

**USO DE CALDOS MICROBIALES ENRIQUECIDOS PARA LA
DESCOMPOSICION DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMESTICOS Y PRODUCCION
DE BIOABONOS DE CALIDAD**

ROSA MATILDE AREVALO FIGUEROA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
SAN JUAN DE PASTO
2003**

**USO DE CALDOS MICROBIALES ENRIQUECIDOS PARA LA
DESCOMPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS DOMESTICOS Y PRODUCCION
DE BIOABONOS DE CALIDAD**

ROSA MATILDE AREVALO FIGUEROA

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al titulo de
Especialista en Ecología con énfasis en Gestión Ambiental**

**Asesor
BERNARDO CALVACHE. M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
SAN JUAN DE PASTO
2003**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado, son de responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1º del acuerdo 324 de Octubre de 1996, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Septiembre de 2003.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Benjamín mi esposo, amigo,
compañero, confidente, cómplice de todas las metas
y sueños que me he propuesto, por que sin él
hubiera sido imposible culminar; también por su tiempo,
dedicación, paciencia, ayuda incondicional,
que siempre estuvo apoyándome para que no decayera.

A mi hijo Benjamín que es el impulso y la razón
para seguir luchando cada día y poder
brindarle un futuro mejor.

A mi padre que aunque ya no esté aquí,
sé que estará orgulloso que al fin haya
culminado esta etapa.

ROSA MATILDE

AGRADECIMIENTOS

A, BERNARDO CALVACHE. M.Sc.

ALFREDO MOLINA. M.Sc.

ALVARO PAZOS. M.Sc.

BELISARIO CEPEDA. M.Sc.

BENJAMIN SAÑUDO. I.A.

A, todas las personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización y culminación del presente trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. OBJETIVOS	20
1.1 OBJETIVO GENERAL	20
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	20
2. REVISIÓN DE LITERATURA	21
2.1 GENERALIDADES	21
2.2 BASE BIOLÓGICA DE LA COMPOSTACION	22
2.3 PROCESOS BIOLÓGICOS DE COMPOSTACIÓN	24
2.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPOST	24
2.5 DURACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE	26
2.6 LOS CALDOS MICROBIALES	27
3. METODOLOGÍA PROPUESTA	29
3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL	29
3.2 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	31
3.3 EVALUACIONES	34
3.3.1 Características físicas y químicas	34
3.3.2 Características microbiológicas	34
3.3.3 Efecto fertilizante de los sustratos	37

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	38
3.5 ANÁLISIS ECONOMICO	39
3.6 DIVULGACIÓN	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1 OBTENCIÓN DEL ABONO ORGANICO	40
4.1.1 Variaciones de temperatura	40
4.1.2 Biomasa Final	44
4.1.3 Carga Microbial	45
4.1.4 Características físicas y químicas	48
4.2 ACCION FERTILIZANTE DE LOS ABONOS ORGANICOS	58
4.2.1 Longitud Aérea	59
4.2.2 Longitud Radical	60
4.2.3 Peso Aéreo	60
4.2.4 Peso Radical	61
4.3 ANÁLISIS DE COSTOS	64
5. BOLETÍN TÉCNICO	66
6. CONCLUSIONES	68
7. RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	70

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Análisis de variancia para los cambios de temperatura en la transformación de los residuos sólidos biodegradables de mercado hasta los 90 días de iniciado el proceso.	40
Tabla 2. Comparación de promedios de temperatura en la descomposición de residuos orgánicos biodegradables de mercado en función del tiempo y del uso de caldos microbiales. Prueba de Tukey.	41
Tabla 3. Pruebas estadísticas para el peso final de los abonos orgánicos y pérdida de biomasa en porcentaje de residuos orgánicos biodegradables de mercado, con el uso de caldos microbiales.	44
Tabla 4. Análisis de variancia para la población microbial por gramo de abono orgánico con la descomposición de residuos orgánicos biodegradables de mercado enriquecidos con caldos microbiales.	46
Tabla 5. Comparación de poblaciones microbiales por gramo de abono orgánico con la descomposición de residuos orgánicos biodegradables de mercado enriquecidos con caldos microbiales.	46
Tabla 6. Análisis de variancia para las características físicas y químicas de abonos orgánicos a partir de residuos orgánicos biodegradables de mercado enriquecidos con caldos microbiales.	49
Tabla 7. Comparación de los promedios de valores de algunas características físicas y químicas de abonos orgánicos a partir de residuos orgánicos biodegradables de mercado enriquecidos con caldos microbiales. Prueba de Tukey.	50
Tabla 8. Análisis de variancia para longitud y peso de rabanito sembrado con tres dosis de cinco abonos orgánicos.	59
Tabla 9. Comparación de los promedios de longitud aérea y radical (cm) de rabanito sembrado con tres dosis de cinco abonos orgánicos. Prueba de Tukey.	59

Tabla 10. Comparación de los pesos promedios (gramo) aéreo y radicales por planta de rabanito sembrado con tres dosis de cinco abonos orgánicos. Prueba de Tukey.	61
Tabla 11. Costos por tonelada de basura.	64

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Caldos microbiales preparados para el tratamiento de residuos biodegradables del mercado El Obrero	30
Figura 2. Caldo microbial producto de fermentación durante quince días	31
Figura 3. Basura del mercado El Obrero libre de sólidos no degradables	32
Figura 4. Una repetición de montones de basura biodegradable de mercado para aplicar los tratamientos de compostaje correspondientes.	32
Figura 5. Residuos biodegradables con la aplicación de caldos microbiales para iniciar el proceso de fermentación	33
Figura 6. Montón de compostaje maduro listo para el pesaje	35
Figura 7. Respuesta inicial a la aplicación de diferentes dosis de abonos orgánicos	38
Figura 8. Cambios contrastantes de temperaturas en la descomposición microbiana de residuos orgánicos biodegradables del mercado El Obrero, destacándose los tratamientos T3 y T4.	43
Figura 9. Porcentaje de pérdida de biomasa en la descomposición microbiana de residuos orgánicos biodegradables del mercado El Obrero, destacándose el tratamiento T4.	45
Figura 10. Poblaciones de bacterias, actinomicetos y hongos por gramo de abono orgánico en cinco tratamientos de compostaje.	47
Figura 11. Cambios de pH, Humedad y Materia Seca de abonos orgánicos con cinco tratamientos de compostaje.	51
Figura 12. Contenido de Materia orgánica Carbono y Cenizas en abono orgánico con cinco tratamientos de compostaje.	53
Figura 13. Contenido de nitrógeno y fósforo en un abono orgánico con cinco tratamientos de compostaje.	54

Figura 14. Contenido de potasio y sodio en un abono orgánico con cinco tratamientos de compostaje.	56
Figura 15. Contenido de calcio y magnesio en un abono orgánico con cinco tratamientos de compostaje.	57
Figura 16. Efecto de tres dosis de cuatro abonos orgánicos en la longitud aérea de rabanito	60
Figura 17. Efecto de 4 dosis de 5 abonos orgánicos en la longitud radical de rabanito.	62
Figura 18. Desarrollo aéreo de rabanito con varias dosis de abono orgánico	62
Figura 19. Efecto de tres cuatro dosis + cinco abonos orgánicos en el peso aéreo (gr.) de rabanito	63
Figura 20. Efecto de tres dosis de cuatro abonos orgánicos en el peso radical (gr.) de rabanito	63

RESUMEN

El presente trabajo se realizó entre noviembre de 2.001 y mayo de 2.002, con el objeto de evaluar las adiciones de caldos microbiales preparados artesanalmente a basuras biodegradables procedentes de mercado, determinando cambios en la fase térmica del proceso, biomasa final producida, carga microbial, algunas características físicas y químicas del producto final y su efecto en el crecimiento y producción de rabanito a nivel de invernadero, empleando 1, 2 y 4 toneladas por hectarea del producto final.

Se trabajó con basuras de mercado del Barrio Obrero, teniendo en cuenta los tratamientos testigo, caldo microbial, caldo microbial más adición de nitrógeno, caldo microbial más fósforo y caldo microbial más adición de nitrógeno y fósforo, bajo un diseño irrestrictamente al azar con 3 repeticiones. Un montón de 50 kilos de basura se remojó uniformemente con 5 litros de caldo, tapando con plástico y removiendo cada dos días la mezcla.

Las evaluaciones de cambio de temperatura se hicieron hasta los 90 días, época en la cual el abono orgánico de algunos tratamientos alcanzó la madurez. En este momento se determinó la biomasa producida, haciendo determinaciones de laboratorio respecto a pH, Humedad, Materia orgánica, Carbono total, Cenizas, Nitrógeno total, Fósforo, Potasio, Sodio, Calcio y Magnesio, como también la carga microbial respecto a contenido de bacterias, actinomicetos y hongos.

Los cinco abonos correspondientes a los tratamientos, se evaluaron en dosis de 0, 1, 2 y 4 toneladas por hectárea en el crecimiento y producción de rabanito bajo condiciones de invernadero, empleando un diseño irrestrictamente al azar con tres repeticiones.

Los diferentes datos de evaluación se interpretaron estadísticamente, por medio del análisis de variancia y la prueba de significancia de Tukey.

La adición de caldos permite que el proceso de compostaje se realice con las fases mesofílica, termofílica, enfriamiento y maduración, siendo hasta los 6, 25, 40 días el cumplimiento de las tres primeras fases.

El abono orgánico maduro procedente de enriquecer las basuras con un caldo microbial conteniendo fósforo, permitió mayores contenidos de actinomicetos y hongos, ganancia de 40 kilos de biomasa en tonelada procesada y altos valores de nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, calcio y magnesio, alcanzando un valor de \$61.000 la tonelada producida.

El efecto de los abonos orgánicos producidos se determina en el crecimiento aéreo, así como en el peso directo y radical de rabanito, utilizando 2 y 4 toneladas por hectárea en la fertilización.

La bondad del procedimiento se da a conocer a la comunidad, mediante la propuesta de un boletín didáctico.

ABSTRACT

The present research study was carried out between November, 2001 and May, 2002, having as its main goal to evaluate the addition of microbial broths prepared in an artisan way to biodegradable garbage originating from a market, and determining some changes in the thermic stage of the process, the final biomass produced, the microbial charge, some physical and chemical characteristics of the final product and its effect on the growth and production of small radish in a greenhouse by using 1, 2, and 4 tons per hectare of the final product.

The work was done with garbage from Barrio Obrero market, taking into account the witness treatments, the microbial broth, the microbial broth plus addition of nitrogen, the microbial broth plus phosphorus and the microbial broth plus addition of nitrogen and phosphorus under a random design with three (3) repetitions. A pile of 50 kilos of garbage was uniformly soaked with 5 liters of broth, it was covered with plastic and the mixture was stirred every two (2) days.

The evaluations of the change of temperature were done up to the 90 days. At that point, the organic fertilizer of some of the treatments had reached maturity. In this moment, the produced biomass was determined by means of laboratory measurements regarding the pH, humidity, organic matter, total carbon, ashes, total nitrogen, phosphorus, potassium, sodium, calcium, and magnesium, as well as the microbial charge regarding the contents of bacteria, actinomycetes and fungi.

The five fertilizers corresponding the treatments were evaluated in doses of 0, 1, 2, and 4 tons per hectare in the growth and production of small radish under greenhouse conditions using a random design with three repetitions.

The different evaluation data were statistically interpreted through a varying analysis and Tukey significance test.

The addition of broths allows the compostage process to be made with the mesophyllic, thermophyllic, cooling and maturing phases, being up to 6, 25, and 40 days the accomplishment of the three first phases.

The mature organic fertilizer originating from the garbage enrichment with microbial broth containing phosphorus produced higher contents of actinomycetes and fungi, a gain of biomass per processed ton of 40 kilos, and high levels of nitrogen, phosphorus, potassium, sodium, calcium and magnesium, reaching a price of \$61.000 (sixty-one thousand Colombian pesos) per produced ton.

The effect of the produced organic fertilizers is determined according to the aerial growth, as well as to the direct and radical weight of small radish, using 2 and 4 tons per hectare in the process of fertilization.

The effectiveness of the process is socialized to the community by means of the proposal of a didactic newsletter.

INTRODUCCION

En los centros urbanos, las basuras domésticas se constituyen en el principal problema ambiental, por el flujo permanente de ellas, la heterogeneidad de los materiales presentes y las diferentes formas de contaminación que se generan en el movimiento y disposición final. Del total generado, una alta proporción, generalmente mayor del 50%, corresponde a residuos sólidos biodegradables, principalmente de origen vegetal.

“En la ciudad de San Juan de Pasto que cuenta con una población de 400.000 habitantes, se generan 230 toneladas de residuos sólidos por día, de los cuales el 72% son residuos sólidos orgánicos y de estos, 22 toneladas por día salen de las plazas de mercado”¹. Esto implica la necesidad de buscar soluciones a la problemática de manejo de estos volúmenes, que por lo general van a basureros y relleno sanitario.

Es posible convertir los residuos sólidos biodegradables en abonos orgánicos, lo cual se constituiría en una de las vías ecológicas, para disminuir los volúmenes a disponer en los rellenos sanitarios. Dicha conversión implica un proceso biooxidativo con la intervención de numerosos y variados microorganismos que contando con una humedad adecuada y condiciones aerobias utilizan los sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, dando al final como productos de degradación natural: dióxido de carbono, agua y minerales, así como materia orgánica estabilizada².

“Sin embargo, el proceso es relativamente lento generalmente mayor de 3 meses, trayendo en este tiempo inconvenientes por contaminación de moscas, así como producción de sustancias volátiles que se confunden en la atmósfera, y lixiviados con distintos grados de acidez”³.

Al respecto, la empresa comunitaria APROBORCA, es la única organización del municipio de Pasto, dedicada al tratamiento de residuos sólidos orgánicos para la producción de abonos, procesando 5 toneladas por día, que generan 1.5 toneladas de sustrato orgánico empleado en fertilización, en un tiempo prolongado

¹ APROBORCA. Fortalecimiento Y Desarrollo Tecnológico Empresarial y Ambiental de la Asociación de Procesamiento de Basuras Orgánicas de Cabrera APROBORCA en el Municipio de Pasto, Departamento de Nariño. 2002, p. 23 – 28.

² COSTA. F.,C. et. al., Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. CSIC. Murcia. 1991.

³ ANSORENA M.,J. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Madrid: Mundi-Prensa, 1994.

y sin una calidad química que permita recomendarlo técnicamente⁴. Por esta razón, se hace necesario buscar alternativas biológicas y químicas para mejorar los abonos orgánicos procedentes de los residuos orgánicos de las plazas de mercado.

Con el uso de caldos microbiales enriquecidos con materias primas de bajo costo y fácil consecución, se puede acelerar el proceso de descomposición, con la participación de microorganismos principalmente aerobios y producir un sustrato de buena calidad para las actividades de fertilización agrícola, sin la producción de lixiviados en cantidades altas o sin ser focos de cría de moscas. Esto permitiría que la comunidad se involucre en la problemática de las basuras, aportando soluciones locales, a la vez que pueden constituir pequeñas empresas que se beneficien de la producción de bioabono, sea en barrios periféricos de centros urbanos grandes o en cascos urbanos pequeños, sin tener que recurrir a infraestructuras costosas, que implican los rellenos sanitarios, en los cuales la degradación es anaeróbica, originando gases y lixiviados que ocasionan contaminaciones.

⁴ APROBORCA, Op. cit., p. 20.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Obtener abonos orgánicos de calidad, a partir de residuos sólidos biodegradables de origen doméstico, degradados con la adición de caldos microbiales enriquecidos con fertilizantes y preparados artesanalmente.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Obtener abonos orgánicos en tiempo más corto y con mayor calidad nutricional que un compost convencional, con el empleo de cuatro caldos microbiales preparados artesanalmente y diferenciados por los contenidos nutritivos, aportados por fertilizantes.
- Determinar las principales características físicas, químicas y microbiales de los bioabonos producidos.
- Demostrar la bondad nutricional de los abonos orgánicos obtenidos, con el crecimiento y producción de una especie hortícola bajo condiciones de invernadero.
- Recomendar el tratamiento que económicamente sea de mayor rentabilidad.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES

Desde los días de la sociedad primitiva, los seres humanos y los animales han utilizado los recursos de la tierra para la supervivencia y la evacuación de residuos, pero en tiempos remotos, la evacuación de los residuos humanos y otros no planteaban un problema significativo, ya que la población era pequeña y la cantidad de terreno disponible para la asimilación de los residuos era grande, existiendo además, prácticas agrícolas de reciclaje de los residuos sólidos para ser utilizados como combustible o fertilizantes⁵.

“Los residuos sólidos se clasifican de acuerdo a la procedencia, a la composición físico-química y son producidos como consecuencia de las siguientes actividades: domiciliario, comercial y de servicios, hospitalarios, barrido de calles, industriales y agrícolas”⁶.

Los residuos sólidos domésticos consisten en substratos orgánicos de zonas residenciales y de establecimientos comerciales. De acuerdo con su utilización potencial, los residuos sólidos se clasifican en reciclables (papeles, cartón, plásticos, metales), orgánicos (cáscaras, sobras de comida, residuos de jardinería, etc.) y no reciclables (jeringas, pañales desechables, pilas, toallas, papel higiénico, etc.)⁷.

Los residuos orgánicos, también denominados, biodegradables, son los que se descomponen rápidamente, especialmente en climas medios y cálidos debido a la acción de microorganismos, sufriendo una serie de transformaciones que conducen a reducir el volumen y el peso del material, a la producción de compost (abono orgánico) y para producir metano⁸.

Dado como hecho que los residuos orgánicos sólidos tienen restricciones para su uso seguro en la agricultura, es razonable quitarles dichas limitaciones mediante procesos de transformación físico-química y

⁵ TCHOBANOGLIOUS, George, THEIWSSEN, Hilari, Vigil, Samuel. Gestión integral de residuos sólidos, MC GRAN - HILL/ Interamericana de España, S.A Vol. I; II, 1994.

⁶ GONZALES, Germán. MARTINEZ, J. Característica de los Residuos Sólidos y Lixiviados en la ciudad de San Juan de Pasto, Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, 1998.

⁷ DUQUE, Julia. Manejo adecuado de residuos sólidos, Empresa Pública de Marsella, E.S.P Risaralda, 2.000.

⁸ COSTA, Op. cit., p.34.

bioquímica que en conjunto se llaman “procesos de habilitación”, entre los cuales el compostaje se considera como la principal estrategia para hacer una fuente fertilizante de los residuos orgánicos transformados⁹.

La compostación o compostaje, se considera como un proceso sanitario para tratar desechos sólidos de naturaleza orgánica de origen domestico, comercial, público, agrícola o industrial, originando un compuesto sanitariamente apto para propósitos agrícolas o de jardinería, sin afectar la calidad de los suelos, ni de los recursos hídricos y por lo tanto, el ecosistema en general¹⁰.

Los residuos orgánicos vegetales y animales, en presencia de humedad y con la necesaria intervención de poblaciones de microorganismos, se descomponen, esto es, degradan las moléculas a moléculas mas sencillas, liberando agua, nutrientes y CO₂. La descomposición es un proceso natural, que consiste en amontonar o apilar los residuos que se desean procesar hasta una cierta altura, tamaño o volumen, de tal forma que en la primera o segunda semana se alcancen temperaturas mayores de 45°C¹¹.

2.2 BASES BIOLOGICAS DE LA COMPOSTACION

“Los principales organismos implicados en las transformaciones biológicas de los residuos orgánicos son las bacterias, los hongos, las levaduras y los actinomicetos. Estas transformaciones pueden realizarse aeróbicamente o anaeróbicamente, según la disponibilidad de oxígeno”¹².

La transformación se cumple a través de tres fases. La inicial es una autocalfacción por bacterias, actinomicetos y hongos mesófilos que utilizan primero las pectinas y la hemicelulosa, creando un ambiente húmedo y cálido con temperaturas optimas de 55 - 60° C. La segunda fase en la que se alcanzan temperaturas de 70° C como consecuencia de la degradación de la celulosa a cargo de actinomicetos termófilos como ***Micromonospora vulgaris***, ***Pseudonocardia thermophila***, ***Streptomyces thermophilus***, ***Thermoactinomyces vulgaris***, ***Thermonospora curvata*** y hongos

⁹ ACODAL. Gaceta Ambiental. No.5 Aprovechamiento de los residuos sólidos mediante la compostación. Cali, 1992, p. 10-12.

¹⁰ OPAZOS, M. Producción de abonos orgánicos (Compost) a partir de desechos sólidos. Manual técnico. Bogotá D.C., 1991.

¹¹ GOMEZ, et. al., El suelo: materia orgánica y procesos de compostaje. Universidad nacional de Colombia. Sede Palmira y Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural. PRONATA. Feriva S.A. Cali, Colombia. 2001.

¹² TCHOBANOGLIOUS, Op. Cit., p. 18.

termófilos como *Aspergillus fumigatus*, *Humicola lanuginosa*, *Mucor pusillus*, *Chaetomium thermophile* y *Thermoascus aurantiacus* y la microbiota no termofílica. Al final del proceso, el sustrato comienza a enriquecerse en lignina, la cual es atacada por hongos que la transforman en unión con otras moléculas de origen vegetal, en ácidos húmicos de elevado peso molecular¹³.

“Además de energía, los organismos también sintetizan una serie de biomoléculas que desempeñan diversas funciones y que tienen como precursores a compuestos originados en la glucólisis o en el ciclo de Krebs”¹⁴.

Como consecuencia de la actividad microbiana intensa, se libera energía en forma de calor, el cual puede difundirse al exterior o almacenarse parcialmente, lo cual conlleva a una pasteurización del material y selección de poblaciones microbiales, pues solo van a determinar aquellos que sean capaces de adaptarse a esta situación temporal¹⁵.

“La velocidad de transformación esta fuertemente condicionada por la disponibilidad de nitrógeno en el material de partida que debe tener una relación Carbono : Nitrógeno menor de 30:1”¹⁶.

Además de las tres fases mencionadas, viene una fase de enfriamiento, que se empieza a generar por una reducción de la población microbial, que es claramente dominada por bacterias mesofílicas. Posteriormente se presenta la fase de maduración, en donde hay aumento en los porcentajes de la fracción mineral y de los nitratos, con disminución en el porcentaje de Carbono, liberación de CO₂ y NH₄; se eleva la cantidad de actinomicetos responsables del típico olor a tierra orgánica fresca y de gran parte de la antibiosis¹⁷.

¹³ JAGNOW, G. y WOLFGANG, D. Biotecnología, introducción con experimentos modelos TRAD por María Otilia López Bóna. Zaragoza España: ACRIBIA, S.A. 1993, p. 212. MC. DANIELS, L.H. Preparación eficiente del abono. La Hacienda Kissimmee. 70 (6): 17 – 18, Jun – 1.975.

¹⁴ CARDOZO, et. al., Microbiología de solo. Sociedad Brasileira de ciencias do solo. Compañías.

¹⁵ GOMEZ y SÁNCHEZ de P. El proceso de descomposición de residuos vegetales. Material para docencia. Universidad Nacional. Palmira. 2000.

¹⁶ GRANT, W.D. LONG, P.E. Microbiología Ambiental. Zaragoza España: Ed. ACRIBIA. S.A, 1989.

¹⁷ GOMEZ. Abonos orgánicos Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira, Feriva S.A. Cali, Colombia. 2000.

“Durante el proceso se origina un caldo enzimático compuesto por los exudados microbianos y muchas moléculas orgánicas que pueden actuar como fitotoxinas, antibióticas, fitohormonas y algunas de ellas colaboran con la bioestructura del suelo”¹⁸.

2.3 PROCESOS BIOLÓGICOS DE COMPOSTACION

“Los procesos biológicos que se han utilizado para la conversión de la fracción orgánica de los residuos sólidos son: compostaje aerobio y la digestión anaerobia y de sólidos en grandes volúmenes”¹⁹.

El compostaje aerobio se puede representar por la siguiente ecuación:

Materia Orgánica + O₂ + Nutrientes → Nuevas células + Materia Orgánica Resistente + CO₂ + H₂O + NH₃ + SO₄ + Calor.

En cambio en la digestión anaerobia, la porción biodegradable de la fracción orgánica de los residuos sólidos se presenta con la siguiente ecuación:

Materia Orgánica + H₂O + Nutrientes → Nuevas células + Materia Orgánica Resistente + CO₂ + CH₄ + NH₃ + H₂S + Calor²⁰.

Los microorganismos aprovechan la necromaza (residuos orgánicos) en condiciones aerobias y entonces, el gran residuo del proceso es el CO₂; si ocurre en condiciones anaerobias los residuos principales pueden ser el CH₄, CO₂, los ácidos orgánicos, alcoholes, etc. Habrá también situaciones mixtas en donde espacial o temporalmente conviven en condiciones aeróbicas y anaeróbicas²¹.

2.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPOST

En general, las características químicas y físicas del compost varían según la naturaleza del material original, las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo la operación de compostaje y la extensión de la descomposición. Algunas propiedades del compost que lo distinguen de otros materiales orgánicos son:

¹⁸ BELLAPART V. Nueva agricultura biológica en equilibrio con la agricultura química. Mundi-prensa. Madrid. 1996.

¹⁹ TCHOBANOGLOUS, Op. Cit., p. 13.

²⁰ Ibid., p. 14.

²¹ GOMEZ y SÁNCHEZ, Op. cit., p. 11.

- Un color marrón muy oscuro.
- Una baja relación carbono-nitrógeno.
- Una naturaleza continuamente cambiante debido a la acción de microorganismos.
- Una alta capacidad para el intercambio de cationes y para la absorción de agua²².

“Un compost es un recurso orgánico capaz de proporcionar cantidades notables de nutrientes esenciales, principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, con un 20% de materia orgánica, conteniendo elementos mayores secundarios y menores en cantidades variables”²³.

“Para que se produzca un compost normal, el contenido de nitrógeno debe estar entre 2 y 3% y la relación Carbono: Fósforo entre 120 - 240:1”²⁴.

“En general, a partir de los residuos sólidos urbanos, se obtiene compost con 0.5 – 2.0% de nitrógeno, 1.0% de fósforo, 0.5% de potasio, 6% de calcio, 0.6% de magnesio, 100.000 ppm de hierro, 180 ppm de manganeso, 600 ppm de zinc y 240 ppm de cobre”²⁵. Sin embargo, a nivel local de la ciudad de Pasto, no se ha determinado el contenido de nutrientes de las basuras domésticas.

Sotomayor²⁶, analizó el contenido parcial de humedad, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo total, potasio total en porcentaje (%) y relación Carbono/Nitrógeno aproximado, obteniendo como promedio en cuatro años respectivamente 17.75%, 13.42%, 0.65%, 0.32%, 0.63% y 11/1. Sin embargo, el mismo autor en 1.981, determinó promedios de 18.10%, 12.50%, 0.62%, 0.45%, 0.90% y 12/1, indicando que las diferencias se deben a los contenidos de sólidos orgánicos biodegradables, que varían de acuerdo con el centro urbano y la época de recolección.

²² OPAZOS, Op. cit., p. 45.

²³ CLIMENT M. Ma. D. M. Et. al., El compost de los residuos sólidos urbanos (R. S. U.), sus características y aprovechamiento en agricultura. Valencia: Ed. Y Prom. LAV, 1995.

²⁴ HAMMOUDA, G and ADAMS, W. The descomposition, humidification and fate of nitrogen dirring the composting of some plant residuos, in compost, production quality and use. Elsiwier, London, 1986.

²⁵ CUESTA P.,A. Tabla de contenido nutricional en productos y subproductos agroindustriales. I.C.A. Bogotá. 1.990.

²⁶ SOTOMAYOR., INES. Comost de basuras como fuente de fertilización orgánica, comparado con fertilizante químico, primer ciclo. “Agricultura Técnica, Santiago”, Oct Dic 1.979.

“La descomposición de los residuos orgánicos, además de requerir condiciones adecuadas de humedad, generan también agua, pues la degradación de muchas biomoléculas está ligada a la liberación de hidrogeniones que se unen al O₂ y dan origen al H₂O”²⁷.

Además, es “el proceso de compostación el que permite que se inicie la formación de humus o al menos de moléculas pre-húmicas, en las cuales si el compost ácido prevalecen los ácidos fúlvicos sobre los húmicos y si el medio es alcalino, son los ácidos humicos los que dominan”²⁸.

2.5 DURACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

Según Arzola y otros²⁹, el proceso de compostaje suele durar más de dos meses en las zonas templadas a frías, debido a las bajas temperaturas y al empleo de residuos fibrosos. Sin embargo, en regiones cálidas, como en el caso de Cuba y con la adición de un inóculo microbial a residuos de batata, yuca, plátano, maíz, habichuela y sorgo, Mayea y Querol³⁰, encontraron que el proceso de compostaje se mostró una reducción significativa, aproximadamente de 15 días con respecto al proceso convencional.

Al respecto, Mayea, et. al.,³¹ establecen que para mejorar el compostaje, a los residuos se debe introducir estiércol y bacterias de los géneros ***Cytophaga*** y ***Cellfalcicula***. Sin embargo, Farras, et. al.,³², indican que bajo condiciones naturales, la compostación de residuos lignocelulolísicos, dura 165 días, pero cuando a los 65 días se introduce la lombriz roja californiana ***Eisenia foetida***, el proceso se cumple en 100 días.

²⁷ SIQUEIRA, J. Et. al., microorganismo e processos biológicos do solo. Perspectiva ambiental. Brasília: EMBRAPA, 1994, p. 43-57.

²⁸ LABRADOR, M. La materia orgánica en los agroecosistemas. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid: Mundi-prensa, 1996.

²⁹ ARZOLA, N.; O. HERRERA; J. MACHADO. Suelos, planta y abono. La habana: Ed. Pueblo y Educación, 1981.

³⁰ MAYEA, S y QUEROL, M. elaboración de compost de diferentes restos de cultivos tropicales. Facultad de Ciencias agrícolas. UCLV. La Habana, 1995, p. 48 – 53.

³¹ MAYEA, S.; et. al., “Tecnología para la elaboración de compost (biotierra) a partir de desechos de la agricultura mediante el uso de inóculos microbianos”, VIII Forum de Ciencias y Técnica, La Habana, 1.993.

³² FARIAS, D. et. al., “Variación de parámetros físico químicos durante un proceso de compostaje”. Revista Colombiana de Química, Vol 28, N°1 de 1.999, p. 75 – 86, “físicoquímicos durante un proceso de compostaje”. Revista Colombiana de Química. Vol 28, N° 1. 1.999, p. 75 – 86.

La empresa Compomex de Guadalajara S.A.³³, indica que la basura debe ser sometida a 60 días de fermentación y a dos moliendas, para obtener un compost con un 20 – 25 % de humedad, y con apariencia de una arena gruesa de color oscuro.

Mc Daniel³⁴, menciona que los sólidos biodegradables urbanos deben ser mezclados con fertilizantes químicos para que haya mayor estímulo de la descomposición y aumentar el valor del abono para la nutrición de las plantas. Es conveniente dar una humedad adecuada para mejorar la mezcla e inicialmente disponer capas superpuestas de residuos, sobre cada una de las cuales se riega fertilizante en proporción de 250 gramos por cada metro cuadrado de superficie y periódicamente se deben voltear las capas.

2.6 LOS CALDOS MICROBIALES

Los caldos microbiales son una mezcla de productos orgánicos y algunos químicos, debidamente combinados, que mezclados con agua fresca generan procesos de multiplicación de microorganismos benéficos que aceleran la síntesis o transformación de nutrientes, haciéndolos asimilables para la planta y el suelo, sin dejar residuos tóxicos en el sistema³⁵.

“Además de incrementos de la población microbial heterótrofa se logra la liberación de nutrientes, enzimas, hormonas, ácidos orgánicos, aminoácidos, vitaminas, etc., enriquecimiento relativo de los sustratos orgánicos sólidos en los cuales se aplican”³⁶.

“Los procesos enzimáticos de degradación de residuos presente en los caldos, se pueden cumplir bajo condiciones aerobias y anaerobias, siendo más utilizados los caldos aerobios y entre ellos: el extracto de mantillo, el caldo de rizosfera, el caldo de lombricompuesto, el caldo de estiércol y el caldo de residuos fibrosos”³⁷.

³³ COMPLEX DE GUADALAJARA, S.A. Elaboración de compost o estiércol artificial. Agronomía, Monterrey 61: 5-7 Nov. Dic. 1.958.

³⁴ MC. DANIELS, L.H. Preparación eficiente del abono. La Hacienda. Kissimmee. Jun – 1.975, p. 17-18.

³⁵ RAMIREZ, G. Agricultura Orgánica, Fungicidas abonos orgánicos y caldos microbiológicos. 3ª. Ed. Buga: Editorial Imprimos, 1988.

³⁶ MEJIA, Mario. Agriculturas sin agrotoxicos, 2ª. Ed. Cali: Editorial Muñoz Impresores, 1997.

MEJIA, Mario. Agriculturas para la vida, 2ª ed. Cali: Editorial Muñoz Impresores, 1997.

³⁷ RAMÍREZ, G, Op. Cit., p. 65.

“El empleo de los caldos microbiales para remojar los residuos sólidos biodegradables acelera el proceso de transformación a menos de un mes en comparación con los métodos de compostaje convencionales que duran mas de tres meses”³⁸.

“No se tienen datos sobre el uso de caldos microbiales en la degradación de basuras domésticas de origen orgánico, pero si se los ha empleado en la compostación de mezclas de residuos de cosechas mezclados con estiércol y mantillo de bosque, con una transformación de 15 días”³⁹.

³⁸ ALTIERI, M. Bases científicas de la agricultura alternativa. División de Control Biológico. U. DE California, Berkeley. 1983.

³⁹ CONVENIO CORPOTRIGO – UNIVERSIDAD DE NARIÑO. Preparación artesanal de abonos orgánicos Boletín Técnico N° 1, Pasto, Colombia, 1998.

3. METODOLOGIA PROPUESTA

El presente trabajo se realizó entre noviembre de 2.001 y mayo de 2.002 obteniendo residuos biodegradables del mercado El Obrero de la ciudad de Pasto a 2.570 m.s.n.m y las labores de compostaje y análisis, se cumplieron en las instalaciones de Torobajo de la Universidad de Nariño a 2.510 m.s.n.m.

3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se trabajó con un diseño irrestrictamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en:

- **Tratamiento 1 (Testigo):** en el que los residuos sólidos domésticos, se humedecen periódicamente con agua corriente hasta la época de transformación a un bioabono.
- **Tratamiento 2 (Caldo 1):** en un recipiente con capacidad de 50 litros, se elaboró un caldo con 5 kilos de estiércol fresco de ganado, mas 2.5 kilos de residuos de cosecha descompuestos, más 1 litro de leche cruda, más un kilo de melaza, más 25 centímetros cúbicos de agua oxigenada, llenando con agua corriente hasta el borde, para tapar no herméticamente y dejar fermentar por 10 días.
- **Tratamiento 3 (Caldo 2):** con 5 kilos de estiércol fresco de ganado, 2.5 kilos de residuos de cosecha descompuestos, 1 litro de leche cruda, 1 kilo de melaza, 25 centímetros cúbicos de agua oxigenada y agua corriente hasta completar el volumen del recipiente, más un kilo de refuerzo nitrogenado compuesto por 150 gramos de urea, 150 gramos de sulfato de amonio y 200 gramos de nitrato de potasio comerciales.
- **Tratamiento 4 (Caldo 3):** con 5 kilos de estiércol fresco de ganado, 2.5 kilos de residuos de cosecha descompuestos, 1 litro de leche cruda, 1 kilo de melaza, 25 centímetros cúbicos de agua oxigenada y agua corriente hasta completar el volumen del recipiente, agregando además dos kilos de fosforita huila más 250 gramos de abono comercial a base de elementos mayores secundarios y microelementos.
- **Tratamiento 5 (Caldo 4):** consta de la suma de los constituyentes minerales de los caldos 2 y 3, que se adicionan al caldo con estiércol, residuos descompuestos, leche, melaza, y agua oxigenada y agua con concentración ya mencionada.

La metodología de preparación de caldos microbiales es propuesta por Sañudo, et. al., ⁴⁰, para descomposición de residuos de cosechas; los nutrientes aportados en los abonos son necesarios para mantener equilibrio de las relaciones Carbono: Nitrógeno, Carbono: Fósforo y Carbono: Nitrógeno: Fósforo, lo cual determina una normal actividad microbial (Figuras 1 y 2).

Figura 1. Caldos microbiales preparados para el tratamiento de residuos biodegradables del mercado El Obrero



⁴⁰ SAÑUDO, B., et. al., Perspectivas para el desarrollo agrícola de la zona triguera de Nariño. UNIVERSIDAD DE NARIÑO, PASTO, 2001.

Figura 2. Caldo microbial producto de fermentación durante 15 días



3.2 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se necesitaron de 750 kilos de residuos sólidos domésticos, picados en pedazos pequeños, con la ayuda de machete para formar cinco grupos correspondientes a los tratamientos mencionados en el diseño experimental (Figuras 3 y 4).

Figura 3. Basuras del mercado El Obrero libre de sólidos no degradables



Figura 4. Una repetición de montones de residuos biodegradables para aplicar los tratamientos de compostaje correspondientes.



Por tratamiento, la cantidad de 150 kilos, se dividió en tres repeticiones cada una de 50 kilos, que se remojó bien con el caldo correspondiente, en dosis de 5 litros y conteniendo inóculo microbial en más de 250×10^6 células viables por ml para taparse con un plástico (Figura 5).

Figura 5. Residuos biodegradables con la aplicación de caldos microbiales, para iniciar el proceso de fermentación



Cada dos días el montón se removió y humedeció con agua corriente formando cada vez otro montón hasta que el sustrato se tornó desmenuzable y la temperatura fue aproximadamente de 30 grados centígrados, midiendo el tiempo de maduración para cada tratamiento. Después de cada remoción, el montón formado se tapó con plástico.

3.3 EVALUACIONES

3.3.1 Características Físicas y Químicas.

Una vez se observó que la descomposición de cada montón llegó al máximo por descenso de temperatura se determinó el número de días transcurridos y se procedió a medir el peso húmedo de cada montón. De cada uno de los montones, se tomaron muestras para hacer los análisis respectivos en cuanto a: pH, Humedad, Materia orgánica, Carbono total, Cenizas, Nitrógeno total, Fósforo, Potasio, Sodio, Calcio y Magnesio, de acuerdo con la metodología seguidas en los laboratorios de suelo, química analítica y Zootecnia de la Universidad de Nariño para sustratos orgánicos⁴¹.

3.3.2 Características microbiológicas. Se determinó el número de caldos microbianas viables por gramo, con la técnica de los platos de dilución, así como el número más probable de coliformes fecales de acuerdo con la metodología propuesta por Sañudo y Vallejo⁴², con diluciones hasta 10^{-10} , utilizando como medio de cultivo el agar nutriente para bacterias, el agar almidón amoniacal para actinomicetos y el agar Martín para hongos (Figura 6).

⁴¹ CALVACHE, B. Modelo de residuos sólidos. Postgrado en Ecología, Universidad de Nariño, Pasto, 2.000, p. 9.

⁴² SAÑUDO, B y VALLEJO, W. Microbiología de aguas. Universidad de Nariño. Posgrado en Ecología. 1992. Mimeografiado. S.n.

Figura 6. Montón de compost maduro listo para el pesaje



El procedimiento de análisis microbial es el siguiente:

Cada muestra se desintegró en pequeños trozos en una cantidad de 10 gramos y se llevó a un erlenmeyer con 90 ml de solución Ringer estéril, mezclando bien por agitación suave durante tres minutos y dejando decantar por 20 segundos.

De la anterior suspensión denominada 10^{-1} , se tomó 1 ml, el cual se lo vertió en un tubo con 9 ml de agua destilada estéril para obtener una suspensión 10^{-2} , que se agitó suavemente para luego extraer 1 ml y llevar a un tubo de ensayo con 9 ml de líquido estéril, obteniendo la suspensión 10^{-3} , que sirvió para obtener la suspensión 10^{-4} y esta para obtener la suspensión 10^{-5} . Así sucesivamente se obtuvieron las diluciones 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} , 10^{-9} y 10^{-10} ,⁴³.

De cada una de las diluciones desde la 10^{-10} hasta la 10^{-3} en forma descendente, se llevan a cantidades de 1 ml a cajas de Petri estériles. En cada caja se vertió 15 – 20 ml de un medio de cultivo estéril dependiendo de los microorganismos y a 50 °C aproximadamente. En una superficie horizontal las cajas se movieron en diferentes direcciones, para lograr una mezcla uniforme del inóculo con el medio de cultivo.

⁴³ Ibid., mimeografiado. s.n.

Para la evaluación de colonias fungosas se trabajó con las diluciones 10^{-3} a 10^{-5} las de actinomicetos con 10^{-4} a 10^{-7} ; las bacteriales con 10^{-6} a 10^{-10} ⁴⁴.

Una vez solidificado el medio, las cajas se colocaron en posición invertida en la estufa de incubación a 20 – 30 °C con diferente tiempo de acuerdo con el grupo microbial. Para bacterias 48 – 72 horas, para actinomicetos 5 – 10 días, para hongos hasta 20 días.

El número de colonias obtenidas se multiplicó por el factor de dilución, para obtener el número de colonias por gramo de suelo. Si por ejemplo se evaluó la d 10^{-4} y se tenían 4 colonias fungosas, la población de hongos por gramo de suelo fue de 4×10.000 porque 10.000 es el factor de dilución. Si de la dilución 10^{-7} se obtuvo 28 colonias bacteriales, la población será 28×10^7 millones (porque 10.000.000 es el factor de dilución).

Para cada grupo microbial los valores se sumaron y dividieron entre el número de diluciones empleadas, para obtener el promedio de células viables por gramo de suelo, asumiendo que cada colonia proviene de la multiplicación de una célula o propágulo.

Los medios de cultivo son específicos para cada grupo microbial. Los más recomendados son los siguientes:

a. Para bacterias:

Agar nutriente

Extracto de carne	10 gramos
Peptona	5 gramos
NaCl	5 gramos
Agar	15 gramos
Agua destilada	1 litro
ph	7

b. Para actinomicetos:

Agar almidón amoniacal

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	2 gramos
K_2HPO_4	1 gramo
$\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	1 gramo

⁴⁴ Ibid, mimeografiado. s.n.

NaCl	1 gramo
CaCO ₃	3 gramos
Almidón	3 gramos
Agar	15 gramos
Agua destilada	1 litro
ph	6.8 - 7.2

c. Para hongos:

Medio de Martín

Peptona	5 gramos
Glucosa	10 gramos
KH ₂ PO ₄	1 gramo
MgSO ₄ . 7 H ₂ O	0.5 gramos
Agar	15 – 20 gramos
Rosa de Bengala (1/3.000)	100 ml
Agua destilada	900 ml

Para el medio de hongos, antes de utilizar, se enfrió a 50°C para agregar por cada 100 ml de medio, un ml de una dilución de sulfato de estreptomicina 100 ppm.

Las colonias obtenidas de los diferentes microorganismos se purifican en tubos con el medio inclinado, correspondiendo al mismo que se utilizó para el aislamiento de cada grupo microbial. Para bacterias y actinomicetos se hizo una identificación general de los géneros, por medio de la tinción de Gram y prueba de la aerobiosis, en tanto que para hongos se trabajó criterios de Sañudo et. al.,⁴⁵

3.3.3 Efecto fertilizante de los sustratos. Se trabajó con un suelo de escasa fertilidad procedente de la región de Daza, municipio de Pasto, a 2800 m.s.n.m, para establecer un diseño irrestrictamente al azar con dos factores y cinco repeticiones, teniendo en cuenta que el factor A, correspondió a los cinco abonos producidos mientras que el factor B, a las dosis 0, 1000, 2000 y 4000 kilos por hectárea de cada uno de estos abonos. De acuerdo con ello, se tuvieron cinco tratamientos del factor A, por cuatro tratamientos del factor B, por cinco repeticiones, para un total de 100 unidades experimentales.

Cada unidad experimental consistió en una bolsa plástica negra con capacidad de 2 kilos. Para las dosis de 1000, 2000 y 4000 kg/ha de cada abono, se tuvieron cantidades de 1, 2 y 4 gramos de sustrato orgánico, que se colocaron en los primeros tres centímetros del suelo de cada bolsa, haciendo la mezcla uniformemente.

⁴⁵ SAÑUDO, ET AL., Op. Cit.

En cada bolsa se sembraron 10 semillas de rabanito *Raphanus sativum* y en el momento de la emergencia se dejó cinco plántulas de tamaño similar (Figura 7).

Figura 7. Respuesta inicial a la aplicación de diferentes dosis de abonos orgánicos



Después de 45 días, se hizo la cosecha de las plantas, determinando longitud y peso total de ellas, el peso de la parte aérea y el peso de las raíces tuberosas, obteniendo los promedios por planta para cada unidad experimental.

3.4 ANALISIS ESTADISTICO

Los diferentes datos obtenidos, tanto de las características físicas, químicas y microbiológicas de los abonos producidos, como las características productivas del rabanito, se interpretaron estadísticamente por medio del análisis de variancia y la prueba de significancia de Tukey.

3.5 ANALISIS ECONOMICO

Se hizo el análisis de costos, para producir una tonelada de cada uno de los abonos orgánicos, teniendo en cuenta insumos, materiales, mano de obra, arrendamiento, empaque, etc.

3.6 DIVULGACIÓN

Con el mejor tratamiento, se hizo un boletín divulgativo para que la comunidad conozca el beneficio del proceso incluyendo los días que el proceso se cumple, las poblaciones microbiales obtenidas y los cambios químicos logrados, en el mejor tratamiento, incluyendo además el beneficio económico.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 OBTENCIÓN DEL ABONO ORGÁNICO

4.1.1 Variaciones de Temperatura. En el análisis de variancia se observan diferencias altamente significativas entre tratamientos para cambios de temperatura en los distintos días de evaluación, excepto en los días 25, 60, 70, 80 y 90. (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de variancia para los cambios de temperatura en la biotransformación de residuos sólidos biodegradables de mercado hasta los 90 días de iniciado el proceso

		FV GL	Tratamientos 4	Error 10
CUADRO MEDIO	DIA 2		18,90**	1,80
	DIA 4		110,73**	10,40
	DIA 6		241,50**	15,33
	DIA 8		168,90**	19,0
	DIA 10		489,99**	37,30
	DIA 12		461,07**	15,83
	DIA 14		404,67**	17,27
	DIA 16		197,17**	6,67
	DIA 18		124,93**	5,47
	DIA 20		110,23**	9,20
	DIA 25		5,33NS	38,80
	DIA 30		203,73**	25,80
	DIA 35		206,07**	9,67
	DIA 40		277,16**	16,07
	DIA 50		188,77**	11,07
	DIA 60		18,90NS	5,73
	DIA 70		1,90NS	10,33
	DIA 80		5,90NS	11,53
	DIA 90		8,90NS	6,53
			5% 3,48	
		Ft	1% 5,99	

** Diferencias altamente significativas

NS Diferencias no significativas

Ello indica que independientemente de los acondicionamientos químico – microbiales que se le den a la mezcla de residuos orgánicos biodegradables, a los 25 días se obtiene la finalización del proceso termofílico de degradación y a partir de los 60 días se entra en la etapa de maduración del abono orgánico producido.

De acuerdo con lo anterior, el proceso tiene cuatro periodos térmicos: mesofílico, termofílico, enfriamiento y madurez, observándose en la Tabla 2, periodos entre 23 y 45 °C (mesofílico), 46 y 80 °C (termofílico), 40 – 45 °C (enfriamiento) y menor de 39°C (maduración). Ello está de acuerdo con lo expuesto por Gómez⁴⁶; Opazos⁴⁷; Mayea y Querol⁴⁸, para la descomposición microbiana de residuos orgánicos biodegradables.

Tabla 2. Comparación de promedios de temperatura en la descomposición de residuos orgánicos biodegradables de mercado en función del tiempo y del uso de caldos microbiales. Prueba de Tukey.

DÍAS	TRAT. 1 Testigo	TRAT. 2 Caldo microbial	TRAT. 3 Caldo microbial + Nitrógeno	TRAT. 4 Caldo microbial + Fósforo	TRAT. 5 Caldo microbial + N+P	TUKEY 5%
2	26,00B	32,33A	31,33A	31,33A	31,00A	3,60
4	23,00B	30,33A	37,67A	35,00A	29,33AB	8,66
6	24,33C	45,33A	43,33AB	43,33AB	34,33BC	10,51
8	32,00B	40,67B	50,00A	49,67A	45,00A	11,70
10	27,33B	50,67A	64,00A	66,00A	51,67A	16,40
12	46,67C	60,00B	71,00A	79,33A	60,00B	10,68
14	49,33B	54,00B	70,00A	76,00A	54,00B	11,15
16	46,00D	56,33BC	63,00AB	66,00A	52,00CD	6,93
18	51,67B	61,33A	52,67B	64,00A	49,33B	6,28
20	66,00A	53,33B	55,00B	65,00A	54,67B	8,14
25	55,00A	51,67A	52,67A	53,33A	52,00A	
30	28,33B	37,33B	51,00A	37,00B	41,67B	13,64
35	22,33C	35,67B	43,00A	41,67A	32,67B	8,35
40	22,67B	24,33B	40,67A	41,67A	24,00B	17,25
50	21,67C	21,6C	30,65B	40,00A	23,33BC	8,93
60	26,67A	25,67A	25,67A	31,67A	26,67A	
70	24,00A	24,33A	25,00A	26,00A	25,33A	
80	26,67A	25,67A	25,67A	31,67A	26,67A	
90	23,00A	24,00A	24,67A	27,00A	22,67 ^a	

Letras iguales indican diferencias no significativas.

⁴⁶ GÓMEZ, Op. cit.

⁴⁷ OPAZOS, Op. cit.

⁴⁸ MAYEA y QUEROL, Op. cit.

Considerando la misma Tabla 2, en el tratamiento testigo (T1), en el que únicamente se humedecen los residuos, hay un periodo mesofílico de 10 días, pero con temperaturas relativamente bajas (23,00 – 32,00 °C), con un periodo térmico de los días 12 a 25, con temperaturas de 46 a 55 °C, observándose un máximo de 66 °C en el día 20, para producirse un enfriamiento repentino desde el día 30 al día 90, lo que está indicando que no existe madurez del abono orgánico y por lo tanto no se sucede una etapa verdadera de compostación, además de que la microbiota que interviene utiliza los nutrientes para su actividad metabólica, como lo afirma Buenrostro y Buenrostro⁴⁹.

Para el tratamiento dos (T2), en el cual se adiciona un caldo microbial previamente fermentado, se inicia un proceso mesofílico de ocho días, con temperaturas mayores que para el T1 (32 – 45 °C), con un periodo térmico del día 10 al día 25, con temperaturas estables (50 – 61 °C), un periodo de enfriamiento entre 30 y 35 días (35 – 37 °C) y un periodo de madurez en los días 40 a 90, lo que está indicando que a partir del día 40, el abono está listo para su empleo. De acuerdo con Farias, Ballesteros y Bendeck⁵⁰, al prolongarse la fase termofílica se originan cambios más notables en el material a compostar. La afirmación anterior, se determina mejor en los tratamientos tres y cuatro (T3 y T4), en los que la fase termofílica se inicia en el día octavo y termina en el día 30 para T3 y día 25 para T4.

En el caso de T3, el periodo mesofílico se produce hasta los seis días (31 – 43 °C), el periodo termofílico va de los días 8 a 30, (50 – 71°C), el periodo de enfriamiento de los días 35 a 40 (40 – 43 °C) y la madurez de los días 50 a 90 (24 – 31 °C).

Aparentemente en el tratamiento dos (T2), se entra a la etapa de madurez más rápido que para el tratamiento T3, pero en la primera la temperatura es menor y por lo tanto, producen menores cambios bioquímicos hacia la fertilidad.

En el tratamiento cuatro (T4), la etapa mesofílica va hasta el sexto día (31 – 43°C) y la termofílica hasta el día 25 (49 – 79°C), pero hay un enfriamiento progresivo hasta el día 50 (37 – 41°C), lo que favorece la actividad microbial y se produce una madurez desde el día 60 (27 – 31°C). Se determina que los cambios de temperatura son más equilibrados, lo que lleva a un mejor trabajo microbial y por lo tanto a un equilibrio de las fases de mineralización, oxi-reducción e inmovilización a cargo de la microbiota compleja⁵¹.

⁴⁹ BUENROSTRO, J., BUENROSTRO, A., C. El mundo de la composta. México: BIO, 1993.

⁵⁰ FARIAS, Op. cit. p. 75 – 86.

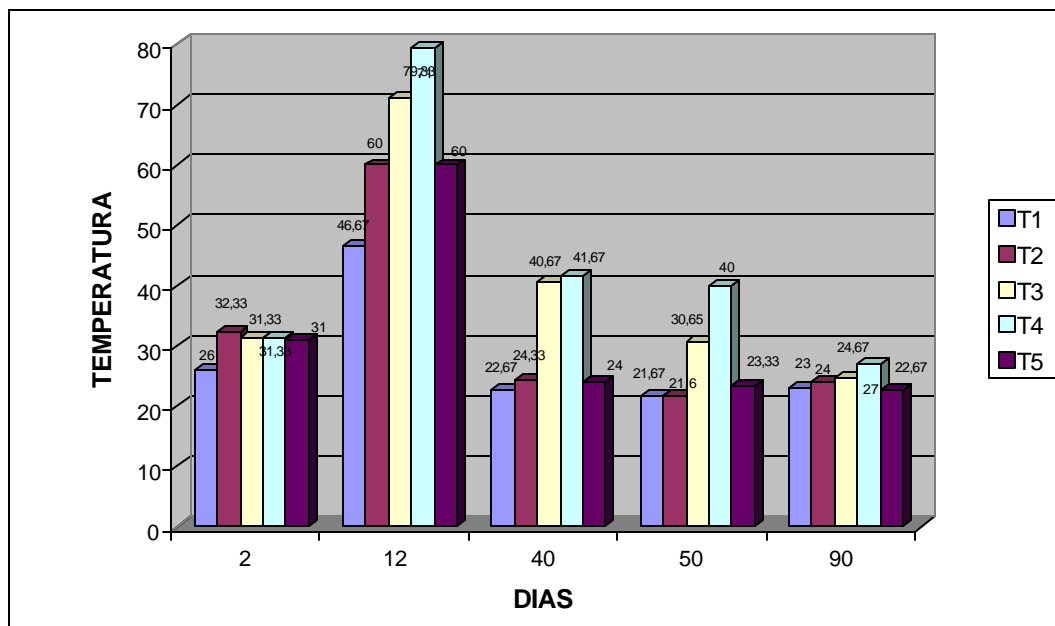
⁵¹ ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. Second Ed. New York, Jhon Wiley Asons. Inc., 1977.

Para el tratamiento cinco (T5), hay un periodo mesofílico prolongado, hasta el día 8 (29 – 45°C), un corto periodo térmico de los días 10 a 25 (49 – 60°C) con temperaturas bajas, un periodo de los días 30 a 35 de enfriamiento (32 – 41°C) y una madurez de 40 a 90 días (23 – 27°C), considerándose como el más parecido a T2, a pesar de haberse adicionado el caldo con una mayor riqueza nutricional.

Ello indica posiblemente que se está cumpliendo preferentemente un proceso de inmovilización de nutrientes por la microbiota presente, lo que lleva a pensar que no es el tratamiento mas adecuado⁵².

De acuerdo con los resultados obtenidos en los tratamientos tres y cuatro (T3 y T4), hay aumentos progresivos de temperatura desde la fase mesofílica a la termofílica, con máximos de temperatura mayores de 70°C y luego disminución progresiva de la temperatura desde la fase termofílica a la mesofílica, lo cual lleva a que las transformaciones de los complejos orgánicos sean resultado de la participación de una microbiota variable, como lo afirma Alexander⁵³. Ello se puede visualizar en la Figura 8.

Figura 8. Cambios contrastantes de temperatura en la descomposición microbiana de residuos orgánicos biodegradables del mercado El Obrero, destacándose los tratamientos T3 y T4



⁵² BAIER, A; et. al., Fertilización orgánica. Guatemala, Alartec, 1992.

⁵³ ALEXANDER, Op. cit.

En general, se observa que es posible reducir en 30 días el proceso completo de compostaje con el uso de caldos microbiales, a través de periodo mesofílico, termofílico, enfriamiento y maduración, lo cual permite disminuir los riesgos de contaminación principalmente por lixiviados y hacer más eficiente el abono orgánico producido. Al respecto, Farias, Ballesteros y Bendeck⁵⁴, indican que en clima frío el proceso de compostación se encuentra entre 100 y 160 días debido a la actividad microbial baja, sin embargo, Mayea y Querol⁵⁵, indican que es posible reducir el periodo de compostación, mediante la inoculación artesanal en un inóculo microbiano a los residuos orgánicos, como se lo hizo en el presente trabajo.

4.1.2 Biomasa Final. En el día 90, se determinó que de 50 kilos iniciales que se utilizaron, al final los pesos fueron de 20.74 a 21.74 kilos, lo que representa una pérdida de biomasa de 47.60 – 49.92%, sin existir diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 3), lo cual está indicando que independientemente de las adiciones microbiales y químicas que se hallan en un sustrato orgánico biodegradable sometido a descomposición por microorganismos siempre darán una cantidad similar de sustrato orgánico transformado. Sin embargo, como se determinará más adelante existen diferencias en cuanto la carga microbial y a los contenidos nutricionales.

Tabla 3. Pruebas estadísticas para el peso final de los abonos orgánicos y pérdida de biomasa en porcentaje de residuos orgánicos biodegradables de mercado, con el uso de caldos microbiales.

a. Análisis de Variancia.

FV	GL	Cuadrado medio		Ft	
		Peso final	Perdida biomasa	5%	1%
Tratamiento	4	0.40 NS	2.13 NS	3.48	5.99
Error	10	0.27	1.44		

NS = Diferencias No significativas

Comparación de promedios.	Peso final Sustrato (kg)	Porcentaje perdida biomasa (Y = Arco seno \bar{I} %)
T1	20.74 A	49.92 A
T2	21.74 A	48.76 A
T3	20.74 A	49.14 A
T4	22.74 A	47.60 A
T5	21.46 A	49.07 A

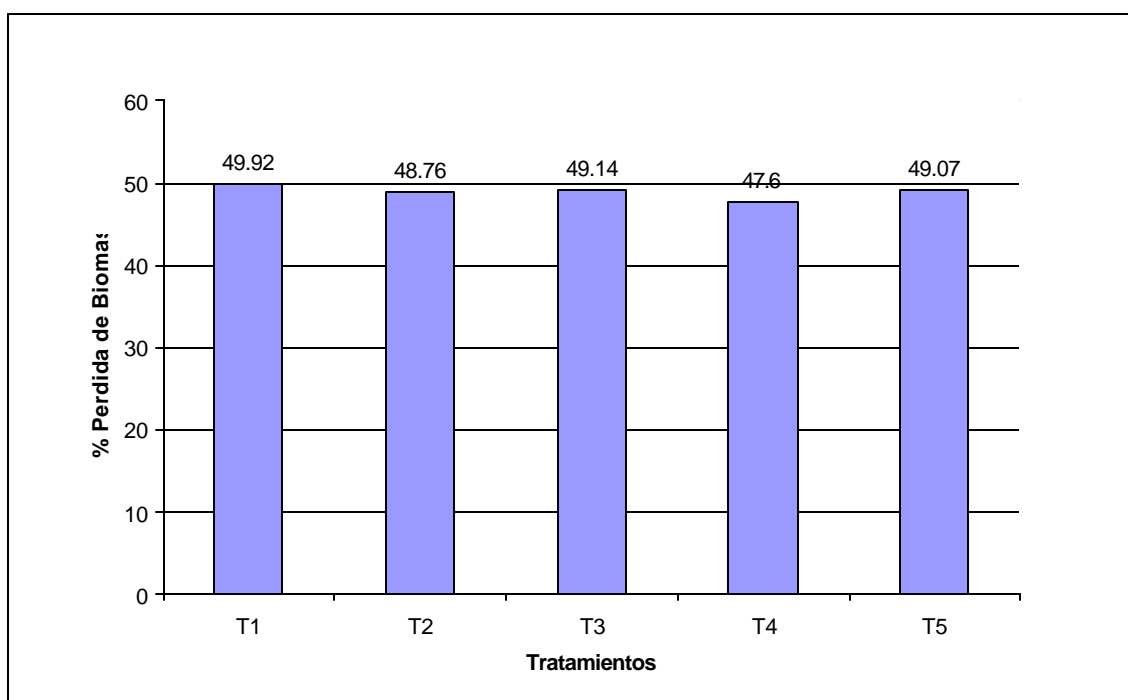
Letras iguales indican Diferencias No Significativas.

⁵⁴ FARIAS, ET EL., Op. cit. p. 75 – 86.

⁵⁵ MAYEA y QUEROL, Op. cit., p. 48 – 53.

En términos no estadísticos y comparando los tratamientos extremos T4 y T1, según la Figura 9 hay ganancia de dos kilos de biomasa para el tratamiento 4, lo que indica que al colocar a descomponer una tonelada de residuos, hay ganancia de 40 kilos, debido a las menores pérdidas de energía, resultado de una actividad microbial más equilibrada. Esto hace que los riesgos de contaminación por gas carbónico y lixiviados sean menores, de acuerdo con apreciaciones de Mayea y Querol⁵⁶.

Figura 9. Porcentaje de pérdida de biomasa en la descomposición microbiana de residuos orgánicos biodegradables del mercado El Obrero, destacándose el tratamiento T4



4.1.3 Carga Microbial. En la tabla 4 del análisis de variancia, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las poblaciones bacteriales, pero si diferencias altamente significativas para poblaciones de actinomicetos y hongos por gramo de abono orgánico.

⁵⁶ MAYEA y QUEROL, Op. cit., p. 48-53.

Tabla 4. Análisis de variancia par la población microbial por gramo de abono orgánico con la descomposición de residuos orgánicos biodegradables de mercados con caldos microbiales.

CUADRADO MEDIO

FV	GL	Bacterias	Actinomicetos	Hongos	Ft	
					5%	1%
Tratam	4	4869066658*10 ¹⁵ NS	3459623333 *10 ¹²	145946599*10 ^{11**}	3.47	5.99
Error	10	155766667*10 ¹⁵	807006667*10 ¹¹	223861334*10 ¹⁰		

NS Diferencias Altamente Significativas

**** Diferencias Altamente Significativas**

En la Tabla 5, se observan que las poblaciones de microorganismos en el tratamiento testigo (T1) siempre son menores respecto a los demás tratamientos, determinándose que fueron de 145 x 10⁶ bacterias, 122 x 10⁴ actinomicetos y 632,00 x10³ hongos por gramo de abono orgánico, mientras que en el tratamiento 4 (T4), se obtuvieron las mayores poblaciones de 243.67 x 10⁶, 555 x 10⁴ y 1240 x 10³ bacterias, actinomicetos y hongos, lo cual se determina mejor al observar la Figura 10.

Tabla 5. Comparación de poblaciones microbiales por gramo de abono orgánico con la descomposición de residuos orgánicos biodegradables de mercado enriquecidos con caldos microbiales

A	Bacterias(*10 ⁶)	Actinomicetos(*10 ⁴)	Hongos (*10 ³)
T1	145,00 A	122,00 C	632,00 C
T2	217,67 A	376,67 B	934,00 B
T3	242,67 ^a	409,00AB	886,33 BC
T3	243,67 A	555,00A	1240,00 A
T5	242.67	391,00 AB	823,33 BC
T4	243.67 A	555.00 A	1240.00 A
T5	206.33 A	391.00AB	823.33 BC

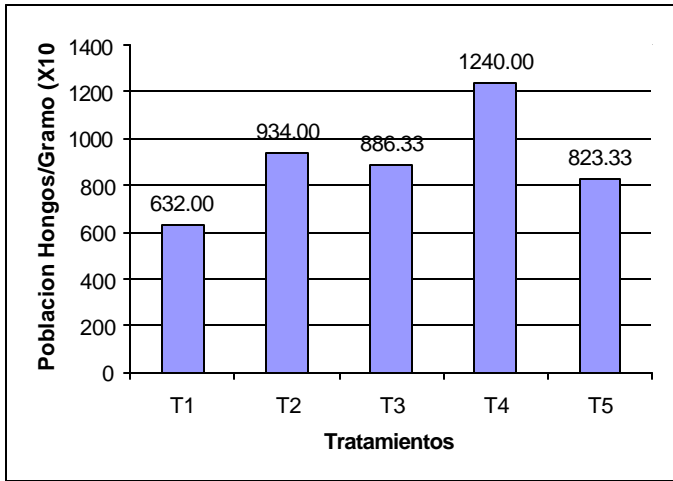
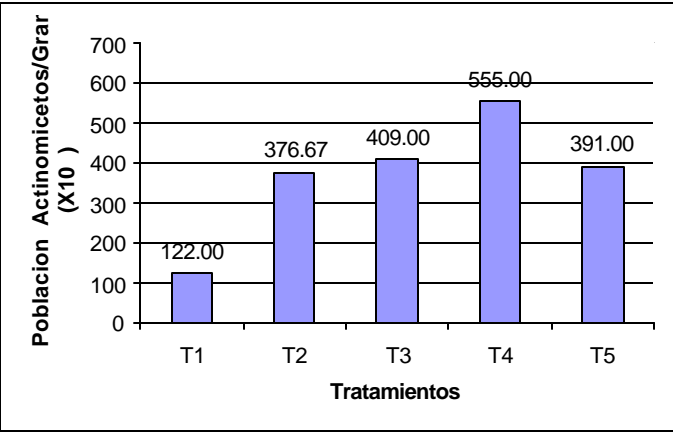
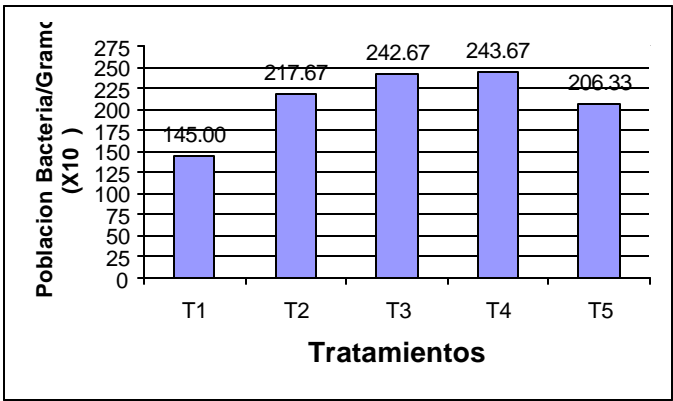
Tukey 5%

177.90 * 10⁴

296.29 * 10³

Letras iguales indican diferencias no significativas.

Figura 10. Población de bacterias, actinomicetos y hongos por gramo de abono orgánico en cinco tratamientos de compostaje



En lo que respecta a las poblaciones de actinomicetos, todos los tratamientos permitieron mayores poblaciones que el testigo con diferencias significativas, en tanto que para los hongos, el tratamiento cuatro (T4) difirió significativamente con respecto a los demás tratamientos.

Las diferencias estadísticamente no significativas entre poblaciones bacteriales, se deben muy probablemente a la variabilidad existente, lo que permite incrementos de ciertas poblaciones cuando hay variaciones de las adiciones nutricionales a los caldos y además, porque en todas las etapas de degradación de los residuos orgánicos entran a participar las bacterias. Sin embargo cuando no hay adiciones de caldos microbiales la población es de $145,00 \times 10^6$ bacterias por gramo de sustrato, pero cuando se usan dichos caldos, hay más de 200×10^6 células bacteriales por gramo de sustrato, lo que se puede reflejar en los cambios físicos y químicos de la biomasa transformada. Se determinaron como géneros principales **Micrococcus** (Cocos Gram positivos, individuales, aerobios), **Bacillus** (Bacilos grandes, Gram positivos, esporulados, anaerobios facultativos), **Arthrobacter** (Bacilos cortos, Gram positivos, aerobios), **Cellulomonas** (Bacilos delgados, curvos, Gram positivos, aerobios), **Pseudomonas** (Bacilos cortos Gram negativos y aerobios), **Flavobacterium** (Bacilos cortos, Gram negativos, anaerobios facultativos).

Así mismo, en lo que respecta a los actinomicetos, las menores poblaciones se dan en el testigo, pero cuando se incorporan caldos, se favorece dicho grupo microbial, especialmente cuando se adicionan sustancias ricas en fósforo, macro y micro nutrientes (T4), ya que estos factores los hacen más competitivos frente a las bacterias. Los géneros identificados fueron **Streptomyces** (filamentos ramificados, no septados, con esporulación apical, Gram positivos) y **Micromonospora** (filamentos ramificados, septados y no esporulados, Gram negativos).

Lo expuesto se hace más evidente para las poblaciones de hongos que oscilaron entre 632×10^3 y 1240×10^3 colonias por gramo de sustrato, correspondiendo la menor población al tratamiento testigo y la mayor en T4, lo que hace suponer que los hongos están jugando un papel importante en la dinámica del fósforo, cuya solubilización favorece los incrementos poblaciones de este grupo microbial. Los géneros identificados correspondieron a **Rhizopus** y **Mucor** de la subdivisión Zigomycotina, **Penicillium**, **Aspergillus**, **Cladosporium**, **Hormodendrum**, **Epicoccum**, **Humicola**, **Trichoderma** y **Alternaria** de la subdivisión Deuteromycotina; **Chaetium** de la subdivisión Ascomycotina.

4.1.4 Características Físicas y Químicas. En la tabla 6 del análisis de variancia se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos para las evaluaciones de pH, humedad, materia seca, materia orgánica, cenizas, carbono, cenizas, nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, calcio y magnesio.

Tabla 6. Análisis variancia para las características físicas y químicas de abonos orgánicos a partir de residuos orgánicos biodegradables de mercado con el enriquecimiento de caldo microbiales

FV		Tratamiento	Error
GL		4	10
C			
U	PH	0,06**	0,01
A	Humedad	2,97**	0,34
D	M.S	2,39**	0,31
R	M.O	79,40**	3,16
A	C	32,54**	1,87
D	Cenizas	40,00**	1,00
O	N	0,08**	0,004
	P	7,68**	0,02
M	K	448,71**	13,47
E	Na	8,37**	0,75
D	Ca	5,38**	0,013
I	Mg	0,16**	0,03
O			
		5%	3.48
Ft			
		1%	5.99

**** Diferencias Altamente Significativas.**

- **PH.** De acuerdo con la tabla 7 está bien el pH de los abonos orgánicos osciló entre 8.34 y 8.71, siendo menor en el testigo (8.34), pero sin diferencias significativas respecto a los tratamientos T4 (8.56) y T5 (8.53). Sin embargo tuvo diferencias significativas respecto a T2 (8.62) y T3 (8.71).

Tabla 7. Comparación de los promedios de valores de algunas características físicas y químicas de abonos orgánicos a partir de residuos orgánicos biodegradables de mercado enriquecidos con caldos microbiales, Prueba de Tukey

Variable	T1	T2	T3	T4	T5	Tukey 5%
PH (%)	8.34 C	8.62 AB	8.71 AB	8.56 BC	8.53 BC	0.27
Humedad (%)	12.62AB	10.47 C	11.45 BC	11.52 BC	10.08 C	1.57
Materia Seca(%)	87.38 CD	89.36 A	88.55 AB	88.48 BC	89.82 A	0.83
Mat. Organ. (%)	43.18 B	43.13 B	43.61 B	35.93 C	50.47 A	4.77
Carbono (%)	26.03 B	24.67 B	25.52 B	20.61 C	29.82 A	3.67
Cenizas (%)	21.36 CD	19.40 D	24.36 B	22.85 BC	29.06 A	2.68
Nitrógeno (%)	2.09 B	2.45 A	2.47 A	2.34 A	2.42 A	0.17
Fósforo (%)	2.09 C	2.44 BC	3.00 B	5.27 A	5.47 A	0.41
Potasio (%)	5.32 B	3.64 B	6.15 B	27.42 A	27.18 A	9.85
Sodio (ppm)	4.07 C	6.33 BC	5.93 BC	7.00 AB	8.67 A	2.33
Calcio (%)	0.61 B	0.79 B	0.74 B	2.99 A	3.30 A	0.31
Magnesio (%)	0.35 B	0.40 B	0.43 B	0.89 A	0.69 AB	0.44

Letras iguales indican Diferencias No Significativas.

Por los resultados obtenidos, se determino que hay efecto Buffer de la materia orgánica; por lo tanto, el pH se mantiene dentro de los rangos normales y la aplicación de los abonos orgánicos al suelo, no genera alteraciones en esta característica. Los tratamientos T4 y T5, generan cationes en equilibrio con el ión.

En los caldos microbiales que se utilizan, al parecer las fuentes más importantes de nitrógeno están dadas en las sustancias nitrogenadas complejas contenidas en el estiércol fresco de ganado y en la leche, las cuales son degradadas progresivamente por las enzimas microbiales.

De acuerdo con los resultados estadísticos, es posible suprimir en los caldos, las adiciones de fuentes industriales de nitrógeno (Urea y Sulfato de amonio), porque probablemente son objeto de inmovilización o volatilización. Entonces, los aportes de nitrógeno los dan la leche y el estiércol de ganado, cuyos componentes nitrogenados orgánicos sufren un proceso progresivo de mineralización, reduciéndose los riesgos de perdidas del elemento en el proceso de fermentación. Con el uso de caldos microbiales, los contenidos de nitrógeno se aumentan en 0.25 a 0.38%, lo cual está indicando que los incrementos en una tonelada de abono orgánico están en 2.50 a 3.80 kilos de nitrógeno.

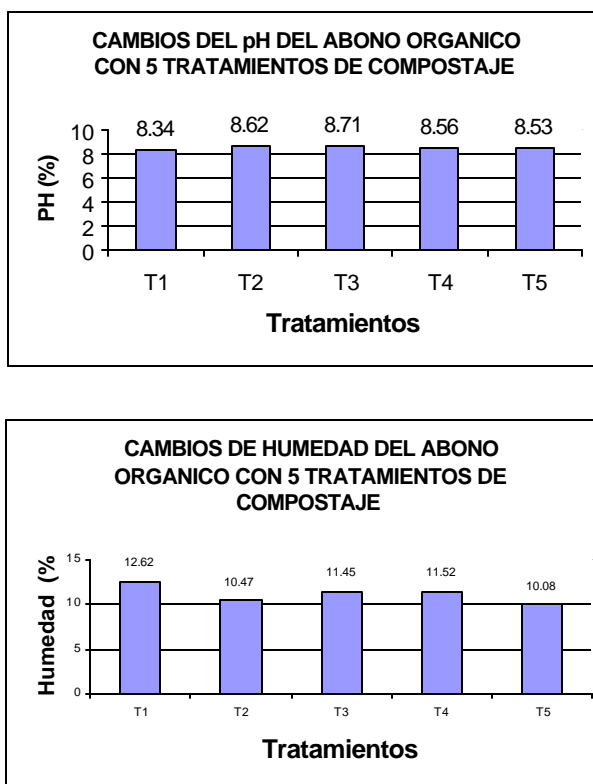
• **Fósforo.** Los menores contenidos de fósforo se obtienen en el tratamiento testigo (2.09%), sin diferencias significativas con el tratamiento T” (2.44%), pero

con diferencias significativas con relación a los demás tratamientos con 3.00 a 5.47% de P_2O_5 .

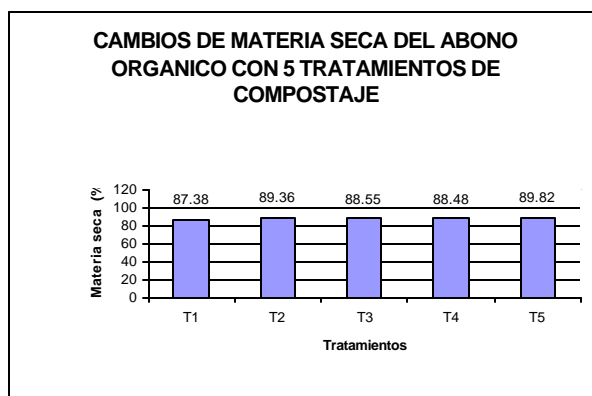
Los tratamientos en los cuales los caldos contenían roca fosfórica (T4 y T5) al iniciar el proceso de fermentación, tuvieron un incremento de P_2O_5 a 5.27 y 5.47%, determinándose ganancias de 3.18 y 3.38% respecto a T1, de 2.83 y H^+ o hay mayor producción de ácidos orgánicos para solubilizar nutrientes, en tanto producción de estos ácidos es menor en T2 o se genera NH_4^+ en T3, lo que desplaza al ion H^+ , sucediéndose incrementos en el PH.

El pH obtenido en los abonos orgánicos, indica que la incorporación de estos en el suelo, favorecerá poblaciones microbiales principalmente de bacterias y actinomicetos, que son responsables de la mayoría de cambios bioquímicos y por lo tanto hay beneficio ecológico sobresaliente, como lo menciona Gómez⁵⁷. En la figura 11 se observa mejor, el efecto de los tratamientos T3 y T4 en alzas de pH con respecto al tratamiento testigo.

Figura 11. Cambios de ph, humedad y materia seca de abono orgánico con cinco tratamientos de compostaje



⁵⁷ GOMEZ. Op. cit.



• **Humedad y materia seca.** El mayor contenido de humedad (12.62%) y lógicamente el menor contenido de materia seca (87.38%), lo tuvo el tratamiento testigo (T1), con diferencias significativas respecto a los tratamientos T2 (10.47 y 89.36%) y T5 (10.01 y 89.82%), pero sin diferencias significativas con respecto a T3 (11.45 y 88.55%) y T4 (11.52 y 88.48%). Los menores contenidos de materia seca y por lo tanto, los mayores contenidos de humedad en el tratamiento testigo (T1), es un indicativo aproximado de que aún no ha ocurrido una maduración completa del abono orgánico, produciéndose reacciones de hidrólisis para degradar moléculas orgánicas complejas hasta los 90 días de iniciado el proceso de degradación bioquímica de los residuos orgánicos como se observa en la figura 11. Sin embargo, también hay contenidos, similares a los tratamientos T3 y T4, lo que al parecer es contradictorio, pero esta indicando la ocurrencia de altas poblaciones microbiales y por lo tanto una actividad postmaduración, lo cual es beneficioso, cuando el abono orgánico se incorpora al suelo, porque a la vez que se favorece la humedad del sustrato, se aporta mayor biomasa microbiana que continúa con los cambios bioquímicos en el suelo.⁵⁸

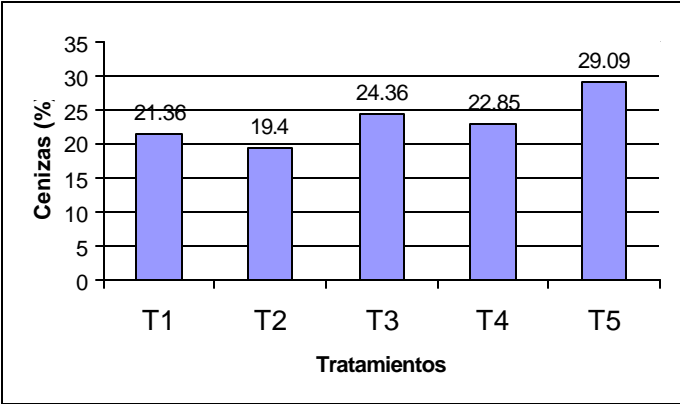
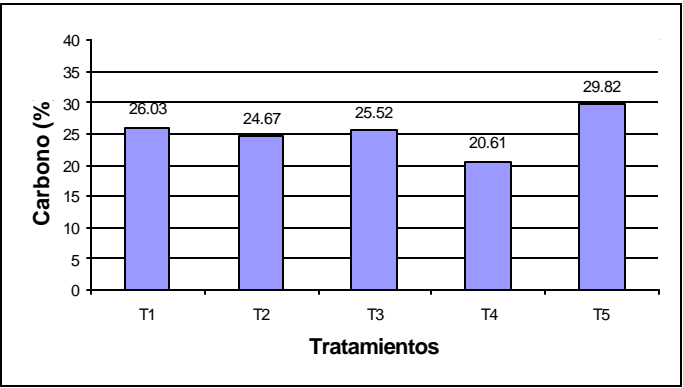
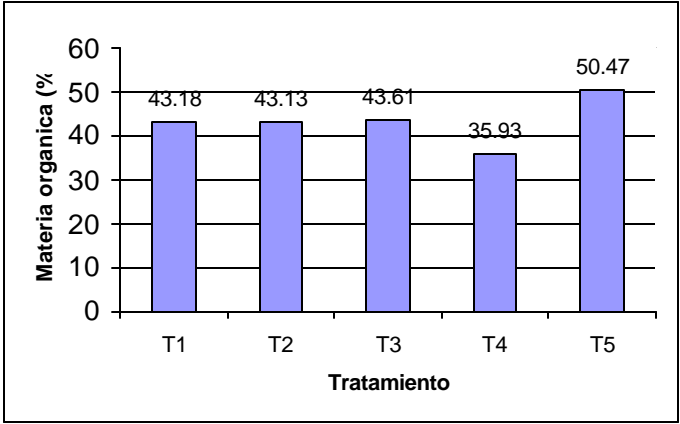
• **Materia orgánica y carbono orgánico.** Los sustratos orgánicos obtenidos presentaron los menores contenidos de materia orgánica y carbono total en el tratamiento cuatro (T4) con 35.93% y 20.62% para diferencias significativas con contenidos entre 43.13 y 43.61% respecto a los demás tratamientos. En contraste, los mayores contenidos correspondieron al tratamiento cinco (T5) con 50.47 y 29.82% para diferencias altamente significativas respecto a los demás tratamientos con contenidos entre 24.67 y 26.03%.

Tal como se observa en la figura 12, en el tratamiento cuatro (T4) se han cumplido las mayores transformaciones microbiales hacia la fase de mineralización de nutrientes produciéndose por lo tanto mayor gasto de energía a partir de las

⁵⁸ SUQUILANDA, M. Agricultura orgánica, alternativa tecnología del futuro, QUITO: FUNDAGRO, 1996.

fuentes de carbono, esto es benéfico para los suelos por cuanto se hace un mayor aporte de nutrientes microbiales al suelo.

Figura 12. Contenido de materia orgánica, carbono y cenizas en abono orgánico con cinco tratamientos de compostaje



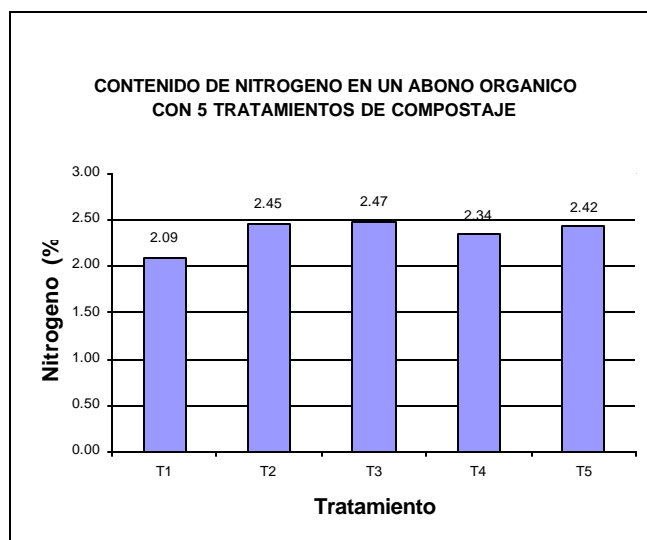
Contrariamente, en el tratamiento T5, se ha sucedido la mayor inmovilización de nutrientes a cargo del complejo microbioal y por lo tanto el gasto de energía es menor, con lo que se acumula la materia orgánica en mayor cantidad, lo cual también es benéfico por liberación progresiva de nutrientes hasta cuando ocurren los procesos microbiales de hidrólisis enzimática compleja de residuos orgánicos biodegradables.

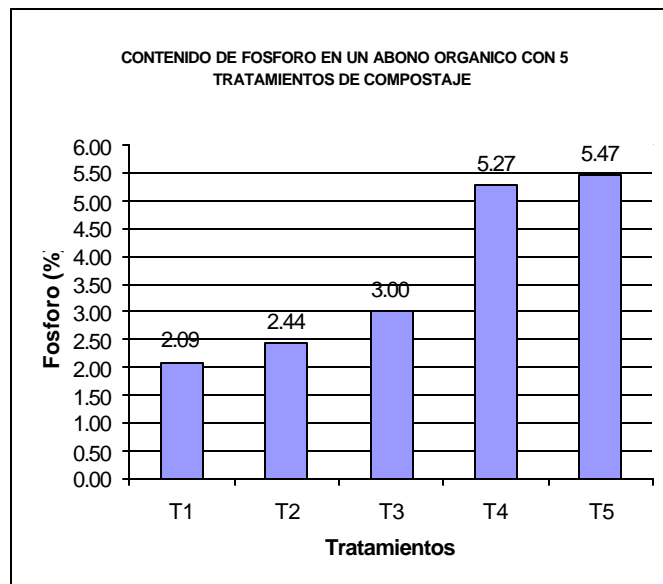
- **Cenizas.** Los mayores contenidos de cenizas se dan para el tratamiento T5 (29.06%), (Figura 12) con diferencias significativas respecto a los demás tratamientos cuyos contenidos oscilaron entre 19.40 y 24.36%, determinándose los menores contenidos en el tratamiento testigo (T1), considerándose en general que el empleo de los caldos microbiales, permite incrementos en las cenizas. (Tabla 7).

Las cenizas en la materia orgánica son un indicativo de menores contenidos de humedad en ella y mayores contenidos de carbono orgánico, lo cual sucede en el tratamiento T5 como se observa en la figura 12 considerándose que hay mayores posibilidades de aportes energético para las poblaciones microbiales, alargándose el tiempo, para que ocurran procesos benéficos de transformaciones nutricionales, cuando abonos orgánicos con estas características son aportados al suelo.

Nitrógeno. Los contenidos de Nitrógeno variaron de 2.09 a 2.47% , correspondiendo el menor valor al tratamiento testigo (T1) con diferencias significativas con respecto a los tratamientos en los que se emplearon caldos microbiales con 2.34 a 2.47%, sin diferencias significativas entre ellos como se determina en la tabla 7 y en la figura 13.

Figura 13. Contenido de nitrógeno y fósforo en abono orgánico con cinco tratamientos de compostaje





El empleo de rocas fosfóricas que contienen fosfatos apáticos (fosfatos tricálcicos), resulta una medida ecológicamente eficiente, porque en los caldos existen poblaciones microbiales capaces de solubilizar el fósforo insoluble contenido en las rocas a fuentes solubles como fosfato monocálcico y ácido ortofosforico, lo que favorece la acción fertilizante de los abonos orgánicos, en los cuales se ha realizado esta práctica, lo cual está de acuerdo con lo expuesto por Alexander⁵⁹ y Burbano⁶⁰.

La práctica es tan benéfica que con respecto al tratamiento testigo (T1), hay ganancia de 31.80 a 33.80 kilos al obtener una tonelada de abono orgánicos a partir de residuos orgánicos biodegradables de mercado.

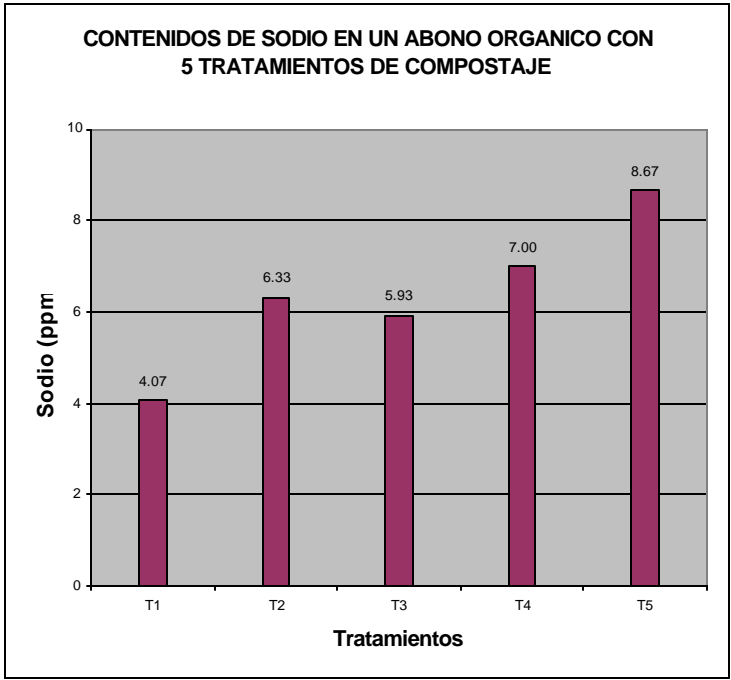
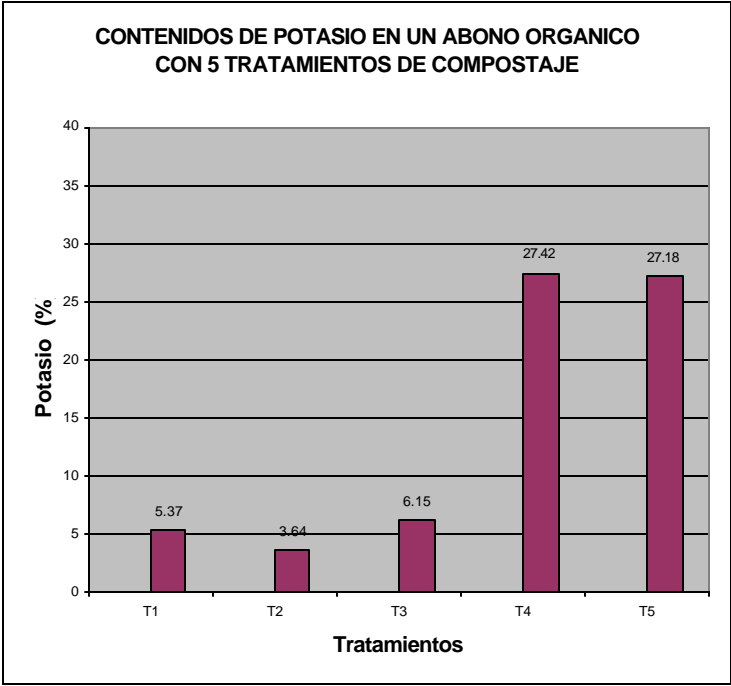
- **Potasio.** En los tratamientos T4 y T5, en los cuales se adicionó una fuente de elementos mayores secundarios y microelementos conteniendo potasio, los valores de este elemento fueron de 27.42 y 27.18%, superando significativamente a los contenidos que se obtuvieron con los otros tratamientos, los cuales oscilaron entre 3.64 y 6.15 sin diferencias significativas, como se determina en la Tabla 7 y en la figura 14.

Se incrementa en más de 40 kilos de potasio por tonelada de abonos orgánicos producida a partir de basuras de mercados, lo cual sería suficiente para abonar los cultivos.

⁵⁹ ALEXANDER, Op. cit.

⁶⁰ BURBANO, H. El Suelo. Una visión sobre sus componentes biorgánicos. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 1989.

Figura 14. Contenido de potasio y sodio en un abono orgánico con cinco tratamientos de compostaje.



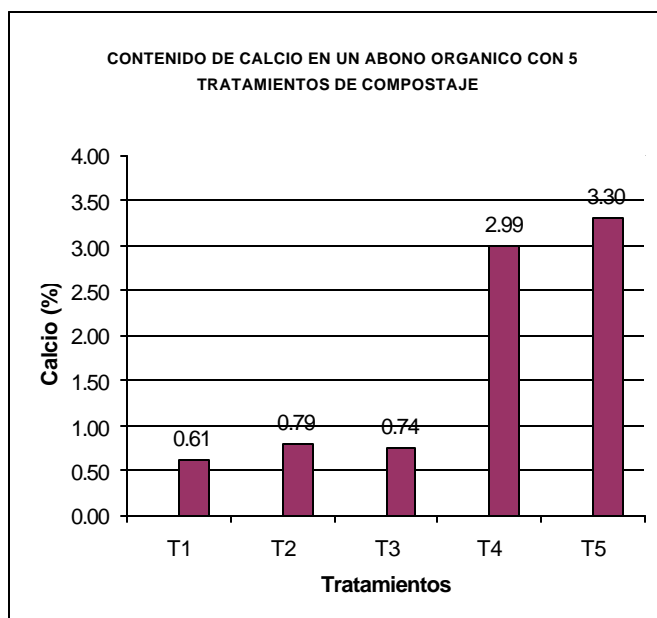
- **Sodio.** En la tabla 7 y figura 14, se observa que los contenidos de sodio van de 4.07 a 8.67 partes por millón, siendo menor en el tratamiento testigo (T1), con diferencias significativas respecto a los demás tratamientos, debido a que todos ellos contienen melaza, leche y estiércol de ganado vacuno, componentes que cuentan con contenidos moderados de este elemento.

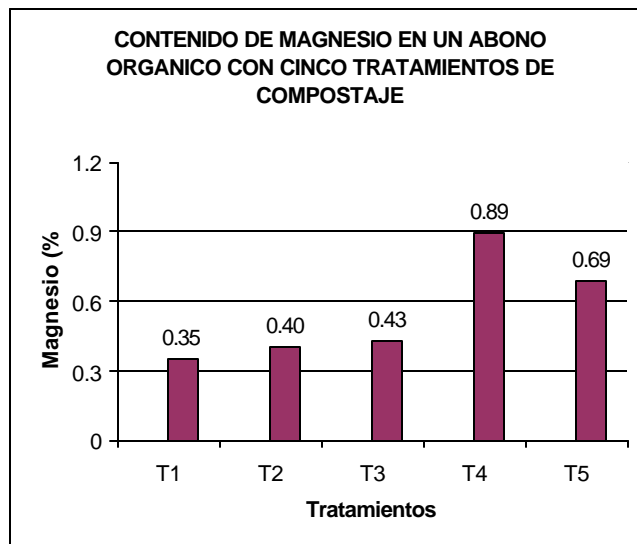
Los abonos orgánicos producidos, tienen contenidos normales de sodio y por lo tanto, no hay riesgos de toxicidad, ni de desequilibrios de otros elementos, especialmente potasio, calcio y magnesio.

- **Calcio.** Los tratamientos T4 y T5 con contenidos de 2.99 y 3.30% de calcio, mostraron diferencias significativas con respecto a los tratamientos T1 y T3 que con 0.61 a 0.79% de calcio no mostraron diferencias significativas entre sí.

La adición de roca fosfórica a los caldos microbiales con los cuales se enriquecieron los residuos orgánicos biodegradables es beneficiosa, pues hay incrementos significativos en los contenidos del calcio soluble. Si se compara únicamente con el tratamiento testigo, los incrementos son del orden de 2.38% para el tratamiento T4 y de 2.69% para el tratamiento T5, lo que equivale a tener 23.80 y 26.90 kilos de calcio soluble por tonelada de abono orgánico procesado (Figura 15).

Figura 15. Contenido de calcio y magnesio en un abono orgánico con cinco tratamientos de compostaje.





Lo anteriormente expuesto es válido por cuanto una población notable de la microbiota heterótrofa produce solubilización de los fosfatos tricálcicos contenidos en las rocas hacia fosfatos monocálcicos y ácidos ortofosfóricos, con la liberación del ión calcio.

- **Magnesio.** De acuerdo con la tabla 7, el tratamiento T4 con 0.89% de magnesio, no difirió con T5 con 0.69% del elemento, pero mostró diferencias significativas respecto a los tratamientos T1, T2 y T3, con 0.35, 0.40 y 0.43% de magnesio (Figura 15).

En el tratamiento T4, el magnesio es aportado al caldo a través de la roca fosfórica y la fuente de elementos mayores y menores, además de la melaza y la leche, subiendo 0.54% el contenido lo que equivale a 5.4 kilos por tonelada, constituyendo una fuente económica del elemento para la fertilización a los cultivos y guardando la relación 1:4 respecto al calcio.

4.2 ACCION FERTILIZANTE DE LOS ABONOS ORGANICOS

En la tabla 8 del análisis de variancia se determinó diferencias significativas entre tratamientos (abonos orgánicos) para el peso radical, así como diferencias altamente significativas entre subtratamientos (dosis) para longitud aérea, pero aérea y peso radical, sin encontrarse diferencias estadísticas significativas, para la interacción tratamientos por subtratamientos.

Tabla 8. Análisis de variancia para longitud y peso de rabanito sembrado con tres dosis de cinco abonos orgánicos

CUADRADO MEDIO

FV	GL	Long. Aérea	Long. Radical	Peso Aéreo	Peso Radical	Ft	
						5%	1%
	(cm)		(cm)	(g)	(g)	3.48	5.99
Tratamiento	4	8.17 NS	0.98 NS	2.96 NS	1.34*		
Error A	10	7.39	1.61	2.25	0.37		
Subtrat.	3	19.39 **	8.85 NS	9.79 **	7.05 **	2.92	4.51
Trat* Subt.	12	2.26 NS	0.09 NS	0.93 NS	0.14 NS	2.09	2.84
Error B	30	2.97	3.93	0.58			

NS = Diferencias No Significativas

***** Diferencias Significativas

****** Diferencias Altamente Significativas

4.2.1 Longitud aérea. No se obtuvo diferencias significativas entre ellos, pero el tratamiento T4, permitió la mayor longitud (25.22 cm), lo cual está reflejando que los contenidos nutricionales de un determinado tratamiento beneficiarían a las plantas en su crecimiento aéreo.

No se encontraron diferencias significativas entre los subtratamientos ST 3 (2,0 ton/ha) y ST 4 (4,0 ton/ha) con 25.90 y 25.43 cm de longitud aérea, pero ambos difirieron significativamente con ST1 (0 ton/ha) y ST2 (1 ton/ha), que permitieron 21.82 y 23.32 cm (Tabla 9, figura 16).

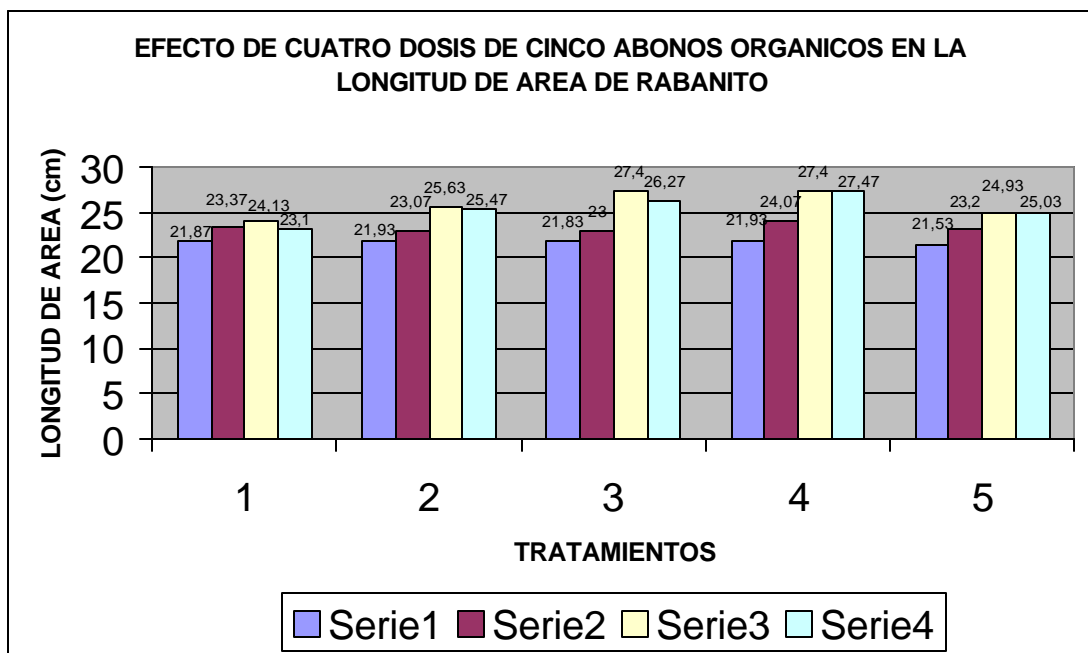
Tabla 9. Comparación de los promedios de longitud aérea y radical (cm) de rabanito sembrado con tres dosis de cinco abonos orgánicos, prueba Tukey.

	Longitud Aérea (cm)					Longitud Radical (cm)				
	ST1	ST2	ST3	ST4	λT	ST1	ST2	ST3	ST4	λT
T1	21.87	23.27	24.13	23.10	23.09A	9.20	9.63	10.97	10.30	10.03A
T2	21.93	23.07	25.63	25.47	24.03A	9.20	10.33	10.77	10.60	10.23A
T3	21.83	23.00	27.40	26.27	24.63A	9.40	10.07	11.23	10.90	10.40A
T4	21.93	24.07	27.40	27.47	25.22A	9.90	10.50	11.67	11.13	10.80A
T5	21.53	23.20	24.93	25.03	23.68A	9.23	10.90	11.17	10.77	10.37A
λST	21.82B	23.32B	25.90A	25.43A		9.39	10.17A	11.16A	10.47A	

Tukey Subtratamiento 5% = 1.71

Letras iguales indican Diferencias No Significativas

Figura 16. Efecto de cuatro dosis de cinco abonos orgánicos en la longitud aérea de rabanito.



4.2.2 Longitud Radical. A pesar de no encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, el T4 permitió la mayor longitud radical de 10.80 cm, mientras que con el testigo (T1) el promedio fue de 10.03 cm. Lo mismo, en el ST3 (2ton/ha), la longitud radical fue de 11.16 cm, mientras que en el ST1 (0 ton/ha) fue de 9.39 cm (Tabla 9).

4.2.3 Peso Aéreo. No se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 10), sin embargo se determinó que la parte foliar de una planta de rabanito en T4 fue 12.21 gramos, en tanto que en el testigo (T1) fue de 10.76 gramos. Con los subtratamientos ST3 (2ton/ha) y ST4 (4 ton/ha), se obtuvieron pesos promedios de 12.29 y 11.91 gramos respectivamente, con diferencias con relación a ST1 (0 ton/ha) y T2 (1 ton/ha) con peso de 10.51 y 11.03 gramos (Tabla 10).

Tabla 10. Comparación de pesos promedios (gramos) aérea y radical por planta de rabanito sembrado con tres dosis de cinco abonos orgánicos, prueba Tukey

						Longitud Radical				
	ST1	ST2	ST3	ST4	λT	ST1	ST2	ST3	ST4	λT
T1	10.50	10.50	10.90	11.13	10.76	5.87	5.97	7.03	6.87	6.43AB
T2	10.57	10.93	11.78	11.33	11.57	5.67	6.03	7.23	7.07	6.50AB
T3	10.60	11.50	12.77	11.80	11.67	5.80	6.47	6.93	7.27	6.62AB
T4	10.53	11.50	13.60	13.20	12.21	5.83	6.90	7.90	7.60	7.06A
T5	10.37	10.73	12.40	12.07	11.39	5.47	5.87	6.73	6.50	6.14B
λST	10.51B	11.03B	12.29A	11.91A		5.73B	6.25B	7.17A	7.06A	

Tukey Subtratamiento 0.76

Tukey Subtratamiento 5% 0.82

Tukey Subtratamiento 5% 0.52

Letras iguales indican Diferencias No Significativas

4.2.4 Peso Radical. El mayor peso se obtuvo en el tratamiento T4 con 7.27 gramos por planta, con diferencias significativas respecto a T5 con 6,14 gramos, demostrándose que la inmovilización de nutrientes observada en el último tratamiento, afecta la producción. Con los subtratamientos ST3 (2 ton/ha) y ST4 (4 ton/ha) se observó pesos promedios por planta de 7.17 y 7.06 gramos, difiriendo significativamente con los subtratamientos ST1 (0 ton/ha) y ST2 (1 ton/ha) que permitieron respectivamente pesos de 5.73 y 6.25 gramos.

En general el tratamiento T4, cuyo abono orgánico fue hecho a base de roca fosfórica y una fuente de elementos mayores y menores, en beneficio para el crecimiento del rabanito por promover mayor liberación de nutrientes. Los incrementos en cantidad de abono orgánico (2 ton/ha), favorecen mejor el crecimiento por los aportes nutricionales y por favorecer la actividad microbial, especialmente de actinomicetos y hongos, como se observo al analizar las poblaciones microbiales.

El efecto benéfico del tratamiento T4 y del subtratamiento ST3 se observa en la figuras 17,18, 19 y 20.

Figura 17. Efecto de cuatro dosis de cinco abonos orgánicos en la longitud radical de rabanito

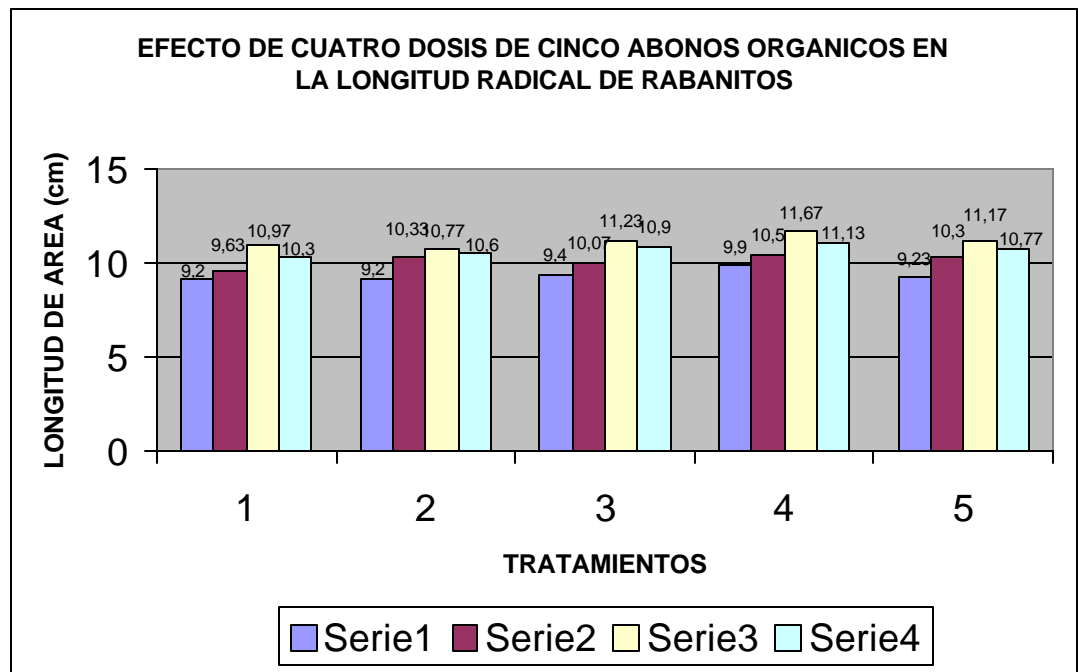


Figura 18. Desarrollo aéreo de rabanitos con varias dosis de abono orgánico



Figura 19. Efecto de cuatro dosis + cinco abonos orgánicos en el peso aéreo (gr.) de rabanito

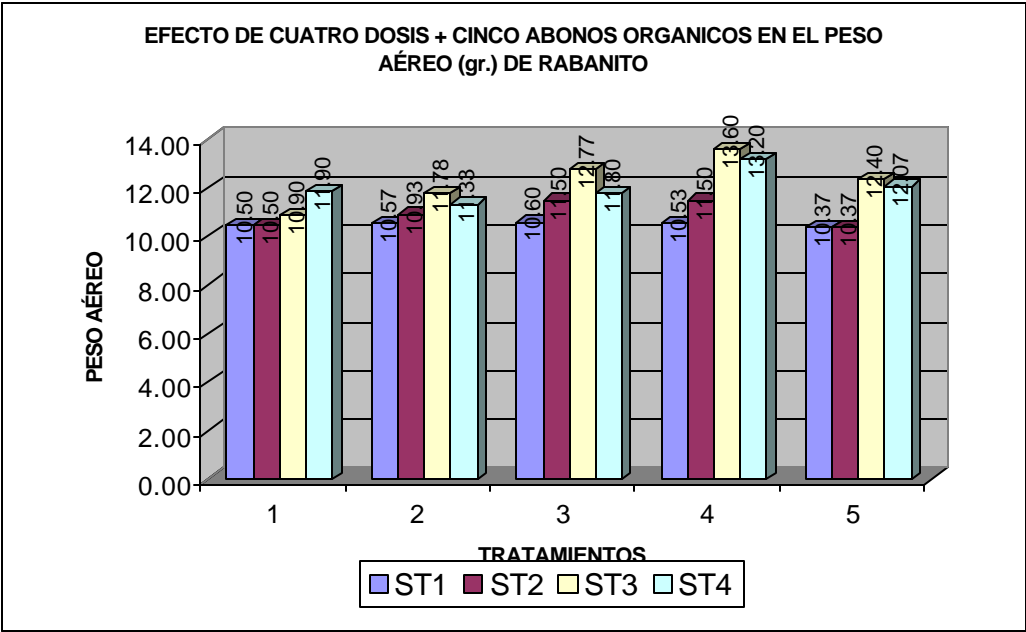
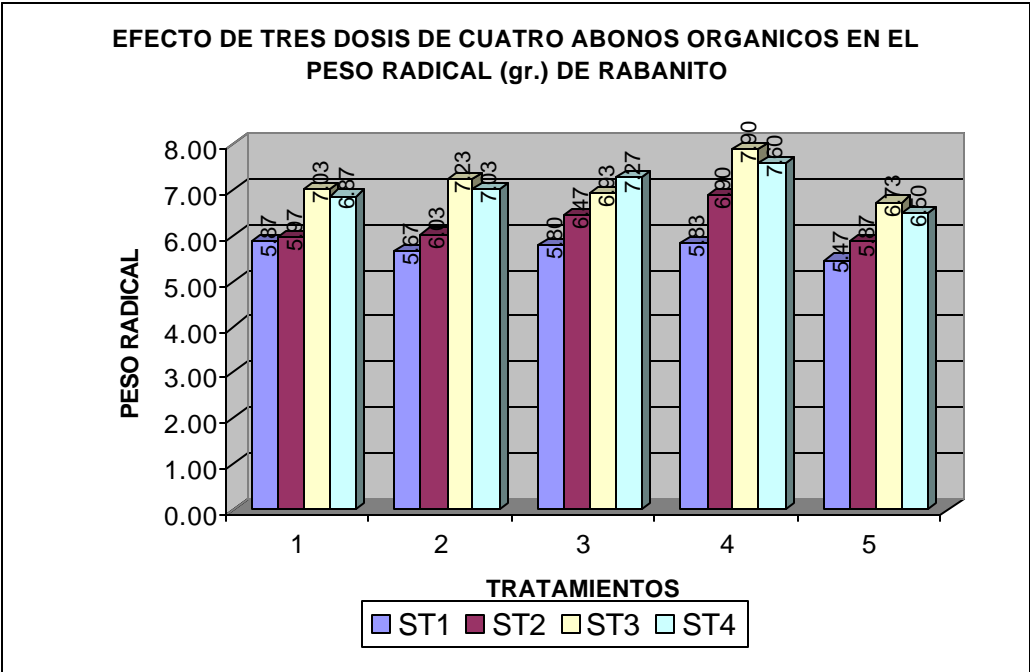


Figura 20. Efecto de tres dosis de cuatro abonos orgánicos en el peso radical (gr.) de rabanito



Además de reducir los riesgos de mineralización de los suelos agrícolas con el empleo de fertilizantes industriales, la producción de abonos orgánicos de calidad, a partir de residuos orgánicos biodegradables en mezclas no definidas procedentes de los mercados urbanos (Caso del tratamiento T4), se constituye en una alternativa viable, para disminuir todos los riesgos que implica la acumulación de sustratos sin descomponer, los cuales según Cuesta, 1990, pueden convertirse en focos peligrosos que afectan el entorno, así como la salud vegetal, animal y humana.

4.3 ANALISIS DE COSTOS

De acuerdo con la Tabla 11, se necesitan \$25.970 para procesar una tonelada de residuos orgánicos biodegradables, dando un abono enriquecido en una cantidad aproximada de 500 kilos, lo que implica que para producir una tonelada de sustrato comercial se requiere un costo aproximado de \$ 61.000, que dividiendo por 20 bultos de 50 kilos que es la presentación comercial, el valor del bulto estaría en cerca de \$3.000, por debajo de los abonos orgánicos comerciales que están sobre 10.000 el bulto, o sea mas de \$ 200.000 tonelada. Sin embargo es necesario asumir costos de \$ 10.000,00 en recolección y transporte, \$ 8.000,00 en recepción y \$ 7.000,00 en digestión, lo que daría verdaderos costos de \$ 86.000,00 , para aun posible valor teórico del bulto de \$ 4.300,00.

Tabla 11. Costos por tonelada de basura

Insumos	Unidad	Cantidad	Costo unidad	Total
Estiercol fresco	Kilo	10	50	\$ 500
Residuos de cosecha	Kilo	5	50	\$ 1450
Leche cruda	Litro	2	600	\$ 1200
Melaza	Kilo	2	300	\$ 600
Agua oxigenada	CC	50	10	\$ 500
Fosforita huila	Kilo	2	450	\$ 1200
Agrimins	Kilo	0.5	1500	\$ 1750
Agua	Litro	100	20	\$ 2500
Transporte				\$ 10000
Manipulación		12		\$ 8000
Costo total				\$ 23200
Imprevistos				\$ 2770
				\$25970

Vale la pena aprobar que en APROBARCA el procesamiento de una pila de 15 toneladas de residuos sólidos biodegradables procedentes de los mercados de la

ciudad de Pasto, o de un volumen de 75 bultos de abono orgánico , con un costo de \$ 598.000,00 , lo que determina el valor de un bulto los \$ 7.973,33 , por encima del obtenido en el presente trabajo⁶¹, lo cual se debe al tiempo de digestión menor con el uso de caldos microbiales, como al mayor volumen de compost beneficiado.

⁶¹ APROBARCA, Op. cit., p.23 – 28.

5. BOLETIN TECNICO

HAGA UN BUEN ABONO DE LAS BASURAS DOMÉSTICAS BIODEGRADABLES

- **¿ Que son las basuras domésticas biodegradables?.** Son residuos sólidos de productos agropecuarios alimenticios, provenientes de centros urbanos, siendo susceptibles de descomposición por acción microbial, para dar lugar a sustratos que además de aportar nutrientes, mejoran la agregación y le dan vida a los suelos.
- **¿ Cómo se preparan para su descomposición?.** Los residuos sólidos urbanos deben clasificarse convenientemente antes de su procesamiento, dejando únicamente los componentes de origen vegetal que son los más numerosos, para cortarlos en pedazos pequeños con la ayuda de machete y cuchillo. Luego se los extiende para una deshidratación parcial, por un día.
- **¿Además de los residuos que otros materiales se necesitan?.** Inicialmente se necesita de estiércol fresco de ganado, residuos orgánicos descompuestos y un caldo microbial.
- **¿Cómo se prepara un Caldo Microbial?.** En un tanque de 100 litros de capacidad se agregan 10 kilos de estiércol fresco de ganado y 5 kilos de residuos de cosecha descompuestos vertiendo un poco de agua para hacer colada y luego adicionar 2 litros de leche cruda, 2 kilos de melaza previamente diluidos en agua tibia, agregando más agua para revolver vigorosamente. Enseguida se enriquece con 2 kilos de fosforita huila y 0.5 kilos de una fuente comercial de elementos mayores secundarios y elementos menores, para verter más agua dejando 10 centímetros sin llenar, para agregar 50 centímetros de agua oxigenada y revolver. El recipiente se tapa no herméticamente por 10 días, después de los cuales se utiliza para remojar los sustratos sólidos, revolviendo continuamente.
- **¿Cómo se disponen los sustratos?.** En un piso firme se dispone aproximadamente una tonelada de basuras domésticas biodegradables cortadas en pedazos pequeños y parcialmente deshidratados, formando una capa de 30 centímetros de espesor. Esta capa se va humedeciendo uniformemente con el caldo microbial revuelto. El conjunto se tapa con un plástico durante dos días.
- **¿Cómo se cumplen los procesos de fermentación y maduración?.** Después de dos días se quita el plástico y se hace una mezcla formando un montón, el cual se humedece con agua corriente si es necesario. Luego se hace otra revoltura formando un nuevo montón, el cual se cubre con plástico.

Cada dos días el conjunto se revuelve formando un montón y humedeciendo en caso necesario, para hacer su cubrimiento con el plástico.

El sustrato está maduro cuando la temperatura del interior es agradable y se mantiene estable, además de que ha ocurrido fraccionamiento y pérdida de individualidad de los componentes del sustrato.

- ¿Que ventajas tiene el abono orgánico producido?.

Con la aplicación de un caldo microbial sobre los residuos orgánicos biodegradables es posible producir en dos meses un abono orgánico rico en bacterias (243.67×10^6 células por gramo), actinomicetos (555×10^4 propágulos por gramo) y hongos (1240×10^3 propágulos por gramo) benéficos, con un pH 8.56, 35.93% de materia orgánica, 2.34% de nitrógeno, 5.27% de fósforo, 27.42% de potasio, 2.99% de calcio y 0.89% de magnesio, constituyéndose en un sustrato eficiente para la fertilización de los cultivos.

- ¿ Cuánto cuesta producir el Abono Orgánico?

Para producir una tonelada de abono orgánico se requieren cerca de \$60.000, por lo que el valor comercial de esta es cerca de \$3.000 el bulto de 50 kilos, por debajo del valor de \$10.000 de los abonos orgánicos comerciales.

MEDIANTE UNA DESCOMPOSICION DE BASURAS DOMÉSTICAS BIODEGRADABLES, USTED OBTIENE UN BUEN ABONO ORGANICO PARA SUS CULTIVOS Y CONTRIBUYE A DISMINUIR LOS RIESGOS DE CONTAMINACION.

6. CONCLUSIONES

- Con la adición de caldos microbiales a basuras de mercado biodegradables, se producen normalmente las fases microbiales de degradación: mesofílica hasta los 6 días, termofílica hasta los 25 días, enfriamiento hasta los 40 días y maduración a partir de dicho periodo. En cambio sin adiciones microbiales, la fase mesofílica se prolongó hasta los 16 días, con una fase termofílica hasta los 25 días y una fase de enfriamiento hasta 90 días, sin ocurrir la maduración del compost.
- Las adiciones de caldos microbiales conteniendo nitrógeno y fósforo por separado, permiten alzar de temperatura mayores de 70 °C, en contraste con el testigo sin adiciones en donde el mayor fue de 66 °C.
- El empleo de caldo microbial más fósforo, lleva a una ganancia práctica de biomasa descompuesta de 40 kilos por tonelada inicial, observándose mayores promedios poblacionales de hongos y de actinomicetos.
- Los cambios más significativos, con el empleo de fósforo en el caldo microbial se dan en los mayores contenidos de nitrógeno, fósforo potasio, sodio, calcio y magnesio, pero cuando se hace la mezcla de fósforo y nitrógeno en el caldo, el compost final tiene significativamente mayores contenidos de materia seca, materia orgánica, carbono y cenizas, siendo sobresalientes los incrementos de potasio y calcio.
- El empleo de abono orgánico enriquecido en dosis de 2 y 4 toneladas por hectárea, permitió mayor longitud de la parte aérea de rabanito, lo cual se tradujo en mayor peso, tanto de la parte aérea como de la parte radical.
- Un abono orgánico procedente de la descomposición microbial de basuras de mercado biodegradables con la adición de un caldo microbial enriquecido con fósforo, llegó a costar \$ 61.000 la tonelada, que está a un precio muy por debajo del valor de un abono orgánico comercial (\$ 200.000).

7. RECOMENDACIONES

- Llevar a una etapa comercial el empleo de un caldo microbioal rico en fósforo, para degradación rápida de basuras domésticas comerciales, determinando tiempos de compostación de acuerdo con la calidad de los residuos orgánicos.
- Someter el abono orgánico producido a pruebas experimentales a nivel de campo, para determinar la respuesta de diferentes cultivos en el crecimiento y producción.
- Divulgar el procedimiento entre las comunidades urbanas y rurales interesadas en transformar sus basuras en abonos orgánicos de calidad a nivel de pequeños depósitos de residuos orgánicos biodegradables.
- Evaluar las cantidades y la calidad de ácidos húmicos presentes en el abono orgánico producido con empleo de caldos microbiales.
- Realizar estudios sobre las categorías microbiales presentes en la compostación.

BIBLIOGRAFIA

ACODAL. Gaceta Ambiental. No.5 Aprovechamiento de los residuos sólidos mediante la compostación, P. 10-21 Cali, 1992.

ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. Second Ed. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1977. 467p.

ALTIERI, M. Bases científicas de la agricultura alternativa. División de Control Biológico. U. DE California, Berkeley. 1983, 142p.

ANSORENA M., J. Sustratos. Propiedades y Caracterización Edic. Mundi-Prensa. Madrid 1994, 172p.

APROBORCA. Fortalecimiento Y Desarrollo Tecnológico Empresarial y Ambiental de la Asociación de Procesamiento de Basuras Orgánicas de Cabrera APROBORCA en el Municipio de Pasto, Departamento de Nariño. 2002. 23 – 28p.

ARZOLA, N.; O. HERRERA; J. MACHADO. Suelos, planta y abono. 461 pp, Ed. Pueblo y Educación, La Habana 1981.

BAIER, A; et. al., Fertilización orgánica. Guatemala, Altermec, 1992. 108p.

BELLAPART V. Nueva agricultura biológica en equilibrio con la agricultura química. Mundi-prensa. Madrid. 1996. 300p.

BROWN, and GOUIN, F The influence of C:P ratio on the biological degradation of municipal solid waste – compost. Science and utilization vol 6 (1): 53 – 58. 1998.

BUENROSTRO, J., BUENROSTRO, A., C. El mundo de la composta. México, BIO, 1993. 70p.

BURBANO, H. El Suelo. Una visión sobre sus componentes biorgánicos. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, 1989. 447p.

CALVACHE, B. Modelo de residuos sólidos. Postgrado en Ecología, Universidad de Nariño, Pasto, 2000, 11 p.

CARDOZO, et. al., Microbiología de solo. Sociedad Brasileira de ciencias do solo. Compañías. 360p.

CLIMENT M. Ma. D. M. Et. al., El compost de los residuos sólidos urbanos (R. S. U.), sus características y aprovechamiento en agricultura Ed. Y Prom. LAV. Valencia, 1995, 187p.

COLLAZOS. Héctor Residuos Sólidos, Universidad Nacional de Colombia, 1988.

COMPEX DE GUADALAJARA, S.A. Elaboración de compost o estiércol artificial. Agronomía, Monterrey 61: 5-7 Nov. Dic. 1.958.

CONVENIO CORPOTRIGO – UNIVERSIDAD DE NARIÑO. Preparación artesanal de abonos orgánicos Boletín Técnico N° 1, PASTO, COLOMBIA, 1998. 8p

COSTA. F.,C. et. al., Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. CSIC. Murcia. 1991, 181 p.

----- . Murcia, 1991, 1998.

CUESTA P.,A. Tabla de contenido nutricional en productos y subproductos agroindustriales. I.C.A. Bogotá. 1.990, 62p.

DUQUE, Julia. Manejo adecuado de residuos sólidos, Empresa Pública de Marsella, E.S.P Risaralda, 2.000. 15p.

FARIAS, D. et. al., “Variación de parámetros físico químicos durante un proceso de compostaje”. Revista Colombiana de Química, Vol 28, N°1 de 1.999, 75 – 86 físicoquímicos durante un proceso de compostaje”. Revista Colombiana de Química, Vol 28, N° 1 de 1.999, 75 – 86p.

GOMEZ. Abonos orgánicos Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira, Feriva S.A. Cali, Colombia. 2000. 107p.

GOMEZ, et. al., El suelo: materia orgánica y procesos de compostaje. Universidad nacional de Colombia. Sede Palmira y Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural. PRONATA. Feriva S.A. Cali, Colombia. 2001. 70p.

GOMEZ y SÁNCHEZ de P. El proceso de descomposición de residuos vegetales. Material para docencia. Universidad Nacional. Palmira. 2000. 15p.

GONZALES, Germán. MARTINEZ, J. Característica de los Residuos Sólidos y Lixiviados en la ciudad de San Juan de Pasto, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, 1998, 164p.

GRANT, W.D. LONG, P.E. Microbiología Ambiental. Ed. ACRIBIA. S.A Zaragoza España, 1989 222p.

HAMMOUDA, G and ADAMS, W. The decomposition, humidification and fate of nitrogen during the composting of some plant residues, in compost, production quality and use. Elsevier, London, 1986. 853p.

JAGNOW, G. y WOLFGANG.D. Biotecnología, introducción con experimentos modelos TRAD por María Otilia López Bóna. ACRIBIA, S.A Zaragoza España 1993, 251p. MC. DANIELS, L.H. Preparación eficiente del abono. La Hacienda Kissimmee. 70 (6): 17 – 18, Jun – 1.975.

LABRADOR, M. La materia orgánica en los agroecosistemas. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Mundi-prensa. Madrid. 1996. 17p.

MC. DANIELS, L.H. Preparación eficiente del abono. La Hacienda. Kissimmee. 70 (6): 17-18, Jun – 1.975.

MAYEA, S.; et. al., “Tecnología para la elaboración de compost (biotierra) a partir de desechos de la agricultura mediante el uso de inóculos microbianos”, VIII Forum de Ciencias y Técnica, La Habana, 1.993.

MAYEA, S y QUEROL, M. elaboración de compost de diferentes restos de cultivos tropicales. Facultad de Ciencias agrícolas. UCLV. La Habana 1995, 48 – 53.

MEJIA, Mario, agriculturas sin agrotoxicos, 2ª. Ed. Editorial Muñoz Impresores, Cali 1997 252p.

----- . Agriculturas para la vida, 2ª ed, Editorial Muñoz Impresores, Cali, 1997. 252p.

MOLINA, J. Hacia una nueva agricultura. Editorial El Ateneo. Bogotá 1981, 220p.

OPAZOS, M. Producción de abonos orgánicos (Compost) a partir de desechos sólidos. Manual técnico. Bogotá D.C 1991 (B)-7-50p.

PAUL y CLARK., Soil Microbiology and biochemistry. San Diego, Academic Press. 1989. 273p.

PRIMEVESI, A. Manejo ecológico del suelo. 5ª Ed. Trad del portugués por Silvia Larandegui: Buenos Aires, Ateneo, 1984. 499p.

RAMIREZ, G. Agricultura Orgánica, Fungicidas abonos orgánicos y caldos microbiológicos, 3ª de, Editorial Imprimimos Buga, 1988, 84p.

SAÑUDO, B., et. al., Perspectivas para el desarrollo agrícola de la zona triguera de Nariño. UNIVERSIDAD DE NARIÑO, PASTO, 2001. 214p.

SAÑUDO, B y VALLEJO, W. 1992. Microbiología de aguas. Universidad de Nariño. Posgrado en Ecología. Mimeografiado.

SIQUIERA, J. Et. al., microorganismo e processos biológicos do solo. Perspectiva ambiental. EMBRAPA, Brasília. 1994. 43-57p.

SOTOMAYOR., INES. Comost de basuras como fuente de fertilización orgánica, comparado con fertilizante químico, primer ciclo. "Agricultura Técnica, Santiago" 39 (4): 152 – 157, Oct Dic 1.979.

----- . Segundo ciclo. "Agricultura Técnica, Santiago" 41 (3): 139 – 143, Jul – Sep 1.981.

SUQUILANDA, M. Agricultura orgánica, alternativa tecnología del futuro, QUITO, FUNDAGRO, 1996.654p.

TCHOBANOGLIOUS, George, THEIWSEN, Hilari, Vigil, Samuel. Gestión integral de residuos sólidos, MC GRAN - HILL/ Interamericana de España, S.A Vol. I; II, 1994.