grande, Killima, Centro Yocarhuaya, Yocarhuaya Originario, Yaricoa Alto, Yaricoa Bajo, Chejerico, Tomoco Grande, Mirmapata, Mollipongo, Huanakota Pata, Cavinchilla, Huajacia, Karachi, Karcapunco, Tilacoca, Cojata Pampa, Saygua Pampa, Huancatapi, Nuevo Potosí, Queascapa, Quillima, Umacuyo, Sisasani, Santiago de Okala, etc.

Provincia CAMACHO



Fuente: Mapas Digitalizadas (2009).

FIGURA. 1 UBICACIÓN CARTOGRÁFICA

4.1.1. CARACTERÍSTICAS AGROPECUARIAS DE LA ZONA

Agricultura

En esta zona existe una amplia variedad de cultivos como ser: papa (*Solanum tuberosum*), trigo (*Triticum vulgare*), cebada (*Hordeum vulgare*), haba (*Vicia faba*), arveja (*Pisum sativum*), avena (*Avena sativa*), quinua (*Chenopodium quinoa*), tarwi (*Lupinus mutabilis*), oca (*Oxalis tuberosum*), papalisa (*Ullucus tuberosum*), Izaño (*Tropaelum tuberosum*). Siendo la papa el cultivo de mayor importancia económica y alimentación para las familias de la zona (Cori, 2004).

Ganadería

La población tiene como animales domésticos de mayor importancia económica al ganado vacuno (*Bos taurus*), ovino (*Ovis aries*), porcino (*Sus domesticus*), cuyes (*Cavia porcellus*), unas cuantas aves de corral y utilizan como medio de transporte el asno (*Equus asinus*). En general la subsistencia y economía de los habitantes de esta zona depende de la producción agrícola y pecuaria (Cori, 2004).

Pesca

Los hermanos originarios de la localidad de Queascapa al margen de la agricultura y la ganadería también se dedican a la pesca, principalmente de especies ícticas como el ispi 85% en mayor importancia, seguido del Karachi 11%, mauri 3% y suche en un 1%. Cabe mencionar también que la pesca en el orden de importancia en la generación de recursos económicos solo ocupa el 25 % el resto de los ingresos que vendría a ser el 75% es exclusivamente de la agricultura, dato recabado de encuestas llevadas a cabo en la Comunidad donde se realizó el trabajo de investigación.

4.1.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

El clima de la región resulta del conjunto de la condición atmosférica que se presenta en ella, la cual esta determinada por el tipo de suelo y cobertura vegetal. Puerto

Mayor Carabuco pertenece a un clima templado con un invierno seco y frío, clasificación dada para las zonas aledañas al Lago Titicaca. Se presentan temperaturas características del lugar que en promedio se encuentra alrededor de los 14 grados centígrados, cuyos registros más bajos son en los meses de mayo a agosto con valores que oscilan entre 1.5 a 10°C y los registros máximos en los meses de octubre a marzo con valores entre 15 a 22 °C. (SENAMHI 2007, citado por Riveros 2007).

4.1.3. FISIOGRAFÍA

El relieve predominante en este sector del país es una altiplanicie a más de 3.500 m.s.n.m. el cual forma parte de acuerdo con la clasificación fisiográfica-geológica de dos provincias fisiográficas, compuestas de diversidad de grandes paisajes. La primera constituida por la zona este del municipio, la que forma parte de la cordillera Oriental, con las montañas de nieves eternas, colinas, serranías, pie de montes, lagunas, ríos, y otros. La segunda constituida por la zona oeste, que forma parte de los diferentes paisajes como las serranías y colinas interaltiplánicas, planicies y llanuras aluviales, bañadas que atraviesan ríos y lagunas, incluyendo el lago Titicaca con sus islas (Riveros, 2007).

4.1.4. VEGETACIÓN

En la zona de estudio se presentan una diversidad de especies nativas y especies introducidas. Estas especies alcanzan el mayor crecimiento y desarrollo en la época de lluvia. En las cuales se encuentran gramíneas (*Festuca dolichophylla*, *Stipa ichu*, *Hordeón medicum*); malezas como *Alimiski* (*Erodium moschatum*), *Layulayu* (*Trifolium amabili*), *Moztaza* (*Brassica* sp), entre las especies introducidas están el eucalipto (*Eucaliptos globulus*) y ciprés (*Librocedrus chilensis*). (Cori, 2004).

4.2. MATERIALES

4.2.1. MATERIAL DE CAMPO

- Una balanza
- Un termómetro
- Un pH metro
- Nylon negro (cubierta)
- Herramientas de trabajo (palas, rastrillo, bolsas, manguera, etc.).
- Materiales de toma de datos (tablero, planillas, cámara fotográfica, etc.).
- El experimento se realizó en campo en una compostera semi subterránea, en un área total de Investigación de 37.5 m².

4.2.2. MATERIAL ORGÁNICO

Materia prima compuesta en un mayor porcentaje por materia orgánica de origen del lago como es la mezcla de biomasa vegetal, llamada por los lugareños como chanco, rastros de cosecha principalmente broza de tarwi, desperdicios de forraje como ser: avena y cebada, heces de animales procedentes de (vacunos y ovinos), y residuos orgánicos de origen doméstico, los mismos obtenidos de los desperdicios que se generan en las familias de la comunidad de Queascapa.

4.3. METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN

4.3.1. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

4.3.1.1. APERTURA DE ZANJA

Para el trabajo de investigación se realizó la apertura de zanjas de 1.5m de ancho por 5m de largo y 0.50m de profundidad en los cuatro bloques.



Figura. 2 Apertura de zanjas

4.3.4.2. SELECCIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS

Esta operación se realizó después del acopio de residuos sólidos orgánicos; luego en la planta de compostaje, se procedió a seleccionar la materia orgánica manualmente para el proceso de compostaje.



Figura. 3 Selección de residuos orgánicos

4.3.4.3. APILADO

Esta labor consistió desarrollar el proceso de compostaje en montones triangulares o trapezoidales. En el presente caso para obtener una óptima estructura del montón y una composición equilibrada del compost, se mezcló todos los tipos de materia orgánica.

La técnica para el proceso de formación de compost para cada tratamiento fue el siguiente:

- a) 1 tonelada de residuos orgánicos por cada bloque.
- b) Los materiales de desechos orgánicos se amontonaron de forma suelta, con todos los cuidados necesarios para no compactarlos porque de lo contrario dificulta la descomposición.
- c) Se combinó cada capa de los diferentes residuos orgánicos de forma uniforme siguiendo las recomendaciones de diversos autores.
- d) Se utilizó respiraderos en cada tratamiento, con la finalidad de oxigenar cada una de las pilas.



Figura. 4 Apilado de los tratamientos

4.3.4.4. CUBIERTA

Para el proceso de compostaje se necesita de temperaturas adecuadas, para lo cual se utilizó nylon corriente de color negro, como aislantes, para la protección contra cambios de temperatura y humedad en el ambiente pero por sobre todo de las lluvias y de la acción directa de los rayos del sol, puesto que se quiere minimizar al máximo la pérdida de humedad y calor.



Figura. 5 Cubierta de los tratamientos

4.3.4.5. RIEGO

Se aplicó una cantidad inicial de agua, 10 litros por tratamiento, esto en el apilado de materia orgánica a inicios del proceso de compostaje, posteriormente se aplicó otro volumen de agua, 5 litros por tratamiento en el primer volteo lo cual fue suficiente en todo el proceso de compostaje.



Figura. 6 Riego en el proceso de compostaje

4.3.4.6. VOLTEO

Esta actividad se realizó cuatro veces en todo el proceso de compostaje, el primero a los 34 días, a los 68 días el segundo, a los 90 días el tercero y por último a los 123 días, ésta operación tiene la finalidad de incorporar oxígeno a las pilas y de esa forma acelerar la descomposición de la materia orgánica.



Figura. 7 Volteo en el proceso de compostaje

4.3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la realización de la presente investigación se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar según Vicente (2006).

Donde el Modelo Lineal Aditivo es:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \epsilon_{ij} \text{ (Vicente, 2006).}$$

Y_{ij} = Es una observación cualquiera

μ = Media poblacional

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

α_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = Efecto del error

4.3.2.1. FACTORES DE ESTUDIO

Se aplicaron 4 bloques con 4 tratamientos y 4 repeticiones repartidos al azar, dando un total de 16 unidades experimentales.

CUADRO. 4 Número de tratamientos

TRATAMIENTOS	PORCENTAJE DE MEZCLA DE RESIDUOS ORGÁNICOS
T1	R. de cocina 4% + R. de forraje 8% + R. lago 32% + Estiércol de bovino 56%
T2	R. del lago 48% + R. de forraje 12% + Mezcla de estiércol de bovino y ovino 40%
T3	R. de forraje 40% + Mezcla de estiércol de bovino y ovino 30% + Residuos del lago 30%
T4	R. del lago 58% + R. de cosecha 24% + Estiércol de bovino 18%

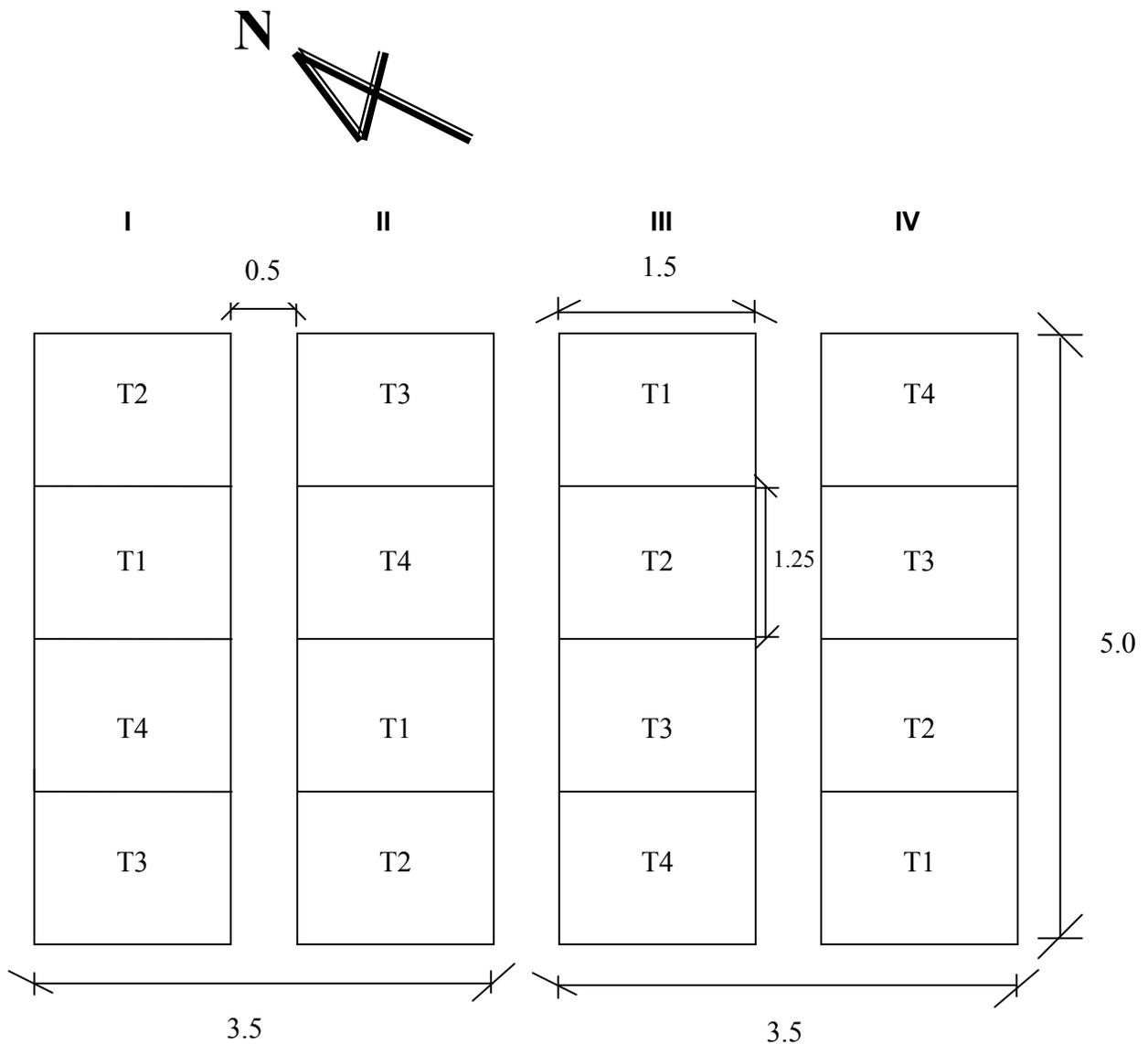


FIGURA. 8 CROQUIS EXPERIMENTAL

Medidas Generales:

Área total del experimento: 37.5 m²

Área total por bloque: 7.5 m²

Largo de bloque: 5.0 m

Ancho de bloque: 1.5 m

Área total por tratamiento (T): 1,87 m²

Número de tratamientos: 4

Número de bloques: 4

Número de U.E. / bloque: 4

Total Unid. Experimentales: 16

4.4. VARIABLES DE RESPUESTA

4.4.1. EVALUACIONES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

Fueron consideradas las siguientes evaluaciones en el proceso de compostaje, medición de temperatura por cada tratamiento, recabación del pH y obtención de la humedad.

4.4.1.1. TEMPERATURA

Para esta investigación se tomaron datos de temperatura una vez por semana en cada tratamiento de la pila de compost con un termómetro de inmersión de máximo de 110°C y mínimo de -10°C obteniendo datos de tres sectores bajo, medio y alto.

4.4.1.2. REACCIÓN DE pH

El pH del compost se determinó midiendo con un papel de tornasol o cinta de pH, que va subiendo de 0.5 en la escala de pH, en la investigación se realizó las mediciones dos veces cada mes, obteniendo de tres lugares inferior, medio y superior para luego promediarlos.

4.4.1.3. CONTENIDO DE HUMEDAD

La humedad se determinó en laboratorio por el método de diferencia de pesos, obteniendo los datos de la parte inferior de la pila, de la parte intermedia y la parte superior de cada tratamiento.

4.4.2. DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTOS

4.4.2.1. PESO AL INICIO Y FINAL

Al inicio del proceso de compostaje en cada bloque de estudio se empezó con un peso inicial expresado en Kg. / tratamiento, de la misma forma al final del proceso de compostaje.

4.4.3. ANÁLISIS DE LABORATORIO

El análisis de laboratorio se realizó en la Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Instituto de Ecología, Laboratorio de Calidad Ambiental L.C.A. y el Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear IBTEN.

4.4.3.1. ANALISIS DE MACRO Y MICROELEMENTOS

Para el análisis final y para determinar la calidad del compost elaborado, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros de cada tratamiento:

pH	Sodio total
Relación C/N	Potasio total
Conductividad eléctrica	Calcio total
Nitrógeno total	Magnesio total
Materia orgánica	Hierro
Contenido de humedad	Manganeso
Fósforo total	

4.4.3.2. PARÁMETROS FÍSICOS QUE DETERMINAN EL TIEMPO DE COMPOSTAJE

Olor

Color

Temperatura estable

Cubiertas

4.4.4. ANÁLISIS ECONÓMICO

Este análisis tiene la finalidad de identificar los tratamientos con mayor beneficio económico.

4.4.4.1. COSTOS VARIABLES

Los costos variables constantemente difieren, según los insumos utilizados para la producción de compost que en este caso son los siguientes; servicios personales, acopio de residuos orgánicos, apertura de zanjas, apilado, riego y volteo.

4.4.4.2. COSTOS FIJOS

Los costos fijos, no tienden a variar, se hace una inversión durante el tiempo de investigación, que en este caso será el uso de callapos y nylon.

4.4.4.3. COSTOS TOTALES

Son la sumatoria de los costos fijos y los costos variables que se invierten en la investigación para este efecto se determinaron en los conceptos anteriores.

4.4.4.4. BENEFICIO/COSTO

Beneficio costo es la relación entre el beneficio bruto y los costos totales, que se calcularon en los cuatro tratamientos.

4.4.4.5. TASA DE RETORNO MARGINAL

Es la relación del Beneficio Neto en el primer nivel de tratamiento no dominado, restando el Beneficio Neto del segundo tratamiento no dominado; dividido entre los Costos Variables del primer nivel de tratamiento no dominado y en el segundo nivel expresándose en porcentaje. (CYMMYT, 1988)

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados y discusiones en los cuatro tratamientos al final del proceso de compostaje en cuanto se refiere a parámetros de medición se muestran a continuación:

5.1. DATOS METEOROLÓGICOS

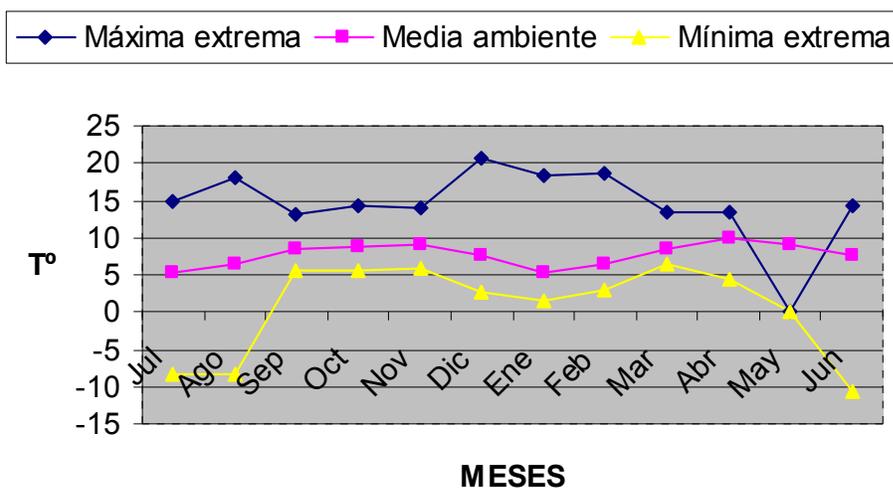
5.1.1. DATOS DE TEMPERATURA DEL MUNICIPIO DE PUERTO MAYOR CARABUCO

CUADRO. 5 Temperaturas registradas en el periodo 2007 de julio – diciembre y 2008 de enero – junio.

TEMPERATURA PROMEDIO MÁXIMA, MEDIA Y MINIMA PONDERADA													
MESES	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	PRM
Máxima extrema	15	17,9	13	14,4	14	20,7	18,4	18,6	13,3	13,3	15,8	14,3	15,72
Media ambiente	5,3	6,4	8,5	8,7	9,0	7,6	5,3	6,4	8,5	9,8	9,0	7,6	7,67
Mínima extrema	-8,3	-8,2	5,62	5,66	5,89	2,8	1,6	3,1	6,4	4,34	-7,6	-10,6	-5,84

Fuente: SENAMHI, 2008.

GRÁFICA DE DINÁMICA TÉRMICA



FUENTE: SENHAMI (2007 - 2008).

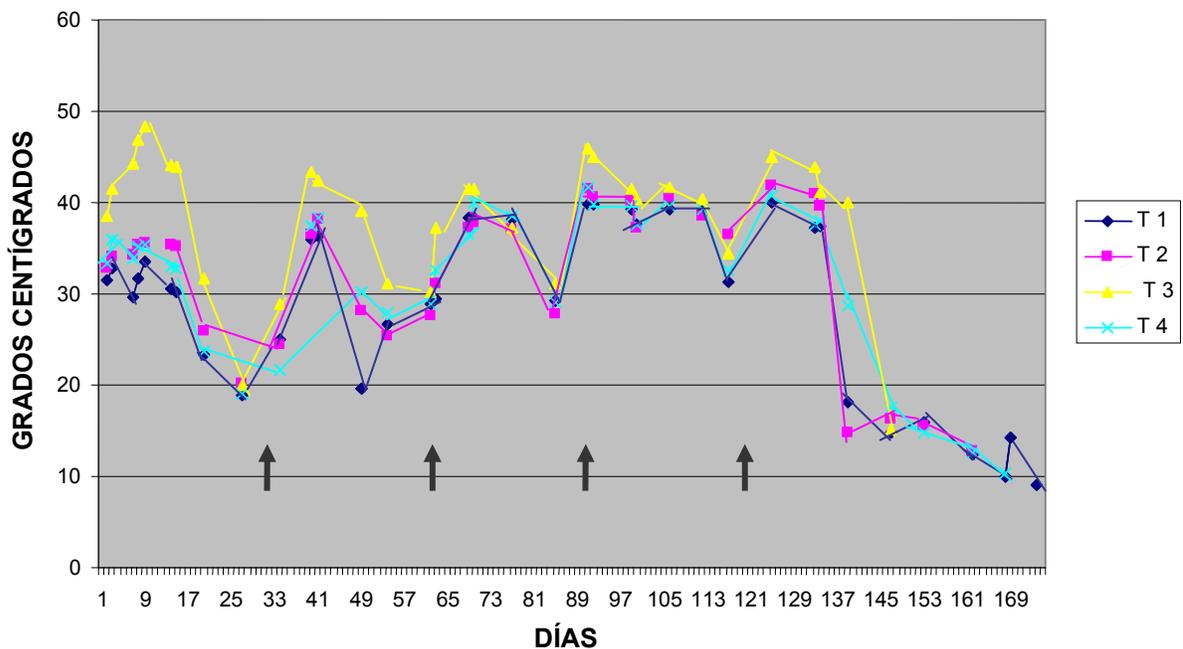
GRAFICO. 1 Dinámica térmica del Municipio de Puerto Mayor Carabuco

5.2. EVALUACIONES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

Para evaluar el proceso de compostaje se consideró las siguientes variables de temperatura, pH y humedad.

5.2.1. TEMPERATURA

5.2.1.1. COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA EN LOS TRATAMIENTOS



FUENTE: Elaboración propia con datos de campo (2007 - 2008).

GRAFICO. 2 Comportamiento de la temperatura

En el Gráfico 2, se observa el comportamiento de la temperatura de los cuatro tratamientos, presentando cuatro picos de elevación en función de los diferentes tiempos.

Al inicio del proceso de compostaje, se registraron temperaturas en ascenso, con mayor relevancia en el T3 con 41°C, seguido de T4 (36 °C), T2 (34 °C) y por último

T1 (32,75 °C), estos valores se obtuvieron los primeros días, específicamente al tercer día del proceso de compostaje (20 de diciembre del 2007), la época para este caso corresponde a verano. Según Infoagro (2009), la masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. En cambio Ahumada (2005), menciona que en la fase mesofílica inicial, la temperatura en la pila de compostaje aumenta desde la temperatura ambiente hasta aproximadamente los 40° C con la aparición de hongos y bacterias productoras de ácidos.

Por otro lado Wikipedia (2009), menciona que las bacterias mesofílicas requieren temperaturas moderadas, entre 20 y 40°C. Conforme descomponen la materia orgánica generan calor. Lógicamente, es la zona interna de la pila la que más se calienta. Las pilas de compost deben tener, al menos, 1 m de ancho por 1 m de alto y de longitud la que sea posible.

El primer volteo se realizó a los 34 días, en el cual se observó todos los tratamientos, después de realizado esta operación empezaron a mostrar un ascenso de temperatura con promedios de 36.33 para T1, 38.08 (T2), 43.33 (T3) y 38.33 para (T4). Cabe recalcar que la operación de los volteos ayuda notoriamente la aceleración del compostaje, los microorganismos presentes en la materia orgánica necesitan oxígeno para vivir y reproducirse es por esta razón que a este tipo de operaciones se llama un proceso aeróbico controlado, lógicamente con las operaciones de volteos empiezan a subir las temperaturas en las pilas hasta un punto máximo para luego descender notoriamente. De acuerdo a Vargas (2004), se puede proceder a los volteos, a fin de mezclar el material y ventilarlo.

Sin embargo a los 68 días se procedió con el segundo volteo, registrando en cada uno de los tratamientos un promedio máximo de 41.5 °C en el T3 y un mínimo de 36.5°C en el T4, es importante realizar los volteos de las pilas en general para mezclar los materiales utilizados, la presencia de oxígeno en los tratamientos después de los volteos ayudan a uniformizar la degradación de la materia orgánica

como consecuencia empiezan a subir nuevamente la temperatura en cada una de las pilas. Según Soliva y Paulet (2009), la presencia de altas temperaturas se debe a la acción por la actividad de los microorganismos y las bajas temperaturas registradas debido a que desciende el carbono orgánico biodegradable.

A los 90 días se realizó el tercer volteo, con la finalidad de uniformizar la degradación de la materia orgánica sometida a tratamiento, en el cual, se pudo observar un promedio máximo de temperatura para el tratamiento T3 que mostró un valor de 46 °C y un registro de temperatura mínima para el tratamiento T4 con 39,75°C.

A medida que transcurrieron los días después de los procesos de volteo anteriores, se procedió a realizar el último volteo a los 123 días, obteniendo registros en un promedio máximo de 45,08 °C en el tratamiento T3 y un registro mínimo para el tratamiento T2 de 14,75 °C, las operaciones de volteo en intervalos de tiempo de un volteo al otro ayudaron notoriamente en la descomposición de la materia orgánica sometida a tratamiento, con lo que queda demostrado la necesidad de realizar los volteos a fin de acelerar el compostaje, uniformizar la degradación de materia orgánica. Finalmente todos los tratamientos llegaron a temperaturas entre los 10 °C a 18 °C asemejándose a la temperatura ambiente.

La elevación de la temperatura en los tratamientos T1, T2, T3 y T4, con los diferentes residuos orgánicos apilados, se debe principalmente a la oxidación de los microorganismos. Según Infoagro (2009), Cuando se alcanza una temperatura de 40 °C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. Por otro lado Metcalf y Eddy (1995), menciona que conforme aumenta la temperatura de la masa compostada hasta alcanzar el intervalo termofílico de temperaturas (40 a 70 °C), estos microorganismos dejan paso a las bacterias termofílicas, los actinomicetos, y los hongos termofílicos. Es en esta fase, en el intervalo termofílico de temperaturas, es cuando se produce la máxima degradación y estabilización de la materia orgánica.

5.2.1.2. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE TEMPERATURA

CUADRO. 6 Análisis de varianza de temperatura de la parte superior

FV	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. calculado	F. tabulado (5%)	
Bloque	3	1,66	0,55	0,88	3,86	NS
Tratamiento	3	35,66	11,89	19,17	3,86	*
Error	9	5,6	0,62			
Total	15	42,92				

Coeficiente de variación = 2,34 %

El Cuadro 6, presenta un coeficiente de variación de 2,34 %, cuyo valor indica para trabajos en campo la confiabilidad de datos estudiados, así como el manejo de las unidades experimentales. Así mismo F_c es menor que F_t para bloques, resultado que indica un valor no significativo, motivo por el cual se acepta la hipótesis nula ya que no existen diferencias entre las temperaturas de los cuatro bloques. En cambio para tratamientos los cálculos estadísticos determinan que el F_c es mayor a F_t , resultado que indica una significancia para tratamientos, de tal manera se rechaza la hipótesis nula ya que existen diferencias entre las temperaturas de los cuatro tratamientos.

Los materiales que fueron utilizados en cada uno de los tratamientos, para el T3 resultaron ser los más adecuados ya que mostró las temperaturas más altas en el rango de 35 a 50 °C en todo el proceso de compostaje, en cambio para los demás tratamientos los registros de temperatura estuvieron por debajo del tratamiento T3, las diferencias existentes entre los diferentes tratamientos fueron producto de la composición de las diferentes mezclas y el porcentaje, lo cual influyeron notoriamente en la degradación de la materia orgánica y la diferencia de los mismos.

En cambio para bloques, no existen diferencias significativas principalmente por la presencia del tratamiento T3, ya que al estar distribuido al azar y presente en cada uno de los bloques, influyó en alguna medida para que no se note diferencias de las temperaturas entre bloques.

CUADRO. 7 Análisis de varianza de temperatura de la parte media

FV	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. calculado	F. tabulado (5%)	
Bloque	3	1,31	0,44	0,54	3,86	NS
Tratamiento	3	40,61	13,54	16,71	3,86	*
Error	9	7,27	0,81			
Total	15	49,19				

Coeficiente de variación = 2,84 %

El Cuadro 7, presenta un coeficiente de variación de 2,84 %, valor que indica la confiabilidad de datos estudiados, además el valor del coeficiente se muestra por debajo de 30%, recomendado para trabajos en campo por (Calzada, 1982). De acuerdo a los cálculos estadísticos F_c , es menor que F_t , por lo que se determina un valor de no significancia, razón por la cual se acepta la hipótesis nula ya que no existen diferencias entre las temperaturas de los cuatro bloques. En cambio para tratamientos, después de realizar el cálculo estadístico se determinó que F_c es mayor a F_t , lo cual indica un valor de significancia, por lo que se rechaza la hipótesis nula ya que existen diferencias en las temperaturas de los cuatro tratamientos.

De la misma forma que para el anterior análisis. No existen diferencias significativas para bloques principalmente porque el tratamiento T3, que fue la mezcla de material orgánico que mejores resultados mostró en la investigación influyeron notoriamente al estar presente y distribuido al azar en cada uno de los bloques. Durante el proceso de investigación la temperatura para el tratamiento T3 se mantuvo en promedio de los 35 a 50 °C.

Por el contrario, para tratamientos se muestran claramente las diferencias de un tratamiento a otro, debido a la heterogeneidad en la materia orgánica ya que las diferencias entre los diferentes residuos orgánicos influyeron en todo el proceso de compostaje, presentando mejores respuestas unas que otras, habiendo por lo tanto diferencias significativas en los análisis globales.

CUADRO. 8 Análisis de varianza de temperatura de la parte inferior

FV	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. calculado	F. tabulado (5%)	
Bloque	3	3,62	1,21	1,46	3,86	NS
Tratamiento	3	45,32	15,11	18,2	3,86	*
Error	9	7,51	0,83			
Total	15	56,45				

Coeficiente de variación = 3,23 %

El Cuadro 8, presenta un coeficiente de variación de 3,23 %, al igual que los anteriores análisis de varianza se considera aceptable, principalmente porque el valor que se muestra es menor a 30%, que para trabajos en campo se consideran como aceptables (Calzada, 1982). De acuerdo a los cálculos estadísticos F_c , es menor que F_t , por lo que se determina una no significancia, por lo cual se acepta la hipótesis nula ya que no existen diferencias entre las temperaturas de los cuatro bloques. En cambio para tratamientos, hecho el cálculo estadístico determina que el F_c es mayor a F_t , lo cual indica una significancia, por lo que se rechaza la hipótesis nula ya que existen diferencias en las temperaturas de los cuatro tratamientos.

De acuerdo al análisis estadístico, existen diferencias significativas para tratamientos principalmente porque la composición en porcentajes de materia orgánica para cada tratamiento fue distinta, en cuanto a los promedios de temperatura, de la misma forma para cada tratamiento arrojaron valores completamente distintos esto debido principalmente a la heterogeneidad de la materia orgánica, cabe acotar que influye en alguna medida la posición de la toma de datos, en este caso se obtuvo de la parte inferior de la pila, por lo que es importante para uniformizar las mezclas los volteos en las pilas.

En cambio para bloques no existen diferencias al igual que los anteriores análisis, principalmente porque los tratamientos T2 y T3 que presentaron rangos de temperatura superior a los demás tratamientos camuflaron las diferencias entre bloques ya que los tratamientos mencionados anteriormente se encuentran distribuidos al azar y están presentes en cada uno de los bloques de estudio.

5.2.1.3. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE

El análisis de varianza indica diferencias significativas para tratamientos, lo cual muestra la influencia de las diferentes mezclas en porcentajes de los materiales orgánicos utilizados en el proceso de compostaje.

CUADRO. 9 Prueba de comparación de medias de la temperatura con Tukey ($\alpha=0.05$)

Tratamiento	T3	T4	T2	T1
Temperatura	37,32°C	31,00°C	30,25°C	29,50°C

a

b b b

El Cuadro 9, muestra al tratamiento T3 (37,32 °C) el cual es estadísticamente superior específicamente en la temperatura a diferencia de T4 (31,00 °C), T2 (30,25 °C) y T1 (29,50 °C).

Por el contrario no existen diferencias significativas entre las temperaturas de los tratamientos T4, T2 y T1 de 31,00 °C, 30,25 °C y 29,50 °C respectivamente.

Las temperaturas más altas se registraron en el tratamiento T3 de 37,32 °C. Esto indica que a mejor combinación de materia orgánica en adecuados porcentajes, existe una mejor respuesta del tratamiento, manifestándose en temperaturas mayores, lo cual es señal de mayor actividad microbiana incidiendo al final en una rápida degradación de la materia orgánica sometida a tratamiento.

5.2.2. REACCIÓN DE pH

CUADRO. 10 Análisis de varianza de la reacción de pH

FV	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. calculado	F. tabulado (5%)	
Bloque	3	0,05	0,017	5,67	3,86	*
Tratamiento	3	0,53	0,180	60,00	3,86	*
Error	9	0,03	0,003			
Total	15	0,61				

Coeficiente de variación = 0,72 %

El Cuadro 10, presenta un coeficiente de variación de 0,72 %, valor que indica la confiabilidad de los resultados, de la misma forma el análisis de varianza puede ser considerado como aceptable de acuerdo a recomendaciones de (Calzada, 1982).

El cálculo estadístico determina que F_c , es mayor a F_t , lo cual indica una significancia, motivo por el cual se rechaza la hipótesis nula ya que existen diferencias significativas entre los pH de los cuatro bloques. De la misma forma que para tratamientos, el cálculo estadístico determina que F_c es mayor a F_t , resultado que indica una significancia, por lo que se rechaza la hipótesis nula ya que existen diferencias en los pH de los cuatro tratamientos.

Las diferencias significativas encontradas para bloques como para tratamientos están influenciadas por etapas que son propias del proceso de compostaje, al inicio del proceso de degradación, la materia orgánica sometida a tratamiento, con la acción de microorganismos aerobios empieza a acidificarse la materia orgánica, como consecuencia de esta reacción empieza también a subir la temperatura en cada una de las pilas, con el transcurso de los días el medio ácido empieza a estabilizarse producto de la disminución del carbono orgánico y la falta de oxigenación, con los volteos se incorpora nuevamente oxígeno y la mezcla favorece la disponibilidad de carbono como consecuencia vuelve a bajar el pH, producto de las reacciones aeróbicas, ya en las últimas etapas del compostaje, propiamente en la etapa de maduración los rangos de pH estuvieron entre 7 a 8 en la escala de pH.

Tanto para bloques como para tratamientos, existen diferencias principalmente porque en cada tratamiento estos procesos ocurrieron de diferentes formas, influenciadas notoriamente por la combinación de los diferentes porcentajes de mezclas y por la disposición al azar de cada uno de los tratamientos.

5.2.2.1. INFLUENCIA DEL pH EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE

El análisis de varianza indica diferencias significativas para bloques y tratamientos, por la utilización de diferentes combinaciones de materiales orgánicos en el proceso de compostaje.

CUADRO. 11 Prueba de comparación de medias del pH con Tukey ($\alpha=0.05$)

Bloque / Tratamiento	T3	T1	T2	T4
pH	7,86	7,52	7,48	7,37
	a	b _____ b _____ b		

De acuerdo al Cuadro 11, el tratamiento T3 con una media de (7,86) es estadísticamente superior con relación a pH en comparación de T4 (7,37), T2 (7,48) y T1 (7,52).

Por el contrario, el T1 (7,52), T2 (7,48) y T4 (7,37) con relación a las medias estadísticas no muestran diferencias significativas.

En análisis globales, existe una diferencia marcada del T3, respecto de los demás tratamientos, esto fundamentalmente por presentar el tratamiento mejores respuestas en el proceso de compostaje, cuando ocurre la acción de los microorganismos, producto de la acción de los mismos empiezan a ocurrir una serie de reacciones en las pilas con lo cual suben las temperaturas producto del cual también empiezan a bajar los pH por la producción de ácidos cromóforos, a medida que transcurren los días baja el carbono orgánico biodegradable, por lo que empieza

a bajar la actividad de microorganismos aerobios, como consecuencia, el pH vuelve a subir, por lo general se mantuvieron en valores cercanos a neutro.

5.2.3. CONTENIDO DE HUMEDAD

CUADRO. 12 Análisis de varianza para la variable humedad

FV	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. calculado	F. tabulado (5%)	
Bloque	3	33,31	11,10	28,46	3,86	*
Tratamiento	3	1,36	0,45	1,15	3,86	NS
Error	9	3,51	0,39			
Total	15	38,18				
Coeficiente de variación = 1,11 %						

De acuerdo al Cuadro 12, F_c es mayor a F_t , para bloques el resultado indica un valor significativo al 5%, motivo por el cual se rechaza la hipótesis nula ya que existen diferencias entre los cuatro bloques, el coeficiente de variación para este caso indica un buen manejo del trabajo de investigación. En cambio para tratamientos, el cálculo estadístico determina que F_c es menor a F_t , el cual determina no significancia, por lo que se acepta la hipótesis nula ya que no existen diferencias en los contenidos de humedad de los cuatro tratamientos.

Las diferencias significativas en el contenido de humedad para los cuatro bloques, fueron influenciados principalmente por el entorno al área experimental ya que los bloques de los costados que en este caso vendrían a ser el bloque 1 y bloque 4 resultaron ser los más afectados, con la utilización de cubiertas se consiguió de alguna manera reducir el impacto directo de las lluvias pero al margen de lo realizado, en las fuertes lluvias el flujo del agua fue en sentido horizontal afectando la humedad de los bloques que estuvieron ubicados en los costados, además cabe mencionar que el experimento se realizó en una compostera semi subterránea, añadiendo lo mencionado, en los cuatro tratamientos se utilizó residuos del lago en mayores cantidades, este material tiene una característica de ser esponjoso y desde luego tiene la capacidad de absorción de agua en mayores cantidades a diferencia

de los demás materiales lo cual influyó también en la absorción de humedad, con las operaciones de volteos se logró controlar los excesos de humedad ya que este procedimiento ayudó a orear la materia orgánica minimizando el uso del riego en las operaciones de volteo, lo cual en líneas generales justifica las diferencias encontradas para bloques y no así para tratamientos puesto que el efecto del bloque influyeron directamente en cada uno de los tratamientos.

5.2.3.1. INFLUENCIA DE LA HUMEDAD EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE

El análisis de varianza indica diferencias significativas para bloques, lo cual muestra la influencia de las diferentes mezclas en porcentajes de los materiales orgánicos utilizados en el proceso de compostaje.

CUADRO. 13 Prueba de comparación de medias de la humedad con Tukey ($\alpha=0.05$)

Bloque	T3	T4	T1	T2
Humedad	56,74	56,45	56,40	55,93
	<u>a</u>	<u>a</u>	<u>a</u>	<u>a</u>

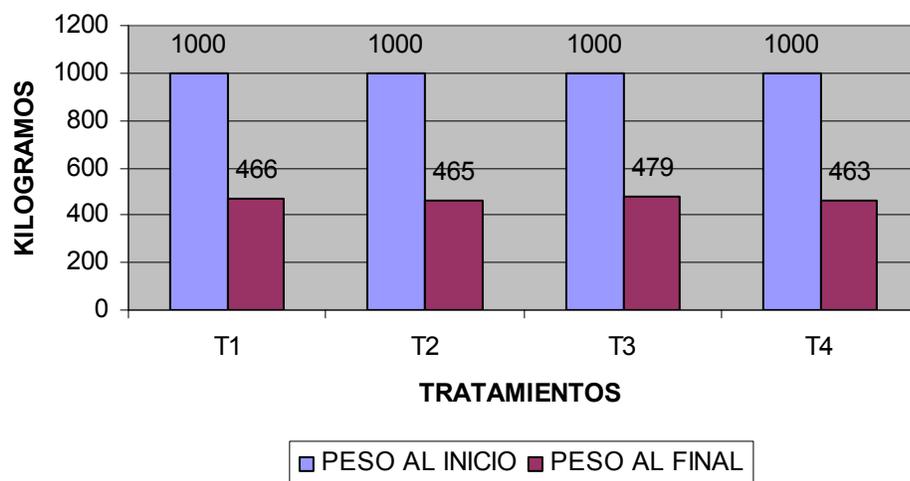
En base al Cuadro 13, estadísticamente no existen diferencias significativas entre las humedades de los tratamientos T3 (56,74), T4 (56,45), T1 (56,40) y T2 (55,93).

En líneas generales, las humedades de los cuatro bloques no fueron influenciados por factores externos, puesto que se utilizó cubiertas en los mismos ayudando notoriamente en la investigación, en las fuertes lluvias el flujo del agua fueron en forma horizontal afectando a cada uno de los bloques sin que esto afecte en la demasía de este elemento líquido, ya que con los volteos que fueron importantes para el oreado de las pilas ayudaron a superar este tipo de inconvenientes.

5.3. RENDIMIENTOS

5.3.1. PESO AL INICIO Y FINAL

Para la investigación se trabajó con un peso inicial de 1000 kg en cada uno de los bloques, esto por experiencias anteriores a la investigación.



FUENTE: elaboración propia (2008)

GRAFICO. 3 Rendimiento del Compost

El mejor rendimiento fue en el Tratamiento (T3), con los siguientes materiales orgánicos utilizados, residuos de forraje 40%, estiércol de animales 30% y residuos del lago 30 %, obteniendo un producto final de 479 kg de compost, esto debido a que los materiales utilizados en el proceso de compostaje se tienen las mezclas en iguales proporciones, además de que los residuos del lago contienen cierta humedad, de la misma forma el estiércol y los residuos de forraje.

El menor rendimiento fue del tratamiento T4, obteniendo un producto final de 463 Kg., utilizando los siguientes materiales, residuos del lago 58%, residuos de cosecha 24% y estiércol de animales 18%. La disminución en peso se debió principalmente a la degradación de los residuos del lago ya que este material orgánico por sus mismas características es de textura esponjosa sin muchos contenidos de fibra

contrario a la broza de tarwi con un alto contenido de fibra, lo cual influyeron en la disminución de los rendimientos para este tratamiento.

CUADRO. 14 Análisis de varianza para la variable rendimiento

FV	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. calculado	F. tabulado (5%)
Bloque	3	552,50	184,20	16,30	3,86 *
Tratamiento	3	635,00	211,70	18,70	3,86 *
Error	9	101,50	11,30		
Total	15	38,18			

Coeficiente de variación = 0,71 %

De acuerdo al Cuadro 14, el coeficiente de variación puede ser considerado como aceptable al igual que los datos de investigación, tanto para bloques como para tratamientos Fc es mayor a Ft, cuyo valor indica una significancia, motivo por el cual se rechaza la hipótesis nula ya que existen diferencias significativas tanto para bloques como para tratamientos.

Las diferencias existentes tanto para bloques como para tratamientos fueron influenciados principalmente por las combinaciones de materia orgánica sometida a tratamiento, los ensayos que contuvieron mayor cantidad en fibra como son los residuos de forraje fueron los que mejores rendimientos mostraron al final de la investigación. En este caso el orden de los mejores rendimientos es para el T3 (479kg) seguido de T1 (466kg), T2 (465kg) y por último el T4 (463kg).

5.3.2. INFLUENCIA DEL RENDIMIENTO EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE

El análisis de varianza indica diferencias significativas para bloques como para tratamientos, lo cual muestra la influencia de las diferentes mezclas en porcentajes de los materiales orgánicos utilizados en el proceso de compostaje.

CUADRO. 15 Prueba de comparación de medias del rendimiento con Tukey ($\alpha=0.05$)

Bloque / Tratamiento	T3	T1	T2	T4
Rendimiento	479	466	465	463
	a	<u>b</u>		

Con referencia al Cuadro 15, existen diferencias significativas entre el rendimiento del T3 (479 Kg.) respecto de los tratamientos T1 (466 Kg.), T2 (465 Kg.) y T4 (463 Kg.). Las diferencias existentes fueron producto de la combinación de diferentes materiales orgánicos, resultando con mejores rendimientos la combinación de residuos de forraje en un 40%, mezcla de estiércol de bovino/ovino 30%, y residuos del lago 30%, estos mismos en proporciones adecuadas o porcentajes sin muchas variaciones.

Por el contrario, no existen diferencias significativas entre el rendimiento T1 respecto de T2 y T4, básicamente porque en estos últimos tratamientos los residuos orgánicos utilizados fueron Estiércoles de animales, residuos del lago y residuos de forraje, esto en proporciones heterogéneos para los tres casos lo cual en líneas globales entre cada uno de los tratamientos no existieron diferencias significativas.

5.4. ANÁLISIS DE LABORATORIO

Mediante el análisis de laboratorio se pudo determinar ciertas características químicas, las cuáles determinaron la calidad del compost en los tratamientos.

5.4.1. ANÁLISIS QUÍMICO DEL ABONO ORGÁNICO COMPOST

CUADRO. 16 Clasificación de los diferentes parámetros en compost (rango)

PARÁMETROS		Bajo	Medio	Alto	T1	T2	T3	T4
Macro nutrientes %	N	0.5 - 1.5	1.5 - 3	3	0,84	0,75	0,92	0,84
	P	0.5 - 1	1 - 2	2	0,12	0,47	0,50	0,36
	K	0.02 - 0.16	0.15 - 0.3	0.3	1,17	1,77	1,88	1,02
Elementos secundarios %	Ca	0.6 - 1.5	1.5 - 3.5	3.5	1,29	1,52	2,20	1,97
	Mg	0.1 - 0.25	0.25 - 0.4	0.4	0,19	0,25	0,28	0,22
Micro nutrientes ppm	Fe	1.000-8.000	8.000-13.000	15.000	0,21	0,32	0,23	0,26
	Mn	20 - 150	150 - 400	400	0,021	0,029	0,029	0,026
Conductividad S/cm		0 - 1000	1000-2000	2000	1,56	2,79	5,07	1,85
Humedad %		10-25	25 - 50	50	53,05	59,96	53,36	55,06
Materia orgánica %		35 -50	50 - 65	65 - 80	13,67	15,46	19,41	10,22
Relación C/N			25 - 35		9,42	11,93	12,21	7,04

FUENTE: Elaboración propia, con base a Villegas (2002).

5.4.2. ANÁLISIS QUÍMICO DEL ESTIÉRCOL DE OVINO

CUADRO. 17 Clasificación de los parámetros en estiércol de ovino (rango)

ELEMENTOS ANALIZADOS	PARÁMETRO REFERENCIAL	PARÁMETRO OBTENIDO
N	1,252	1,07
P	0,532	0,88
K	1,72	2,31
Ca	1,372	0,45
Mg	0,35	0,13
Materia Orgánica %	43,2	24,52
Humedad %	-	14,21

FUENTE: Elaboración propia, con base a Mamani (2005).

5.4.3 ANÁLISIS DE MACRO NUTRIENTES

a) Nitrógeno total

Se observa en el Cuadro 16, los tratamientos T1, T2, T3 y T4. Por medio del cual podemos observar que el T3 tiene un mayor nivel de nitrógeno de 0,92 % en relación a los demás tratamientos y el menor fue de 0,75 %; esta diferencia se debe a la composición porcentual de los residuos orgánicos empleados. Según Costa et al.

(1991), la clasificación de los parámetros del compost está en un rango medio de 1,5 a 3 %. Por otro lado Delgado (2008), menciona también que la mineralización del nitrógeno es el proceso de transformación de nitrógeno orgánico a la forma mineral, al igual que Emison (2009) menciona también que el nitrógeno contenido en el compost se encuentra en forma asimilable por las raíces, con la ventaja de ser retenido en el horizonte A - B (capa cultivable del suelo), evitando ser arrastrado por las aguas de lluvia o de riego a capas más profundas fuera del alcance del sistema radicular.

b) Fósforo total

El Cuadro 16, muestra también los registros con relación a la mayor cantidad de fósforo en el T3 en un valor de 0,50 %, esto debido a la mayor presencia de estiércol de vacuno; el menor % de fósforo se presenta en el T1, esto fundamentalmente por la presencia de residuos de origen doméstico desperdicios de cocina. Según Costa et al (1991), los parámetros en compost están en un rango bajo de 0,5 – 1 %, donde el T1 = 0,12 muestra un valor inferior en el rango.

Según Inpofos (2008) para garantizar una producción rentable y devolver al suelo el fósforo que ha sido extraído por la cosecha, los agricultores deben aplicar fósforo a sus cultivos. Es esta la forma de asegurar la fertilidad y la calidad del recurso suelo.

c) Potasio total

En el Cuadro 16, se observa que el T3 tiene un valor de 1,88 %, debido a que la materia vegetal es de origen del lago, el cual es encontrado en los tejidos vegetales, en las paredes celulares de los residuos orgánicos, por el contrario el que mostró un rango menor el T4 con un valor de 1,02 %, fundamentalmente por la ausencia de tejidos verdes frescos. Según Potash (2008) El potasio extraído por los cultivos debe de regresarse al suelo para no disminuir la fertilidad del mismo mediante la adición de residuos vegetales, estiércoles, residuos animales sólidos y fertilizantes minerales.

5.4.4 ANÁLISIS DE MICRO NUTRIENTES

d) Calcio total

El Cuadro 16, muestra rangos de medida de los tratamientos T1, T2, T3 y T4 de 0.19, 1.52, 2,20 y 1.97 % respectivamente, valores que expresan claramente que están dentro de los rangos medios de calidad, los mismos que van de 1 a 5 %, motivo por el cual los tratamientos están perfectamente en este parámetro. Para Solociencia (2008) menciona que para crecer, las plantas necesitan un suministro adecuado de calcio, el cual entra en la planta disuelto en el agua que las raíces absorben del suelo circundante.

e) Magnesio total

Comparando con el Cuadro 16, podemos observar que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 están dentro del rango de calidad media, esto por la presencia que pequeños moluscos presentes en la materia orgánica procedente de las orillas del lago. De acuerdo a Costa et al. (1991), los tratamientos T1, T2, T3 y T4 están dentro del rango medio de calidad en compost.

f) Hierro

La presencia de hierro en todos los tratamientos está dentro de los rangos aceptables que van de 8000 – 13000. De acuerdo a Viagro (2008) en presencia de materia orgánica, se forman quelatos de hierro, que permiten la asimilación de este micronutriente por parte de la planta, que puede absorberlos y disgregarlos en su interior. Las plantas también son capaces de romper los quelatos de hierro en el entorno radicular, absorbiendo directamente el hierro.

g) Conductividad eléctrica (C.E.)

La Conductividad eléctrica de una solución nutritiva tiene una relación directa con la cantidad de materiales sólidos disociados disueltos. El contenido de C. E. en todos los tratamientos están dentro de los rangos de calidad media a alto los mismos van de 4,0 a 8,0 ms/cm, Según Calderón (2002) en general, el flujo de electricidad a

través de un conductor es debido a un transporte de electrones. Según la forma de llevarse a cabo este transporte, los conductores eléctricos pueden ser de dos tipos: conductores metálicos o electrónicos y conductores iónicos o electrolíticos.

El mismo autor menciona también que en términos agronómicos, cuando medimos la CE de un agua de riego, una disolución fertilizante, un extracto acuoso de un suelo, etc., determinamos la conductividad específica (k) de dicha disolución. Actualmente se emplea la unidad del SI, siemens (S), equivalente a mho; y para trabajar con números más manejables se emplean submúltiplos.

h) Porcentaje de humedad final

En el Cuadro 16, se puede observar el contenido de humedad al final, valores que se muestran en los siguientes rangos, para el tratamiento T1 de 51,85 %, tratamiento T2 con 52,33 %, tratamiento T3 con 52,76% y el tratamiento T4 con 53%. Según Infoagro (2009), finalizado el proceso de compostaje es importante que la humedad esté en los siguientes niveles, los cuales son óptimos del 40-60 %.

i) Materia orgánica

De acuerdo al Cuadro 16, el contenido de materia orgánica para cada uno de los tratamientos estudiados muestra los siguientes valores numéricos que en este caso para el T1 es de 13,67%; T2 de 15,46%; T3 de 19,41 y T4 de 10,22. Según la UNMSM (2007), los resultados obtenidos de M. O. en un valor de 23,10 %, comparando con la fuente de la O.M.S. de un compost para ser comercializado, está dentro del rango normal por lo que de acuerdo a la investigación estos valores obtenidos están cercanos a los mencionados por otras investigaciones.

j) Relación Carbono / Nitrógeno

En el Cuadro 16, se puede observar la relación C/N, indicador de los residuos orgánicos para obtener compost de mejores características.

En el tratamiento T1 de acuerdo a los resultados obtenidos mediante análisis de laboratorio se tiene como resultado una relación C/N de 9,42; esto debido a que los materiales utilizados en este tratamiento fueron estiércol de vacuno en mayor proporción seguido de residuos del lago, residuos de forraje y residuos de cocina en una menor proporción, el porcentaje de materia orgánica en este caso residuos de bovino 56% por las mismas características de los estiércoles presentan una cantidad rico en nitrógeno y una cantidad menor en carbono, como en la investigación este material se usó en mayor cantidad influye notoriamente para que sea menor la relación carbono / nitrógeno y en síntesis no se logró obtener una buena relación de C/N.

Por el contrario el tratamiento T2, muestra una relación C/N de 11,93; en este caso los materiales usados son los siguientes residuos del lago en una mayor proporción seguido de estiércoles de animales y residuos de forraje.

Para este caso se tiene una relación carbono / nitrógeno aceptable principalmente por la composición de las diferentes mezclas que influyeron notoriamente para que la relación C/N para este caso sea aceptable ya que los residuos del lago que fue utilizada en mayor proporción de 48% y una cantidad aceptable de residuos de forraje de 12% influyeron notoriamente para que el valor al final de este parámetro de medición sea aceptable.

El tratamiento T3, tiene una relación C/N de 12,21; en este ensayo se utilizó en la siguiente proporción de M. O. residuos de forraje en un 40%, residuos del lago en un 30 % y estiércol de animales en un 30%, el cual mostró mejores características en comparación a los demás tratamientos estudiados.

La utilización en mayor porcentaje de residuos de forraje, influyeron notoriamente para que se obtenga una relación C/N aceptable, que para esta investigación fue la mejor, los residuos de forraje tienen altos contenidos en fibras y por lo tanto una composición de carbono mayor en relación a los demás materiales orgánicos usados y además el porcentaje de mezcla, en líneas globales fue en forma equilibrada por lo

que al final del proceso mostró los mejores resultados, sustentando lo mencionado. De acuerdo a (Mendoza, 2006), Una relación C/N igual a 10, puede ser considerado como una composición de la materia orgánica en un estado de equilibrio, lo que significa que las cantidades de carbón y nitrógeno son los adecuados.

El tratamiento T4, muestra una relación C/N de 7,04; los materiales orgánicos que se utilizó en este ensayo son los siguientes: residuos del lago 58% seguido de residuos de cosecha 24% y estiércol de vacuno 18%, el cual de acuerdo a resultados de laboratorio mostró una de las combinaciones no recomendables, el hecho de utilizar en mayor porcentaje los residuos del lago influyó notoriamente en la relación C/N ya que este material orgánico tiene una característica de ser esponjoso con una menor contenido en fibra, lo cual en líneas generales influyó notoriamente para que la relación carbono nitrógeno sea inferior en comparación a los demás tratamientos, producto del cual y de acuerdo a resultados de laboratorio es una de las combinaciones no recomendables.

5.4.5. PARÁMETROS FÍSICOS QUE DETERMINAN EL TIEMPO DE COMPOSTAJE

a) Olor

En el proceso de compostaje de los cuatro tratamientos, por el material orgánico de uso no presentaron olores fétidos al igual que en el acabado, la biomasa residual procedente del lago presenta una textura casi esponjosa el mismo que se utilizó en mayor proporción en todos los tratamientos, además se consideró el uso de respiraderos por lo que no se encontró problemas de aireación. Finalmente el compost de los cuatro tratamientos, presentaron un olor a tierra natural de las orillas de lago puesto que el material orgánico en mayor uso fue los residuos del lago, inicialmente los materiales orgánicos frescos tienen un olor característico, debido a la fase de descomposición de ácidos orgánicos, los malos olores pueden ser producto de la descomposición anaeróbica por la falta de oxigenación. Según Stoffella (2004), la valoración del color y del olor de un compost son métodos

razonables de cheques para el rechazo de compost que presentan problemas evidentes. Un compost con un nauseabundo olor anaerobio es poco probable que sea considerado como maduro por cualquier otro ensayo. Los olores anómalos en su generalidad desaparecen con la madurez de los productos. El olor de un compost maduro es semejante al de un suelo natural (similar al de tierra mojada), fundamentalmente debido a los actinomicetos.

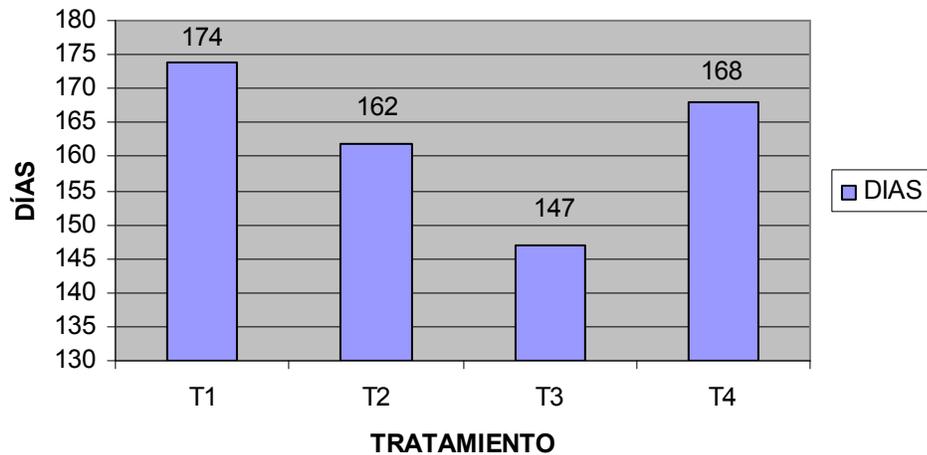
b) Color

Los colores a la maduración de la investigación presentaron un color marrón oscuro, similar a las realizadas en otras investigaciones. El compost se oscurece con la madurez, llegando a un color marrón oscuro, o casi negro, debido a la formación de grupos cromófos, fundamentalmente de compuestos con doble enlaces conjugados, siendo similar a lo que menciona Villegas (2002), es importante considerar que las reacciones que se producen son propias del proceso, el cambio de coloración (oscurecimiento) se detecta visualmente. De la misma forma Pino (2004), menciona que el compost bien madurado presenta un color castaño oscuro, está frío, tiene el característico de la tierra de los bosques y es agradable de manejar.

c) Temperatura estable

Los resultados en los cuatro tratamientos al final del proceso de compostaje mostraron temperaturas estables, en rangos de temperatura comprendidos entre 10 a 16 °C, similar a los registros de temperatura ambiente, lo cual se debió principalmente al descenso considerable del carbono orgánico, no olvidemos que los microorganismos no son capaces de sintetizar carbono por ellos mismos por eso la necesidad de proporcionarles una cantidad de materia orgánica rico en carbono, a la ausencia del mismo, la actividad de los microorganismos empieza a cesar y como consecuencia baja la temperatura y se mantiene de forma estable lo cual indica con certeza el acabado del compost y listo para el uso. Según Pino (2004), la duración aproximada del proceso es de unos 3 - 4 meses en el caso de que lo realicemos durante la primavera y el verano, y de 6 meses en el caso de que lo realicemos en invierno.

Desde que se somete a la biomasa residual orgánica en un proceso de compostaje, hasta que es transformado en compost, generalmente ocurre una serie de procesos y etapas anteriormente mencionados, los cuales son propios de este tipo de operaciones y que desde luego suelen pasar un tiempo de 4 a 6 meses, siempre considerando el material orgánico utilizado en el compostaje y desde luego de las condiciones ambientales, según Villegas (2002).



FUENTE: elaboración propia

GRAFICO. 4 Tiempo de descomposición del Compost.

En el proceso de compostaje los parámetros considerados para determinar el tiempo de degradación de la materia orgánica, en la maduración del compost, fueron por observaciones realizadas al ver la coloración de cada uno de los tratamientos, temperaturas bajas, estructura y considerando la ausencia de olores fétidos.

En el Gráfico 4, se puede observar que existen diferencias notorias entre cada uno de los tratamientos con respecto al tiempo de compostaje, siendo el menor tiempo de 147 días en el T3, seguido de los tratamientos T2, T4 y T1 con 162, 168 y 174 días respectivamente.

El Tratamiento T3 de acuerdo a datos obtenidos presentó un menor tiempo de 147 días en su proceso de descomposición, puesto que se debió principalmente a que en los registros de temperatura presentó valores entre los rangos de 40 a 50 °C como

promedio con respecto a los demás tratamientos, acelerando de esta forma el proceso de descomposición. Se logró obtener resultados en un menor tiempo principalmente porque influyeron notoriamente las temperaturas registradas que fueron favorables producto de la adecuada mezcla en % de los diferentes materiales orgánicos utilizados, los cuales fueron en proporciones equilibradas. Por el contrario el T1 fue el ensayo que presentó más número de días en el proceso de descomposición con 174 días, principalmente porque el material orgánico en mayor proporción utilizada fue estiércol de bovino, material que no presentó buena respuesta en el proceso de compostaje.

Por otro lado el T3, al igual que el tratamiento T2 presentó un menor tiempo en la descomposición de 147 y 162 días respectivamente, ya que la mezcla de los materiales orgánicos utilizados fue en proporciones adecuadas, para el T3 fueron de residuos de forraje en un 40 %, estiércol de animales 30 % y residuos del lago 30 %, en cambio para el T2 fue la siguiente, residuos del lago 48 %, residuos de forraje 12 %, estiércoles de animales 40 % manteniendo los parámetros de la relación C/N aceptables en los valores de 12,21 para el T3 y 11,93 para el T2.

d) Cubiertas

La cubierta es uno de los factores importante a considerar. Según Villegas (2002), la cubierta de agrofilm protege de la radiación solar, de las precipitaciones pluviales, heladas, etc., manteniendo a una temperatura promedio de 45 °C, durante el día; en la noche descendiendo a una temperatura promedio de 10 °C.

Una vez apilado cada uno de los tratamientos, se utilizó como cubierta en todas las unidades experimentales nylon corriente de color negro, esta operación se realizó principalmente para conservar el calor en cada una de las pilas y proteger de las lluvias y de la acción directa de los rayos del sol, puesto que de esta forma se minimizó al máximo la pérdida de humedad y en alguna medida de calor.

5.5. ANÁLISIS ECONÓMICO

5.5.1. PRESUPUESTO PARCIAL

Para obtener el presupuesto parcial del experimento, se calculó el beneficio bruto, beneficio neto, tasa de retorno marginal y costos variables de todos los tratamientos.

5.5.2. BENEFICIOS NETOS

Los resultados del análisis económico realizado en el proceso de compostaje, considerando los beneficios netos se presentan en el siguiente cuadro.

CUADRO. 18 Comparación de beneficios netos de los tratamientos

ITEM	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
Beneficio Bruto	932	930	958	926
Rendimiento kilogramos/Tratamiento	466	465	479	463
Total Costos Variables	270	255	255	255
Excavación de zanjas	60	60	60	60
Acopio de Materia Orgánica	105	90	90	90
Apilado	45	45	45	45
Volteo y riego	60	60	60	60
Beneficio Neto	512	525	553	521

FUENTE: elaboración propia.

5.5.3. ANÁLISIS MARGINAL

En el análisis marginal del siguiente cuadro, se puede evidenciar que ya no se toman en cuenta los tratamientos que tienen costos que no varían.

CUADRO. 19 Análisis marginal

Tratamiento	Costos que varían (Bs/Trat)	Costos marginales (Bs/Trat)	Beneficios netos (Bs/Trat)	Beneficios netos marginales (Bs/Trat)	Tasa de retorno marginal (%)
Tratamiento T3	405	15	512	9	60
Tratamiento T1	420		521		

FUENTE: elaboración propia

De acuerdo al Cuadro 19, se muestra la tasa de retorno marginal de 60%, lo cual significa que el beneficio neto aumenta 6 veces con relación al incremento de costos en los tratamientos T3 y T1; esto significa que por cada Bs. 1.- invertido en realizar el tratamiento propuesto, el agricultor puede esperar recobrar Bs. 1.- y obtener Bs. 0,60 adicionales.

5.5.4. BENEFICIO / COSTO

En el análisis de Beneficio / Costo del siguiente cuadro, se puede evidenciar las diferencias existentes en cada uno de los tratamientos.

CUADRO. 20 Beneficio / Costo

	T1	T2	T3	T4
Rendimiento Kg.	466	465	479	463
Beneficio bruto	932,00	930,00	958,00	926,00
Costo total	480	465	465	465
B/C	1,94	2,00	2,10	1,99

FUENTE: elaboración propia

Para el beneficio bruto se tomó un precio de Bs. 2,00 por kilogramo. De acuerdo al Cuadro 20, el valor de beneficio costo más importante corresponde al tratamiento T3 con 2,10 ya que por cada un boliviano invertido se gana 1,10 principalmente porque con este tipo de tratamiento se logró obtener un mayor rendimiento en relación a los demás tratamientos.

El menor B / C se dio en el tratamiento T1 de 1.94, el cual de todas formas presenta una ganancia de 0.94 bolivianos esto principalmente porque en la etapa de acopio de material orgánico este tratamiento demando más días lo cual justifica que el beneficio costo en relación a los demás tratamientos sea menor, en segundo lugar el B / C del tratamiento T2 con 2.00 que tiene una ganancia de 1.00 bolivianos y por último el tratamiento T4 que obtuvo una ganancia de 0,99 bolivianos.

6. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el ensayo de campo y hecho el respectivo análisis estadístico, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a los resultados obtenidos, existen diferencias significativas en las mezclas de los cuatro tratamientos en el proceso de compostaje, la adecuada mezcla de esta investigación fue el tratamiento T3.
- El tratamiento T3, Residuos de forraje 40%, Mezcla de estiércol de bovino y ovino 30%, Residuos del lago 30% fue la mezcla de compost que mejores resultados mostró, logrando obtener en un menor tiempo de 147 días y motivo por el cual mostró también un mejor rendimiento de 479 Kg. de compost por cada 1000 Kg. de materia orgánica sometida a proceso de compostaje.
- En esta investigación la mezcla del tratamiento T4 de 58% residuos del lago 24% de residuos de cosecha y 18% de estiércol de bovino, resultó ser una de las mezclas que presentó una baja calidad, principalmente en el contenido de nutrientes y un menor rendimiento en comparación a los demás tratamientos.
- Las diferentes mezclas en la elaboración de compost dependen de los insumos utilizados, los mismos que para este estudio fueron recolectados de las orillas del lago Titicaca en mayor proporción, además de estiércoles de animales, residuos de cosecha, residuos de forraje y residuos de cocina este último utilizado en menor proporción, los cuales fueron recolectados de los alrededores a la planta de compostaje en la misma comunidad.
- Se logró obtener compost en un menor tiempo por la combinación de los residuos orgánicos en proporciones casi iguales, los residuos del lago que por sus mismas características y orígenes, contienen ciertos microorganismos

benéficos que ayudaron en la descomposición de la materia orgánica, además de utilizar cobertores en todos los tratamientos.

- En el tratamiento T2 de 48% residuos del lago, 12% residuos de forraje y 40% de estiércol de bovino presentó un rendimiento de 465 kg, segundo después del tratamiento T3, los residuos del lago influyeron a que el rendimiento sea menor en comparación al tratamiento T3.
- Existen diferencias significativas de los cuatro tratamientos en cuanto se refiere a la calidad del compost, principalmente por las diferentes combinaciones en porcentajes de las mezclas de materia orgánica utilizada en la investigación.
- Existen diferencias significativas en los costos económicos de los cuatro tratamientos.
- La tasa de retorno marginal, indica que por cada Bs. 1.- invertido, el agricultor puede esperar recobrar Bs. 1.- y obtener Bs. 0,60 adicionales.
- Para el tratamiento T3, el beneficio / costo fue el mayor de 2.10, lo cual significa que por cada un boliviano invertido se gana 1.10 bolivianos, esto por el buen rendimiento que mostró, y por el tiempo de compostaje de 147 días.
- Para el tratamiento T1, el beneficio / costo fue de 1.94 de bolivianos, lo cual representa una ganancia mínima con relación a los demás tratamientos, esto debido al empleo de más días en el acopio de materia orgánica para este tratamiento, pero en líneas generales se gana 0.94 bolivianos.
- En síntesis de todo lo realizado, el tratamiento T3 mostró mejores resultados en lo que se refiere a calidad del producto final, buen rendimiento, una relación de B / C interesante y obteniendo el producto final en 147 días.

7. RECOMENDACIONES

De las conclusiones obtenidas y realizados los análisis correspondientes a manera de recomendaciones se sugiere lo siguiente:

- El tratamiento T3 es la mejor mezcla en calidad de acuerdo a resultados de análisis de laboratorio, con un rendimiento de 479 Kg.; un menor tiempo en el proceso de compostaje y una relación B / C importante, motivo por el cual se recomienda a los agricultores de la zona a que practiquen este tipo de combinación utilizando materiales residuales locales.

- La maduración óptima del compost varía de acuerdo a los materiales orgánicos que se utilizan, los materiales fibrosos hacen que la descomposición sea más lenta por lo que se recomienda no utilizar broza de tarwi seco, quinua, amaranto sin antes desmenuzarlos ya que estos materiales orgánicos usados en mayor cantidad bajan la calidad del compost, además obteniendo en mayor tiempo.

- Realizar las mezclas de materia orgánica utilizando estiércol de ovino como insumo en mayor cantidad a diferencia del estiércol bovino por presentar mejor respuesta al inicio del compostaje e incrementar el contenido de macro y micro elementos en el producto final.

- Incentivar el reciclaje de residuos orgánicos en las comunidades asentadas a orillas del Lago Titicaca, utilizando como insumos de compostaje la biomasa vegetal existente en la orilla del lago ya que este material está compuesta de diferentes plantas que contienen macro y microelementos indispensables para la nutrición de los cultivos.

- Apoyar a los agricultores de la zona para que utilicen sus suelos adecuadamente reutilizando los residuos orgánicos sobrantes, practicando una agricultura sustentable y amiga del medio ambiente.

8. BIBLIOGRAFÍA

AHUMADA, C. (2005). Tesis de Grado. Evaluación de los efectos de la pluviometría en pilas de Compostaje de Residuos Sólidos. Universidad de Bio-Bio, Facultad de Ingeniería Civil, Concepción, Chile.

ALBRECHT (1996), Manual Mc Graw-hill de reciclaje, Editorial Impresos y revistas S.A., Capitulo 16, Vol. I., España.

AUBERT, C. (1998). El huerto biológico. Editorial Integral, Barcelona, España. Pp.:252.

ASEAM (1999). El Alto. Proyecto de recolección diferenciada y selección de residuos sólidos para el reciclaje en la ciudad de El Alto. Ed. Rev. La Paz – Bolivia. s.e. pp.: 32.

CASTAÑÓN, V. FLORES, T. y LIMACHI, L. (2002). Manual pesquero para el repoblamiento del lago Titicaca con peces nativos, Editorial Tecno Print, La Paz, Bolivia.

CASTILLO, N. J. (1998). Tesis de Grado. Estudio para la recolección y Disposición de Desechos Sólidos en las Localidades de Nor Yungas. UMSA. Facultad de Ingeniería Civil. pp.: 150.

CABRERA F., MADRID F., LÓPEZ R. (2001). “Caracterización de los compost de residuos sólidos urbanos de la planta de Villarasa (Huelva)”, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Murcia, España.

CALDERON, S. (2002). La conductividad eléctrica del suelo como base para la medición de la humedad del suelo. Manual de Asistencia Agrícola Ltda. Consultado en línea el 04 de Abril de 2009. Disponible en:

http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Conductividad/La_Conductividad_Electrica.htm

CALZADA, J. (1982). Métodos estadísticos para la investigación. 4ta Edición. Editorial JURIDICA. Lima, Perú.

CASTILLO G., ALCORTA C., MENA M. (2001). "Acondicionamiento de Biosólidos por medio de Compostaje", XIV Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental AIDIS

CASTRO, Z y ULILLEN L. (1995). El compost, Cartilla de publicación por el proyecto de forestería en micro cuencas alto andinas, pp.: 22.

CYMMYT (1988). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F., México: CIMMYT.

CISTERNA, P. (2004) "Gestión de Residuos Sólidos". Apunte de clase, Bio Bio, Chile.

CORI, R. (2004). Tesis de Grado. Abonamiento orgánico en variedad de cebolla (*Allium cepa* L.). Bajo riego por goteo en la Localidad de Escoma Provincia Camacho, La Paz. UMSA, Facultad de Agronomía. Pp.: 148.

COSTA, M.; Santos M. Carrapiço F. (s.f.). Biomass characterization of *Azolla filiculoides* grown in natural ecosystems and wastewater, consultado en línea el 25 de mayo de 2009, Disponible en: <http://www.springerlink.com/content/h85479n358028422/>

CHUNG, P. y ALFONSO, R. (2003). Análisis económico de la ampliación de la cobertura de manejo de residuos sólidos por medio de segregación en la fuente en Lima Cercado. Tesis para optar el grado de Magíster en Ingeniería Industrial. UNMSM, Lima, 2003.

DEJOUX, C. (1991). El Lago Titicaca, síntesis del conocimiento limnológico actual, Editorial HISBOL/ORSTOM, La Paz – Bolivia pp.: 584.

DELGADO, M. (2008). Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal, Consultado en línea el 23 de febrero de 2009, Disponible en: <http://www.oriusbiotecnologia.com/portal/content/view/14/7/>

EMISON (2009). Compostaje, Consultado en línea el 25 de mayo de 2009, Disponible en: <http://www.emison.com/514.htm>

FAO (1991). Producción y uso del composte en ambientes tropicales y sub tropicales, publicación N° 56, Roma – Italia.

FUENTES, J. (2000). Los residuos urbanos y asimilables, Capítulo 5, Andalucía, España, pp.: 173.

FUREDY, C. (2002). Residuos orgánicos a bajo costo, Revista publicada por York University of Toronto, Canada, disponible en el correo electrónico: furedy@yorku.ca

FRANCO, A. M. (1980). Tesis de Grado. Especies forrajeras del Lago Titicaca Facultad de Agronomía UMSA.

GARCÍA, F. y TICAS, M. (1996). Manual N° 2, Elaboración y aplicación de abonos orgánicos, Editorial Comuniquémonos, UTLA – FIAES, El Salvador.

HERBERT L. (1996). Manual Mc Graw-hill de reciclaje Edit. Impresos y revistas S.A., Vol. I., España.

HIRZEL J. Y RODRIGUEZ N. (s.f.). ¿Cómo y cuánto contribuye el compost a la fertilización de un huerto orgánico de Cerezos?. Consultado en línea el 19 de Enero de 2009, disponible en: <http://www.inia.cl/medios/quilamapu/pdf/bioleche/BOLETIN102.pdf>

INPOFOS 2009, International Plant Nutrition Institute, Latin America Southern Cone, consultado en línea el 25 de mayo de 2009 Disponible en: <http://www.inpofos.org/ppiweb/ltams.nsf>

INFOAGRO (2009). "The Composting", Consultado en línea el 26 de Enero de 2009, disponible en: <http://www.infoagro.com/abonos/compostaje2.htm>

KONI, A. (2007). 5ta parte, Producción orgánica, "El compost", Consultado en línea el 11 de Octubre de 2007, disponible en: <http://www.produccionorganica.com/index.html>

LIDEMA (2003). Cartilla de Residuos Sólidos, La Paz, Bolivia.

MAMANI, L. A. (2000). Tesis de Grado. Recolección Transporte y Disposición Final de Residuos Sólidos para Reducir la Contaminación del Medio Ambiente de las Poblaciones del Área Rural – Lahuachaca, Aymaya y Sica Sica. Facultad de Ingeniería UMSA.

MONTES de OCA, I. (1997). Geografía y Recursos Naturales de Bolivia 3ra. Edición pp.: 608.

MONJE, G. (1994). Tesis de Grado. Evaluación de la contaminación ambiental para la disposición final de los residuos sólidos: El relleno sanitario y la producción de compost. UNMSM, Facultad de Ingeniería Civil, Lima - Perú.

MONROY, O. y VINIEGRA, G. (1981). Biotecnología para el aprovechamiento de desperdicios orgánicos: compostaje aeróbico. Ed. Agt Editor, S.A. 1ra Edición México pp. 95 -99.

PÉREZ A. (s.f.). Manual de Compostaje. . Consultado en línea el 10 de Febrero de 2009, Disponible en:

http://www.tierra.org/spip/IMG/pdf/MANUAL_COMPOST_ADT_2008_nologos_baja.pdf

PINO, E. (2004). Elaboración de compost casero, Consultado en línea el 08 de Diciembre de 2007, disponible en: <http://www.jardinactual.com>

POTASH, R. (2009). *This article is about Potash*, Consultado en línea el 25 de mayo de 2009 Disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/Potash>

PUERTA S. (2004). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. Revista la Sallista de Investigación, Vol. 1. Consultado en línea el 12 de Febrero de 2009, Disponible en: <http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/Revista/Vol1n1/056-65%20Los%20residuos%20s%C3%B3lidos%20municipales%20acondicionadores%20del%20suelo.pdf>

RIVEROS V. (2007). Diagnostico de Recursos Naturales Circunlacustre y Lacustre de Quiascapa y Carabuco, Unidad Operativa Boliviana, Pp.: 87.

ROBEN E. (2002). Manual de Compostaje Para Municipios, Ilustre Municipio de Loja, Loja – Ecuador, Pp. 68.

SEYMOUR, J. (1994). La practica del horticultor autosuficiente, 1º Edición, Edit. Blume, pp. 65 – 80.

SILGUY, C. (1994). La agricultura Biológica, técnicas eficaces y no contaminantes: Compostaje en montón. Ed. Acribia S.A. España pp. 140 – 142.

SOLIVA M. y PAULET S. (2001). 5º Curso de Ingeniería Ambiental, Aplicación agrícola de residuos orgánicos, E. I. T. A. Barcelona España.

SOLOCIENCIA (2008). Utilización de fertilizantes orgánicos, Consultado en línea el 25 de mayo de 2009 Disponible en: <http://www.solociencia.com/agricultura/08052401.htm>

STOFFELLA P. (2004). Utilización de Compost en los sistemas de cultivos hortícola. Consultado en línea el 10 de Febrero de 2009, Disponible en: http://books.google.com.bo/books?id=qivQOERQSOIC&pg=PA108&lpg=PA108&dq=parametros+de+color+en+el+compost+maduro&source=bl&ots=riTz3qjV6p&sig=jalpH2eqtQQ4vD7eKoEJlry_KRc&hl=de&ei=qZCRSaTINuDkmQfyp_24DA&sa=X&oi=book_result&resnum=9&ct=result

TOBON, B. (2001). Desarrollo Sostenible, Editorial SINERGIA, La Paz, Bolivia, pp.: 182.

TOBÓN B.; AVALOS A. y CASTAÑÓN V. (2004). Medio Ambiente y basura, Editorial Creart Impresores, La Paz – Bolivia. pp.: 60.

UNMSM (2007). El Compost “Monografía”. Consultado en línea el 24 de Agosto de 2007, Disponible en: www.fagro.edu.uy/huertas/docs/cartillacompost.pdf

VARGAS J. (2004) Caracterización física, química y biológica de un proceso de Compostaje de Caprinaza. Proyecto de Grado para optar Título de médico Veterinario Zootecnista. Consultado en línea el 19 de Enero de 2009, Disponible en: <http://kogi.udea.edu.co/talleres/Agrostologia/Edafologia/Tablas%20de%20contenido..pdf>

VARIOS (1987). OLDEPESCA – Documento de pesca N° 005, Descripción del Lago Titicaca y su cuenca, parte II, Lima – Perú, Pp.: 185 – 357.

VIAGRO (2008). Abonos y fertilizantes, Consultado en línea el 25 de mayo de 2009 Disponible en: <http://www.viagro.es/af72.htm>

VICENTE, J. (2006). Apuntes de Diseño Experimental I. UMSA, Facultad de Agronomía, La Paz, Bolivia.

VILLEGAS, C. A. (2002). Tesis de Grado. Aprovechamiento de residuos orgánicos urbanos para la elaboración de compost, con la aplicación de un acelerador orgánico, UMSA., Facultad de Agronomía pp.: 63.

VOGUEL E. (1996). Contaminantes del suelo y residuos sólidos, Capítulo 16, México D.F.

WIKIPEDIA (2009). El Compost. Consultado en línea el 10 de Febrero de 2009, Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Compost>.

ANEXOS

INFORME DE ENSAYO DE MUESTRAS ORGÁNICAS

Cliete: ZENON MOLLINEDO
Solicitante: Zenón Mollinedo
Dirección del cliente: Av. San Gerónimo No. 1595
La Paz - Bolivia
Procedencia de la muestra: Residuos del Lago, para la
elaboración de compost
Punto de muestreo: Puerto Mayor Carabuco
Responsable del muestreo: Zenón Mollinedo
Fecha de muestreo: 13 de diciembre de 2007
Hora de muestreo: 11:00
Fecha de recepción de la muestra: 17 de diciembre de 2007
Fecha de ejecución del ensayo: Del 17 de diciembre al 2007 al 30 de enero de 2008
Caracterización de la muestra: Residuos del Lago (estiércol, cosecha y forraje)
Tipo de muestra: No especificado por el cliente
Envase: Bolsas nylon
Código LCA: 17-1, 17-2

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	T 1	T 2
Nitrógeno total	ISRIC	%	0,0030	1,1	0,93
Materia orgánica	ISRIC 5	%	0,10	57	55

Los resultados se refieren solamente a los objetos ensayados

El informe no debe reproducirse, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su integridad.

cc. Archivo
JCh/tpb



INFORME DE ENSAYO DE MUESTRAS ORGÁNICAS

Cliente: **ZENON MOLLINEDO**
Solicitante: Zenón Mollinedo
Dirección del cliente: Av. San Gerónimo No. 1595
La Paz - Bolivia
Procedencia de la muestra: Residuos del Lago, para la elaboración de compost
Punto de muestreo: Puerto Mayor Carabuco
Responsable del muestreo: Zenón Mollinedo
Fecha de muestreo: 13 de diciembre de 2007
Hora de muestreo: 11:00
Fecha de recepción de la muestra: 17 de diciembre de 2007
Fecha de ejecución del ensayo: Del 17 de diciembre al 2007 al 30 de enero de 2008
Caracterización de la muestra: Residuos del Lago (estiércol, cosecha y forraje)
Tipo de muestra: No especificado por el cliente
Envase: Bolsas nylon
Código LCA: 17-3, 17-4

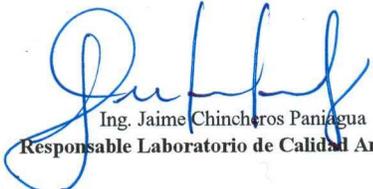
Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	T 3	T 4
Nitrógeno total	ISRIC	%	0,0030	0,74	0,98
Materia orgánica	ISRIC 5	%	0,10	44	55

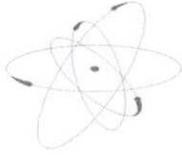
Los resultados se refieren solamente a los objetos ensayados

El informe no debe reproducirse, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su integridad.

La Paz, febrero 6 de 2008


Ing. Jaime Chincheros Paniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental





IBTEN

MINISTERIO DE PLANIFICACION DEL DESARROLLO

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES NUCLEARES
DIVISION DE QUIMICA

ANALISIS QUIMICO DE ABONOS

INTERESADO : **ZENON MOLLINEDO SUNTURA**
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ, Pvcia. CAMACHO.*
Municipio PUERTO MAYOR CARABUCO
Comunidad QUEASCAPA

Nº SOLICITUD: 173 / 2008
FECHA DE RECEPCION : 14 / junio / 2008
FECHA DE ENTREGA : 4 / julio / 2008

Nº Lab	CODIGO	Nitrógeno % N	Fósforo % P ₂ O ₅	Potasio % K ₂ O	Calcio %	Magnesio %	Materia orgánica %	Humedad %
578 /2008	Estiercol de ovino	1,07	0,88	2,31	0,45	0,13	24,52	14,21

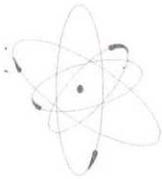
OBSERVACIONES

Metodología : Kjeldahl, Espectrofotometría UV - Visible, Emisión atómica.



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA



IBTEN

ANALISIS QUIMICO DE COMPOST

INTERESADO : ZENON MOLLINADO SUNTURA
PROCEDENCIA : Departamento LA PAZ, Pcia. CAMACHO.
Municipio PUERTO MAYOR CARABUCO
Comunidad QUEASCAPA

Nº SOLICITUD: 172 / 2008
FECHA DE RECEPCION : 14 / junio / 2008
FECHA DE ENTREGA : 4 / julio / 2008

Nº Lab	CODIGO	Nitrógeno % N	Fósforo % P ₂ O ₅	Potasio % K ₂ O	Calcio % Ca	Magnesio % Mg	Hierro % Fe	Manganeso % Mn	Materia orgánica %	C. E. en agua 1/5 mS/cm	Humedad %	Relación C/N
574 /2008	T 1	0,84	0,12	1,17	1,29	0,19	0,21	0,021	13,67	1,56	53,05	9,42
575 /2008	T 2	0,75	0,47	1,77	1,52	0,25	0,32	0,029	15,46	2,79	59,96	11,93
576 /2008	T 3	0,92	0,50	1,88	2,20	0,28	0,23	0,029	19,41	5,07	53,36	12,21
577 /2008	T 4	0,84	0,36	1,02	1,97	0,22	0,26	0,026	10,22	1,85	55,06	7,04

OBSERVACIONES

C. E. Conductividad eléctrica

Metodología : Kjeldahl, Espectrofotometría UV - Visible y Absorción y Emisión atómica



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA