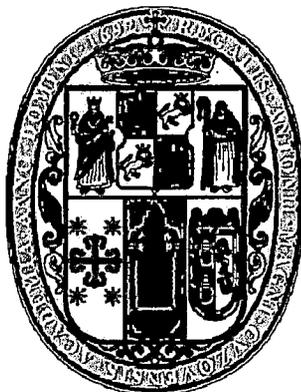


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS TROPICALES
CARRERA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA TROPICAL**



**COMPARATIVO DE TRES BIODEGRADANTES EN LA
ELABORACIÓN DE COMPOST EN SANTA ANA –
LA CONVENCION.**

Tesis presentada por:
Br. JAVIER PAULINO CABRERA MONTEAGUDO

Para optar al Título Profesional de:
INGENIERO AGRÓNOMO TROPICAL

Asesor:
Ing. POLICARPO QUISPE FLORES

Tesis auspiciada por la Universidad Nacional de
San Antonio Abad del Cusco.

*Quillabamba – La Convención - Cusco
Diciembre del 2012*

DEDICATORIA

A Dios por permitirme vivir, guiarme y bendecirme a cada instante.

A mi Padre Francisco Cabrera Del Castillo, mi Tío Mario Cabrera Del Castillo, mis Hermanos Carlos y Mendel que con amor y esmero han sabido ayudarme a seguir adelante.

A mi hijo Eduard Javier Cabrera Sánchez, que ha sabido ocupar mi lugar en las tareas del hogar a pesar de su corta edad, a comprender la ausencia mía en muchos días.

A todas las personas quienes me han visto luchar, vencer, caer y que comparten conmigo la alegría de poder culminar esta etapa profesional de mi vida y que siempre han estado a lado apoyándome, de corazón gracias.

AGRADECIMIENTO

- A los Señores Docentes de la Facultad de Agronomía Tropical de la UNSAAC, los cuales contribuyeron en mi formación profesional.
- Al Ing. Policarpo Quispe Flores y Dr. Isaías Merma Molina, que han sido de gran ayuda durante la realización de este estudio por su asesoramiento y asistencia en el trabajo.
- A la Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras COCLA y Cooperativa AGUILAYOC, por haberme apoyado con el trabajo de investigación.
- Al Director de La I.E. INA – 67, Profesor Esteban Arellano, que en todo momento comprendieron la importancia de esta Tesis.
- Por último quiero agradecer a todos los que de una forma u otra aportaron un granito de conocimiento y apoyo a la realización de esta Tesis y agradezco a aquellos que encuentren en ella una fuente de conocimiento.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE	iv
RESUMEN	ix
	Pag.
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.	2
1.1.1. Identificación del problema	2
1.1.2. Descripción del problema	3
1.1.3. Definición del problema de investigación	3
1.2. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo general.	3
1.1.2. Objetivos específicos	3
1.3. Hipótesis	4
1.4. Justificación	4
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Del compost	5
2.1.1. Ventajas del compost	6
2.1.2. Materiales para el compost	6
2.1.3. Preparación del compost	7
2.1.4. Compost en montón libre.	7
2.1.5. Madurez del compost.	7
2.1.6. Calidad del compost	8
2.2. Manejo en la elaboración de compost	9
2.2.1. Dimensiones de la pila	9
2.2.2. Aireación (volteos) del compost	9
2.2.3. Inoculación de la pila	10
2.2.4. Control de humedad	11
2.2.5. Control de temperatura.	13
2.2.6. Control del pH	14
2.2.7. Recomendaciones en el proceso de descomposición de los residuos orgánicos	14
2.2.8. Relación carbono/nitrógeno	15
2.3. Inóculos	16
2.3.1. Naturales	16
2.3.2. Comercial	17
2.4. El compostaje	18
2.4.1. Proceso biológico del compostaje	19
2.4.2. Etapas del proceso de compostaje	20
2.4.3. Condiciones óptimas en el proceso de compostaje.	21
2.4.4. Tamaño de las partículas en el compostado	21
2.5. Descomposición de los residuos vegetales	22

2.6.	Proceso de descomposición de los abonos orgánicos	23
2.7.	La materia orgánica	24
2.8.	Microorganismos biodegradadores	25
2.8.1.	Principales microorganismos aislados en un compost	25
2.9.	Bioquímica del proceso de mineralización	27
2.9.1.	La descomposición	28
2.9.2.	Microorganismos biodegradadores	30
2.9.3	Generalidades de los tres biodegradador.	32
2.9.3.1	Biodegradador Biospeed	32
2.9.3.2.	Biodegradador EM - Compost.	33
2.9.3.3.	Biodegradador Azotolam.	34
2.10.	Análisis químico del compost	34
2.10.1	Parámetros de lectura de análisis químico.	35
2.11.	Componentes orgánicos de la pulpa de café	37
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1.	Lugar del experimento	38
3.1.1.	Duración	38
3.1.2.	Ubicación política	38
3.1.3.	Ubicación geográfica y meteorológica	38
3.1.4.	Datos meteorológicos	39
3.2.	Materiales	41
3.2.1.	Herramientas y materiales	41
3.2.2.	Material orgánico	42
3.2.3.	Material biodegradador	42
3.3.	Metodología	43
3.3.1.	Diseño experimental	43
3.3.2.	Tratamientos	43
3.3.3.	Unidades experimentales	44
3.3.4.	Características del experimento	44
3.3.5.	Manejo del experimento	46
3.3.5.1.	Preparación del área del experimento.	46
3.3.5.2.	Del material orgánico	46
3.3.5.3.	Reducción del tamaño del material orgánico	46
3.3.5.3.	Preparación de pilas o montículos	46
3.3.5.4.	Riegos y control de humedad	47
3.3.5.5.	Cubrimiento de las pilas o montículos	47
3.3.5.6.	Volteos	47
3.3.5.8	Toma de Muestras para el Laboratorio	48
3.3.6.	Preparación y aplicación de los tratamientos	48
3.3.6.1.	Gasto de Agua	48
3.3.6.2.	Calculo y dosis de los biodegradantes	48
3.3.6.3.	Aplicación de los Tratamientos.	49
3.3.7.	Parámetros evaluados	49
3.3.7.1.	Temperatura	49
3.3.7.2.	Número de días a la obtención del compost	50
3.3.7.3.	Peso del compost en kilogramos.	50
3.3.7.4.	Granulometría %	50

3.3.7.5.	Análisis Químico	50
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1.	Resultados	52
4.1.1.	Temperaturas	52
4.1.1.1.	Temperatura en °C a los 07 días.	52
4.1.1.2.	Temperaturas en °C a los 10 días	54
4.1.1.3.	Temperatura en °C a los 20 días	56
4.1.1.4.	Temperatura a los 30 días	57
4.1.1.5.	Temperatura °C a los 40 días	58
4.1.1.6.	Temperatura en °C a los 50 días	59
4.1.2.	Número de días a la obtención del compost	60
4.1.3.	Peso de compost en kg.	62
4.1.4.	Granulometría < 10 mm en %	64
4.1.5.	Análisis químico	66
4.1.6.	Análisis beneficio costo económico.	74
4.2.	Discusiones	75
4.2.1.	Temperatura	75
4.2.2.	Número de días a la obtención del compost	75
4.2.3.	Peso en kilogramos	76
4.2.4.	Granulometría	77
4.2.5.	Análisis químico	77
4.2.5.1.	Contenido de Humedad %	77
4.2.5.2.	Materia orgánica %	78
4.2.5.3.	pH	78
4.2.5.4.	Nitrato (NO ₃)	79
4.2.5.5.	Relación carbono nitrógeno (C/N)	79
4.2.5.6.	Fósforo (P) P ₂ O ₅	79
4.2.5.7.	Potasio (K) K ₂ O	80
V.	CONCLUSIONES	81
VI.	RECOMENDACIONES	83
VII.	BIBLIOGRAFÍA	84
	ANEXOS	89

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°	Pag
2.1. Categorías de madurez para el compost	8
2.2. Principales diferencias entre la producción de compost con inóculo y sin inóculo (compost tradicional)	17
2.3. Condiciones óptimas del proceso de compostaje.	21
2.4. Principales microorganismos aislados en un compost.	26
2.5. Composición Físico - Química Media del Compost	34
2.6. Parámetros de control de estabilidad del compost	34
2.7. Lectura del pH	34
2.8. Lectura de contenido de materia orgánica %	35
2.9. Lectura de contenido de Nitrógeno %	35
2.10. Lectura del contenido de fósforo (P) y potasio (K)	35
3.1. Datos meteorológicos mensuales registrados en la estación climatológica principal de Quillabamba 2010.	37
3.2. Herramientas y materiales utilizadas en el experimento	39
3.3. Materiales orgánicos utilizados para la elaboración del compost, por pila.	40
3.4. Características del material biodegradador utilizados por pila de compost.	40
3.5. Identificación de Claves: Biodegradantes y dosis	41
3.6. Identificación de Tratamientos	41
3.7. Dosis del Biodegradante / Inoculante.	47
4.1. Cuadro ordenado de resultados para la temperatura en °C, a los 07 días	50
4.2. Análisis de Variancia para la temperatura en °C, a los 07 días.	50
4.3. Prueba de Tukey para la temperatura en °C, a los 07 días.	51
4.4. Cuadro ordenado de resultados para la temperatura en °C, a los 10 días.	52
4.5. Análisis de Variancia para la temperatura en °C, a los 10 días.	52
4.6. Prueba de Tukey para la temperatura en °C, a los 10 días.	53
4.7. Cuadro ordenado de resultados para la temperatura en °C, a los 20 días	53
4.8. Análisis de variancia para la temperatura en °C, a los 20 días.	54
4.9. Prueba de Tukey para la temperatura a los 20 días.	54
4.10. Cuadro ordenado de resultados para la temperatura en °C, a los 30 días	55
4.11. Análisis de Variancia para la temperatura en °C, a los 30 días.	55
4.12. Cuadro ordenado de resultados para la temperatura en °C, a los 40 días	56
4.13. Análisis de Variancia para la temperatura en °C, a los 40 días	56
4.14. Cuadro ordenado de resultados para la Temperatura a los 50 días	57
4.15. Análisis de variancia para la temperatura a los 50 días	57
4.16. Prueba de Tukey para la temperatura en °C, a los 50 días, según tratamientos	58
4.17. Cuadro ordenado de resultados para el número de días a la obtención del compost	58
4.18. Análisis de variancia para el número de días a la obtención del compost	59
4.19. Prueba de Tukey para el número de días a la obtención del compost, según tratamientos	60
4.20. Cuadro ordenado de resultados para el peso de compost, en kg	60
4.21. Análisis de Variancia para el peso de compost, en Kg.	61
4.22. Prueba de Tukey para el peso en kg, según tratamientos.	62
4.23. Cuadro ordenado de resultados para la granulometría < 10 mm en %	62
4.24. Análisis de Variancia para la granulometría < 10 mm en %	63
4.25. Prueba de Tukey para la granulometría < 10 mm en %, según tratamientos	64
4.26. Cuadro ordenado de resultados para el contenido de humedad %	64
4.27. Cuadro ordenado de resultados para el contenido de materia orgánica %.	65
4.28. Cuadro ordenado de resultados para el pH.	66
4.29. Cuadro ordenado de resultados para el contenido de nitrato NO ₃ %.	67
4.30. Cuadro ordenado de resultados para la relación carbono nitrógeno (C/N)	68
4.31. Cuadro ordenado de resultados para el contenido de Fósforo (P) P ₂ O ₅ , en mg/100	69
4.32. Cuadro ordenado de resultados para el contenido de Potasio (K) K ₂ O, en mg/100	70
4.33. Cuadro ordenado de resultados del análisis químico de compost.	71
4.34. Análisis económico en la producción de compost, según tratamientos	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°	Pag
2.1.Etapas de proceso de Compostaje, atendiendo a la evolución de la temperatura	21
2.2.Tamaño de partículas en el proceso de compostado.	22
3.1.Ubicación geográfica del centro experimental en Quillabamba, en la provincia de La Convención, Cusco, Perú.	40
3.2. Diseño del campo experimental y distribución de tratamientos	45
4.1.Temperatura en °C a los 07 de según tratamientos.	52
4.2.Temperatura °C a los 10 días según tratamientos	54
4.3. Temperatura en °C a los 20días según tratamientos	56
4.4. Temperatura en °C a los 30días según tratamientos	57
4.5. Temperatura en °C a los 40días según tratamientos	58
4.6.Temperatura a los 50 días, según tratamientos	59
4.7.Número de días a la obtención del compost, según tratamientos	61
4.8. Peso de compost en kilogramo, según tratamiento	63
4.9.Porcentaje de granulometría < 10 mm, según tratamientos	65
4.10. Contenido de humedad %, según tratamientos	67
4.11.Contenido de Materia Orgánica en %, según tratamientos.	68
4.12.Resultado de pH, según tratamientos	69
4.13.Contenido de nitrato NO ₃ %, según tratamientos.	69
4.14. Relación de carbono nitrógeno (C/N), según tratamientos.	70
4.15. Contenido de fósforo P ₂ O ₅ mg/100, según tratamientos.	71
4.16. Contenido de potasio K ₂ O mg/100, según tratamientos.	72
4.17. Relación beneficio costo en la producción de compost, según tratamientos	74

RESUMEN

“COMPARATIVO DE TRES BIODEGRADANTES EN LA ELABORACIÓN DE COMPOST EN SANTA ANA – LA CONVENCION”.

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del campo experimental de la Institución Educativa INA-67 del distrito de Santa Ana, provincia de La Convención Departamento del Cusco. Se desarrolló con el fin de Evaluar el comportamiento de tres biodegradantes en la elaboración de compost en Santa Ana – La Convención.

El mundo moderno y globalizado con tendencia ambientalista exige una agricultura más orgánica y sostenible; por exigencia de los consumidores quienes buscan productos de origen natural, el rechazo por el uso de fertilizantes químicos cada vez es mayor, como una alternativa para esto, es producir abono orgánico y fomentarlo entre los agricultores.

En la provincia de La Convención existe un desconocimiento por el uso de biodegradantes para acelerar la descomposición de los materiales orgánicos. Esta problemática despertó el interés de estudiar la forma de obtener compost en menor número de días con mejor concentración nutricional y calidad, utilizando biodegradantes de bio-transformación rápida, acompañado de un correcto manejo técnico.

El experimento se inició con la preparación del área del experimento en agosto del 2010, terminando con la cosecha, toma de muestra de compost en el mes de octubre del mismo año.

En el estudio se probó el efecto de tres biodegradantes (Azotolam, Biospeed, y EM-compost) con diferentes dosis (baja, media y alta), en la elaboración de compost.

Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con 10 tratamientos y 4 repeticiones. El factor en estudio estuvo constituido por 9 dosis de biodegradantes (inóculo comercial) y un testigo, en un modelo de pilas en montón libre.

Las variables estudiadas fueron, temperatura, número de días a la obtención del compost, peso kg, granulometría, contenido de humedad, materia orgánica, pH, nitrógeno, fósforo, potasio, relación carbono nitrógeno (C/N) y el análisis económico según tratamientos.

Los resultados obtenidos demuestran que:

La temperatura se mantuvo dentro de los rangos recomendables de 36°C a 65 °C. A los 10 días se obtuvo las temperaturas más elevadas correspondiendo a la etapa termófila, a los 20 a 40 días no se observaron diferencias entre tratamientos, finalmente a los 50 días se observó temperaturas desde 36 a 40 °C que es propio de la etapa de enfriamiento y maduración del compost (Grado IV).

Para el número de días a la obtención del compost, el tratamiento con Biospeed a dosis de 20 ml favoreció con 52 días, a diferencia del Testigo que requirió mayor tiempo, con 80 días.

En el peso de compost, los tratamientos Biospeed a 20 ml, Biospeed a 30ml, E-M Compost a 10 ml y E-M Compost a 15 ml presentaron un peso intermedio de 46 Kg. favorable en un compost de calidad.

La granulometría se realizó con la finalidad de determinar el tratamiento más degradado utilizando tamiz para granulometría de 10 mm, presentando el mayor nivel de degradación el tratamiento Biospeed 20 ml registró menor porcentaje (10.19 %) de partículas mayores a 10 mm.

En el análisis químico de compost se observa que, el tratamiento Biospeed 20 ml favoreció mejores resultados, humedad 40.5%, Materia orgánica 17.10, pH:7.2, nitrato NO_3 0.27%, fósforo 7.42×10^2 %, potasio 4.4×10^{-3} % y relación C/N:2.70. Habiendo superado al Testigo con humedad 48.9%, materia orgánica 26.80, pH 7.8, nitrato 0.1%, fosforo 3.35×10^2 %, potasio 6.7×10^{-3} % y C/N: 8.2; considerándose como el mejor tratamiento que obtuvo el resultado mas favorable.

En el análisis económico, con el tratamiento B2 (Biospeed 20 ml) presenta mayor índice de beneficio costo con el índice más alto de 1.8 en relación B/C.

I. INTRODUCCIÓN

El abono orgánico es utilizado desde el nacimiento de la agricultura. Sin embargo las exigencias modernas han motivado la disminución de su uso. Hoy en día el uso de los abonos orgánicos (compost) vuelven a tener importancia debido a la tendencia a la agricultura orgánica, los abonos orgánicos mejoran la retención de la humedad y la disponibilidad de nutrientes, abastecen de carbón orgánico a los organismos heterótrofos, reducen la erosión y el lavado de nutrientes, es decir, mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Seymour, 1981).

Los restos orgánicos también son contaminantes, sobre todo cuando se convierten en residuos incontrolados, por eso debemos considerarlos un recurso valioso y reutilizable, tal y como reza la conocida máxima científica "la materia ni se crea ni se destruye, solo se transforma".

El manejo de la materia orgánica sobre los suelos es de vital importancia en los métodos de producción orgánica de cultivos. Cuando se añade fertilizantes al suelo sin la adición de componentes carbonados orgánicos, frecuentemente la tierra se deteriora (Suquilanda, 1996).

El mundo moderno y globalizado con tendencia ambientalista exige una agricultura más orgánica y sostenible, donde los mercados consumidores optan más por un producto de origen natural. Por ello en la provincia de La Convención se ha ido fomentando la agricultura orgánica por iniciativa de cooperativas y municipalidades, para que el agricultor aproveche mejor los residuos vegetales y estiércoles en la elaboración de abono en forma tradicional.

A pesar de los incentivos y conocimientos impartidos por las diferentes entidades, se ha notado que el agricultor Convenciano desconoce todavía del uso de biodegradantes, para acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica en la elaboración del compost.

Por eso se estudió la posibilidad de obtener un abono orgánico en menos tiempo con calidad nutricional para los cultivos, esto mediante el uso de biodegradantes acompañado de un método técnico y actividades culturales que ayuden a completar el proceso de descomposición en la elaboración de compost.

En el presente trabajo de investigación se comparó tres tipos de biodegradantes con tres dosis en la elaboración de compost, que se pusieron a prueba con la finalidad de evaluar su efecto en el rendimiento, granulometría y contenido nutricional del compost, cuyos resultados se muestran en el contenido del trabajo. El experimento se realizó en el campo experimental de la Institución Educativa INA 67, del distrito de Santa Ana de agosto a octubre del 2010.

Los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación demuestran que el uso de biodegradantes con un manejo técnico recomendado, pueden garantizar cosechas óptimas de compost en corto tiempo, por consiguiente el cuidado y conservación del medio ambiente.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Se ha notado que el agricultor Convenciano carece de conocimiento técnico para elaborar un buen compost. La forma tradicional como se viene obteniendo el abono orgánico presenta ciertas deficiencias, requiriendo mucho tiempo para su elaboración, por un proceso de descomposición lenta y de poca calidad nutricional.

Estos inconvenientes originan la poca importancia de elaborar abonos orgánicos como el compost, y que en ocasiones prefieren utilizar materiales orgánicos sin descomponer.

1.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Desconocimiento del uso de biodegradantes para elaborar compost en Santa Ana, provincia La Convención.

1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

- La producción de compost en el Perú, en forma tradicional presenta deficiencias en su elaboración, el tiempo para la cosecha es prolongado a más de 3 meses, y puede ser contaminante por presencia de patógenos que causan daño a la raíz de las plantas.
- En La Convención hay una notoria deficiencia en la producción de compost, que poca importancia se le da al compost, sin llegar a satisfacer el mercado.
- El empleo creciente de fertilizantes químicos sintéticos hace que se detenga la actividad microbiana, perjudicando el nicho ecológico y por consiguiente la contaminación del medio ambiente.
- La Agricultura orgánica creciente exige en sus normas aplicaciones de productos de fertilizantes de origen natural.

1.1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿De qué manera, como y cuanto mejora la calidad de compost con el uso de biodegradantes?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar la actividad de los tres biodegradantes en la elaboración de compost en Santa Ana – La Convención.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el rendimiento de compost elaborado.
2. Determinar el contenido nutricional del compost elaborado.
3. Determinar el tiempo en la obtención de compost elaborado.
4. Determinar la eficiencia de cada biodegradante según dosis en la elaboración de compost.

5. Efectuar el análisis económico de costos de producción según los tratamientos.

1.3. HIPOTESIS

Ho: El uso de biodegradante mejora la calidad de compost.

Ha: El uso de biodegradante no mejora la calidad de compost.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El trabajo experimental se realizó con la finalidad de comparar tres biodegradantes en tres dosis en la elaboración de compost.

Debido a la poca información sobre las mejores fuentes de abono orgánico y a la calidad necesaria de obtención de compost para satisfacer la nutrición, la presente investigación está destinada a dar alternativas de solución para alcanzar un mejor rendimiento del compost.

El uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos es factor principal de la contaminación del suelo, perjudicial para la microfauna en el suelo.

Considerando que el suelo es la base fundamental de la producción agrícola se debe dar un buen manejo para mejorar su fertilidad, se propone el uso de diferentes biodegradantes en la mejora de la calidad del compost; por tal razón se pretende comprobar mediante el uso de biodegradantes en diferentes dosis y con esto lograr obtener el mejor resultado, buscando resolver la inquietud en la productividad y consiguientemente recomendar cual es la mejor dosis para obtener buenos resultados económicos en la producción de compost.

El problema radica que en los suelos de la provincia de La Convención no existe la cantidad necesaria y suficiente de nutrientes, por lo que son catalogados como pobres, existe la necesidad urgente de realizar enmiendas e incorporar abonos orgánicos como el compost que mejora la calidad de los suelos.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. DEL COMPOST

Fernández (2004) menciona que el compost es considerado como un alimento para la cadena trófica del suelo, como una "siembra" promotora de la actividad biológica de los microorganismos del suelo, como un sustrato con propiedades de control de enfermedades de las plantas cultivadas. En suma el compost puede constituir un excelente factor de producción en los agroecosistemas y un excelente factor de protección y conservación de los suelos.

Idma (1993) menciona que el compost es un excelente abono orgánico, es un proceso biológico hemofílico que se obtiene por descomposición de residuos o desechos de plantas y animales que son transformados en una masa homogénea de estructura grumosa, rica en humus y en microorganismos. Este proceso es aeróbico, por lo tanto, se realiza en presencia de aire, ya que la descomposición la hacen los microorganismos como bacterias y hongos. Se aprovecha casi todos los desperdicios de plantas y animales, cuanto más variado sean los materiales, más rico será nuestro abono.

Haug (1993) describe el compost como materia orgánica que ha sido estabilizada hasta transformarse en un producto parecido a las sustancias húmicas del suelo, que está libre de patógenos y de semillas de malas hierbas, que no atrae insectos vectores, que puede ser manejada y almacenada sin ocasionar molestias y que es beneficiosa para el suelo y el crecimiento de las plantas.

2.1.1. VENTAJAS DEL COMPOST

Peña y Col (2002) indican que las ventajas son:

- Abono enriquecido con mayor contenido de nutriente.
- Mejora la estructura y textura del suelo, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos.
- Mejora las características estructurales del terreno desligando los arcillosos y agregando los arenosos.
- Favorecen la aireación y oxidación del suelo, haciendo mayor la actividad radicular.
- Aumentan la Capacidad de Intercambio catiónico (CIC) del suelo, con lo que aumentamos la fertilidad.
- Mejora la permeabilidad del suelo: drenaje y aireación.
- Aumenta la retención de agua en el suelo.
- Favorece la formación de micorrizas (hifas de ciertos hongos en simbiosis con raíces que participa en la formación del fosforo disponible).
- Evita el estrés hídrico en campo definitivo.

2.1.2. MATERIALES PARA EL COMPOST

Palencia y Gildardo (2002) mencionan que los materiales orgánicos se componen principalmente de compuestos de carbono e hidrógeno, que son utilizados por los microorganismos como fuente de alimento. Su actividad, y con ello la velocidad del proceso de compostaje, depende esencialmente de los siguientes factores: Composición del material, Humedad, Aireación y Temperatura.

Rivero (1999) indica que los materiales orgánicos para un compost son: residuos vegetales (de plátano, maíz, frijol, pulpa de café, leguminosas, desperdicios de cocina y otros), estiércol de animal (gallinaza, estiércol y otros), cal o ceniza y agua.

2.1.3. PREPARACIÓN DEL COMPOST

Palencia y Gildardo (2002) mencionan que una vez definido el sitio donde se va a hacer el compost, se limpia y se hacen drenajes alrededor para evitar encharcamientos. Se preparan los materiales orgánicos que se van a utilizar; deben estar frescos y previamente picados en pequeños trozos con el fin de que se descompongan con mayor rapidez.

Una vez realizada esta labor se coloca por capas los materiales orgánicos la primera capa de tierra oscura aproximadamente de 10 centímetros de espesor; se humedece y se coloca encima una capa de residuos vegetales frescos y picados, aproximadamente de 20 centímetros de espesor y luego se humedece. Posteriormente se coloca una capa de bovinaza, también de 20 centímetros de espesor y se espolvorea por encima la cal o la ceniza y se humedece.

2.1.4. COMPOST EN MONTÓN LIBRE.

Shintani y Tabora (2000) mencionan que este tipo de compost es el adecuado para las zonas de selva y se comporta mejor por ser de fácil manejo en el volteo y control de temperatura y la humedad. El montículo que se forme no debe ser mayor 1.50 m. de alto, los desperdicios a utilizarse puede irse amontonando en diferentes partes, de preferencia cerca al lugar que se va preparar el compost.

2.1.5. MADUREZ DEL COMPOST.

Röben (2002) indica que un parámetro importante es la madurez del compost. Es muy importante que sea maduro para que no contenga materias fitotóxicas. La madurez es un parámetro que muestra si se ha completado el proceso de biodegradación y de higienización del compost. Se mide con la temperatura que se obtiene en el experimento de autocalentamiento. Los grados de madurez se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 2.1.- Categorías de madurez para el compost

Grado de madurez	T° obtenida en el experimento de autocalentamiento (°C)	Categoría de producto
I	> 60	Materia cruda (basura)
II	50 - 60	Compost tierno
III	40 - 50	Compost tierno
IV	30 - 40	Compost maduro
V	< 30	Compost maduro

Fuente: Röben (2002).

2.1.6. CALIDAD DEL COMPOST

Montserrat (2002), menciona que el concepto de calidad es difícil de definir ya que ha de tener en cuenta múltiples aspectos y además, puede ser siempre muy subjetivo.

Siempre debería considerarse la calidad del compost a partir de aquellas características que resulten de aplicar un tratamiento respetuoso con el medio ambiente, acorde con una gestión racional de los residuos y que tenga como objetivo fabricar un producto destinado para su uso en el suelo o como sustrato. La calidad del compost viene determinada por la suma de las distintas propiedades y características. En cualquier caso debe hablarse de:

Calidad física: granulometría, capacidad de retención de agua, humedad, presencia de partículas extrañas, olor.

Calidad química, en la que aparecen tres vertientes: contenido y estabilidad de la materia orgánica, contenido y velocidad de mineralización de los nutrientes vegetales que contenga y presencia de contaminantes inorgánicos u orgánicos.

Calidad biológica: presencia de semillas de malas hierbas y patógenos primarios y secundarios.

Podría también valorarse otros aspectos como calidad ambiental en las plantas, seguridad de los trabajadores y de futuros usuarios, etc.

2.2. MANEJO EN LA ELABORACIÓN DE COMPOST

2.2.1. DIMENSIONES DE LA PILA

APRÓLAB (2007) indica que las dimensiones de la pila de compostaje influyen básicamente en la aireación y temperatura de la pila, y por lo tanto en la transformación del material orgánico. Es importante mencionar que no existen medidas estándar de las dimensiones de pilas, se recomienda un ancho entre 0.8 a 1.50 m, una altura de 1.00 a 1,20 m y el largo dependerá de la disponibilidad del terreno. La altura varía según el clima de la zona, en climas cálidos se trabaja a menor altura para que la pila no caliente en exceso y en climas fríos pilas más altas para mantener la temperatura.

2.2.2. AIREACIÓN (VOLTEOS) DEL COMPOST

APRÓLAB (2007) indica que el objetivo de la aireación durante el proceso de compostaje es suministrar oxígeno para la degradación microbiana, controlar la temperatura y eliminar la humedad de la materia orgánica. Cuando existe una mala aireación en las pilas de compostaje, se producen condiciones favorables para el inicio de las fermentaciones y las respiraciones anaeróbicas (degradación por la vía de putrefacción, generación de dihidruro de azufre (SH_2) esta situación se diagnostica por la aparición de olores nauseabundos, o fuerte olor a amoníaco producto de la amonificación; al inicio del compostaje se recomienda hacer volteos manual o en forma mecanizado semanales o quincenales, hasta que el material sea cosechado.

Mark Coyne (2000) menciona que la descomposición microbiana de los compuestos orgánicos se realiza más rápidamente en condiciones aerobias. Una mayor energía resulta disponible a partir de la respiración aerobia que mediante la fermentación. Esto significa que, por la misma cantidad de carbono, puede desarrollarse poblaciones microbianas mayores y si estas poblaciones se desarrollan, la descomposición de desecho se acelera. Las condiciones aerobias conducen a la oxidación de los compuestos tales como NO_3 y el CO_2 .

Las condiciones anaerobias, en contraste conducen a la liberación de compuestos volátiles de olor penetrante. En consecuencia, la concentración de O_2 del espacio aéreo del compost debe mantenerse por encima del 5%; la porosidad de la mezcla del compost debe ser de un 30%.

Monroy y Viniegra (1981) mencionan que la humedad y la aireación son interdependientes, el oxígeno usado por los microorganismos proviene del aire en condiciones aeróbicas. La aireación en el proceso de descomposición de residuos vegetales tiene dos finalidades: suministrar oxígeno usado por los microorganismos y extraer el calor producido.

La cantidad de oxígeno consumido durante el proceso de degradación de residuos orgánicos depende de la temperatura dentro del montón, del tamaño de las partículas y del tipo del material.

2.2.3. INOCULACIÓN DE LA PILA

APROLAB (2007) indica que la inoculación de la pila de compostaje con Biodegradantes, tiene el objetivo de disminuir el tiempo de elaboración del abono orgánico, obtener un material microbiológico y nutricionalmente mejorado.

Los Microorganismos promueven la transformación aeróbica de compuestos orgánicos, evitando que se liberen gases generadores de olores molestos (sulfurosos, amoniacaes y mercaptanos). Adicionalmente, evita la proliferación de insectos vectores, como moscas, ya que estas no encuentran un medio adecuado para su desarrollo.

Además incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante, ya que durante el proceso de fermentación se liberan y sintetizan sustancias y compuestos como: aminoácidos, enzimas, vitaminas, sustancias bioactivas, hormonas y minerales solubles, que al ser incorporados al suelo a través del abono orgánico, mejoran sus características físicas, químicas y microbiológicas.

2.2.4. CONTROL DE HUMEDAD

APROLAB (2007) menciona que el agua es requerida por los microorganismos para desarrollar sus funciones metabólicas, además, es utilizada como vehículo de transporte de nutrientes y productos de desecho. Un bajo contenido de humedad afectan el metabolismo microbiano, mientras que altos valores de humedad, con llevan a la acumulación de agua en las cavidades intersticiales, dificultando la difusión de O_2 y favoreciendo las condiciones de anaeróbicas. La humedad de la pila de compostaje debe oscilar entre el 50 - 70 %.

Pérez (2004) menciona que en el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 40 – 60%. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volverá anaeróbico, es decir se producirá una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento.

El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75-85 % mientras que para material vegetal fresco, ésta oscila entre 50-60%.

Szterm y Pravia (1999) mencionan que para el control del contenido de humedad, puede aplicar el siguiente procedimiento empírico:

1. Tome con la mano una muestra de material.
2. Cierre la mano y apriete fuertemente el mismo.
3. Si con esta operación verifica que sale un hilo de agua continuo del material, entonces podemos establecer que el material contiene más de un 40% de humedad. Y sentimos un olor desagradable, como podrido, es que hay un exceso de agua. En este caso se debe extender la pila.
4. Si no se produce un hilo continuo de agua y el material gotea intermitentemente, podemos establecer que su contenido en humedad es cercano al 40% entonces el nivel de humedad es bueno.
5. Si el material no gotea y cuando abrimos el puño de la mano permanece moldeado, estimamos que la humedad se presenta entre un 20 a 30 %
6. Finalmente si abrimos el puño y el material se disgrega, asumimos que el material contienen una humedad inferior al 20 %.

Haug (1993) menciona que el contenido de agua del material a compostar es muy importante ya que los microorganismos solo pueden utilizar las moléculas orgánicas si están disueltas en agua. Además, el agua favorece la migración y la colonización microbiana. Si la humedad es baja, el proceso de compostaje reduce su velocidad llegando incluso a detenerse.

En general las muestras de compost que presentan un contenido de humedad por debajo del 35% serán biológicamente inactivas y el valor del índice respirométrico será bajo. El rango óptimo de humedad se encuentra entre un 40 – 50%; aunque este rango puede variar en función de la naturaleza del material.

2.2.5. CONTROL DE TEMPERATURA.

APROLAB (2007) menciona que el control de la temperatura juega un papel muy importante en el proceso y la calidad final del compost. La temperatura en la cama de compostaje comienza con una rápida elevación, a causa del metabolismo de los microorganismos. Se necesita calor para que la materia orgánica se descomponga, y garantizar la eliminación de patógenos y la inhabilitación de semillas, que puedan venir de los materiales empleados. Es importante mantener la temperatura de la pila de compost en un nivel intermedio entre 45 a 50 grados Centígrados. Temperaturas superiores a los 50-60 °C ocasiona la pérdida del Nitrógeno por volatilización (amoníaco) y obtendremos un Compost pobre en este nutriente.

Mark Coyne (2000) menciona que la fabricación de compost se realiza en dos rangos térmicos: el rango mesófilo varía de 10 a 43°C mientras que el rango termófilo oscila entre 55 y 60°C. Las pilas estáticas de autoregulación térmica experimentan aumentos de temperatura de 55 a 60°C en dos días. Después de transcurrir varios días a la temperatura máxima, esta empieza a descender gradualmente, de modo que si se revuelve el compost en este punto, se fomenta a un segundo ascenso de temperatura. Cuanto más caliente está el compost más rápidamente se descompone el material. Durante la primera fase del compost, los microorganismos mesófilos son los responsables de la descomposición. El metabolismo microbiano genera calor lo que hace que suba la temperatura del compost. Este aumento térmico permite a las bacterias, actinomicetos y hongos termófilos crecer y metabolizar.

Sztem y Pravia (1999) mencionan que la temperatura debe ser tomada en el núcleo del camellón. Existen termómetros especialmente diseñados para este fin como es el termómetro para compost.

Rodríguez (1982) Al aumentar la temperatura aumenta la actividad microbiana acelerando el proceso de descomposición. Las temperaturas bajas detienen la actividad microbiana, siendo mayor en verano que en invierno y mayor en los trópicos que en las zonas frías.

2.2.6. CONTROL DEL pH

Orosco y Soria (2008) mencionan que el pH del compost es importante para el desarrollo de los microorganismos degradadores, siendo los más adecuados los comprendidos entre 6 y 8. Cuando el pH excede de 8 se debe disminuir el mismo mediante la adición de azufre al suelo. Si es menor de 6 se puede incrementar mediante la incorporación de carbonato de calcio o hidróxido de calcio al compost.

El pH también influye sobre el proceso de compostaje, debido, principalmente, a su acción sobre la actividad de los microorganismos. En general, los hongos toleran un amplio rango de pH (de 5 a 8), mientras que las bacterias se caracterizan por un margen más estrecho (de 6 a 7,5). Sin embargo, a veces las limitaciones son debidas a que, cuando el pH alcanza determinados valores, precipitan algunos nutrientes esenciales para los microorganismos responsables del proceso.

2.2.7. RECOMENDACIONES EN EL PROCESO DE DESCOMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS

Suquilandá (1996) menciona que se deben cumplir ciertas actividades como:

- Mantener el montón siempre húmedo y tapado.

- Controlar la temperatura para determinar la descomposición del material con una temperatura inicial de 20-25° C y temperatura final 65-70 ° C para luego descender, volver a subir y bajar definitivamente a 20 ó 25 ° C que fue la temperatura inicial, esto ocurre en un periodo de tiempo que va de entre tres a cuatro meses.
- Remover el montón cuando la temperatura llegue hasta 60 o 70 ° C, procurando que el material que está en la parte externa del montón se propague en cada removimiento hacia el centro para que la descomposición se realice de manera uniforme.

2.2.8. RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO

APROLAB 2007. La relación C/N, expresa las unidades de Carbono por unidades de Nitrógeno que contiene un material. Una relación adecuada entre estos dos nutrientes, favorecerá un buen crecimiento y reproducción. La relación C/N óptimo para el inicio del compostaje está comprendida entre 25/1 - 35/1, esta relación va bajando hasta llegar a valores cercanos a 10/1 - 15/1 y es cuando el material está listo para ser usado.

Se tiene que tener en cuenta que el Carbono es utilizado por los microorganismos como fuente de energía, mientras que el nitrógeno es utilizado para la síntesis de sustancia y para las funciones vitales de los microorganismos, cuando la relación C/N es mayor de 40 los microorganismos demoraran mucho en descomponer los residuos por carecer de nitrógeno disminuyendo el rendimiento de compostaje, si la relación C/N es baja se producen pérdidas de nitrógeno en forma amoniacal debido a elevaciones considerables de temperatura provocando los malos olores. Con respecto a la relación C/N podemos sacar las siguientes reglas básicas:

Utilizando materiales con una buena relación C/N, no es necesario realizar mezclas.

Los materiales con relativo alto contenido en Carbono deben mezclarse con materiales con relativo alto contenido en Nitrógeno y viceversa.

Nieto (2005). Indica cuanto menor sea el valor de la relación C/N mayor es el grado de la mineralización de la materia orgánica y por tanto, la calidad edáfica será superior, si la relación C/N es muy alta, el aporte de materia orgánica no es aprovechado por las plantas, ya que las bacterias y microorganismos que actúan en el proceso de descomposición de la materia orgánica, consumen el poco nitrógeno que dispone el suelo y la productividad del cultivo se ve afectado por la escases de nitrógeno.

Rodríguez (1982), los elementos principales que componen la materia orgánica son el carbono (C), que está en mayor cantidad, y el nitrógeno (N), además del oxígeno y el hidrogeno. Mediante un análisis químico sencillo de la materia orgánica se obtiene la cantidad de carbono / cantidad de nitrógeno, aporta un dato importante de esta materia orgánica, pues los organismos para desplegar su actividad necesitan primeramente del nitrógeno.

2.3. INÓCULOS

2.3.1: Naturales

Martín (1980) menciona que el medio ambiente edáfico contiene gran variedad de bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoarios, que es uno de los sitios más dinámicos en interacción biológica en la naturaleza, en el cual se realizan la mayor parte de las reacciones bioquímicas involucradas en la descomposición de la materia orgánica, la intemperización de las rocas y la nutrición de los cultivos agrícolas.

2.3.2. Comercial

Palate (2002) indica que en el mercado existen inóculos en base a bacterias y hongos principalmente, microorganismos que son eficientes en la descomposición de los abonos orgánicos, y estos son producidos en medio de cultivo y se comercializan en forma sólida o líquida.

Hernández et al. (1994) y Martínez et al. (1995) señalan que la importancia de estos bioproductos radica en su capacidad para suplementar o movilizar nutrientes con un mínimo uso de recursos no renovables; además, tiene las ventajas de que los procesos microbianos son rápidos y los biopreparados pueden aplicarse para solucionar problemas locales específicos, al mismo tiempo que se reducen los problemas económicos y ecológicos que se derivan de la aplicación indiscriminada de los fertilizantes industriales.

Cuadro 2.2.- Principales diferencias entre la producción de compost con inóculo y sin inóculo (compost tradicional)

Compost con Inóculo	Compost tradicional
Menor tiempo de descomposición. Entre 1 a 2 meses.	Mayor tiempo de descomposición. Normalmente entre 3 a 6 meses
No hay presencia de malos olores ni moscas	Puede haber presencia de malos olores y moscas
Producto final con mayor contenido de nutrientes	Menor contenido nutricional en comparación al EM-compost
Mayor contenido de Microorganismos benéficos	Menor contenido de Microorganismos benéficos

Fuente: APROLAB, 2007.

2.4. EL COMPOSTAJE

Röben (1999) menciona que el compostaje es un proceso biológico en el cual las materias orgánicas se transforman en tierra de humus (abono orgánico) bajo el impacto de microorganismos. De tal manera que sean aseguradas las condiciones necesarias (especialmente temperatura, C/N tasa, aireación y humedad), se realiza la fermentación aeróbica de estas materias. El compostaje es una tecnología sencilla y económica para aprovechar toda clase de basura biodegradable: desechos de cocina, rastrojos agrícolas, papeles, estiércoles animales, etc. Se puede aplicar tanto a gran escala (a nivel municipal o empresarial) como individualmente (en la finca). Con la utilización de plantas de compostaje, la cantidad del residuo orgánico o basura destinada para la disposición final en un relleno botadero se puede reducir a un 50 %. Este porcentaje puede variar según la composición del residuo orgánico. En caso que los desechos orgánicos sean compostados, el porcentaje de la basura descargada en el relleno puede reducirse a un 35 - 40 %

Frioli (1999) menciona que compostaje es el término que se usa para designar la degradación aeróbica y termófila de materiales orgánicos de diferente origen, en estado sólido realizado por comunidades microbianas existentes en los propios residuos, bajo condiciones controladas del que se obtiene un producto estable que puede ser utilizado como fertilizante.

Lambais (1992) indica que las ventajas del compostaje son:

- No hay formación de gases de mal olor.
- Se disminuye el volumen, peso o tenor de humedad, en relación al material original, lo que facilita el almacenamiento, transporte y empleo.
- Inactivación de patógenos.
- Posibilidad de empleo del producto final (compost) en la agricultura.

- Constituye una técnica para obtener la estabilización de la materia orgánica en forma rápida y en condiciones que no provocan inmovilización del nitrógeno en el suelo al ser aplicado. Al mineralizarse provee en forma lenta, los nutrientes que las plantas necesitan.

2.4.1. PROCESO BIOLÓGICO DEL COMPOSTAJE

Roben (2002) menciona que el proceso de compostaje tiene la particularidad que es un proceso que se da con elevadas temperaturas. 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 (75°C) y el proceso de biodegradación empieza. Esto es equivalente al grado 1 de madurez. La pre fermentación se realiza durante los primeros días del compostaje. Para que el proceso se desarrolle normalmente es imprescindible que haya humedad y oxígeno suficientes, ya que los microorganismos encargados de realizar la descomposición de los materiales orgánicos necesitan de estos elementos para vivir. Durante la segunda fase, la fermentación, la temperatura sigue manteniéndose a un nivel relativamente alto por causa del calor producido por la actividad microbiológica. La elevada temperatura que adquiere la pila de compost es muy importante, ya que es una manera de eliminar muchos tipos de microorganismos que pueden perjudicar a las plantas que cultivemos y que se encontraban presentes en el material original. En esta fase, la biodegradación se realiza por bacterias termófilas (grado 2-3 de madurez). 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, el compost tiene el grado 4 o 5 de madurez. Un porcentaje de aproximadamente 50 % del material original se pierde durante la fermentación por causa de la evaporización y digestión microbiológica.

2.4.2. ETAPAS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

APROLAB (2007) indica de acuerdo con la evolución de la temperatura:

a` Mesófila.- La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.

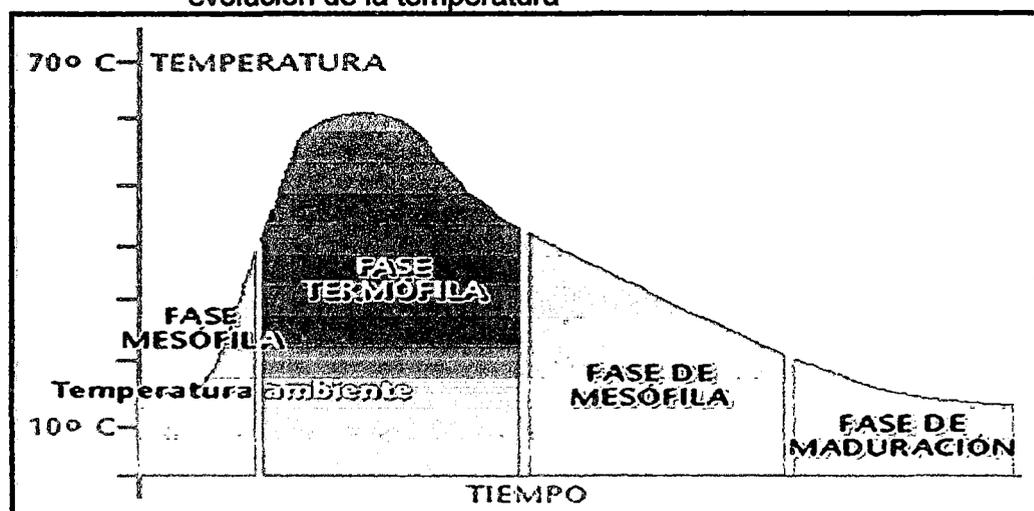
b` Termófila. Cuando se alcanza una temperatura de 40 °C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60 °C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas.

Frioni (1999) menciona a partir del décimo día con la elevación de la temperatura, comienza esta etapa y la población dominante se compone de bacterias, hongos termófilos influenciada en gran parte por la disponibilidad de oxígeno, se produce además, la inactivación de microorganismos patógenos. Esta etapa culmina al agotarse los nutrientes empleados por los microorganismos y el compost va perdiendo calor.

c` De enfriamiento. Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que reinvasen el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.

d` De maduración. Frioni (1999), indica que ocurre una lenta degradación de la materia orgánica hasta que el volumen se reduce aproximadamente al 50%. El material retoma a una nueva etapa mesófila. La biomasa microbiana puede representar hasta el 25% del peso total del compost. Es un periodo que requiere meses a temperatura ambiente.

Figura 2.1.- Etapas de proceso de Compostaje, atendiendo a la evolución de la temperatura



Fuente: APROLAB, 2007.

2.4.3. CONDICIONES ÓPTIMAS EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE.

Frioni (1999) menciona que las condiciones óptimas en el proceso, están la humedad, la relación C/N y la temperatura. No obstante, el control de la mayor cantidad posible de parámetros en el proceso garantiza los mejores resultados.

Cuadro 2.3.- Condiciones óptimas del proceso de compostaje.

Parámetro	Rango Razonable	Rango Referido
C/N	20-40	25-30
humedad	40-65	50-60
temperatura	40-65	55-70
pH	5,5-9	6,5-8,5
Tamaño de partícula	13 mm	13 mm

Fuente: Frioni, 1999.

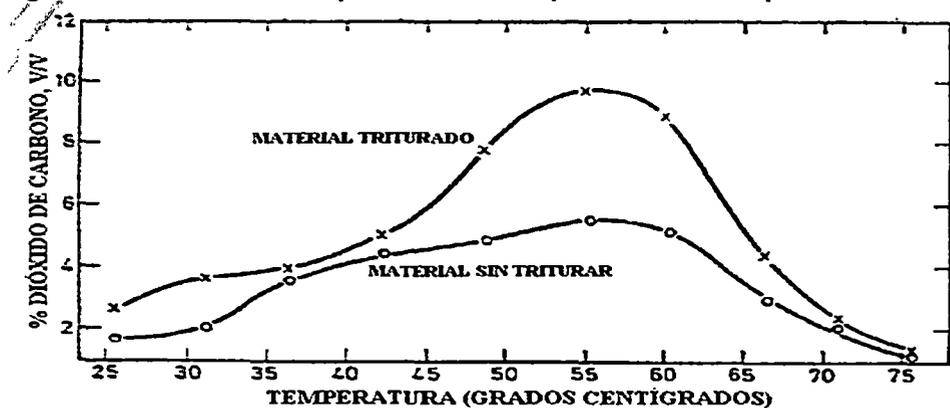
2.4.4. TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS EN EL COMPOSTADO

Gómez (2009) menciona que el tamaño de las partículas del residuo que se desea compostar es fundamental, ya que cuando mayor sea la superficie expuesta al ataque microbiano, más rápido y completo será la reacción.

El desmenuzamiento del material facilitará el ataque por parte de los microorganismos e influirá sobre la velocidad del proceso, pudiendo llegar a duplicarla. En un principio, las dimensiones ideales de partícula deberían ser microscópicas; sin embargo, ello supone un mayor gasto en energía y no satisface la necesidad de que el material que se va a compostar posea una determinada porosidad. En el compostaje de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos la experiencia ha demostrado que el tamaño de partícula debe situarse entre 1 y 5 cm.

APROLAB (2007) indica que en el proceso de compostaje el tamaño de los residuos orgánicos juega un papel muy importante. Las partículas demasiado grandes presentan poca superficie de contacto para ser atacadas por los microorganismos haciendo que el tiempo de procesamiento se alargue, el tamaño ideal de las partículas debe ser de 3 a 6 cm. Si en nuestra parcela contamos con rastrojos de cosecha es necesario picarlos con machete ó picadora mecánica, antes de mezclarlos con los excretas de los animales.

Figura 2.2.- Tamaño de partículas en el proceso de compostado.



2.5. DESCOMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS VEGETALES

Galante y García (1997) mencionan que la gran diversidad de materiales vegetales que se incorporan al suelo, proporcionan a la microflora una gran variedad de sustancias heterogéneas tanto física como químicamente. Los constituyentes orgánicos de las plantas se dividen generalmente en ocho amplios grupos:

- a. Celulosa, el constituyente químico más abundante, cuya cantidad varía del 15 a 60% de peso seco.
- b. Hemicelulosas, que forman frecuentemente del 10 al 30% del peso.
- c. Lignina, que constituye del 5 a 30% de la planta.
- d. La fracción soluble en agua, que incluye azúcares-simples, aminoácidos y ácidos.
- e. Alifáticos, que contribuye del 5 al 30% en peso del tejido.
- f. Constituyentes solubles en alcohol y éter, fracción que contiene grasas, aceites, ceras, resinas y un número determinado de pigmentos.
- g. Proteínas que tienen en su estructura la mayor parte del nitrógeno o azufre vegetal.
- h. Los constituyentes minerales, generalmente determinados por el análisis de las cenizas varían del 1 al 13% del total del tejido.

Conforme la planta envejece, el contenido de constituyentes solubles en agua, proteínas y minerales descende y el porcentaje de la abundancia de la celulosa, hemicelulosa y lignina se eleva.

2.6. PROCESO DE DESCOMPOSICIÓN DE LOS ABONOS ORGÁNICOS

El proceso de descomposición y mineralización de la materia orgánica para la producción de humus está basada en la acción de bacterias, hongos y actinomicetos.

Humificación

Rodríguez (1989) menciona que la humificación es otra actividad de los microorganismos que toma los residuos orgánicos y los transforman en nuevos complejos orgánicos (humus), y se caracterizan por su mayor estabilidad o sea que se degradan más lentamente en una mineralización gradual.

Mineralización

Rodríguez (1989) indica que la mineralización es una descomposición rápida de los residuos orgánicos, convirtiéndose en compuestos minerales que poseen una formación química más simple como son: bióxido de carbono (CO_2) que es un gas, agua (H_2O), amoníaco (NH_3), fosfatos (PO_4), sulfatos (SO_4), compuestos potásicos.

Mediante el proceso de mineralización algunos elementos que son nutrimentos para las plantas se transforman de una forma orgánica no utilizable a una forma inorgánica utilizable. Tal es el caso del nitrógeno, fósforo y azufre, por tanto, se habla de mineralización del nitrógeno, al conjunto de transformaciones mediante las cuales la acción de los microorganismos convierte una forma orgánica del nitrógeno en una forma inorgánica.

2.7. LA MATERIA ORGÁNICA

Rodríguez (1982) menciona que los principales elementos de constitución de la materia orgánica son el carbono (C), el hidrogeno (H), el oxígeno y el nitrógeno (N). La materia orgánica proviene de la síntesis de los organismos vivos que combinan los distintos elementos en su funcionamiento metabólico y catabólico.

El suelo físicamente está formado por una parte mineral y otra orgánica; la primera proviene de la génesis propia a partir de la "roca madre", los elementos de sedimentación, etc. La parte orgánica proviene de los distintos desechos de los organismos vivos que son transformados por los microorganismos que posee naturalmente el suelo. La materia orgánica proviene de los residuos vegetales y animales.

2.8. MICROORGANISMOS BIODEGRADADORES

APROLAB (2007) menciona que existen microorganismos en el aire, en el suelo, en nuestros intestinos, en los alimentos que consumimos, en el agua que bebemos. Las condiciones actuales de contaminación y uso excesivo de sustancias químicas sintéticas han causado la proliferación de especies de microorganismos considerados degeneradores. Estos microorganismos a grandes rasgos, son causantes de enfermedades en plantas y animales y generan malos olores y gases nocivos al descomponer residuos orgánicos. Los microorganismos eficientes, como inoculante microbiano, restablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementando la producción de los cultivos y su protección; además conserva los recursos naturales, generando una agricultura sostenible. Los microorganismos biodegradadores son:

A) *Azotobacter chroococcum*

Rodelas (2001), menciona que tanto *azotobacter* como *azospirillum* son capaces de sintetizar sustancias fungistáticas que al inhibir el crecimiento de los hongos fitopatógenos del suelo. Estos compuestos tienen acción sobre hongos pertenecientes a los géneros *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium* y *Rhizoctonia*.

Hernández (1997). Son microorganismos de vida libre de suelo que requieren de sustancias orgánicas como fuente de energía, pero si hay abundancia de NO y NH , lo emplean con facilidad y no fijan nitrógeno. Son bacterias gram negativas, móviles; las colonias son viscosas, convexas, lisas o arrugadas y poseen pequeñas inclusiones granulares, el color se presenta en diferentes matices de pardo, producen pigmentos que en ocasiones se difunden en el medio de cultivo selectivo para este género. Abundan en suelos bien aireados, neutros o ligeramente alcalinos (pH de 6,0 a 7,5).

Fulchieri (1992), reporta que tanto *Azotobacter* como *Azospirillum* en determinadas condiciones su efecto beneficioso no se debe solamente a la cantidad de N₂ atmosférico, sino a la capacidad de producir vitaminas y sustancias estimuladoras del crecimiento (ácido giberélico, citoquininas y auxinas) que constituyen directamente el desarrollo vegetal. La propagación de estas bacterias está relacionada estrechamente con la presencia en el medio de superficies cantidades de fósforo (P) y potasio (K), siendo mayor el efecto del P, cuya escases puede inhibir el desarrollo del cultivo. Este elemento estimula el metabolismo del carbono, la multiplicación y la fijación de N₂. Las cantidades necesarias de potasio (K) son menores, cuando existen altas concentraciones de fósforo en el suelo se inhibe el desarrollo de las bacterias fijadoras, dependiendo del grado de toxicidad de la fracción aniónica de sal.

Martínez y Dibut (1990) señalan que el *Azotobacter* es uno de los primeros géneros conocidos como fijadores asociativos de nitrógeno, siendo el más estudiado en el ámbito mundial. Su nombre proviene de la palabra francesa "asoto" que significa nitrógeno y del griego "bacter" que significa bacilo.

B) Azospirillum brasiliensis.

Ferrera y Alarcón (2007) mencionan que *Azospirillum brasiliensis* constituye un importante grupo de organismos aerobios, los mecanismos que estas bacterias utilizan pueden ser a través de su propio metabolismo solubilizando fosfatos, produciendo hormonas o fijando nitrógeno, afectando directamente el metabolismo de la planta incrementando el desarrollo radicular, incrementando la actividad enzimática de la planta o "ayudando" a otros microorganismos benéficos para que actúen de mejor manera sobre las plantas.

Cepas de *Azospirillum* producen diversas hormonas vegetales cuando se cultiva en medio líquido, también varias giberelinas, ácidoabsísico y citoquininas detectadas en concentraciones bajas.

La inoculación de plantas con *Azospirillum* puede dar un cambio significativo en varios parámetros de crecimiento, incremento en la longitud de las raíces laterales lo cual incrementa el volumen radicular.

C) *Rhodopseudomonas spp.*

APROLAB (2007) señala que estas bacterias sintetizan sustancias útiles a partir de las secreciones de las raíces, materia orgánica y/o gases nocivos (sulfuro de hidrógeno), usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía.

D) *Lactobacillus acidophilus*

APROLAB (2007) menciona que las bacterias ácido lácticas tienen la habilidad de suprimir microorganismos causantes de enfermedades como *Fusarium*. Bajo circunstancias normales, las especies como *Fusarium* debilitan las plantas cultivadas, exponiéndolas a enfermedades y a poblaciones crecientes de plagas como los nemátodos. El uso de bacterias ácido lácticas reduce las poblaciones de nemátodos y controla la propagación y diseminación de *Fusarium*, mejorando así el medio ambiente para el crecimiento de cultivos.

Frioni (1999). Indica que es un biocatalizador degradador activo de materia, residuos orgánicos para la producción de biofertilizantes. Las bacterias ácido lácticas producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos desarrollados por bacterias fotosintéticas y levaduras. Resisten a temperaturas altas de 45°C a 55°C, soportan pH bajos por lo que continúan creciendo. Responsable de las etapas finales de las fermentaciones acidolácticas.

E) *Saccharomyces cerevisiae*.

APROLAB (2007). Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobiales y otras sustancias útiles para el crecimiento de las plantas, a partir de aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fotosintéticas, la materia orgánica y las raíces de las plantas.

2.8.1. PRINCIPALES MICROORGANISMOS AISLADOS EN UN COMPOST

Bacterias.

Guerrero (1993), menciona que constituye uno de los grupos más abundantes y variados de microorganismos. Cumple un papel de gran importancia en:

- Descomposición de la materia orgánica en condiciones aeróbicas y anaeróbicas.
- Realizan el proceso de fijación de Nitrógeno en forma simbiótica (*Rhizobium* con leguminosas) y en forma libre como las bacterias del género *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, etc.
- Participan en el proceso de compostaje, particularmente en la fase termófila.

Sin embargo, su comportamiento depende de la actividad de otros microorganismos y la disponibilidad de nutrientes entre otros factores. Cuando hay desequilibrios, producen enfermedades en las plantas.

Delaat, (1979). Indica que son microorganismo unicelular procarionte, cuyas diversas especies causan las fermentaciones, enfermedades o putrefacción en los seres vivos o en las materias orgánicas. Las células están formadas de proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos. Los organismos fotosintéticos pueden contentarse con CO_2 como fuente de carbono, sales de nitrato como fuente de nitrógeno, y diversas sales minerales; con estos materiales ellos sintetizan los componentes de células vivas.

Actinomicetos

La estructura de los Actinomicetos, intermedia entre la de las bacterias y hongos, producen sustancias antimicrobianas a partir de los aminoácidos y azúcares producidos por las bacterias fotosintéticas y por la materia orgánica. Esas sustancias antimicrobianas suprimen hongos dañinos y bacterias patógenas. Los Actinomicetos pueden coexistir con la bacteria fotosintética. Así, ambas especies mejoran la calidad de los suelos a través del incremento de la actividad microbiana. Se desarrollan como hongos, las características morfológicas de sus células se parecen a las bacterias. Son considerados los mejores agregadores del suelo.

Hongos de fermentación

Los hongos de fermentación como el *Aspergillus* y el *Penicilina* actúan *descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, ésteres y sustancias antimicrobianas*. Esto es lo que produce la desodorización y previene la aparición de insectos perjudiciales y gusanos.

Delaat (1979) menciona que los microorganismos tienen la función importantísima de ingerir los restos celulares y digerir los restos de materiales vegetales y animales. La desasimilación (desdoblamiento) y fermentación, hacen que se produzcan ácidos, alcoholes y otros productos intermedios de desecho; la respiración los oxida a CO_2 . Las transformaciones microbianas del carbono son llevadas a cabo principalmente en el suelo.

Frioni (1999). Presenta en el cuadro 2.4 algunas de las especies identificadas de un compost; los hongos y actinomicetos son activos degradadores de la celulosa y otros materiales más resistentes. Muchas bacterias atacan la celulosa, pero hacia el final del compostaje, cuando la temperatura disminuye, son hongos y actinomicetos los que predominan. Para asegurar una buena actividad de estos microorganismos es necesario mezclar la masa en forma frecuente.

Cuadro 2.4.- Principales microorganismos aislados en un compost.

Bacterias	Actinomicetes
Mesófilas: <i>Cellulomonas folia</i> <i>Aerobacter sp.</i> <i>Thiobacillus denitrificans</i> <i>Proteus sp</i> <i>Pseudomonassp</i>	Termotolerantes: <i>Streptomyces rectus</i> <i>S. thermophilus</i> <i>S: thermofuscus</i> <i>Thermoactinomyces sp</i> <i>Thermopolyspora sp</i>
Termófilas: <i>Bacillus stearothermophilis</i>	
Mesófilos: <i>Fusarium culmorum</i> <i>F. roseaum</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Geothricum candidum</i> <i>Mucorjansseni</i>	Termófilos: <i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Muycorpusillus sp.</i> <i>Humicola insolens</i> <i>Torulathermophila sp.</i> <i>Dactylomyces crustaceous</i>

Fuente: Frioni (1999).

2.8.2. GENERALIDADES DE LOS TRES BIODEGRADADOR.

2.8.2.1. BIODEGRADADOR BIOSPEED.

Es un complejo biológico a base de microorganismos benéficos en estado latente que produce digestión ordenada de la materia orgánica sin producir alcoholes, metanos, nitritos, amonio, sulfhídricos que contaminan el ambiente. Bacterias que acelera la descomposición del material orgánico.

CONTENIDO:

- **Azotobacter chrococcum**, son fijadores libres de nitrógeno y son productores de sustancias promotoras de crecimiento vegetal.
- **Lactobacillus acidophilus**, Biocatalizador degradador activo de materia, residuos orgánicos para la producción de Biofertilizantes.

- **Saccharomyces cerevisiae**, Levadura que se caracteriza por su alta capacidad de fermentación y degradación de sustancias.
- **Enzimas proteolíticas y celulíticas.**

Presentación del producto: Frasco por 1 litro.

FORMULACION: Suspensión concentrada – SC.

FABRICACION, Fabricado en el Perú por Serfi S.A.

2.8.2.2. BIODEGRADADOR EM COMPOST.

Es una mezcla de varios tipos de microorganismos benéficos de origen natural. Es un producto natural a base de agua, melaza y microorganismos benéficos.

EM es una abreviación de "Effective Microorganisms" que es Microorganismos Eficaces.

CONTENIDO:

- **Bacterias fototrópicas**, son fijadores libres de nitrógeno, Las bacterias nitro fijadoras también actúan en las hojas de las plantas. Son las bacterias *Pseudomonas*, *Azotobacter chroococcum*.
- **Bacterias ácido lácticas**, Del genero *Lactobacillus acidophilus*, degradador activo de materia, residuos orgánicos para la producción de Biofertilizantes.
- **Hongos de Fermentación**, Entre los géneros más importantes están el *Saccharomyces* y el *Rhodotorula*.

Presentación del producto: Frasco por 1 litro.

FORMULACION: Suspensión concentrada – SC.

FABRICACION, Fabricado en el Perú por AGEARTH (Asociación de graduados de AGEARTH – Perú).

2.8.2.3. BIODegradador AZOTOLAM.

Es un producto de microorganismos benéficos de origen natural, digestor de material orgánico, contribuye a digerir la materia orgánica en el suelo para mejorar la disponibilidad de los nutrientes, estimular la asimilación radicular a mejorar el establecimiento de la planta.

Es un inoculante para suelos, material orgánico, sustratos. Son bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico y solubilizadores de fósforo del suelo, al ser inoculadas al sustrato estos microorganismos estimulan la germinación y emergencia de las semillas favoreciendo el crecimiento de las plantas.

CONTENIDO:

- Bacterias del género *Azotobacter chroococcum*, digestor de material orgánico, Son la fuente primaria del suministro de nitrógeno a las plantas. Son fijadores del nitrógeno atmosférico.

Presentación del producto: Bolsas de 250 grs.

FORMULACION, Polvo mojable – PM.

FABRICACION, Fabricado en el Perú por IDEMA – Arequipa.

2.9. BIOQUIMICA DEL PROCESO DE MINERALIZACION

Fassbender (1986) menciona que las transformaciones más importantes en los procesos de la mineralización y la humificación son de naturaleza bioquímica.

Después de la destrucción mecánica y física de los restos vegetales y animales se produce el ataque por microorganismos que a base de sus jugos digestivos y enzimas llevan a la destrucción de los compuestos orgánicos y a la liberación de minerales. Los siguientes grupos de microorganismos participan en el proceso de mineralización.

Microflora.

- **Bacterias:** *Micrococcus sp*; *Bacterium sp.*; *Bacillus sp.*; *Azotobacter sp.*; *Clostridium sp.*
- **Actinomicetos:** *Streptomicetes*; *nocardia sp.*
- **Hongos:** *Ascomicetes*; *Aspergillus sp.*; *Penicillium sp.*; *Hifomicetes*: *Dematiacem sp.*; *Fusarium sp.*; *Cladisporium sp.*; *Hormodendrum sp.*; *Neospura sp.*; *Basidiomietes.*

Microfauna. - Rizópodos, flagelados, ciliados.

Macrofauna. - Nemátodos, lombrices, hormigas, termitas, Colembolas.

2.9.1. LA DESCOMPOSICIÓN

Según Galante, E y García, M. (1997). La descomposición se define como el proceso mediante el cual un organismo o derivado del mismo se llega a fraccionar en las partes o elementos que lo componen, encontrando que al final del mismo, el resto animal o vegetal que inicialmente observábamos se habrá desintegrado gradualmente hasta que sus estructuras ya no son reconocibles y sus complejas moléculas orgánicas se habrán fragmentado.

Shintani y Tabora (2000), mencionan que los procesos técnicos en la descomposición de las sustancias orgánicas son:

a) Aeróbicas: Realizadas por un grupo de microorganismos que desarrollan una demolición oxidativa llamado un proceso bioquímico en el entorno con el oxígeno molecular. Microorganismos que forman una microflora espontánea y muy variada como bacterias, hongos, algas, fermentos protozoos ciliados y flagelados, microartrópodos, etc.

Fassbender(1986), menciona que entre las bacterias aeróbicas que participan en la primera fase de la amomificación se encuentra *Bacillus subtilis*, *B. megaterium*, *Pseudomonas sp.*

b) Anaerobias: Realizado por varios grupos de bacterias obligadas y facultativas, que generalmente dan lugar a una fase Acidogena, reducción del pH y formación de ácido acético e hidrógeno, si las condiciones de temperatura son favorables se puede producir bio-Gas. Es donde se desarrolla la descomposición fermentativa dañina llamado como la fermentación butírica, dando producción de sustancias toxicas como el amonio.

Frioni (1999), menciona que las bacterias anaeróbicas facultativas es un grupo de bacterias que puede crecer con o sin O₂, pero solo pueden fijar N₂ anaeróbicamente pertenecientes al género *Bacillus*, *aerobacter aerogenes*. Otras como las bacterias sulfatorreductoras, que usan sulfatos como aceptores de electrones finales en la respiración anaerobia; con frecuencia se liberan ácido sulfhídrico (H₂S), volátil de olor desagradable, los géneros conocidos son *Desulfovibrio* y *Desulfotomaculum*.

Fassbender(1986), menciona que entre las bacterias Anaeróbicas que participan en la fase de la amonificación se encuentran: *Clostridium putrificum*, *Cl. sporogenes*, *Cl. Tetani*. Entre los hongos participan: *Cephalothecium roseum*, *Tricoderma koningi*, *Aspercillus sp*; *Penicillum sp*.

2.10. ANÁLISIS QUÍMICO DEL COMPOST

Los resultados de análisis químicos de un compost, pueden variar mucho en función del material empleado para hacer el compost. Por otra parte, al tratarse de un producto natural no tiene una composición química constante

Cuadro 2.5.- Composición físico - química media del compost

Materia orgánica	15 - 23 %	Relación C/N	5 - 10
Humedad	40 - 45 %	Ácidos húmicos	2.5 - 3 %
Nitrógeno, como N ₂	1.5 - 2 %	pH	6.8 - 7.2
Fósforo como P ₂ O ₅	2 - 2.5 %	Carbono orgánico	14 - 30 %
Potasio como K ₂ O	1 - 1.5 %	Calcio	2 - 8 %

Fuente: Bioagro. 2011.

Cuadro 2.6.- Parámetros de control de estabilidad del compost

Temperatura	Estable	Color	Marrón oscuro-negro ceniza
Olor	Sin olor desagradable	pH	Ligeramente Alcalino
C/N > 10		Respiración	0<10 mg/g. compost
Nro termófilos	Decreciente a estable	ATP	Decreciendo estable
Germinación>8 %		Nemátodos	Ausentes
Actividad de enzimas hidrosolubles:	Incrementándose a estable		

Fuente: Bioagro. 2011.

2.10.1. PARAMETROS DE LECTURA DE ANÁLISIS QUIMICO.**Cuadro 2.7.- Lectura del pH**

Calificación nivel	pH
Muy fuertemente ácida	de 4.0 a 4.5
Fuertemente ácida	de 4.5 a 5.5
Ácida	de 5.5 a 6.5
Ligeramente ácida	de 6.5 a 6.8
Neutra	de 6.8 a 7.2
Ligeramente alcalina	de 7.2 a 7.5
Alcalina	de 7.5 a 8.5
Fuertemente alcalina	de 8.5 a 9.0

Fuente: UNALM, 2011. Laboratorio de suelos.

Cuadro 2.8.- Lectura de contenido de materia orgánica %

Calificación	%
Ligeramente alto	3.10 a 3.44
Normal	2.50 a 3.10
Ligeramente bajo	2.35 a 2.50
Bajo	2.00 a 2.35
Muy bajo	1.30 a 2.00

Fuente: UNALM, 2011. Laboratorio de suelos.

Cuadro 2.9.- Lectura de contenido de Nitrógeno %

Calificación	%
Alto	> de 0.18%
Ligeramente alto	de 0.15 a 0.18%
Normal	de 0.10 a 0.15%
Ligeramente bajo	de 0.08 a 0.10%
Bajo	de 0.05 a 0.08%
Muy bajo	< de 0.05%

Fuente: UNALM, 2011. Laboratorio de suelos.

Cuadro 2.10.- Lectura del contenido de fósforo (P) y potasio (K)

Calificación nivel	P (ppm)	K₂O (ppm)
Muy bajo	0 a 5	0 a 40
Bajo	6 a 12	41 a 80
Medio	13 a 25	81 a 120
Alto	26 a 50	121 a 200
Muy alto	>100	> 200

Fuente: UNALM, 2011. Laboratorio de suelos.

2.11. COMPONENTES ORGÁNICOS DE LA PULPA DE CAFÉ

CENICAFÉ (2010), indica que para el cafetalero, la mayor y más económica fuente de sustancias alimenticias y de materia orgánica propia es la pulpa de café, precioso elemento que se desperdicia casi todo. El uso de la pulpa de café como abono orgánico tiene la finalidad de acondicionar el suelo mejorando su contenido de humus y estructura, estimulando la vida micro y meso biológica del suelo.

Para lograr la desintegración y preparación de la pulpa, los pocos cafetaleros que lo usan, la depositan en hoyos, en donde, aparte de durar más de un año en descomponerse incompletamente, despide durante este tiempo un olor muy desagradable, proveniente de la transformación del nitrógeno que contiene, recomendándose fermentar la pulpa en condiciones ideales de manera que se fomente la presencia o circulación del aire, para que así pueda vivir las bacterias aerobias, que son las que realizan la descomposición de la pulpa.

Del café uva o cerezo solo el 18.5% es café oro, el resto del fruto es agua (20%), cascarilla (4.5%), mucílago (16%), pulpa de café el 41%. El desperdicio de la pulpa de café genera el 60% de la contaminación del agua en las zonas cafetaleras.

La pulpa contiene concentraciones de Fosforo (P), Calcio (Ca) y Potasio (K) que están en mayor cantidad en la pulpa que en el propio grano de café, además de contener Mg, S, Fe, y B. Las concentraciones de nutrientes son variables según las zonas, tipo de suelos y el plan de manejo de fertilizantes en el cultivo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DEL EXPERIMENTO

3.1.1. DURACIÓN

El trabajo experimental realizado tuvo una duración de 90 días, del 01 de agosto al 30 de octubre del 2010, desde la instalación del experimento hasta la obtención del producto final.

3.1.2. UBICACIÓN POLÍTICA

Departamento : Cusco
Provincia : La Convención
Distrito : Santa Ana
Localidad : Quillabamba
Sector : Ex Granja de Misiones

3.1.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Geográficamente se encuentra ubicada a 1,050 m.s.n.m.; latitud 12°52'04" sur, longitud 72°41'40" oeste.

3.1.4. DATOS METEOROLOGICOS

Durante el trabajo experimental (meses de agosto, setiembre y octubre), Presento una precipitación promedio mensual de 239mm, temperatura promedio de 25.85°C, Humedad relativa 75.20%. Corresponde a zona de vida de Bosque húmedo sub tropical.

Los registros meteorológicos que se muestran en cuadro N° 3.1, corresponden a los promedios mensuales del año 2010, fueron registrados en la estación climatológica principal de SENAMHI – Quillabamba, se observa que la temperatura media mensual más alta durante el experimento fue en el mes de setiembre con 26,75°C.

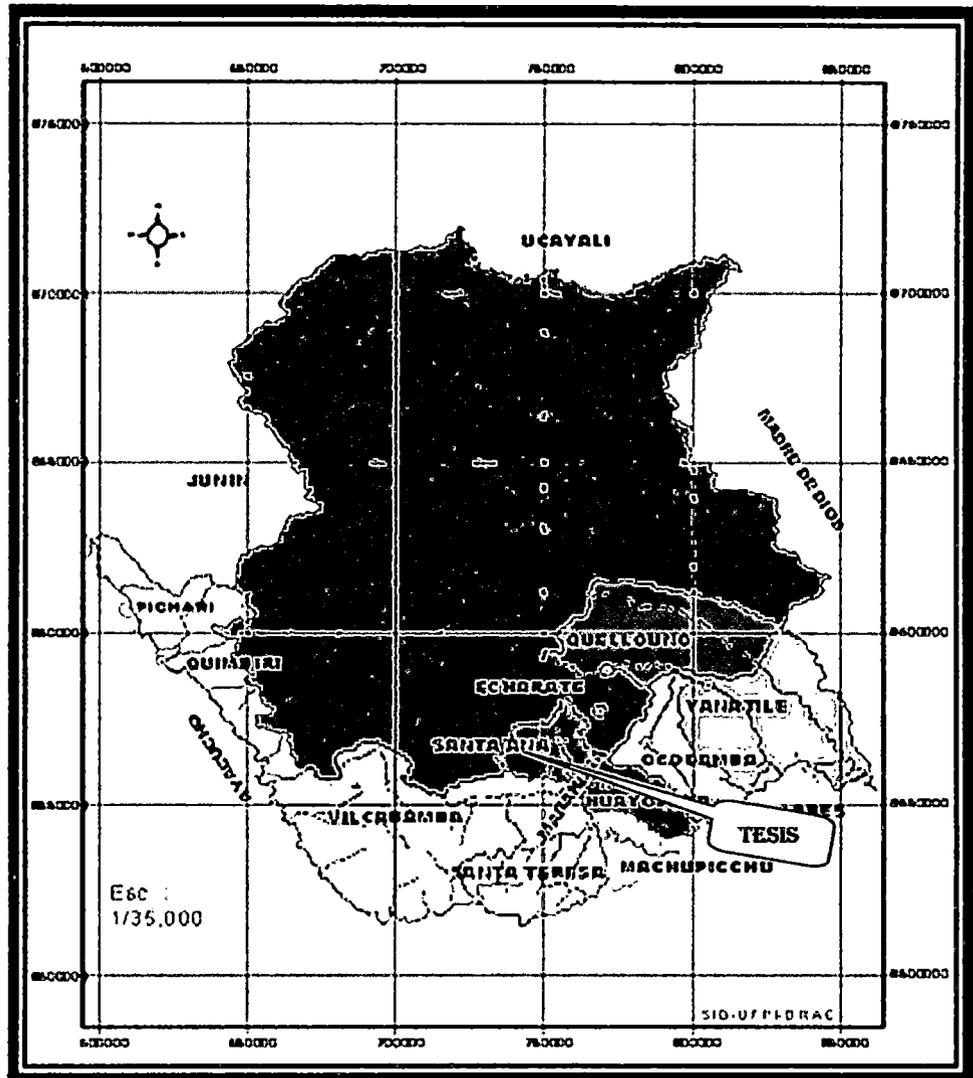
La precipitación registrada alcanza el registro más alto durante el experimento en el mes de octubre de 181.6 mm. La humedad relativa promedio registrada fue de 75,20 %.

Cuadro N° 3.1.-Datos meteorológicos mensuales registrados en la estación climatológica principal de Quillabamba

Meses	TEMPERATURA °C			Precipitación mm/mes	Humedad %
	Maxima	Minima	Media		
Mayo	31.3	19.2	25.25	18.0	72.4
Junio	30.7	18.2	24.45	20.7	68.9
Julio	31.9	18	24.95	15.7	73.4
Agosto	31.1	18.3	24.70	18.1	74.2
Setiembre	34.3	19.2	26.75	39.5	74.8
Octubre	33.2	19	26.10	181.6	76.6
Noviembre	31.3	19.5	25.40	84.1	78.9
Diciembre	30.5	19.3	24.90	151.8	81.1

Fuente: ECP-SENAMHI – Quillabamba 2010

Figura 3.1.- Ubicación geográfica del experimento



3.2. MATERIALES

3.2.1. HERRAMIENTAS Y MATERIALES

Cuadro 3.2.- Herramientas, materiales y equipos utilizadas en el experimento.

Nº	Descripción	Características	Cantidad
1	Cordel, sacos de polietileno, atadora,	Herramienta	01
2	Machete	Herramienta	01
3	Pala	Herramienta	02
4	Rastrillo	Herramienta	01
5	Carretilla	Herramienta	01
6	Letreros indicativos de madera pequeños	Material	40
7	Wincha de 60 m.	Herramienta	01
8	Plástico color azul, calibre Nº 5	Material	100
9	Manguera ½ pulgada diámetro	Material	100
10	Regadera.	Herramienta	01
11	Vestimenta equipo de protección de campo"	Material	01
12	Recipiente de plástico de 1 l	Material	01
13	Cilindro de 200 l	Material	01
14	Gigantografía de información	Material	01
15	Libreta de campo.	Material	01
16	Balanza de precisión 50 kg	Equipo	01
17	Cámara fotográfica.	Equipo	01
18	Termómetro para compost de 20 pulgadas- de 0° - 110°C	Equipo	01

3.2.2. MATERIAL ORGÁNICO

Cuadro 3.3.- Materiales orgánicos utilizados para la elaboración del compost, por pila o montículo.

Nº	Descripción	kg	%
01	Hojas secas y rastrojos de malezas	02	2
02	Pulpa del cerezo de café	35	35
03	Gallinaza	20	20
04	Ceniza de cocina	01	1
05	Hojas de leguminosa (chamba)	01	1
06	Pseudotallo de plátano picado	20	20
07	Roca fosfórica	01	1
08	Estiércol de animal	20	20
	Total	100	100 %

Fuente: Cabrera J: 2012:

3.2.3. MATERIAL BIODEGRADADOR

Cuadro 3.4.- Características del material biodegradador utilizados por pila de compost.

Nombre comercial	Principio activo	Acción	Dosis / TM	Fitotoxicidad
EM – compost S.C.	Bacterias fototrópicas Bacterias ácidas lácticas Hongos de Fermentación Actinomicetos.	Inoculante biológico digestor de materia orgánica	100 ml	No tóxico
AZOTOLAM P.M	Azotobacter chroococcum	Inoculante biológico digestor de materia Orgánica.	500 g	No tóxico
BIOSPEED S.C	Azotobacter chroococcum Lactobacillus acidophilus Enzimas celulolíticas Enzimas proteolíticas Saccharomyces cerevisae	Inoculante biológico digestor de materia Orgánica.	200 ml	No tóxico

Fuente: Cabrera J. 2012.

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue de Bloques Completos al Azar (BCA); con 10 tratamientos y 04 repeticiones para un total de 40 pilas.

El análisis estadístico se realizó mediante el Análisis de Variancia (ANOVA) con un nivel de significancia del 5%, en las pruebas estadística se trabajó con las pruebas de Tukey al 95% de certeza (Nivel de confianza).

3.3.2. TRATAMIENTOS

Cuadro 3.5.- Identificación de Claves: biodegradantes y dosis

Letra	Biodegradante	Dosis / pila de 100 Kg de Materia Orgánica (M.O.)		
		Dosis baja 1	Dosis media 2	Dosis alta 3
A	Azotolam	25 g	50 g	75 g
B	Biospeed	10 ml	20 ml	30 ml
C	EM-Compost	5 ml	10 ml	15 ml

Cuadro 3.6.- Identificación de Tratamientos

Tratamientos	Clave	Nº
Azotolam 25 gr	A1	1
Azotolam 50 gr	A2	2
Azotolam 75 gr	A3	3
Biospeed 10 ml	B1	4
Biospeed 20 ml	B2	5
Biospeed 30 ml	B3	6
EM – Compost 5 ml	C1	7
EM = Compost 10 ml	C2	8
EM – Compost 15 ml	C3	9
Testigo	T	10

3.3.3. UNIDADES EXPERIMENTALES

La unidad experimental estuvo constituido de una pila con 100 Kg de material orgánico (M.O) por tratamiento, 1.5 m de espaciamiento entre bloques y 1.2 m entre tratamientos, con la finalidad de poder realizar volteos y con esto obtener una mejor aireación, así mismo una mejor actividad microbiana, para las variables de temperatura se realizó mediciones en °C, días a la obtención del compost, rendimiento de compost en Kg y granulometría en porcentaje.

Se tomó muestras de un kilogramo (Kg) de compost por tratamiento, para las evaluaciones del análisis químico: Humedad, Ceniza, Materia Orgánica M.Ö, carbonatos CaCÖ₃, pH, Nitrógeno (N) total, Nitrógeno amoniacal (olor), Nitrógeno – nitrato, Carbono, Relación C/N, Fósforo (P) P₂O₅ y Potasio (K) K₂O.

3.3.4. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

a) Bloques

Número	: 04 bloques
Largo de bloques	: 27.50 m
Ancho de bloque	: 1.20 m
Área por bloque	: 32.40 m ²
Área total	: 129.60 m ²

b) Calles

Nº de calles (largo)	: 04
Nº de calles (ancho)	: 10
Largo de calle	: 27.50 m
Ancho de calle	: 1.50 m

c) Pilas

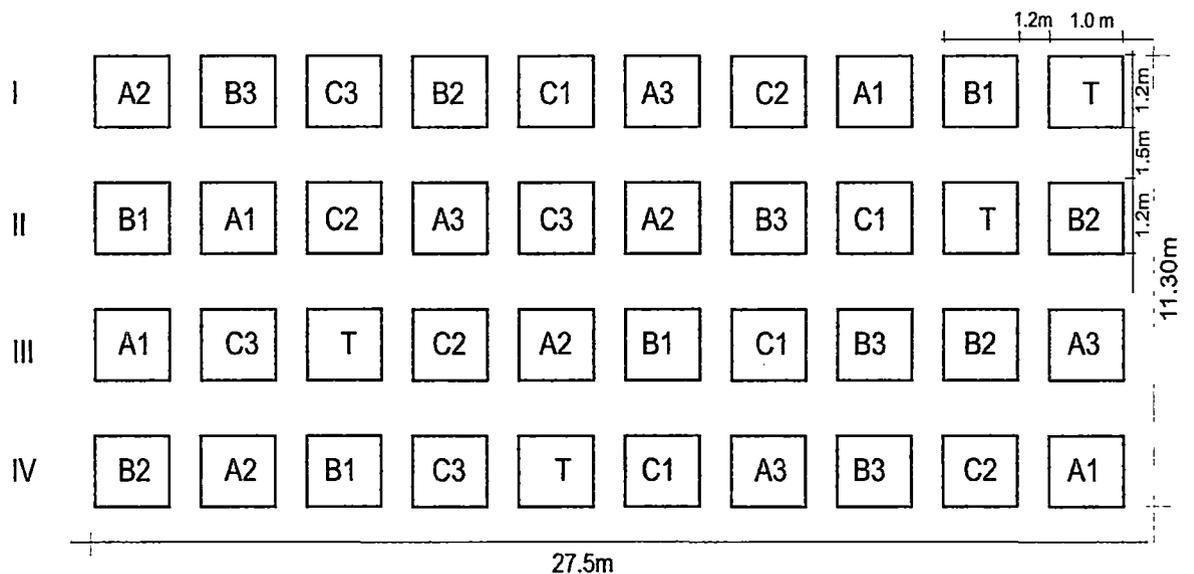
Largo : 1.20 m
 Ancho : 1.00 m
 Altura : 0.50 m
 Distanciamiento : 1.20 m
 Área pila : 1.20 m²

Nº total de pilas : 40
 Peso M.O./pila : 100 Kg
 Peso total M.O. : 4000 Kg

d) Terreno del experimento

Largo : 27.0 m
 Ancho : 11.30 m
 Área neta : 305.10 m²

Figura 3.2. Diseño del campo experimental y distribución de tratamientos



Fuente: Cabrera J. 2012

3.3.5. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.3.5.1. Preparación del área del experimento.

El 01 de agosto del 2010, se hizo la nivelación del terreno, posteriormente los trazos respectivos, señalizaciones de tratamientos con letreros de madera debidamente codificadas.

3.3.5.2. Del material orgánico

El 03 de agosto del año 2010, se acopió 15 m³ del material orgánico (Pseudo tallo de plátano, gallinaza, pulpa de café, hojas secas y torta de estiércol), que fue trasladado cerca del experimento.

3.3.5.3. Reducción del tamaño del material orgánico

Con el material depositado cerca del experimento se procedió a reducir el tamaño de las partículas de 3 a 5 cm aproximadamente del pseudotallo de plátano, realizándose el picado con machete, y de esta forma facilitar el manejo del material para los volteos.

3.3.5.4. Preparación de pilas o montículos

El 06 de agosto del 2010, (instalación de la pila), se procedió a preparar los montículos de material orgánico para la elaboración del compost,

Cabe indicar que para la descomposición del material orgánico se utilizó el método "montón libre" recomendable para zona de selva (Shintani y Tabora, 2000), preparándose pilas de 1.20 m x 1.0 m y 0.50 m de altura, colocando el material por capas en diferentes espesores, de la siguiente manera:

1. Hojas secas y rastrojos de cosecha, 8 cm de espesor.
2. Pulpa de cerezo de café, 15cm de espesor.
3. Gallinaza, 3cm de espesor.
4. Ceniza, 0.5cm de espesor.
5. Hojas de leguminosa, 7 cm de espesor.
6. Pseudotallo picado de plátano, 8cm de espesor.

En esta capa se aplicó el biodegradante en forma uniforme, según cada tratamiento

7. Fosfórica: una capa (1 kg), 0.5 cm de espesor.
8. Estiércol de cuy 7 cm de espesor.

3.3.5.5. Riegos y control de humedad

Los riegos se realizaron primeramente al momento de la instalación 8 l. de agua/pila, segundo a los 10 días 20 l. de agua/pila, y tercero a los 30 días 10 l. de agua/pila, utilizándose en total 38 l. de agua/pila.

Para el control de la humedad, se tomó una muestra del material orgánico en la mano que fue escurrido, por el procedimiento empírico.

3.3.5.6. Cubrimiento de las pilas o montículos

Cada una de las unidades experimentales se cubrió con plástico de 4mm de espesor de color azul, con la finalidad de proteger al material orgánico de la lluvia, mantener la temperatura y evitar la pérdida de humedad.

3.3.5.7. Volteos

Se realizaron los volteos cada 10 días desde el inicio de la instalación hasta el momento de obtención del producto, para esta actividad se utilizó una pala, un rastrillo y para evitar alguna contaminación respiratoria por gases emanados del material, se usó un equipo especial de protección nasal. Se realizaron 6 volteos.

3.3.5.8. Toma de Muestras para el Laboratorio

Luego de la obtención del compost, se tomaron 10 muestras de 500g, correctamente codificados, se enviaron a los laboratorios de AQUALAB Cusco para el análisis de nutrientes.

3.3.6. PREPARACION Y APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

3.3.6.1. Gasto de Agua

Para obtener la cantidad exacta del gasto de agua se realizaron dos pruebas en blanco, los cuales consistieron en llenar la regadera Asperjadora en sus 5 litros de capacidad, y la segunda prueba con 3 litros de agua, procediéndose a asperjar todo un tratamiento (1.2 m²), tratando de cubrir la pila en tratamiento con el agua; terminado de asperjar. Se utilizó en el primer volteo 20 litros y finalmente en el segundo volteo 10 litros de agua, haciendo un total de 38 litros de agua en una pila de 1.2 m². La determinación de la prueba en blanco para calcular la cantidad de agua fue necesaria con la finalidad de saber la cantidad exacta de agua por tratamiento, humedeciéndose uniformemente las pilas. Resumiéndose seguidamente:

- 8 l H₂O / 1.2 m² x pila en la instalación de investigación.
- 20 l H₂O / 1.2 m² x pila en el primer volteo del compost.
- 10 l H₂O / 1.2 m² x pila en el segundo volteo del compost.

3.3.6.2. Cálculo y dosis de los biodegradantes

El cálculo se realizó en tres dosis alta, media y baja. Como el volumen de agua para la instalación en promedio es de 8 litros, para cada tratamiento se preparó el biodegradante, disolviéndose uniformemente. Luego se aplicó en el material orgánico (M.O) conformado en una pila en estudio; según la dosis. (Cuadro 3.7).

Cuadro 3.7.- Dosis del Biodegradante / Inoculante.

TRATAMIENTO	Acción	Nombre comercial	agua / pila	TRATAMIENTO	CONCENTRACION
A1	Inoculante biológico	Azotolam P.M	8l	25 g	250 g
A2	Inoculante biológico	Azotolam P.M	8l	50 g	500 g
A3	Inoculante biológico	Azotolam P.M	8l	75 g	750 g
B1	Inoculante biológico	Biospeed S.C	8l	10 ml	100 ml
B2	Inoculante biológico	Biospeed S.C	8l	20 ml	200 ml
B3	Inoculante biológico	Biospeed S.C	8l	30 ml	300 ml
C1	Inoculante biológico	EM Compost S.C	8l	5 ml	50 ml
C2	Inoculante biológico	EM Compost S.C	8l	10 ml	100 ml
C3	Inoculante biológico	EM Compost S.C	8l	15 ml	150 ml
T	Sin inoculante	Testigo		-	-

Fuente: Cabrera J. 2010

3.3.6.3. Aplicación de los Tratamientos.

La aplicación de los tratamientos se realizó el mismo día de la instalación de las pilas siendo, el 06 de Agosto del 2010, para lo cual se utilizó una regadera Asperjadora manual de 5 litros de capacidad provista con una boquilla abertura de 2 ml, por ser la más conveniente para este tipo de labor. Se aplicó la inoculación de los productos mediante aspersiones aplicándose por única vez la dosis en estudio, efectuándose en horas de la tarde (15:00); Así mismo las aspersiones se realizaron a la parte de encima (camellón) tratando de asperjar toda el área de la pila o montículo formado. En todas las aplicaciones fue necesario el uso de implementos de Equipo de protección para operador de campo.

3.3.7. PARÁMETROS EVALUADOS

3.3.7.1. Temperatura

Se tomaron los registros de temperaturas cada día, desde el primer momento de la instalación de las pilas o montículos de material orgánico (06 de agosto) hasta el momento de la obtención del producto, el compost (25 de octubre).

Se realizó tres mediciones de la temperatura cada día, a las 7:00 am, 12:00 am y 17:00 pm, siendo las temperaturas de medio día la más importante. Se utilizó un termómetro especial para compost de 20 pulgadas de largo con escala de 00° - 110°C, que se colocó al centro de montículo por 5 minutos.

3.3.7.2. Número de días a la obtención del compost

Se contabilizó el número de días, desde el primer día de la instalación de los montículos o pilas de materia orgánica hasta el día de la obtención del producto.

3.3.7.3. Peso del compost en kilogramos.

Una vez obtenido el producto final (compost), se procedió a realizar el pesado de cada montículo en Kg, que inicialmente tenía 100 Kg de material orgánico. Se utilizó una balanza de 50 Kg de capacidad marca "Atlas", para determinar el peso se consideró el peso intermedio.

3.3.7.4. Granulometría %

De cada montículo de compost, se tomó una muestra 20 Kg. el que fue zarandeado en un tamiz de diámetro 10 mm, cuyo medida de la zaranda fue de 1 m x 0.6 m. La granulometría se determinó por el porcentaje de compost que no pasó el tamiz, partículas mayores a 10 mm, para esto se utilizó una balanza graduada en kilogramos.

3.3.7.5. Análisis Químico

Para el análisis químico para cada tratamiento y por cada bloque, se tomó una muestra de 1 kg, haciendo un total de 4 kg; después de obtener una muestra homogénea se extrajo una muestra de 1 kg, haciendo un total de 10 kg por todo el experimento. Las 10 muestras individuales se llevó al laboratorio AQUALAB, evaluándose:

1. Humedad
2. Materia orgánica
3. Carbonato
4. pH:
5. Nitrógeno total
6. Nitrógeno amoniacal (olor)
7. Nitrógeno nitrato NO_3
8. Relación Carbono/Nitrógeno
9. Relación carbono/nitrógeno
10. Fósforo (P) P_2O_5
11. Potasio (K) K_2O
12. Conductibilidad eléctrica.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. TEMPERATURAS

4.1.1.1. Temperatura en °C a los 07 días.

Cuadro 4.1.- Cuadro ordenado de resultados para la temperatura en °C, a los 07 días.

Trat. Bloque	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	T	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	50	55	52	54	55	56	55	56	55	55	543.00
II	57	48	55	55	56	51	56	58	59	57	552.00
III	54	56	51	57	54	52	54	55	56	60	549.00
IV	54	59	55	60	57	60	59	59	61	65	589.00
Σ	215.00	218.00	213.00	226.00	222.00	219.00	224.00	228.00	231.00	237.00	2233.00
Prom.	53.75	54.50	53.25	56.50	55.50	54.75	56.00	57.00	57.75	59.25	55.83

Fuente: Cabrera J. 2012

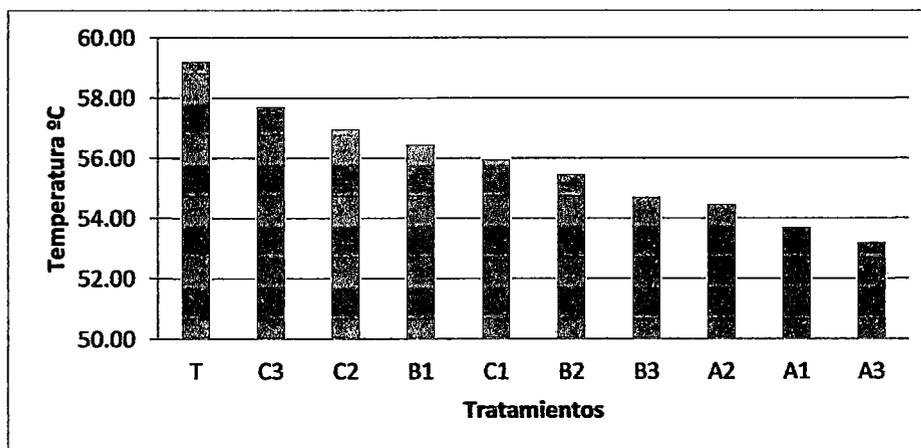


Figura 4.1.- Temperatura en °C a los 07 días según tratamientos.

Cuadro 4.2.- Análisis de Variancia para temperatura en °C, a los 07 días.

F de V	GL	SC	CM	FC	5%	
					Ft	Signf.
Bloques	3	130.275	43.425	7.690	2.96	*
Tratamientos	9	125.025	13.892	2.460	2.25	*
Error	27	152.475	5.647			
Total	39	407.775			CV: 4.26	

En el cuadro 4.2 muestra que existe diferencia estadística significativa al 95% de certeza para bloques y para tratamientos.

El coeficiente de variabilidad (CV) es 4.26% valor bajo que está dentro de los parámetros aceptados.

Cuadro 4.3.- Prueba de Tukey para la temperatura en °C, a los 07 días.

Orden de merito	Tratamientos		Temperatura Promedio	Tukey 5%
	Nº	Clave		
1	10	T	59.25	a
2	9	C3	57.75	a b
3	8	C2	57.00	a b
4	4	B1	56.50	a b
5	7	C1	56.00	a b
6	5	B2	55.50	a b
7	6	B3	54.75	a b
8	2	A2	54.50	a b
9	1	A1	53.75	a b
10	3	A3	53.25	b

Fuente: Cabrera J. 2012

De acuerdo a la prueba de tukey al 95 % de certeza, comparando el parámetro temperatura; el tratamiento T (testigo) es estadísticamente superior en relación a los demás tratamientos, alcanzando una Temperatura de 59.25 °C a los 7 días.

4.1.1.2. Temperaturas en °C a los 10 días

Cuadro 4.4.- Cuadro ordenado de resultados para la temperatura en °C, a los 10 días.

Trat. Bloque	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	T	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	45	46	44	44	43	45	46	45	45	45	448.00
II	49	56	48	46	47	44	48	50	52	53	493.00
III	47	44	41	45	42	44	48	43	49	45	448.00
IV	49	57	48	47	44	45	48	46	49	53	486.00
Σ	190.00	203.00	181.00	182.00	176.00	178.00	190.00	184.00	195.00	196.00	1875.00
Prom.	47.50	50.75	45.25	45.50	44.00	44.50	47.50	46.00	48.75	49.00	46.88

Fuente: Cabrera J. 2012

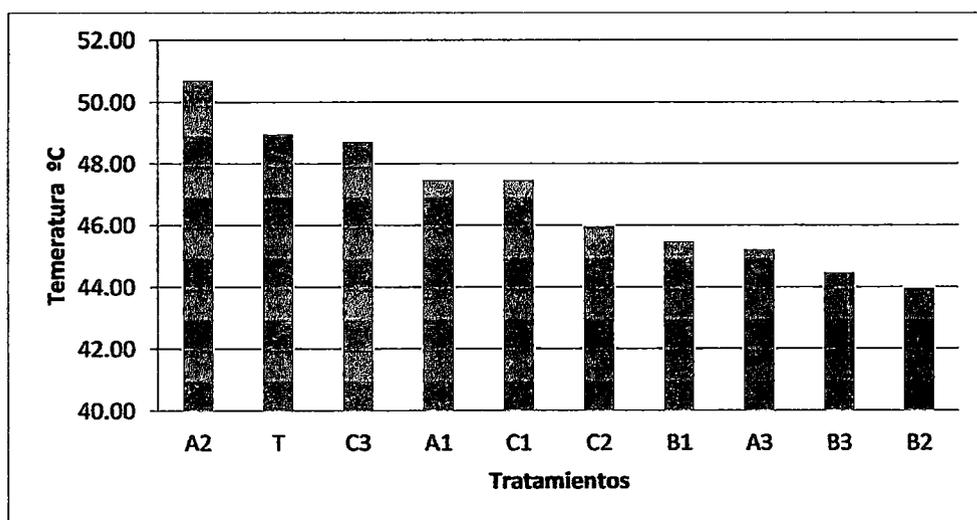


Figura 4.2.- Temperatura °C a los 10 días según tratamientos.

Cuadro 4.5.- Análisis de Variancia para la temperatura en °C, a los 10 días.

F de V	GL	SC	CM	FC	5%	
					Ft	Signf.
Bloques	3	174.675	58.225	10.950	2.96	*
Tratamientos	9	172.125	19.125	3.597	2.25	*
Error	27	143.575	5.318			
Total	39	490.375			CV: 4.92	

Fuente: Cabrera J. 2012

El cuadro 4.5 muestra que existe diferencia estadística significativa al 95% de certeza para tratamientos y bloques. El coeficiente de variabilidad (CV) es 4.92 %.

Cuadro 4.6.- Prueba de Tukey para la temperatura en °C, a los 10 días.

Orden de merito	Tratamientos		Temperatura Promedio	Tukey 5%
	Nº	Clave		
1	2	A2	50.75	a
2	10	T	49.00	a b
3	9	C3	48.75	a b
4	1	A1	47.50	a b
5	7	C1	47.50	a b
6	8	C2	46.00	a b
7	4	B1	45.50	a b
8	3	A3	45.25	a b
9	6	B3	44.50	b
10	5	B2	44.00	b

Fuente: Cabrera J. 2012

Según la prueba de tukey al 95 % de certeza, comparando las temperaturas de las diferentes pilas a los 10 días, el tratamiento A2 (Azotolam 50 g) es estadísticamente superior en relación a los demás tratamientos.

4.1.1.3. Temperatura en °C a los 20 días

Cuadro 4.7.- Cuadro ordenado de resultados para la temperatura en °C, a los 20 días.

Trat.	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	T	
Bloque	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	43	47	47	43	46	45	44	44	44	44	447.00
II	43	43	49	41	44	43	45	41	40	44	433.00
III	43	41	45	42	45	44	49	41	40	45	435.00
IV	42	45	45	42	43	39	45	45	44	46	436.00
Σ	171.0	176.0	186.0	168.0	178.0	171.0	183.0	171.0	168.0	179.0	1751.00
Prom.	42.75	44.00	46.50	42.00	44.50	42.75	45.75	42.75	42.00	44.75	43.78

Fuente: Cabrera J. 2012

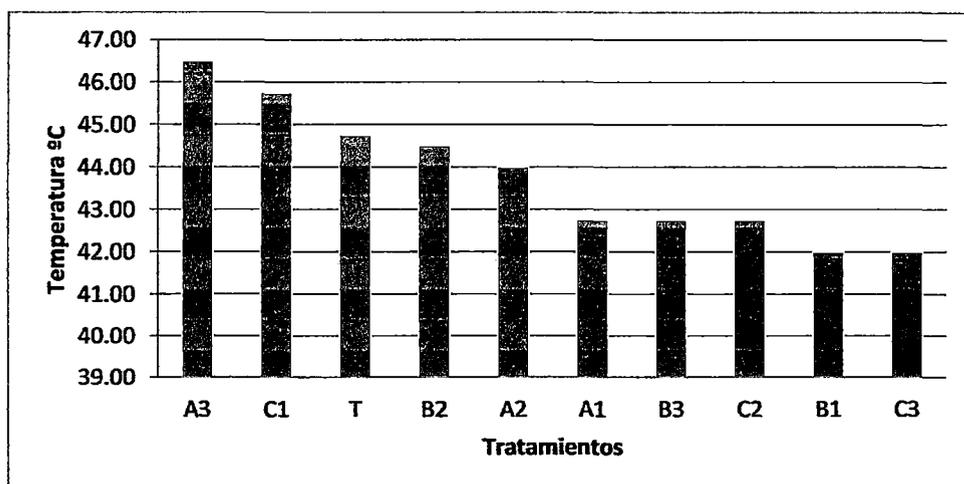


Figura 4.3.- Temperatura en °C a los 20 días según tratamientos.

Cuadro 4.8.- Análisis de variancia para la temperatura en °C, a los 20 días.

F de V	GL	SC	CM	FC	5%	
					Ft	Signf.
Bloques	3	11.875	3.958	1.138	2.96	NS
Tratamientos	9	89.225	9.914	2.851	2.25	*
Error	27	93.875	3.477			
Total	39	194.975			CV: 4.26	

Fuente: Cabrera J. 2012

El cuadro 4.8 muestra que existe diferencia estadística significativa al 95% de certeza para tratamientos. Y resultado no significativo para bloques. El coeficiente de variabilidad (CV) es 4.26%:

Cuadro 4.9.- Prueba de Tukey para la temperatura a los 20 días.

Orden de merito	Tratamientos		Temperatura Promedio	Tukey 5%
	Nº	Clave		
1	3	A3	46.50	a
2	7	C1	45.75	a
3	10	T	44.75	a
4	5	B2	44.50	a
5	2	A2	44.00	a
6	1	A1	42.75	a
7	6	B3	42.75	a
8	8	C2	42.75	a
9	4	B1	42.00	a
10	9	C3	42.00	a

Fuente: Cabrera J. 2012

De acuerdo a la prueba de tukey al 95 % de certeza, comparando los parámetros de temperatura de las diferentes pilas a los 20 días, se observa que no existe diferencia estadística notoria, por lo que el comportamiento de los diferentes tratamientos es similar..

4.1.1.4. Temperatura a los 30 días

Cuadro 4.10.- Cuadro ordenado de resultados para la temperatura en °C, a los 30 días.

Trat. Bloque	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	T	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	38	41	42	39	45	44	44	42	44	38	417.00
II	43	42	44	41	39	42	41	42	40	42	416.00
III	39	44	37	38	40	42	42	42	40	43	407.00
IV	36	46	44	42	46	42	42	41	42	43	424.00
Σ	156.00	173.00	167.00	160.00	170.00	170.00	169.00	167.00	166.00	166.00	1664.00
Prom.	39.00	43.25	41.75	40.00	42.50	42.50	42.25	41.75	41.50	41.50	41.60

Fuente: Cabrera J. 2012

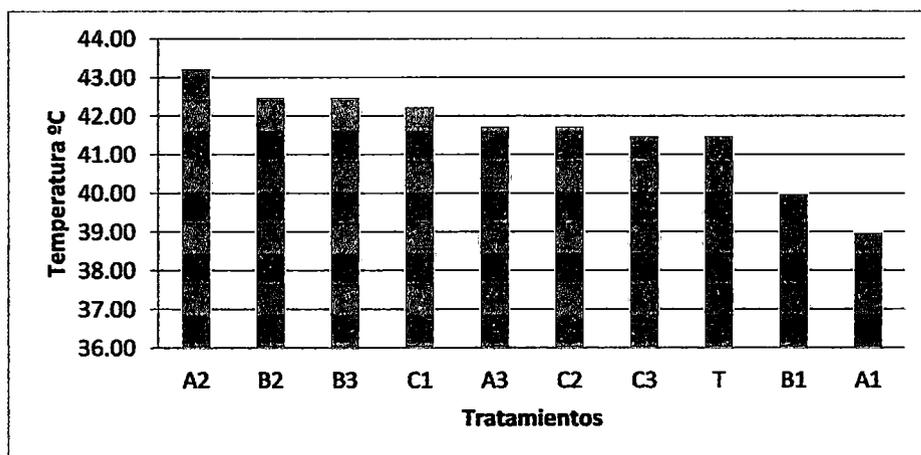


Figura 4.4.- Temperatura en °C a los 30 días según tratamientos

Cuadro 4.11.- Análisis de Variancia para la temperatura en °C, a los 30 días.

F de V	GL	SC	CM	FC	5%	
					Ft	Signf.
Bloques	3	14.600	4.867	0.923	2.96	NS
Tratamientos	9	56.600	6.289	1.192	2.25	NS
Error	27	142.400	5.274			
Total	39	213.600				

CV: 5.52

Fuente: Cabrera J. 2012

El cuadro 4.11 muestra que no existe diferencia estadística significativa al 95% de certeza tanto para bloques y tratamientos.

El coeficiente de variabilidad (CV) es 5.52%.

4.1.1.5. Temperatura °C a los 40 días

Cuadro 4.12.- Cuadro ordenado de resultados para la temperatura en °C, a los 40 días.

Trat. Bloque	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	T	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	36	41	41	39	42	41	41	41	40	43	405.00
II	35	40	40	41	41	42	39	42	37	42	399.00
III	39	39	41	39	41	39	40	37	40	42	397.00
IV	42	41	41	39	40	41	41	37	41	42	405.00
Σ	152.0	161.0	163.0	158.0	164.0	163.0	161.0	157.0	158.0	169.0	1606.00
Prom.	38.00	40.25	40.75	39.50	41.00	40.75	40.25	39.25	39.50	42.25	40.15

Fuente: Cabrera J. 2012

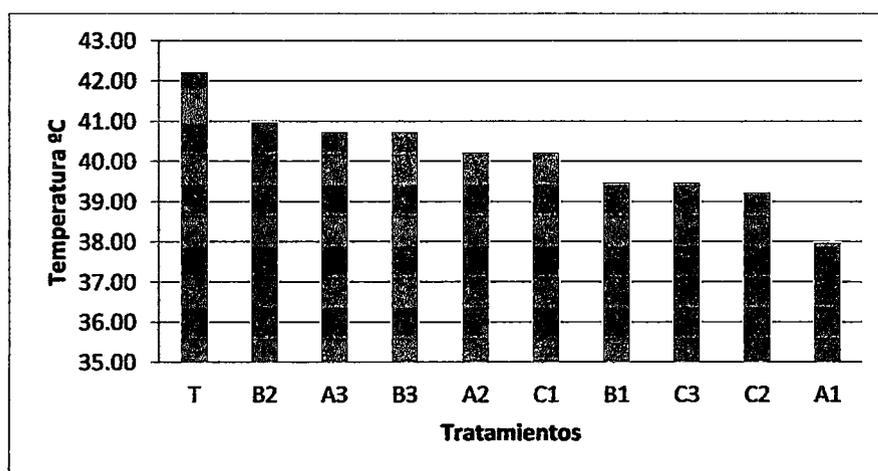


Figura 4.5.- Temperatura en °C a los 40 días según tratamientos

Cuadro 4.13.- Análisis de Variancia para la temperatura en °C, a los 40 días.

F de V	GL	SC	CM	FC	5%	
					Ft	Signf.
Bloques	3	5.100	1.700	0.643	2.96	NS
Tratamientos	9	48.600	5.400	2.042	2.25	NS
Error	27	71.400	2.644			
Total	39	125.100			CV: 4.05	

Fuente: Cabrera J. 2012

El cuadro 4.13 muestra que no existe diferencia estadística significativa al 95% de certeza para bloques y tratamientos.

El coeficiente de variabilidad es 4.05%.

4.1.1.6. Temperatura en °C a los 50 días

Cuadro 4.14.- Cuadro ordenado de resultados para la Temperatura a los 50 días.

Trat. Bloque	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	T	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	39	37	39	39	37	38	37	36	38	40	380.00
II	36	38	37	38	36	37	37	36	37	40	372.00
III	36	37	34	34	35	37	36	37	36	40	362.00
IV	35	38	37	38	38	37	37	37	39	38	374.00
Σ	146.0	150.0	147.0	149.0	146.0	149.0	147.0	146.0	150.0	158.0	1488.00
Prom.	36.50	37.50	36.75	37.25	36.50	37.25	36.75	36.50	37.50	39.50	37.20

Fuente: Cabrera J. 2012

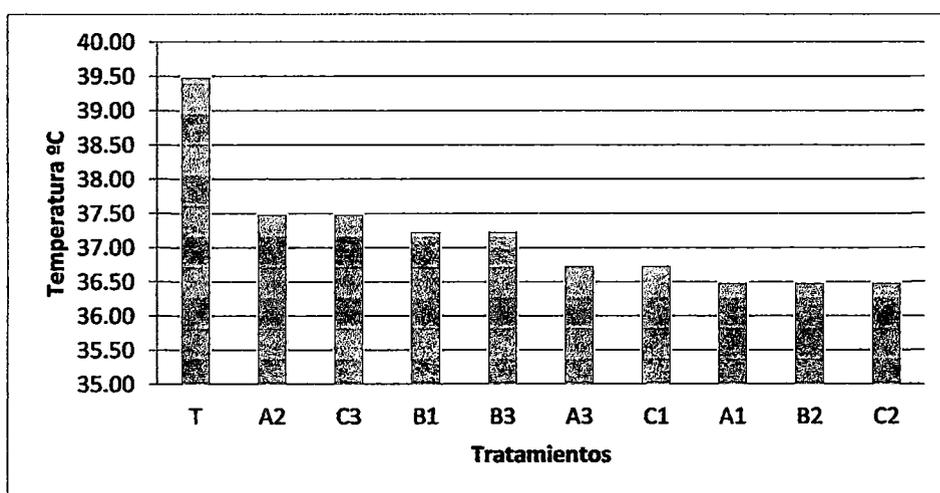


Figura 4.6.- Temperatura a los 50 días, según tratamientos.

Cuadro 4.15.- Análisis de variancia para la temperatura a los 50 días

F de V	GL	SC	CM	FC	5%	
					Ft	Signf.
Bloques	3	16.800	5.600	4.177	2.96	*
Tratamientos	9	29.400	3.267	2.436	2.25	*
Error	27	36.200	1.341			
Total	39	82.400				

Fuente: Cabrera J. 2012

El cuadro 4.15 muestra que existe diferencia estadística significativa al 95% de certeza para bloques y tratamientos. El coeficiente de variabilidad (CV) es 3.11%.

Cuadro 4.16.- Prueba de Tukey para la temperatura en °C, a los 50 días, según tratamientos.

Orden de merito	Tratamientos		Temperatura Promedio	Tukey 5%
	Nº	Clave		
1	10	T	39.50	a
2	2	A2	37.50	a b
3	9	C3	37.50	a b
4	4	B1	37.25	a b
5	6	B3	37.25	a b
6	3	A3	36.75	a b
7	7	C1	36.75	a b
8	1	A1	36.50	b
9	5	B2	36.50	b
10	8	C2	36.50	b

Según la prueba de tukey al 95 % de certeza comparando la temperatura de las diferentes pilas a los 50 días, se observa que los tratamientos C2 (EM –Compost 10ml), B2 (Biospeed 20ml) y A1 (Azotolam 25 g) son estadísticamente iguales, habiendo alcanzado el grado de madurez IV.

NUMERO DE DÍAS A LA OBTENCIÓN DEL COMPOST

Cuadro 4.17.- Cuadro ordenado de resultados para el número de días a la obtención del compost.

Trat. Bloque	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	T	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	64	62	60	60	52	52	72	73	68	78	641
II	66	62	58	58	52	55	70	73	67	80	641
III	65	63	58	58	53	55	72	74	66	82	646
IV	65	62	60	60	52	52	70	73	68	80	642
Σ	260	249	236	236	209	214	284	293	269	320	2570
Prom.	65.00	62.25	59.00	59.00	52.25	53.50	71.00	73.25	67.25	80.00	64.25

Fuente: Cabrera J. 2012

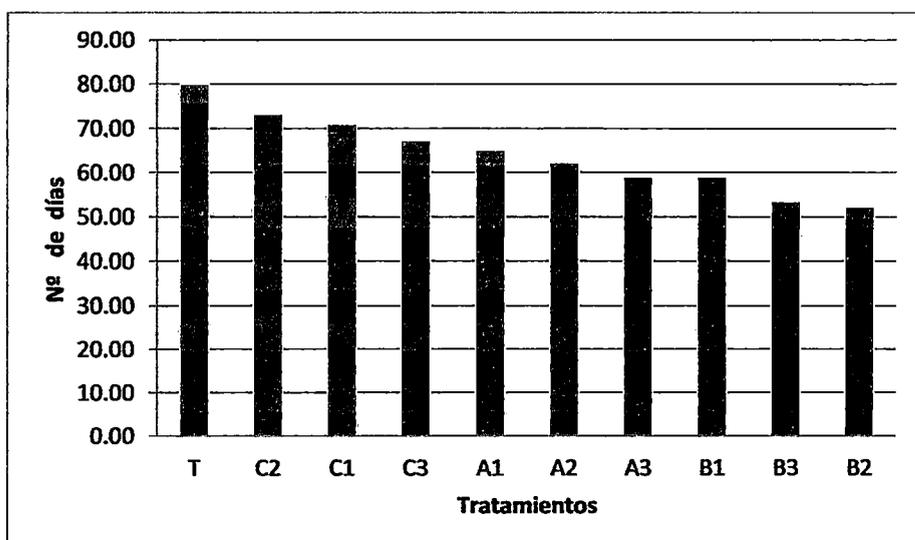


Figura 4.7.- Número de días a la obtención del compost, según tratamientos.

Cuadro 4.18.- Análisis de variancia para el número de días a la obtención del compost.

F de V	GL	SC	CM	FC	5%	
					Ft	Signf.
Bloques	3	1.7000	0.5667	0.4461	2.96	NS
Tratamientos	9	2811.5000	312.3889	245.9038	2.25	*
Error	27	34.3000	1.270			
Total	39	2847.5000			CV: 1.75	

Fuente: Cabrera J. 2012

El cuadro 4.17 muestra que existe diferencia estadística significativa al 95% de certeza para tratamientos, mientras que entre repeticiones no existió diferencia significativa.

El coeficiencia de variabilidad (CV) es 1.75%.

Cuadro 4.19.- Prueba de Tukey para el número de días a la obtención del compost, según tratamientos.

Orden de merito	Nº	Tratamientos		Tukey 5%
		Clave	Promedios	
1	10	T	80	a
2	8	C2	73	b
3	7	C1	71	c
4	9	C3	67	cd
5	1	A1	65	e
6	2	A2	62	f
7	3	A3	59	g
8	4	B1	59	h
9	6	B3	54	h
10	5	B2	52	i

Fuente: Cabrera J. 2012

De acuerdo a la prueba de tukey al 95 % de certeza en cuanto al número de días de obtención del compost, el tratamiento B2 (Biospeed SC 20 ml) se tiene que es superior estadísticamente en relación a los demás tratamientos, debido a que el proceso de compostaje se realizó en 52.25 días.

4.1.2. PESO DE COMPOST EN Kg

Cuadro 4.20.- Cuadro ordenado de resultados para el peso de compost, en kg.

Trat.	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	T	
Bloque	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	46.20	45.76	48.10	45.80	46.40	46.70	45.40	46.10	46.30	47.00	463.76
II	46.05	45.10	47.90	45.85	46.80	47.10	45.86	46.20	45.95	46.00	462.81
III	46.35	45.60	48.00	45.60	47.00	46.60	45.30	46.15	46.10	48.00	464.70
IV	45.08	45.90	47.65	44.90	46.90	46.35	45.66	46.08	46.05	46.50	461.07
Σ	183.7	182.4	191.7	182.2	187.1	186.8	182.2	184.5	184.4	187.5	1852.34
Prom.	45.92	45.59	47.91	45.54	46.78	46.69	45.56	46.13	46.10	46.88	46.31

Fuente: Cabrera J. 2012

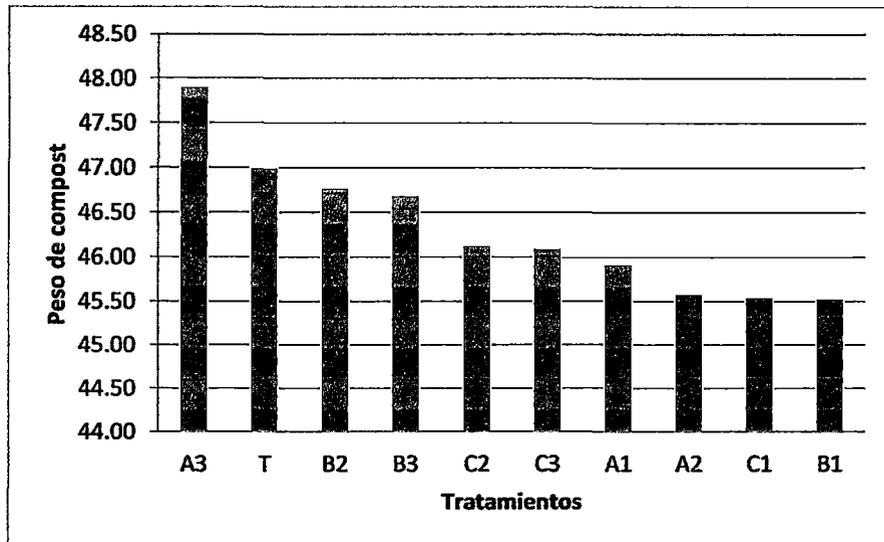


Figura 4.8.- Peso de compost en kilogramo, según tratamiento.

Cuadro 4.21.- Análisis de Variancia para el peso de compost, en Kg.

F de V	GL	SC	CM	FC	5%	
					Ft	Signf.
Bloques	3	0.7200	0.2400	1.5163	2.96	NS
Tratamientos	9	20.6353	2.2928	14.4862	2.25	*
Error	27	4.2734	0.158			
Total	39	25.6287			CV: 0.86	

Fuente: Cabrera J. 2012

El cuadro 4.20 muestra que existe diferencia estadística significativa al 95% de certeza para tratamientos. Y resultado no significativo para bloques. La media general fue 46.31 kg/1 pila.

El coeficiente de variabilidad (CV) es 0.86%.

Cuadro 4.22.- Prueba de Tukey para el peso en kg, según tratamientos.

Orden de merito	Tratamientos		Promedios	Tukey 5%
	Nº	Clave		
1	3	A3	47.91	a
2	10	T	46.88	a b
3	5	B2	46.78	b c
4	6	B3	46.69	b c d
5	8	C2	46.13	c d
6	9	C3	46.10	c d
7	1	A1	45.92	c d
8	2	A2	45.59	d
9	7	C1	45.56	d
10	4	B1	45.54	d

Según la prueba de tukey al 95 %de certeza, el tratamiento A3 (Azotolam 75 g) es estadísticamente superior a los demás tratamientos, dando un rendimiento de 47.91 kg.

4.1.3: GRANULOMETRÍA > 10 mm EN %

Cuadro 4.23.- Cuadro ordenado de resultados para la granulometría > 10 mm en %

Trat.	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	T	
Bloque	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
I	17.25	16.50	12.00	13.00	10.50	13.25	21.00	25.50	23.50	33.25	185.75
II	17.75	17.50	13.00	13.00	12.25	12.50	24.00	25.00	21.50	30.50	187.00
III	15.50	15.00	10.25	11.50	9.50	11.50	21.75	22.00	21.00	34.75	172.75
IV	15.50	14.50	10.50	11.25	8.50	11.50	23.00	21.75	21.00	33.75	171.25
Σ	66.0	63.5	45.8	48.8	40.8	48.8	89.8	94.3	87.0	132.3	716.75
Prom.	16.50	15.88	11.44	12.19	10.19	12.19	22.44	23.56	21.75	33.06	17.92

Fuente: Cabrera J. 2012

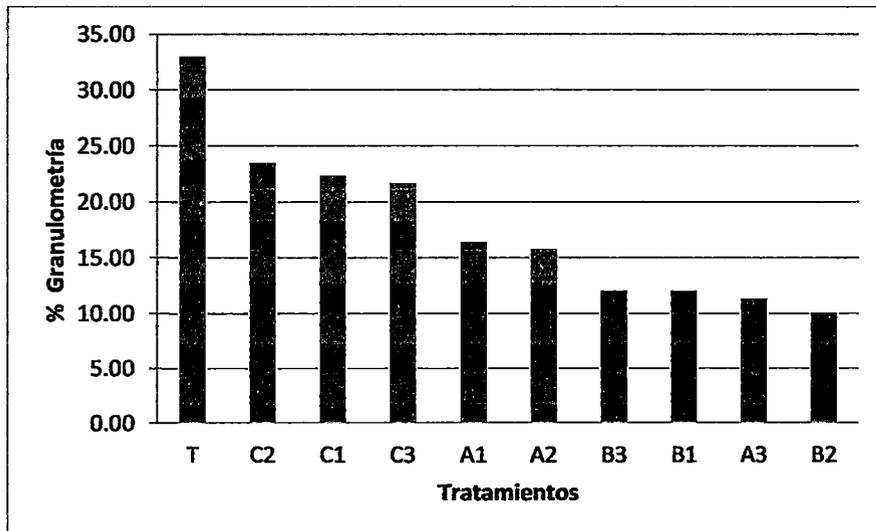


Figura 4.9.- Porcentaje de granulometría < 10 mm, según tratamientos

Cuadro 4.24.- Análisis de Variancia para la granulometría > 10 mm en %

F de V	GL	SC	CM	FC	5%	
					Ft	Signf.
Bloques	3	20.8547	6.9516	5.0003	2.96	*
Tratamientos	9	1879.7828	208.8648	150.2386	2.25	*
Error	27	37.5359	1.390			
Total	39	1938.1734			CV: 6.58	

Fuente: Cabrera J. 2012

El cuadro 4.23 muestra que existe diferencia estadística significativa al 95 % de certeza para bloques y tratamientos.

El coeficiente de variabilidad (CV) es 6.58%,

Cuadro 4.25.- Prueba de Tukey para la granulometría > 10 mm en %, según tratamientos.

Orden de merito	Tratamientos			Tukey 5%
	Nº	Clave	Promedios	
1	10	T	33.06	a
2	8	C2	23.56	b
3	7	C1	22.44	b c
4	9	C3	21.75	b c
5	1	A1	16.50	d e
6	2	A2	15.88	e
7	6	B3	12.19	f
8	4	B1	12.19	g h
9	3	A3	11.44	g h i
10	5	B2	10.19	j

Fuente: Cabrera J. 2012

Según la prueba de tukey al 95 % de certeza se desprende que el tratamiento B2 (Biospeed 20 ml) es estadísticamente superior a los demás tratamientos, debido a que presento menor porcentaje de granulometría > 10 mm., demostrando así que es el que contiene mayor degradación en relación a los otros tratamientos, encontrándose en un buen estado de degradación al momento de la cosecha del compost.

4.1.4. ANÁLISIS QUÍMICO

Cuadro 4.26.- Cuadro ordenado de resultados para el contenido de humedad %

Orden de merito	Tratamientos		Humedad %
	Nº	Clave	
1	6	A1	55.00
2	7	B3	52.20
3	3	A3	50.70
4	9	T	48.90
5	10	B1	46.50
6	2	C1	46.50
7	1	A2	42.90
8	8	C2	42.50
9	4	B2	40.50
10	5	C3	32.50

Fuente: AQUALAB; 2010.

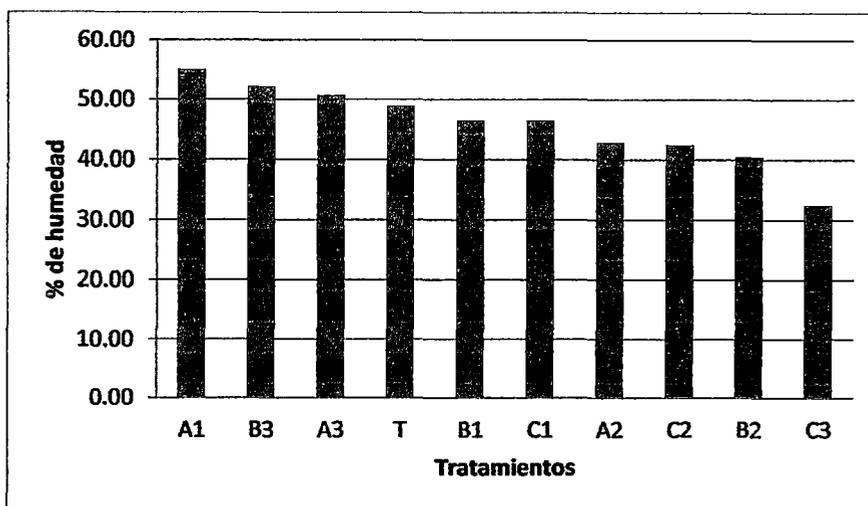


Figura 4.10. Contenido de humedad %, según tratamientos.

En cuanto al porcentaje de humedad el tratamiento A2 (Azotolam 50 g), C2 (EM – Compost 10 ml) y B2 (Biospeed 20 ml) se encuentran dentro del rango óptimo de humedad.; siendo el óptimo de 40 – 45 % de humedad según (Bioagro 2011).

Cuadro 4.27.- Cuadro ordenado de resultados para el contenido de materia orgánica %.

Orden de merito	Tratamientos		Materia Orgánica %
	Nº	Clave	
1	2	A2	34.40
2	7	C1	31.40
3	9	C3	30.70
4	1	A1	30.60
5	8	C2	28.90
6	10	T	26.80
7	4	B1	24.40
8	6	B3	22.50
9	3	A3	21.10
10	5	B2	17.10

Fuente: AQUALAB, 2010.

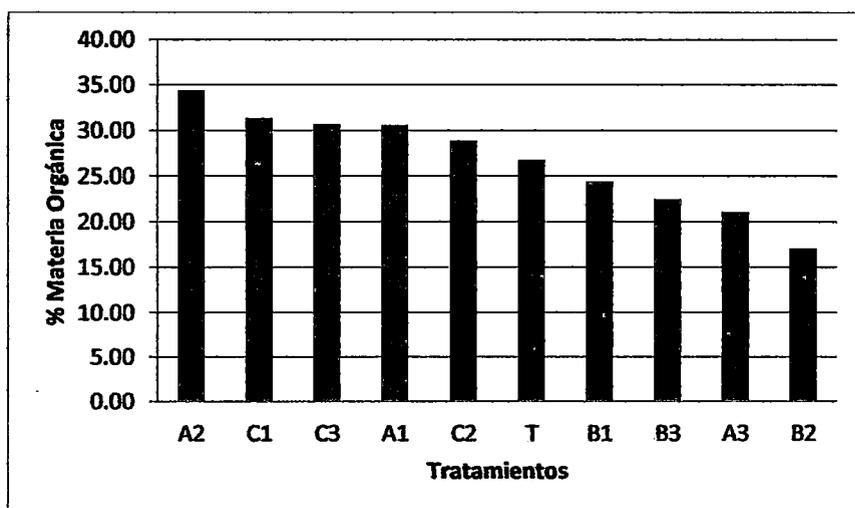


Figura 4.11.- Contenido de Materia Orgánica en %, según tratamientos.

En lo referente al porcentaje de materia orgánica los parámetros ideales están comprendidos entre 15 al 23 % (Bioagro 2011), valores mayores demuestran que estas aún no han sido compostados por lo que el tratamiento B2 (Biospeed 20 ml), A3 (Azotolam 75 g) y B3 (Biospeed 30 ml) son mejores en comparación a los demás tratamientos.

Cuadro 4.28.- Cuadro ordenado de resultados para el pH.

Orden de mérito	Tratamientos		pH
	Nº	Clave	
1	7	C1	7.90
2	6	B3	7.80
3	10	T	7.80
4	3	A3	7.50
5	8	C2	7.50
6	1	A1	7.40
7	4	B1	7.40
8	2	A2	7.30
9	5	C3	7.20
10	9	B2	7.20

Fuente: AQUALAB, 2010.

En el cuadro 4.28 se observa que los tratamientos C3 (EM – Compost) y B2 (Biospeed 20 ml) son los que mejores pH obtuvieron, considerándose óptimos de 6.8 – 7.2 pH, catalogados como de pH neutro - ligeramente alcalino, dentro de la composición físico – químico media del compost. Según Bioagro (2011).

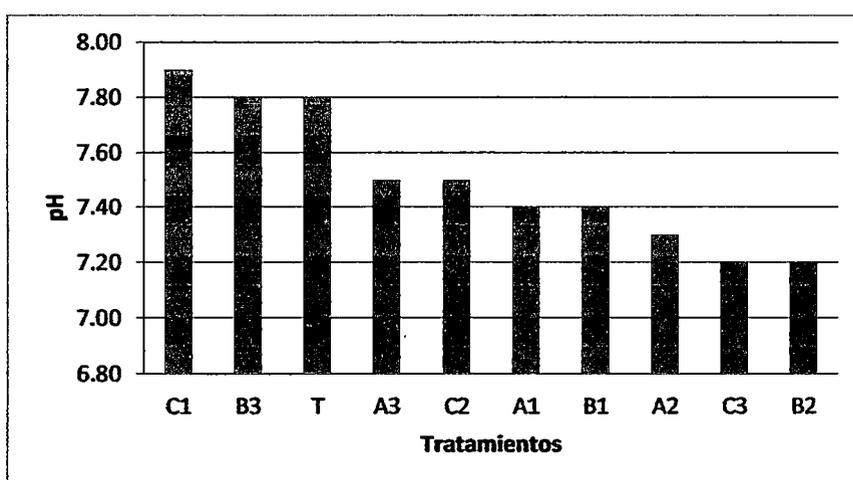


Figura 4.12.- Resultado de pH, según tratamientos.

Cuadro 4.29.- Cuadro ordenado de resultados para el contenido de nitrato NO₃ %.

Orden de merito	Tratamientos		Nitrato (NO ₃) %
	Nº	Clave	
1	2	A2	0.30
2	6	B3	0.30
3	5	B2	0.27
4	8	C2	0.21
5	1	A1	0.20
6	9	C3	0.20
7	7	C1	0.19
8	3	A3	0.18
9	4	B1	0.17
10	10	T	0.10

Fuente: AQUALAB, 2010.

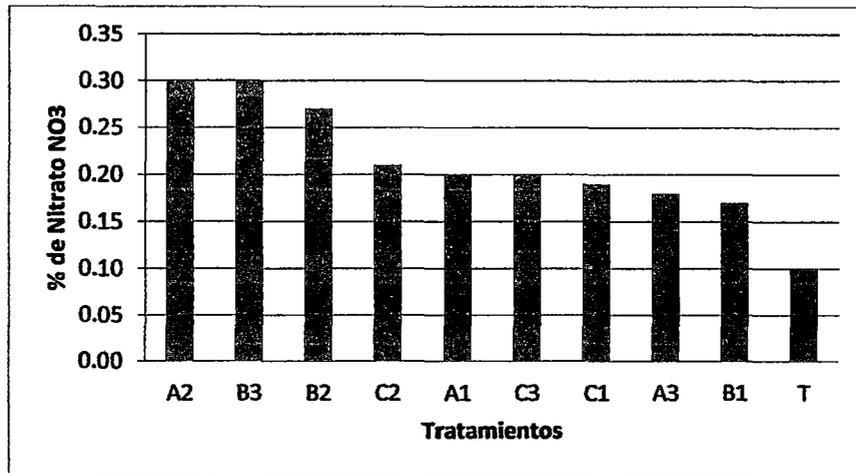


Figura 4.13.- Contenido de nitrato NO₃ %, según tratamientos.

En el cuadro 4.29 se observa que el tratamiento 2 (0.3%), 6 (0.3%) y 5 (0.27%) presentan el mayor porcentaje de nitrato, y luego los demás tratamiento con menores porcentajes, terminando en el tratamiento 10 (testigo) con el porcentaje más bajo 0.10% de nitrato. Para contenido de nitrato, Califica alto encima de 0.18%, UNALM (2011).

Cuadro 4.30.- Cuadro ordenado de resultados para la relación carbono nitrógeno (C/N).

Orden de merito	Tratamientos		Relación C/N
	Nº	Clave	
1	8	C2	8.20
2	10	T	8.20
3	7	C1	6.50
4	2	A2	6.46
5	1	A1	6.32
6	4	B1	5.63
7	9	C3	5.50
8	3	A3	4.90
9	6	B3	3.32
10	5	B2	2.70

Fuente: AQUALAB, 2010.

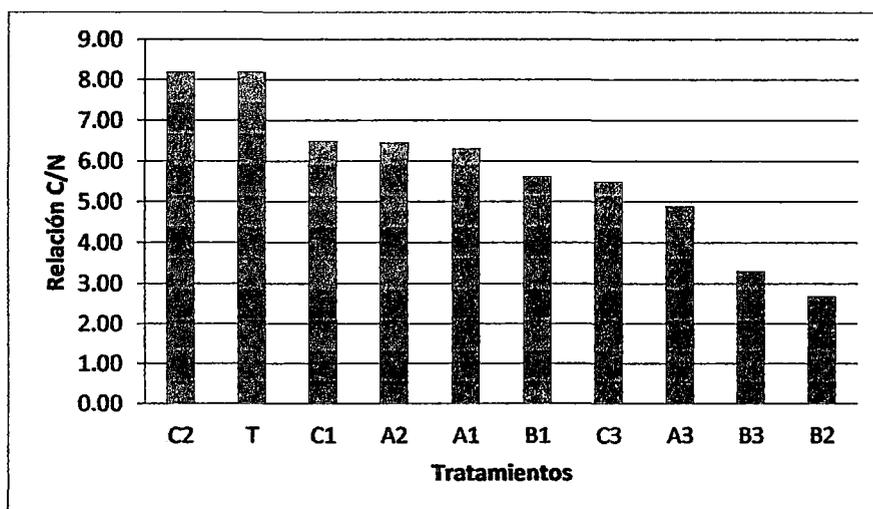


Figura 4.14.- Relación de carbono nitrógeno (C/N), según tratamientos.

En cuanto a la relación C/N esta expresado en proporciones, siendo la mejor relación 10/1 – 15/1, etapa en que se da la liberación de nitrógeno por que los resultados obtenidos son muy bajos, siendo en este caso el mayor el tratamiento C2 (EM – Compost), y de menor relación C/N al tratamiento B2 (Biospeed 20 ml) con 2.7; la descomposición continua hasta un nivel estable donde la C:N es aproximadamente 5, que es la que corresponde a la composición del humus, según Rodríguez (1982).

Cuadro 4.31.- Cuadro ordenado de resultados para el contenido de Fósforo (P) P₂O₅, en ppm.

Orden de merito	Tratamientos		Fósforo (P) P ₂ O ₅ mg/100	Fósforo (P) P ₂ O ₅ ppm
	Nº	Clave		
1	5	B2	170.00	742.25
2	4	B1	160.00	698.60
3	1	A1	115.00	502.11
4	6	B3	112.00	489.01
5	10	T	70.00	305.63
6	2	A2	55.00	240.14
7	3	A3	53.00	231.41
8	9	C3	48.00	209.57
9	8	C2	42.50	185.56
10	7	C1	40.00	174.65

Fuente: AQUALAB, 2010.

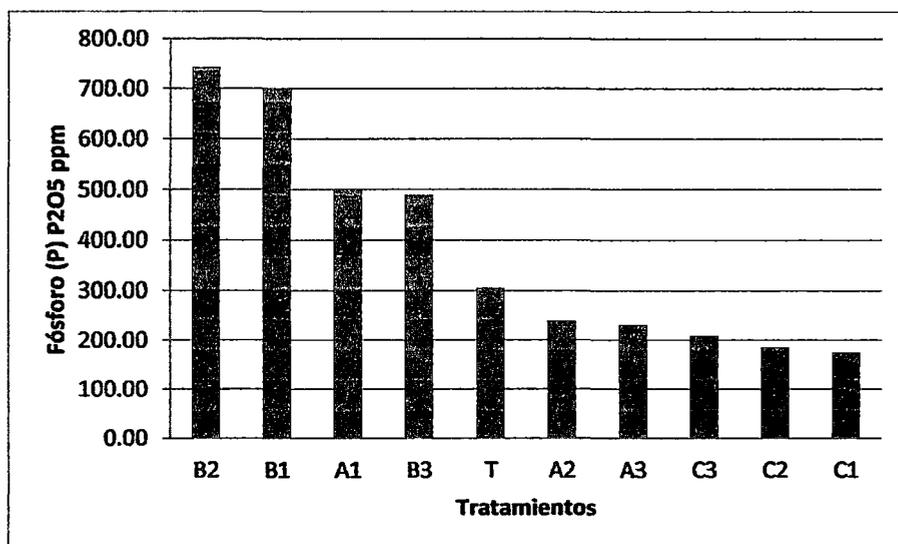


Figura 4.15.- Contenido de fósforo P₂O₅ ppm, según tratamientos.

Los valores de fósforo son altos, considerándose que el tratamiento B2 (Biospeed 20 ml), B1 (Biospeed 10ml), A1 (Azotolam 75 g) y B3 (Biospeed 30 ml) en cuanto a su contenido de P₂O₅ en ppm, son considerados muy altos, según UNALM (2011).

Cuadro 4.32.- Cuadro ordenado de resultados para el contenido de Potasio (K) K₂O, en ppm.

Orden de merito	Tratamientos		Potasio (K) K ₂ O mg/100	Potasio (K) K ₂ O ppm
	Nº	Clave		
1	10	T	8.20	67.97
2	8	C2	8.20	67.97
3	1	A1	8.10	67.15
4	2	A2	8.10	67.15
5	7	C1	6.50	53.88
6	4	B1	5.50	45.59
7	9	C3	5.50	45.59
8	3	A3	5.40	44.76
9	5	B2	5.40	44.76
10	6	B3	5.40	44.76

Fuente: AQUALAB, 2010.

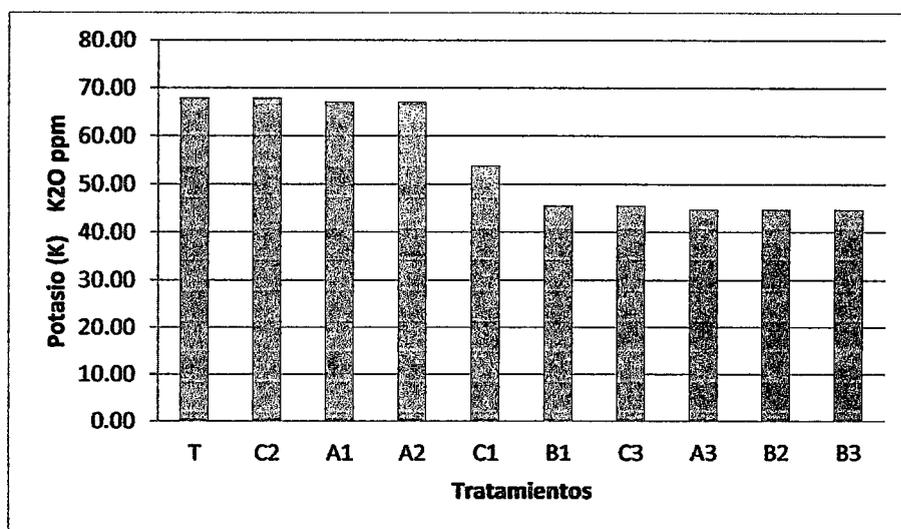


Figura 4.16.- Contenido de potasio K₂O ppm, según tratamientos.

En lo referente al potasio; el tratamiento T (testigo), es el mejor, en comparación a los demás, pero todos están considerados bajos en potasio; las cantidades de potasio son menores cuando existe altas concentraciones de fósforo en el suelo, según Fulchieri (1992).

Cuadro 4.33.- Cuadro ordenado de resultados del análisis químico de compost.

Determinación	Unid.	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	T
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Humedad	%	52.00	42.90	50.70	46.50	40.50	52.20	46.50	42.50	32.50	48.90
Materia Seca:											
Ceniza	%	69.40	65.60	78.90	75.60	82.90	77.50	68.60	71.10	69.30	73.20
Materia Orgánica M.O.	%	30.60	34.40	21.10	24.40	17.10	22.50	31.40	28.90	30.70	26.80
carbonatos CaCO ₃	%	0.44	0.07	0.16	0.05	0.10	0.13	0.23	0.14	0.17	0.16
pH	-	7.40	7.30	7.50	7.40	7.20	7.80	7.90	7.50	7.20	7.80
Nitrógeno (N) total	%	2.80	3.08	2.52	2.52	3.64	3.92	2.80	2.80	3.08	1.68
Nitrógeno amoniacal (olor)	%	0.07	0.08	0.06	0.06	0.09	0.10	0.07	0.08	0.08	0.04
Nitrógeno - nitrato	%	0.20	0.30	0.18	0.17	0.27	0.30	0.19	0.21	0.20	0.10
Carbono	%	17.70	19.90	12.30	14.20	9.90	13.00	18.20	16.80	17.80	15.50
Relación C/N	-	6.32	6.46	4.90	5.63	2.70	3.32	6.50	8.20	5.50	8.20
Fósforo (P) P ₂ O ₅	mg/100	115.00	55.00	53.00	160.00	170.00	112.00	40.00	42.50	48.00	70.00
Potasio (K) K ₂ O	mg/100	8.10	8.10	5.40	5.50	5.40	5.40	6.50	8.20	5.50	8.20
Conductividad eléctrica	mS/cm	11.04	11	8.2	11.12	10.52	11.16	12.5	16.6	14.3	14.9

Fuente: Laboratorio AQUALAB-Cusco 2010.

4.1.5. ANALISIS BENEFICIO COSTO ECONÓMICO.

Cuadro 4.34.- Análisis económico en la producción de una tonelada de compost, según tratamientos, en Santa Ana – La Convención 2010.

Tratam.	Costo de producción	5%	Costo Real	Valor venta S/.	Beneficio Neto S/. Tn	B/C	Nº días a la cosecha
B 2	911.40	45.57	956.97	1750.00	793.03	1.8	52
B 3	1060.00	53.00	1113.00	1550.00	437.00	1.4	53
A 2	1140.00	57.00	1197.00	1600.00	403.00	1.3	62
A 1	1040.00	52.00	1092.00	1450.00	358.00	1.3	65
B 1	990.00	49.50	1039.50	1360.00	320.50	1.3	59
A 3	1200.00	60.00	1260.00	1660.00	400.00	1.3	59
C 3	1060.00	53.00	1113.00	1390.00	277.00	1.2	67
C 2	970.00	48.50	1018.50	1200.00	181.50	1.2	73
C 1	920.00	46.00	966.00	1180.00	214.00	1.2	71
T	475.00	23.75	498.75	500.00	1.25	1.0	80

Fuente: Cabrera J. 2012

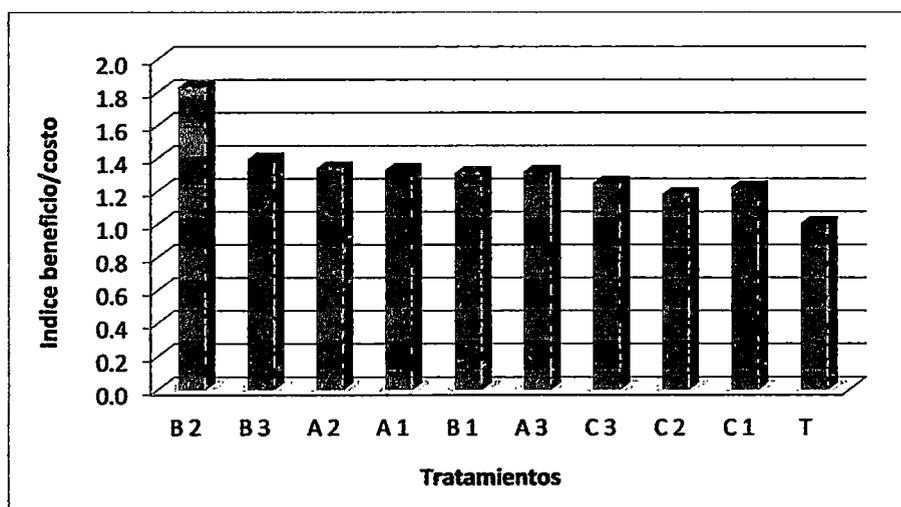


Figura 4.17.- Relación beneficio costo en la producción de compost, según tratamientos:

En el cuadro 4.34 se observa que el tratamiento B2 presenta el índice más alto (1.8) en la relación de beneficio/costo (B/C), donde se obtuvo una economía de S/ 793.03 nuevos soles de utilidad, que se interpreta, que por cada S/ 1.00 nuevo sol invertido se recupera S/ 0.80 nuevos soles. Seguidamente el tratamiento B3 (1.4 B/C), luego A2 (1.3 B/C). Habiendo superado al testigo (T) con 1 B/C siendo el índice más bajo.

4.2. DISCUSIONES

4.2.1. TEMPERATURA

El comportamiento de los diferentes niveles de temperatura a los 7 días, se observó que el tratamiento T (testigo) resultó ser el más elevado, siendo este de 59.25 °C en cambio a los 10 días el tratamiento A2 (Azotolam 50 g) fue estadísticamente superior con una temperatura de 50.75 °C en relación a los demás tratamientos, tal como afirma Frioni (1999) y Mark Coyne (2000), estas temperaturas optimas pertenecen a la etapa termófila; a los 20 días no se observó diferencias entre los tratamientos, de igual forma a los 30 días y 40 días no existe significancia entre tratamientos y finalmente a los 50 días se observó que los tratamientos C2 (EM –Compost 10ml), B2 (Biospeed 20ml) y A1 (Azotolam 25 g) son estadísticamente iguales al 95 % de certeza según tukey; habiendo alcanzado el grado de madurez IV, según Röben (2002). Temperaturas inferiores a 40 °C correspondiendo a la etapa mesófila o de enfriamiento, temperaturas mayores incrementaran la perdida de nitrógeno y por lo tanto la calidad de compost será menor. Según APROLAB (2007)

Por lo tanto; los diferentes niveles de temperatura obtenidos demuestran que existió actividad microbiana lo cual se demostró mediante el incremento de la temperatura en las distintas pilas, posteriormente con un descenso marcado de temperatura.

4.2.2. NÚMERO DE DÍAS A LA OBTENCIÓN DEL COMPOST

En los resultados obtenidos, que corresponde a los días transcurridos hasta la obtención del compost se presenta en el (cuadro 4.19), los mismos que variaron entre 52 y 80 días, se observa que los tratamientos B2 (Biospeed 20 ml) con 52 días y B3 (Biospeed 30 ml) con 54 días favorecieron con menor número de días para la obtención del compost.

Ya que estos dos tratamientos tuvieron acelerada degradación de la materia orgánica, sin presencia de olor amoniacal, de color marrón oscuro, resumiendo fue de mejor calidad; frente a los otros tratamientos, siendo considerados estos biodegradantes como los mejores en la obtención de compost. Es a la elevada concentración de bacterias lactobacillus acidophilus y azotobacter chroococcum. Según Frioni (1999)

Desde el punto de vista de los objetivos del presente trabajo se buscó reducir los 80 días utilizados en el testigo para compostar la materia orgánica en tan solo 52 días lo que se ve reflejado en el ahorro de jornales y mantenimiento; todo esto se traduce en mejoras económicas que van de la mano con la calidad de compost.

4.2.3. PESO EN KILOGRAMOS

En los resultados obtenidos, se observa que los tratamientos A3 (Azotolam 75gr) con 47.91 kg, T (testigo 00) con 46.88 kg, fueron los que mayor peso en kilogramos obtuvieron, seguidamente los tratamientos B2 (Biospeed 20 ml) con 46.78 kg y B3 (Biospeed 30 ml) con 46.69 kg, obtuvieron un peso intermedio de compost, Esto indica que un porcentaje de aproximadamente 50 - 60% del material original se pierde durante la fermentación por causa de la evaporación y digestión microbiológica según Roben (2002).

Mientras que B1 (Biospeed 10 ml) con promedio de 45.54 kg, el que ocupó el último lugar.

Para todos los tratamientos se partió de un mismo peso que fue de 100 kilogramos para cada pila, recibiendo 5 volteos o aireación durante el tiempo que duró la descomposición del compost.

4.2.4. GRANULOMETRÍA

En los resultados obtenidos, que corresponde a granulometría mayores a 10 mm, calculados en porcentaje, se presenta en el (cuadro 4.25); demostró que el tratamientos B2 (Biospeed 20 ml) con 10.19% de granulometría fue el que menor porcentaje de partículas mayores a 10 mm posee, conjuntamente con los tratamientos A3 (Azotolam 75 gr), B1 (Biospeed 10 ml) y B3 (Biospeed 30 ml) presentaron menor porcentaje de partículas mayores de 10 mm, demostrando así que es el que contiene mayor degradación en relación a los otros tratamientos. Con estos resultados se pudo observar que el efecto del biodegradante Biospeed en las 3 dosis utilizadas en la investigación, y el biodegradante Azotolam en alta dosis, fueron superiores en la descomposición, adjudicando que las concentraciones de microorganismos biodegradantes son efectivos para la degradación del compost.

Para APROLAB (2007), las partículas demasiados grandes presentan poca superficie de contacto para ser atacados por los microorganismos haciendo que el tiempo de procesamiento se alargue, ya que cuanto mayor sea la superficie expuesta al ataque microbiano, más rápido y completo será la reacción.

4.2.5. ANÁLISIS QUÍMICO

4.2.5.1. Contenido de Humedad %

En los resultados de análisis químico obtenidos (cuadro 4.26) se observa que el tratamiento inoculados con C3 (5 ml) con 32.50% fue el que menor porcentaje de humedad obtuvo.

Según Haug, (1993), las muestras de compost que presentan un contenido de humedad por debajo del 35% serán biológicamente inactivas.

Seguidamente los tratamientos B2 (Biospeed 20 ml) con 40.50%, C2 (EM-compost 10 ml) con 42.50%, y A2 (Azotolam 50 gr) con 42.90% de humedad contienen en su composición química un porcentaje óptimo de humedad propio de un compost cosechado que debe oscilar de 40 a 45% de humedad, según recomienda Bioagro, (2011). Finalmente el tratamiento que obtuvo mayor contenido de humedad fue B3 (Biospeed 30 ml) con 52.20% de humedad.

4.2.5.2. Materia orgánica %

Los resultados de obtenidos (cuadro 4.27) los tratamientos cuyos biodegradantes son B2 (Biospeed 20 ml), A3 (Azotolam 75 gr), B3 (Biospeed 30 ml) y B1 (Biospeed 10 ml) favorecieron un mejor porcentaje de contenido de materia orgánica, recomendable para un compost ideal. Según Bioagro (2011), en composición química media del compost, el contenido de materia orgánica fluctúa de 15 a 23%.

4.2.5.3. pH

En los resultados (cuadro 4.28) se observa que los Tratamientos B2 (Biospeed 20 ml) con 7.2 pH y C3 (EM-compost 15 ml) con 7.2 pH, son los tratamientos que tienen mejor pH para un compost ideal que debe ser de 6.8 pH a 7.2 pH, calificándose en nivel neutro, según Bioagro (2011). Seguidamente de A2 (Azotolam 50 gr) con 7.3 pH, A1 (Azotolam 25 g), B1 (Biospeed 10 ml) con 7.40 pH, calificándose en nivel ligeramente alcalino, y los tratamientos A3 (Azotolam 75 g), C2 (EM-Compost) con 7.5 pH, T (testigo), B3 (Biospeed 30 ml) con 7.8 pH y C1 (EM-Compost 5 ml) con 7.90 pH calificándose en nivel alcalino, UNALM. (2011).

4.2.5.4. Nitrato (NO_3)

En el resultado de análisis químico (cuadro 4.29), los tratamientos A2 (Azotolam 50 gr) con 0.3%, B3 (Biospeed 30 ml) con 0.3% y B2 (Biospeed 20 ml) con 0.27% favorecieron un mayor contenido de nitrato NO_3 en la obtención del compost. Cabe indicar que estos resultados son de porcentaje alto en nitrato frente a los demás tratamientos, según resultado del laboratorio suelos UNALM (2011).

4.2.5.5. Relación carbono nitrógeno (C/N)

En el resultados de análisis químico (cuadro 4.30), los tratamientos B2 (Biospeed 20 ml), B3 (Biospeed 30 ml) y A3 (azotolam 75 gr) presentaron un menor índice en la relación carbono nitrógeno (C/N), esto indica que a menor índice C/N mayor concentración de nitrógeno. La descomposición continua hasta un nivel estable donde C:N es aproximadamente 5, que es la que corresponde a la descomposición del humus; indica Rodríguez (1982).

Indica Frioni, (1998), al final del compostaje la mayor parte de N esta en forma NO_3 en solución que puede ser aprovechado por la planta.

Se Considera a todos los tratamientos dentro del rango de la relación C:N. por su contenido en cantidad de nitrógeno y cantidad de carbono.

4.2.5.6. Fósforo (P) P_2O_5

En los resultados de análisis químico (cuadro 4.31), los tratamientos B2 (Biospeed 20 ml) con 170 P_2O_5 ppm, B1 (Biospeed 10 ml) con 160 P_2O_5 ppm, A1 (Azotolam 25 gr) con 115 P_2O_5 ppm y B3 (Biospeed 30 ml) con 112 P_2O_5 ppm obtuvieron el mayor porcentaje de fósforo, índices muy alto (mayor de 100 ppm) según resultado del laboratorio de suelos UNALM (2011).

Para Gonzales – López, (1992), con la inoculación de *Azotobacter chroococcum* y *Azospirillum brasilense*, su efecto beneficioso se debe fundamentalmente a la capacidad de solubilizar fosfatos y sintetizar sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal, tales como, vitaminas y hormonas vegetales (Citoquininas y giberelinas), que interviene directamente sobre el desarrollo de las plantas.

4.2.5.7. Potasio (K) K₂O

En los resultados de análisis químico (cuadro 4.32), los tratamientos A3 (Azotolam 75 gr), B2 (Biospeed 20 ml), y B3 (Biospeed 30 ml), con 5.4 K₂O ppm, obtuvieron menor contenido de potasio; Este resultado demuestra la relación inversa a mayor contenido de fósforo menor contenido de potasio.

Según Fulchieri, (1992), refiriéndose a la bacteria *Azotobacter chroococcum*, la propagación de estas bacterias están relacionados estrechamente con la presencia en el medio de superficie cantidades de fosforo (P) y potasio (K), siendo mayor el efecto del P, las cantidades de potasio son menores cuando existe altas concentraciones de fosforo en el suelo.

V. CONCLUSIONES

Una vez realizado los análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación a través de los objetivos planteados, se concluye:

1. En el rendimiento, el biodegradante Biospeed 20 ml (B2), fue el que presentó mejores indicadores de calidad durante todo el proceso, con un peso medio de 46.78 kg, relacionado con un estable porcentaje de humedad 40.50%, menor porcentaje granulométrico 10.19% y una temperatura estable a la cosecha de 36.50°C, esto es que en el biodegradante existieron bacterias biodegradadoras específicos en la descomposición del compost.

Seguidamente está, el biodegradante Biospeed 30 ml (B3), con 46.69 kg, 52.20% de humedad, 12.19% granulométrico y una temperatura estable a la cosecha de 37.50°C.

A diferencia del testigo que presentó un peso de 46.88 kg, relacionado con alto contenido de humedad 49%, alto porcentaje granulométrico 33% y una temperatura alta de 39.50°C.

2. Una vez realizado el análisis químico (anexo 1), del compost obtenido en el contenido nutricional, favoreció con mejores resultados al biodegradante Biospeed 20 ml (B2), con Nitrógeno (NO₃) 0,27%, Fosforo (P₂O₅) 170 ppm, Potasio (K₂O₂) 5.49 ppm, Materia Orgánica 17.10%, pH 7.2 y una relación C/N: 2.7.

Seguidamente está, el biodegradante Biospeed 30 ml (B3) con Nitrógeno 0.3%, Fósforo 112 ppm, Potasio 5.40 ppm, Materia Orgánica 22.5%, pH 7.8 y relación C/N: 3.32.

A diferencia del testigo, Nitrógeno 0.10%, Fósforo 70 ppm, Potasio 8.2 mg/100, Materia Orgánica 26.8%, pH 7.8% y relación C:N 8.2.

3. En cuanto a los días a la obtención del compost, se comprobó que con el tratamiento del Biospeed 20 ml (B2) se obtuvo más tempranamente (52 días), favoreciendo eficientemente las bacterias biodegradadoras en la descomposición de la materia orgánica, mientras que el biodegradante, Biospeed 30 ml (B3) se obtuvo a los 53 días.

A diferencia del testigo que requirió 80 días para alcanzar la descomposición de la materia orgánica.

4. En la eficiencia de los tres Biodegradantes, el producto Biospeed 20 ml fue el mejor porque se biodegradó en menor tiempo y se obtuvo un compost de calidad, con elevado contenido de materias nutritivas seguidamente Azotolam 50 g y finalmente EM-compost 15 ml.
5. El análisis económico determinó al tratamiento Biospeed 20 ml como la opción más rentable con el índice más alto de 1.8 en la relación beneficio costo (B/C), seguidamente de los tratamientos Biospeed 30 ml con 1.4 B/C, Azotolam 50 g, Azotolam 25 g, Biospeed 10 ml con 1.3 en la relación benéfico costo (B/C), respectivamente. Habiendo superado al testigo que obtuvo el 1,1 B/C.

VI. RECOMENDACIONES

1. Para mejorar el contenido de nutrientes y la calidad del compost se puede adicionar mayor cantidad de leguminosas, así como melaza de caña, hongos micorrizas, con el objeto de conseguir una buena actividad microbiana y aportar nutrientes al abono obtenido que es el compost.
2. Para la elaboración de compost, utilizando el método montón libre, se recomienda el uso del biodegradante Biospeed en dosis 20 ml por pila de 100 kg de material orgánico,
3. Se recomienda realizar trabajos de investigación en la producción de compost utilizando el abono orgánico obtenido con la dosis del tratamiento del biodegradante comercial recomendado en esta investigación, que se encuentra en el mercado y con la utilización de otros métodos de compostaje: en fosas, lombricultura, en cajones de madera, etc.
4. Se recomienda realizar pruebas de elaboración de compost a partir de residuos orgánicos urbanos (ROU) utilizando los diferentes biodegradantes..
5. A los agricultores Convencianos, el compost es una forma de obtener nuestro propio abono de una forma muy sencilla y económica. Por ello se recomienda aprovechar los residuos orgánicos de cocina, de animales y vegetales en procesos de compostación.

VII. BIBLIOGRAFÍA.

1. APROLAB 2007. Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces. Programa de Apoyo a la Formación Profesional para la Inserción Laboral en el Perú. Lima - Perú.
2. BIOAGRO S.R.L. 2011. Empresa de Elaboración de Humus y Compost. Establecimiento: Ciudad del Plata. Ruta 1 Km. 30.500. San José. Oficina central: Br. Gral Artigas 1919/203. Montevideo – Uruguay.
3. CENICAFÉ 2010. Centro Nacional de Investigaciones de café, cultivo de café, Edit Grupo Latino. Colombia.
4. COCLA 1997. Separatas, Biblioteca de la Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de La Convención y Lares LTDA. N° 281, Quillabamba, Cusco - Perú.
5. CORTES, B.H. 1981. Diseños experimentales. Conceptos Básicos 2da. Edición. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), Cusco – Perú.
6. DELAAT, A., 1979. Microbiología General. 2da. edición. Edit. Internacional. México D.F.
7. FASBENDER W. HANS. 1986. Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. Edit. IICA. San José – Costa Rica.
8. FERNÁNDEZ, R. M; GÓMEZ, J. M y ESTRADA, I. B. 2004. Compost legislation: sanitation vs Biological quality. I International Conference Soil and Compost Eco-Biology. Pp 167-183. Mexico.
9. FERRERA R. – ALARCON A. 2007. Microbiología Agrícola. Edit. Trillas. México.

10. FRIONI LILLIAM. 1990. Ecología Microbiana del Suelo. Universidad de la República – Montevideo – Uruguay.
11. FRIONI LILLIAM. 1999. Procesos microbianos. Edit. de la fundación Universidad Nacional de Rio Cuarto. Argentina.
12. FROBISHER, M. 1969. Microbiología. Edit. Ciencia y Técnica, La Habana, Cuba. 743 pp.
13. FULCHIERI, M 1992. Efecto rizosférico de gramínes sobre azotobacter, azospirillum y clostridium, en ensayo de campo. Rio Cuarto – Argentina.
14. GALANTE, E. Y GARCIA, M. 1997. Detritívoros, Coprófagos y necrófagos (Departamento de Ciencias Ambientales Y Recursos Naturales Universidad de Alicante, España).
15. GÓMEZ MÉNDEZ M. G. 2009. Aplicación de técnicas de ciclo de vida al diseño de un sistema de gestión de residuos urbanos para la ciudad de Chihuahua. México Tarragona.
16. GONZALEZ-LOPEZ, J. 1992. Interacción Planta – Microorganismo, BIOLOGIA DEL NITROGENO. Edit. Rueda. España.
17. GUERRERO B, JUAN. 1993. Abonos Orgánicos: Tecnología para el manejo ecológico del suelo. Edit. RAAA. Perú.
18. HERNÁNDEZ, G. 1994. Introducción a la Reunión Internacional de Rhizosfera. En: Resúmenes IV Congreso de la Soc. Cub. de la Ciencia del Suelo y Reunión Internac. de Rhizosfera. Matanzas p.59.
19. HAUG ROGER T. 1993. Manual Práctico del Compost del Ingeniero. Edit. Barkingh, La Florida E.UU.

20. IDMA 1993. Elaboración del compost. Instituto de desarrollo del medio ambiente. Segunda edición. Programa Turín. Perú.
21. LAMBAIS, M. R. 1992. Microbiología do solo, Sociedade Brasileira de Ciencia do solo, Campinas (SP): 91-104. Brasil.
22. MARK COYNE. 2000. Microbiología del Suelo: un enfoque exploratorio. Edit Paraninfo. Madrid – España.
23. MARTÍN, A. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. Trad. Por Juan Peña Cabriales. Edit. Internacional. México.
24. MARTINES MIGUEL y TICO LUIS. 1995. Agricultura Práctica. Edit. Fudagro. Barcelona - España.
25. MARTÍNEZ R. y DIBUT, B. 1990. Evaluación de cepas de *Azotobacter chroococcum* aislados de suelos de Cuba. I. Actividad estimuladora del crecimiento de plántulas de tomate. Rev. Ciencias de la Agricultura. p. 11-16
26. MONROY, H.O y VINIEGRA, G.G. 1981. Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. Edit. Fudagro. México.
27. MONTSERRAT SOLIVA Y MARGA LÓPEZ 2002. Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso Escuela Superior de Agricultura de Barcelona. UPC.
28. NIETO, C. GALARZA, J. 2005. Sistemas agroforestales aplicables en la sierra Ecuatoriana, resultados de una década de experiencia de campo. Edit. Nueva Jerusalén. Quito – Ecuador.
29. NORMAS TÉCNICAS PERUANAS. 2002. Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) – IPEH- Lima- Perú.

30. OROSCO V., SORIA M. 2008. "Biorremediación de Vegetación Contaminada Con Petróleo Por Derrames En El Campamento Guarumo – Petroproduccion" Tesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador.
31. PALATE, F. 2002. Evaluación de dos métodos biológicos de descomposición de abonos orgánicos. Vol II. Ambato – Ecuador.
32. PALÉNCIA, E. y GILDARDO 2002. Abono orgánico manejo y uso en el cultivo de cacao. Edit. D"Vinni, Corpoica - Turiman – Colombia.
33. PEREZ, A. 2004. El compost de residuos orgánicos. Edit. LAV S.L. Valencia España.
34. PEÑA, E y GOL: 2002. Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. Valencia – España.
35. QUISPE F, P. 2011. "Diagnostico Crítico de la Fertilidad del Suelo, Interpretación del Análisis de caracterización y Calculo de fertilizantes en el Cultivo de Café". Quillabamba, Cusco - Perú.
36. RIVERO, C. 1999. Materia orgánica del suelo, Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Revista Alcance 57. Venezuela.
37. RÖBEN, E. 1999. Guía para la Selección del Lugar y el Diseño de Plantas de Compostaje. Edit. Interamericana. México
38. RÖBEN, E. 2002. Manual de Compostaje Para Municipios. DED/ Ilustre Municipalidad de Loja, Ecuador.
39. RÓDELAS J.L: 2001. Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. Separatas. México

40. RODRIGUEZ SUPPO F. 1982. Fertilizantes – Nutrición Vegetal. Edit. A.G.T S.A. Edit. Trillas. México.
41. SEYMOUR F. 1981. Elaboración de abonos orgánicos. Edit. IICA San José – Costa Rica
42. SHINTANI, M. TABORA, P. 2000. Abonos orgánicos. Universidad EARTH. Guácimo, Limón, costa Rica.
43. STOFFELLA P. Y KAHN B. (2005). Utilización de Compost en los Sistemas de Cultivo de Hortalizas. Edit. Mundi-Prensa. Madrid.
44. SUQUILANDA, M. 1996. Agricultura Orgánica Alternativa. Edit. FUDAGRO.
45. SZTERN, D. PRAVIA, M. 1998. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Organización Panamericana de la Salud (OPS) Rev. Latinoam. 69 p. Uruguay.
46. www.lamolina.edu.pe. Lima – Perú. 2011. Departamento de suelos

ANEXOS

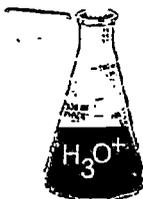
ÍNDICE

	Pag
1.- Resultado de Análisis Químico	90
2.- Ficha de Evaluación	92
3.- Datos meteorológicos	93
4.- Biodegradantes utilizados en el experimento	94
5.- Datos recopilados durante la investigación.	95
6.- Balance de materia para el compost según el diseño experimental.	96
5.- Costo de producción de compost para una tonelada.	97

FOTOS

	Pag
1.- Preparación y limpieza del área experimental	98
2.- Trazado del área experimental	98
3.- Instalación de las pilas con material orgánico	98
4: Asistencia del Asesor de tesis en la investigación	99
5: Evaluación en el proceso de descomposición compost	99
4.- Aplicación del biodegradante Azotolam a la pila de material orgánico	99
5.- Medición de la Temperatura con el termómetro de compost	100
6.- Volteado de las pilas de material orgánico a los 10 días	100
7.- Evaluación de tratamientos	100
8.- Controles del proceso de descomposición del material orgánico	101
9.- Almacenamiento del compost elaborado	101
10.-Comercialización del compost elaborado	101

ANEXO 01: Resultado de Análisis Químico



AQUALAB

Laboratorio de Ciencias Naturales: Análisis de aguas, suelos y servicios afines
 COVIDUC A-4 San Sebastian - Cusco
 Telf. 271966 RUC.: 10238163001

INFORME DE ANALISIS DE COMPOST

MUESTRA : CAMPO EXPERIMENTAL DEL INA 67
 M1: AS-1 AZOTOLAM 25gr
 M2: AS-2 AZOTOLAM 50gr
 M3: AS-3 AZOTOLAM -75gr
 M4: BS-1 BIOSPEED 10 ml
 M5: BS-2 BIOSPEED 20 ml
 M6: BS-3 BIOSPEED 30 ml
 M7: CS-1 EM - COMPOST 5ml
 M8: CS-2 EM - COMPOST 10ml
 M9: CS-3 EM - COMPOST 15ml
 M10: D TESTIGO.

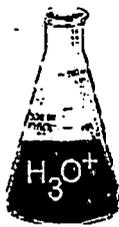
DISTRITO : SANTA ANA
PROVINCIA : LA CONVENCION
DEPARTAMENTO: CUSCO
SOLICITA : Bach. JAVIER P. CABRERA MONTEAGUDO
FECHA : 04 de Diciembre del 2010.

DETERMINACIONES		M1	M2	M3	M4	M5
Humedad	%	55	42.9	50.7	46.5	40.5
Muestra seca:						
Ceniza	%	69.4	65.6	78.9	75.6	82.9
Materia orgánica	%	30.6	34.4	21.1	24.4	17.1
Carbonatos CaCO ₃	%	0.44	0.07	0.16	0.05	0.1
pH		7.4	7.3	7.5	7.4	7.2
Nitrógeno total	%	2.8	3.08	2.52	2.52	3.64
Nitrógeno amoniacal	%	0.07	0.08	0.06	0.06	0.09
Nitrógeno - nitrato	%	0.2	0.3	0.18	0.17	0.27
Carbono	%	17.7	19.9	12.3	14.2	9.9
C/N		6.32	6.46	4.9	5.63	2.7
P ₂ O ₅	mg/100	115	55	53	160	170
K ₂ O	mg/100	8.1	8.1	5.4	5.5	5.4
Conductividad eléctrica	mS/cm	11.04	11.0	8.2	11.12	10.52


MARIO CUMPA CAYURI
 INGENIERO QUIMICO
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 16189



Figura 01.- Resultados de análisis químico de compost, ficha 01



AQUALAB

Laboratorio de Ciencias Naturales: Análisis de aguas, suelos y servicios afines
COVIDUC A-4 San Sebastian - Cusco
Telf. 271966 RUC.: 10238163001

Continuacion...

DETERMINACIONES		M6	M7	M8	M9	M10
Humedad	%	52.2	46.5	42.5	32.5	48.9
Muestra seca:						
Ceniza	%	77.5	68.6	71.1	69.3	73.2
Materia orgánica	%	22.5	31.4	28.9	30.7	26.8
Carbonatos CaCO ₃	%	0.13	0.23	0.14	0.17	0.16
pH		7.8	7.9	7.5	7.2	7.8
Nitrógeno total	%	3.92	2.8	2.8	3.08	1.68
Nitrógeno amoniacal	%	0.1	0.07	0.08	0.08	0.04
Nitrógeno - nitrato	%	0.3	0.19	0.21	0.2	0.1
Carbono	%	13.0	18.2	16.8	17.8	15.5
C/N		3.32	6.5	6.0	5.78	9.23
P ₂ O ₅	mg/100	112	40	42.5	48	70
K ₂ O	mg/100	5.4	6.5	8.2	5.5	8.2
Conductividad eléctrica	mS/cm	11.16	12.5	16.6	14.3	14.9

Mario Cumpa Cayuri
MARIO CUMPA CAYURI
INGENIERO QUIMICO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 16180



Figura 02.- Resultados de análisis químico de compost, ficha 02

Anexo 02: FICHA DE EVALUACIÓN

Fecha: Observaciones:.....

FICHA DE EVALUACION EN CAMPO EXPERIMENTAL

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2)	C3	T
B-I										
B-II										
B-III										
B-IV										

Figura 03.- Ficha de evaluación de tratamientos en estudio

Anexo 03: Datos meteorológicos.

MES Año 2010	T° MINIMA (°C)	T° MAXIMA (°C)	PRESIPITACION en mm
MAYO	19.2	31.3	18.0
JUNIO	18.2	30.7	20.7
JULIO	18.0	31.9	15.7
AGOSTO	18.3	31.1	18.1
SETIEMBRE	19.2	34.3	39.5
OCTUBRE	19.0	33.2	181.6
NOVIEMBRE	19.5	31.3	84.1
DICIEMBRE	19.3	30.5	151.8

Fuente: Fuente: ECP - SENAMHI - Quillabamba/2010. Datos Meteorológicos de la Estación Climatológica Principal (CP).

Anexo 04:

BIODEGRADANTES UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO



EM- COMPOST



BIOSPEED



AZOTOLAM

Anexo 5: Datos recopilados durante la investigación.

1. Días a la obtención del compost

Bloque \ Trat.	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	T
I	64	62	60	60	52	52	72	73	68	78
II	66	62	58	58	52	55	70	73	67	80
III	65	63	58	58	53	55	72	74	66	82
IV	65	62	60	60	52	52	70	73	68	80

2. Granulometría en kilogramos del compost (con muestra de 20 kg)

Bloque \ Trat.	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	T
I	3.45	3.30	2.40	2.60	2.10	2.65	4.20	5.10	4.70	6.65
II	3.55	3.50	2.60	2.60	2.45	2.50	4.80	5.00	4.30	6.10
III	3.10	3.00	2.05	2.30	1.90	2.30	4.35	4.40	4.20	6.95
IV	3.10	2.90	2.10	2.25	1.70	2.30	4.60	4.35	4.20	6.75

Anexo 06: Balance de materia para el compost según el diseño experimental.

BLOQUE Nº	TRATAMIENTO	MATERIA ORGÁNICA (KG)	COMPOST (KG)	LIXIVIADO + GASES (KG)
I	A1	100	46.20	53.80
	A2	100	45.76	54.24
	A3	100	48.10	51.90
	B1	100	45.80	54.20
	B2	100	46.40	53.60
	B3	100	46.70	53.30
	C1	100	45.40	54.60
	C2	100	46.10	53.90
	C3	100	46.30	53.70
	T	100	47.00	53.00
II	A1	100	46.05	53.95
	A2	100	45.10	54.90
	A3	100	47.90	52.10
	B1	100	45.85	54.15
	B2	100	46.80	53.20
	B3	100	47.10	52.90
	C1	100	45.86	54.14
	C2	100	46.20	53.80
	C3	100	45.95	54.05
	T	100	46.00	54.00
III	A1	100	46.35	53.65
	A2	100	45.60	54.40
	A3	100	48.00	52.00
	B1	100	45.60	54.40
	B2	100	47.00	53.00
	B3	100	46.60	53.40
	C1	100	45.30	54.70
	C2	100	46.15	53.85
	C3	100	46.10	53.90
	T	100	48.00	52.00
IV	A1	100	45.08	54.92
	A2	100	45.90	54.10
	A3	100	47.65	52.35
	B1	100	44.90	55.10
	B2	100	46.90	53.10
	B3	100	46.35	53.65
	C1	100	45.66	54.34
	C2	100	46.08	53.92
	C3	100	46.05	53.95
	T	100	46.50	53.50

Leyenda:

A1	Azotolam 25 gr	B1	Biospeed 10 ml	C1	EM – Compost 5 ml	T	Testigo
A2	Azotolam 50 gr	B2	Biospeed 20 ml	C2	EM – Compost 10 ml		
A3	Azotolam 75 gr	B3	Biospeed 30 ml	C3	EM – Compost 15 ml		

Anexo 07: Costo de producción de compost para una tonelada.

DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB TOTAL
I. COSTOS DIRECTOS				868.00
A. Mano de Obra				240.00
- Manejo de parcela experimental	jornal	2	30.00	60.00
- Limpieza de campo	jornal	1	30.00	30.00
- Volteo de pila	jornal	2	30.00	60.00
- Riego	jornal	1	30.00	30.00
- Control de Temperatura	jornal	1	30.00	30.00
- Cosechas y ensacado	jornal	1	30.00	30.00
B. Instrumento Agrícola (alquiler)				125.00
- Termómetro de Compost	unidad	1	60.00	60.00
- Zaranda con malla de 10mm	unidad	1	30.00	30.00
- Balanza de 50 kg. "Atlas"	unidad	1	35.00	35.00
D. Alquiler de Terreno				60.00
- Alquiler de terreno	ha	0.1	600.00	60.00
E. Insumos				244.00
- Biospeed	kg	0.2	120.00	24.00
- Roca Fosfórica	kg	20	1.00	20.00
- Material Orgánico (2 Toneladas)	kg	2000	0.10	200.00
F. OTROS				199.00
- Regadera asperjadora	unidad	1	25.00	25.00
- Manguera de 20 mt.	unidad	20	1.20	24.00
- Plástico azul de N° 5	metros	10	5.00	50.00
- Herramienta (Pala, rastrillo)	unidad	2	30.00	60.00
- Saquillo	unidad	20	1.00	20.00
- Servicio de transporte	qq	20	1.00	20.00
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				
II. COSTOS INDIRECTOS				43.40
- Gastos administrativos (5%)				43.40
TOTAL DE COSTOS DE PRODUCCION				911.40

Anexo 08: FOTOS



Foto 01.- Preparación y limpieza del área experimental



Foto 02.- Trazado del área experimental



Foto 03.- Instalación de las pilas con material orgánico



Foto 04.- Aplicación del biodegradante Azotolama la pila de material orgánico



Foto 05.- Medición de la Temperatura con el termómetro de compost



Foto 06: Asistencia del Asesor de tesis en la investigación



Foto 07: Evaluación en el proceso de descomposición del Compost



Foto 08.- Volteado de las pilas de material orgánico a los 10 días



Foto 09.- Evaluación de tratamientos



Foto 10.- Controles del proceso de descomposición del material orgánico.



Foto 11.- Almacenamiento del compost elaborado



Foto 12.- Comercialización del compost elaborado