

**ELABORACIÓN DE UN ABONO TIPO “BOCASHI” A PARTIR DE  
DESECHOS ORGÁNICOS Y SUB PRODUCTO DE INDUSTRIA  
LACTEA (LACTO SUERO)**

**CRISTIAN ANDRÉS PIEDRAHITA GAVIRIA**

**DIEGO ANDRÉS CAVIEDES ALBÁN**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA CALI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**CALI, COLOMBIA**

**2012-2**

**ELABORACIÓN DE UN ABONO TIPO “BOCASHI” A PARTIR DE  
DESECHOS ORGÁNICOS Y SUB PRODUCTO DE INDUSTRIA  
LACTEA (LACTO SUERO)**

**CRISTIAN ANDRÉS PIEDRAHITA GAVIRIA**

**DIEGO ANDRÉS CAVIEDES ALBÁN**

**Proyecto de grado para optar al título**

**De Ingeniero Agroindustrial**

**Director**

**FRANCISCO EMILIO ARGOTE VEGA**

**Magister**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA CALI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**SANTIAGO DE CALI**

**2012**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Los autores expresamos agradecimientos a:**

Este proyecto representa la culminación de nuestra formación universitaria, pero para llegar a este punto hemos contado con el apoyo de muchas personas las cuales han permitido que nos encontremos en esta etapa de nuestra vida profesional.

Primero que todo agradecemos a Dios por permitirnos vivir esta grandiosa experiencia, por darnos fuerzas en los momentos de flaqueza y por bendecirnos con tan maravillosas personas conocidas a lo largo de nuestra experiencia universitaria.

Agradecemos a nuestros padres ya que sin su esfuerzo todo esto no hubiera sido posible, su apoyo y confianza fueron primordiales para alcanzar nuestros objetivos y así en un futuro cercano poder retribuir todo lo que han hecho por nosotros.

Por último y no menos importante queremos darle las gracias al profesor Francisco Emilio Argote por su apoyo incondicional, sus conocimientos y amistad hicieron posible esto.

## TABLA DE CONTENIDO

pág.

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
<b>2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>18</b>
2.1. PRODUCCIÓN DE BOCASHI A PARTIR DE DESECHOS DE BANANO. ....	18
2.1.1. Lugar de Preparación.....	18
2.1.2. Materiales y Proporción de la Mezcla (en volumen) .....	18
2.1.3. Forma de Preparación.....	19
2.1.4. Los resultados de la aplicación de la tecnología se mencionan a continuación. ....	19
2.2. EVALUACIÓN DE DIFERENTES COMPOSTAS TIPO BOCASHI ELABORADAS CON ESTIÉRCOL DE BOVINO, CERDO, OVINO Y CONEJO .....	20
<b>3. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>22</b>
3.1. APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS. ....	23
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>25</b>
4.1. OBJETIVO GENERAL .....	25
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	25
<b>5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>26</b>
<b>6. MARCO TEORICO .....</b>	<b>27</b>
6.1. COMPOSICIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS. ....	27
6.2. ABONO ORGÁNICO “BOCASHI” .....	28
6.3. HISTORIA DEL ABONO BOCASHI. ....	28
6.4. PRINCIPALES VARIABLES A CONSIDERAR EN LA ELABORACIÓN DE ABONO BOCASHI. ....	29
6.4.1. Temperatura.....	29
6.4.2. Humedad. ....	29
6.4.3. pH. ....	30
6.4.4. La aireación.....	30
6.4.5. El tamaño de las partículas de los ingredientes.....	31

6.4.6.	<i>Relación carbono-nitrógeno.</i>	31
6.5.	PRINCIPALES APORTES DE LOS INGREDIENTES UTILIZADOS PARA ELABORAR BOCASHI.	31
6.5.1.	<i>El carbón</i>	31
6.5.2	<i>Gallinaza.</i>	32
6.5.3	<i>La cascarilla de arroz.</i>	32
6.5.4	<i>La melaza de caña.</i>	32
6.5.5	<i>La levadura.</i>	32
6.5.6	<i>La cal agrícola.</i>	32
6.5.7	<i>El agua.</i>	32
6.6	MICROORGANISMOS EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE.	33
6.7	INOCULANTE MICROBIANO	33
6.8	EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS INOCULANTES.	34
6.9	FUENTES DE NITRÓGENO Y PRÁCTICAS DE MANEJO QUE PUEDEN AYUDAR A REDUCIR LAS PÉRDIDAS DURANTE COMPOSTAJE.	35
6.10.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL BOCASHI FRENTE AL COMPOST.	36
6.12.	ORIGEN Y COMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO.	37
6.12.1.	<i>Carbohidratos</i>	38
6.12.2.	<i>Los amino ácidos</i>	39
6.12.3.	<i>Grasas, ceras y resinas</i>	39
6.12.4.	<i>Ligninas</i>	39
6.12.5.	<i>Sustancias húmicas del suelo</i>	39
6.12.6.	<i>Acidos Húmicos</i>	40
6.12.7.	<i>Acidos Fúlvicos</i>	40
6.12.8.	<i>Acidos himatomelánicos</i>	40
6.12.9.	<i>Huminas</i>	41
6.13.	EFFECTOS BENÉFICOS DE LA MATERIA ORGÁNICA.	41
6.14.	MINERALIZACIÓN DE NUTRIMENTOS DE LA MATERIA ORGÁNICA.	42
6.15.	LA IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LOS AGROECOSISTEMAS.	43
6.16.	LACTOSUERO.	44
6.17.	EFFECTO DE LOS ABONOS ORGÁNICOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO.	46

6.18. EFECTO DE LOS ABONOS ORGÁNICOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO.....	46
<b>7. METODOLOGIA.....</b>	<b>48</b>
7.1. RECOLECCIÓN DE MATERIA PRIMA.....	48
7.2. ADECUACIÓN DE LA MATERIA PRIMA E INSUMOS.....	49
7.3. PREPARACIÓN DEL ABONO.....	49
7.4. SEGUIMIENTO Y CONTROL.....	52
7.5. ANÁLISIS.....	54
<b>8. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
8.1. TEMPERATURA.....	55
8.1.1. <i>Variación de la temperatura en los diferentes tratamientos.</i>	55
8.1.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS (TEMPERATURA).....	57
8.1.2.1. <i>Análisis de varianza (Temperatura)</i> .....	57
8.1.2.2. <i>Prueba de múltiples rango temperatura</i> .....	58
8.2.3. <i>Prueba de múltiples rangos (pH)</i> .....	62
8.3. NITRÓGENO.....	67
8.3.1. <i>Variación de Nitrógeno en los diferentes tratamientos</i> .....	67
8.3.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS % NITRÓGENO.....	68
8.3.2.2 <i>Prueba de múltiples rangos (% Nitrógeno)</i> .....	69
8.4 FOSFORO.....	72
8.4.1 <i>Variación de % fosforo en los diferentes tratamientos</i> .....	72
8.4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS (% FOSFORO).....	73
8.4.2.1 <i>Análisis de varianza (% Fosforo)</i> .....	73
8.4.2.2 <i>Prueba de múltiples rangos (% Fosforo)</i> .....	74
8.5 POTASIO.....	76
8.5.1 <i>Variación de % fosforo en los diferentes tratamientos</i> .....	76
8.5.2 <i>Análisis estadístico (% Potasio)</i> .....	77
8.5.2.1 <i>Análisis de varianza (% Potasio)</i> .....	77
d) <i>Prueba de múltiples rangos % Potasio</i> .....	78
8.6. COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	81
8.7. % DE RENDIMIENTO.....	82
<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>84</b>

<b>10. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>85</b>
<b>11. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>86</b>
<b>12. ANEXOS.....</b>	<b>89</b>

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<i>Tabla 1. Resultados del análisis de las compostas tipo bocashi .....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 2. Efecto de inoculantes microbianos.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 3. Composición de algunos abonos orgánicos .....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 4. Proporciones materias primas.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 5. Control de temperaturas tratamiento - repetición .....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 6. Control de temperaturas promedio por tratamiento. ....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 7. Control de pH Tratamiento - Repetición .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 8. Control de pH promedio por tratamiento .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 9. Tabla de tratamientos .....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 10. Tabla de control de temperaturas promedio para cada uno de los tratamientos por día. ....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 11. Análisis de varianza (Temperatura).....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 12. Prueba múltiples de rango de temperatura (método de turkey).....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 13. Control de pH promedio para cada uno de los tratamientos por día. ....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 14. Análisis de varianza pH.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 15. . Prueba de múltiples rangos entre repeticiones por tratamiento (pH) .....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 16. Prueba de múltiples rangos entre tratamientos (pH) .....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 17. % de nitrógeno promedio por tratamiento. ....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 18. Análisis de varianza % de nitrógeno .....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 19. Prueba de múltiples rangos entre repeticiones por tratamiento (% nitrógeno) .....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 20. Prueba de múltiples rangos entre tratamientos (% Nitrógeno). ....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 21. % de Fosforo promedio por tratamiento. ....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 22. Análisis de varianza % Fosforo .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 23. Prueba de múltiples rangos entre repeticiones por tratamiento (Fosforo).....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 24. Prueba de múltiples rangos entre tratamientos (% Fosforo).....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 25. % de Potasio promedio por tratamiento. ....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 26. Análisis de varianza (% Potasio).....</i>	<i>77</i>



<i>Tabla 27. Prueba de múltiples rangos entre repeticiones por tratamiento % potasio.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 28. Prueba múltiple de rangos entre tratamientos % potasio .....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 29. Nutrientes en estiércol de varias especies animales. ....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 30. Promedio de nutrientes obtenidos por especie. ....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 31. Rango de valores de macronutrientes.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 32. % de rendimiento de materia orgánica. ....</i>	<i>83</i>

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<i>Figura 1. Prueba de puño para determinar la humedad correcta del bocashi. ....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 2. Rotulado abonos.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 3. Grafico de temperaturas promedio de los tratamientos por día. ....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 4. Grafico de cajas y bigotes (Temperatura) .....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 5. Grafico de pH promedio de los tratamientos por día. ....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 6. Grafico de cajas y bigotes (pH).....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 7. Grafico de cajas y bigotes (% Nitrógeno).....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 8. Grafico de cajas y bigotes (% Fosforo) .....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 9. Grafico de cajas y bigotes (% Potasio) .....</i>	<i>80</i>

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

	pág.
<i>Foto 1. Abonos bocashi .....</i>	<i>52</i>
<i>Foto 2. Estiércol de caballo.....</i>	<i>89</i>
<i>Foto 3. Estiércol de gallina (izquierda) y estiércol de vaca (derecha).....</i>	<i>89</i>
<i>Foto 4. Estiércol de perro.....</i>	<i>89</i>
<i>Foto 5. Tierra fértil .....</i>	<i>90</i>
<i>Foto 6. Desechos Orgánicos .....</i>	<i>90</i>
<i>Foto 7. Material vegetal seco (cascarilla de arroz) .....</i>	<i>91</i>
<i>Foto 8. Bascula.....</i>	<i>91</i>
<i>Foto 9. Levadura .....</i>	<i>92</i>
<i>Foto 10. Solución (Lactosuero, melaza y agua) .....</i>	<i>92</i>
<i>Foto 11. Cal.....</i>	<i>93</i>

## RESUMEN

Se realizó un abono tipo bocashi enriquecido con lacto suero con el fin de demostrar la viabilidad de este tipo de abonos para sustituir productos como los agroquímicos. Igualmente se quiere demostrar experimentalmente la dependencia del contenido de macronutrientes en los abonos con la materia orgánica utilizada para la elaboración de estos, y dar a conocer el lacto suero como fuente enriquecedora.

Para esta investigación se eligieron 4 tipos de excrementos de animales los cuales son fundamentales para la elaboración de abonos, se seleccionaron estiércoles de perro, gallina, vaca y caballo. Con cada uno de los estiércoles anteriormente mencionados se desarrollara diferentes abonos, los cuales presentaran diferente formulación en su preparación dependiendo de la excreta utilizada. Cada producto contara con 4 repeticiones de 1 Kg, Para su identificación dentro del experimento se establecieron los siguientes códigos ; Tratamiento 1 (caballo), tratamiento 2 (vaca), tratamiento 3 (gallina), tratamiento 4 (perro) y por último el tratamiento 0 que es la combinación de todos los anteriores (mixto), a cada abono se le realizaron labores de volteo y adición de lacto suero, este proceso tuvo duración de 25 días, tiempo en el cual el producto alcanzaría su maduración gracias a la adición de levadura en la preparación de este. Igualmente durante los 25 días se tomaron como variables de control la temperatura la cual fue registrada diariamente y el pH cuyo registro se hizo día de por medio, esto con el fin de asegurar que tratamiento estuviera en condiciones optimas para garantizar el buen desarrollo de los mismos.

Transcurridos los 25 días, se tomaron muestras de cada una de las repeticiones de los tratamientos para someterlos a unos análisis fisicoquímicos de macro nutrientes (N, P, K). Ya obtenidos los resultados se introdujeron en un programa estadístico llamado centurión XV uqe mediante numerosos análisis comprobaría la dependencia o no de la riqueza de macro minerales en función de la materia orgánica empleada.

Como resultados se obtuvo que la temperatura y el pH de cada uno de los diferentes tratamientos no varió de forma significativa ni tampoco presento rangos anormales o fuera de escala que representaran una amenaza para el buen desarrollo del proceso de maduración de los abonos, por otro lado en el análisis estadístico hecho a los macro minerales se obtuvo que estos presentan diferencias significativas comparándolos entre ellos, lo que significa que el contenido de dichos macro minerales es totalmente dependiente de la materia orgánica empleada, encontrándose como mejor opción el tratamiento en cuanto al contenido de N, P, K, dicho tratamiento corresponde a el abono preparado a partir de materia orgánica de gallina.

## ABSTRACT

The development of a Bocashi manure enriched with milk serum was performed to demonstrate the feasibility of this type of manure when replacing other kinds of manure and how they contribute to the preservation of the environment. Also we want to prove experimentally the dependence of the amount of macro minerals in manures with organic matter used in the manufacture of these, and in the same way show milk serum as a rich source of such products.

For this investigation, 4 types of organic matter were selected. For the manufacture of manures, which were dog, Chicken, cow and horse. With each one, a manure was realized, such manures present the exact same formulation in its preparation. each manure had 4 repetitions, each one of 1 kg and each was named as follow; treatment 1 (horse), treatment 2 (cow), treatment 3 (chicken), treatment 4 (dog) and treatment 0 being the combination of all 4 (mixed), for each manure a process of stirring was made daily, and a daily addition of whey was made also, to facilitate its aeration and richness respectively, this labour was performed for 25 days, time in which manures would reach maturity thanks to the addition of yeast in the preparation of these. Equally over the 25 days, we take temperature and PH as variables of control, temperature was recorded daily and the PH was registered every two days, this was made in order to ensure that each manure was in optimal conditions to reach its stage of maturation.

After the 25 days, samples were taken from each one of the repetitions of the treatments and subjected to a physicochemical analysis of macro minerals (N, P, K).

The obtained results were introduced into a statistical program called Centurion XV which by numerous analyzes would check the dependence or not in terms of richness of macro minerals in function of the organic material used in the preparation of different manures.

Results showed that the temperature and PH of each one of the different treatments did not differ significantly and neither presented abnormal ranges or out of scale results that represent a threat to the successful development of the maturation process of manures, on the other side, in the statistical analysis done to the macro minerals, we obtained that these macro minerals are entirely dependent on the organic material used for making of the manures, founding as best treatment, option 3; as for the N, P, K, this treatment corresponds to the manure made from organic chicken.

## 1. INTRODUCCIÓN

El uso de los abonos orgánicos para mantener y mejorar la disponibilidad de nutrimentos en el suelo y obtener mayores rendimientos en el cultivo de las cosechas, se conoce desde la antigüedad. Entre los abonos orgánicos se incluyen estiércoles, compostas, vermicompostas, abonos verdes, residuos de las cosechas, residuos orgánicos industriales, aguas negras y sedimentos orgánicos. Los abonos orgánicos son muy variables en sus características físicas y composición química principalmente en el contenido de nutrimentos; la aplicación constantes de ellos, con el tiempo, mejoras las características físicas, químicas, biológica y sanitaria del suelo.

Antes de que aparecieran los fertilizantes químicos en sus diferentes formas, la única forma de abastecer nutrimentos a las plantas y reponer aquellos extraídos del suelo por los cultivos, era mediante la utilización de abonos orgánicos. El uso de fertilizantes químicos, favoreció el incremento en el rendimiento de las cosechas.

Este cambio en el uso de abonos orgánicos por abonos químicos en la fertilización de los cultivos, está propiciando actualmente que el suelo sufra un agotamiento acelerado de materia orgánica y de un desbalance nutricional, y que al transcurrir el tiempo pierda su fertilidad y capacidad productiva de los cultivos, lo cual conduce al surgimiento de problemas del medio ecológico y al deterioro de otros recursos naturales.

Los abonos orgánicos por las propias características en su composición son formadores de humus y enriquecen al suelo con este componente, modificando algunas de las propiedades y características del suelo como su reacción al pH, cargas variables, disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio, potasio, etc. Haciéndolo más propio para el buen desarrollo y rendimientos de los cultivos.

Por los efectos favorables que los abonos orgánicos proporcionan al suelo, se podría decir que estos son imprescindibles en el uso y manejo



de este recurso para mantener y mejorar su componente orgánico, sus características de una entidad viviente, su fertilidad física, química, biológica y finalmente su productividad.

Además que el uso de abono orgánicos contribuye de manera significativa a cuidar el ambiente por un lado ayuda a preservar la salud de los suelos , me ayuda a obtener alimentos sanos y de calidad , además de que esta proceso hace uso de materiales o residuos los cuales de una manera individual no servirían para nada antes por el contrario sería una carga mas para el medio ambiente, por ello el uso de este tipo de materiales en la elaboración e abonos orgánicos contribuye de una manera u otra a proteger el ambiente .

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1. Producción de Bocashi a partir de Desechos de Banano.**

La finca comercial de EARTH ubicada en la vertiente caribe de Costa Rica (10 10' N, 83 37' O), tiene una bananera de 280 ha. En el proceso de empaque se producen aproximadamente sesenta (60) toneladas de remanentes (desechos) de banano a la semana. Los remanentes son pinzote (raquis) y el banano que no clasifica para la exportación. Se utilizan unas 10 toneladas de remanentes para la alimentación de ganado, lo que resulta en 50 toneladas semanales de remanentes que de no ser usados generan contaminación ambiental. (Masaki, Humberto, & Pafilo, 2000)

Después de muchas pruebas y demostraciones exitosas a menor escala, la finca comercial de EARTH introdujo la tecnología del Bocashi EM, logrando buenos resultados. Actualmente la finca comercial está produciendo unas 20-25 toneladas de Bocashi a la semana sin tener problema de mal olor ni moscas. El proceso para convertir al desecho de banano en Bocashi tarda 14 días. Los pasos a seguir para lograr el manejo de estos remanentes y convertirlos en abono orgánico se detallan a continuación (Masaki, Humberto, & Pafilo, 2000):

#### **2.1.1. Lugar de Preparación**

Galpón de (15m x 35m) con techo y con piso de cemento.

#### **2.1.2. Materiales y Proporción de la Mezcla (en volumen)**

Banano y pinzote picados (65%)

Aserrín seco (20%)

Bocashi maduro (10%)

Gallinaza (5%)

### **2.1.3. Forma de Preparación**

- a) El banano de rechazo y pinzote se pasan por una picadora eléctrica en la propia salida de la planta empacadora y luego se transportan al lugar donde se fabrica el Bocashi.
- b) Se pone una capa de aserrín y encima colocar los remanentes picados.
- c) Se aplica el microorganismos eficaces (EM activado) diluido (1 parte de microorganismos eficaces (EM activado en 10 partes de agua) a la mezcla. El EM activado es una forma de hacer rendir más la solución primaria EM. EM activado se prepara mezclando 1 parte de EM con una 1 de melaza con 100 partes de agua y se mantiene en un contenedor plástico con tapa bien cerrada durante 7 días. Esta solución debe usarse en un lapso de una semana.
- d) Se mezclan todos los días el producto en proceso con la máquina rotadora. La fermentación empieza dos a tres días después de la preparación y se va a notar una elevación de temperatura en la pila de 50–55°C. Durante la fermentación no hay mal olor (hay olor de alcohol fermentado) y casi no hay moscas.
- e) Después de que han transcurrido 10 días se adiciona la gallinaza para los cuatro últimos días de fermentación.
- f) El día 14 se obtiene el bocashi en donde el 10% de este bocashi maduro se mezcla con material fresco como inóculo para acelerar el proceso de fermentación.

### **2.1.4. Los resultados de la aplicación de la tecnología se mencionan a continuación.**

- Ahora existe un manejo adecuado de los remanentes de la finca bananera, sin causar contaminación. Absolutamente todo el remanente orgánico del banano se recicló.
- Se producen de unas 20-25 toneladas de Bocashi a la semana.
- El Bocashi producido se usa para cultivar banano orgánico y también para mejorar el suelo de la finca de banano convencional.

- Los resultados de los experimentos en banano orgánico en la EARTH indican que el Bocashi es un controlador de poblaciones del nemátodo *Radophulos similis* y mantiene las raíces de banano sanas.

## 2.2. Evaluación de diferentes compostas tipo bocashi elaboradas con estiércol de bovino, cerdo, ovino y conejo

### Materiales y equipo

- 50 Kg. De estiércol seco (bovino, porcino, borrego y conejo).
- 50 Kg. De tierra fértil del lugar (cernida).
- 40 kg. De rastrojo de maíz
- 10 kg residuos forestales
- 400 g de melaza de caña.
- 1 kg de levadura para pan (pasta).
- 2.5 kg de cal agrícola
- 100 litros de agua.

Según (Luna de Vega, 2009), obtuvo los siguientes datos en su experimentación.

**Tabla 1.** Resultados del análisis de las compostas tipo bocashi

	<b>bovino</b>	<b>porcino</b>	<b>ovinos</b>	<b>conejos</b>
<b>nitratos (mg/kg)</b>	30,5	57,82	57,37	57,19
<b>fosforo (mg/kg)</b>	300	498	489,2	490
<b>potasio (mg/kg)</b>	10,32	10,38	10,286	10,282

El pH en la composta fue 8,09 y 8,48, ligeramente alcalina lo que ayuda para el control de enfermedades fungosas

Durante los primeros 3 días de la fermentación la temperatura de la composta subió a más de 80°C lo cual no se debe permitir. No es recomendable que la temperatura sobrepase los 50°C.

Los resultados de este estudio indican que la composta con mayor cantidad de N, P, K fue la que se elaboró con excreta de cerdo esto se debe a la mayor contenido de nutrientes en la dieta.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Hoy en día los métodos de producción utilizados en el campo agroindustrial están siendo seriamente cuestionados en todo el mundo ya que se ha optado por dejar a un lado el factor calidad y sanidad y darle mayor importancia a otros factores como lo son tiempo y cantidad. Esto se puede apreciar notablemente en el creciente y discriminado uso que se le están dando a los agroquímicos tales como fertilizantes químicos, plaguicidas, herbicidas y pesticidas, los cuales traen consigo un sin fin de problemas entre los cuales destacan que su uso contribuye a la contaminación y degradación del ambiente , así como a la rápida desaparición de los recursos naturales , por otro lado está la salud, ya que el uso de estos productos no solo es nocivo para el ambiente sino que también representa un riesgo para la salud y bienestar del consumidor , ya que su aplicación debe estar altamente supervisada por personal responsable y capacitado el cual cumpla al pie de la letra las regulaciones que presenta la aplicación de agroquímicos en cultivos de consumo humano y animal, lo cual como se ha visto en los últimos años presenta serias falencias principalmente en países sub desarrollados como es Colombia, por ello el buscar nuevas alternativas se vuelve primordial a la hora de mejorar la calidad de los sistemas de producción agroindustriales así como también el proteger la salud humana y ambiental.

Entre las mejores opciones que encontramos hoy en día para sustituir los agroquímicos podemos encontrar los abonos orgánicos tipo bocashi, Estos abonos a diferencia de los agroquímicos presentan una serie de ventajas las cuales los hacen una buena alternativa para su uso en las cadenas de producción, entre las ventajas a nivel general encontramos (Sasaki, Kasai, Yakamoto, & Matsumoto, 1995):

- Mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Estimula el crecimiento de las plantas.
- Los suelos conservan por más tiempo la humedad.

- Favorece y estimula los microorganismos del suelo.
- Se obtienen cosechas más sanas y abundantes.
- Es económico y reduce los costos de producción por hectárea.

Por otro lado además de las ventajas generales del abono tipo bocashi, estos también presentan ciertas características las cuales además de contribuir a obtener un producto de buena calidad y a mejorar la producción, también ayudan a mejorar las características tanto físicas como químicas del suelo lo cual representa algo muy bueno para este tipo de abonos en contraste con lo que hacen los agroquímicas que al contrario perjudican la calidad de los suelos.

### **3.1. Aprovechamiento de residuos y subproductos.**

Hoy en día en Colombia se viene presentando un gran problema y es el gran número de basura generada por nuestra sociedad, y esta situación se agrava más cuando en nuestra sociedad no se ha creado una cultura ambientalista la cual lleve a las personas a reciclar, a reutilizar y aprovechar todo aquello lo cual signifique un ahorro o disminución en la cantidad de basura. En el caso de Colombia que es un país agroindustrial los desechos generados por este campo son muchos lo cual de una cierta manera aumenta el impacto ambiental generado por el gran número de basura producida. Un ejemplo muy claro de esta situación lo podemos encontrar en las plazas de mercados, las cuales no presentan ningún protocolo para el manejo de estas y la cantidad de material desechado es de dimensiones épicas, por ello se debe de enfatizar en darle una solución o de encontrar una manera de minimizar este problema, y la respuesta se puede encontrar en los abonos.

Como hemos podido ver la elaboración de abonos es una técnica tanto amigable como agradecida con el planeta, ya que para su producción se puede elegir entre muchos residuos o subproductos los cuales a manera individual no tendrían ningún uso favorable, en este caso lo que se busca es darle un uso productivo a esos desechos o residuos que se están originando en gran cantidad en las galerías de nuestro país para de esta

manera contribuir con disminuir el impacto ambiental que está originando este tipo de residuos así como a encontrar nuevas maneras de mejorar los sistemas de producción agro basándonos en la elaboración y uso de abonos orgánicos.

Este tipo de abonos representa una nueva alternativa para los sistemas de producción, y lo que se busca es analizar y probar estos abonos en combinación con materias primas poco convencionales en este campo.



## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo General**

Obtener un abono orgánico fermentado “bocashi” a partir de desechos orgánicos y lactosuero.

### **4.2. Objetivos específicos**

- Diseñar un procedimiento para la obtención del abono orgánico fermentado.
- Evaluar características fisicoquímicas (macronutrientes) de las diferentes formulaciones
- Comparar la relación N, P, K. de acuerdo a las diferentes formulaciones.
- Comprobar estadísticamente si el contenido de macronutrientes en los abonos depende del tipo de estiércol utilizado.

## 5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Es factible obtener abono orgánico tipo bocashi a partir de desechos orgánicos y lactosuero?

## 6. MARCO TEORICO

### 6.1. Composición de abonos orgánicos.

Los desechos orgánicos, si se exponen al medio ambiente, toman como alternativa para degradarse el proceso de descomposición oxidativa o el proceso de descomposición fermentativa

El proceso de descomposición fermentativa es conocido como abono orgánico fermentado bocashi. Se elabora con materia orgánica a fermentar, bajo condiciones de oxidación incompletas con la acción de microorganismos facultativos fermentadores. Entre ellos tenemos los microorganismos productores de ácido láctico, levaduras, tanto nativos provenientes de materiales propios, como a través de una inoculación microbiana. La materia orgánica con microorganismos fermentadores mantiene el proceso de bajas temperaturas, lo que permite que la energía no sea liberada al exterior durante la elaboración, de esta forma se puede aprovechar la máxima energía del producto. El uso de inoculante microbiano asegura buena fermentación, evitando que las bacterias productoras de ácido butírico comiencen a actuar sobre la materia orgánica provocando putrefacción y malos olores (Rodríguez, 1994).

El proceso de descomposición oxidativa se denomina compost, en el cual los microorganismos aeróbicos son participes durante el proceso de descomposición de la materia orgánica, por lo tanto, en el proceso de la elaboración se necesitan volteos periódicos para permitir el ingreso del aire al interior de los materiales orgánicos y así promover la descomposición. Durante este proceso, la materia orgánica pierde mucha energía, ya que se produce una gran cantidad de calor y gas CO<sub>2</sub> que son residuos de la oxidación de la materia orgánica, estos salen del medio ambiente, perdiéndose de esta forma. Al final se obtiene un producto mineralizado con poca energía acumulada. También, es muy común que se libere nitrógeno como amoníaco produciendo olores fuertes y desagradables, por lo que se pierde el contenido de nitrógeno (Rodríguez, 1994).

## **6.2. Abono orgánico “bocashi”.**

Este abono es una receta japonesa basada en volteos frecuentes y temperaturas por debajo de los 45-50°C, hasta que la actividad microbiana reduce al disminuir la humedad del material. Se considera un proceso de compostaje incompleto. Algunos autores lo han considerado como un abono orgánico “fermentado” (Restrepo, 1996), sin embargo es un proceso enteramente aerobio.

Tradicionalmente, para la preparación del bocashi, los agricultores japonesa usan compuestos orgánicos como semolina de arroz, torta de soya, harina de pescado y suelos de bosque como inoculante microbiano.

Estos suelos contienen varios microorganismos benéficos que aceleran la preparación de abono orgánico (Sasaki, Kasai, Yakamoto, & Matsumoto, 1995)

- No se forman gases tóxicos ni malos olores.
- El volumen producido se puede adaptar a las necesidades.
- No causa problemas en el almacenamiento y transporte.
- Desactivación de agentes patogénicos, muchos de ellos perjudiciales en los cultivos como causantes de enfermedades.
- El producto se elabora en un periodo relativamente corto (dependiendo del ambiente en 12 a 24 días).
- El producto permite ser utilizado inmediatamente después de la preparación.
- Bajo costo de producción.

## **6.3. Historia del abono bocashi.**

La tecnología de bocashi (abono orgánico fermentado fue introducida a Costa Rica desde Japón hace más de 15 años como una tecnología alternativa para producir abono orgánico (Sasaki, Kasai, Yakamoto, & Matsumoto, 1995). Hoy en día, muchos agricultores conocen la palabra bocashi y están produciendo y utilizando bocashi en las fincas. El bocashi se prepara tradicionalmente con los desechos de origen animal y/o de

origen vegetal mezclando con tierra de bosque como inóculo para estimular el proceso en la elaboración de abono orgánico (Sasaki, Kasai, Yakamoto, & Matsumoto, 1995).

En Costa Rica, el uso de abonos orgánicos se inició especialmente entre los productores del país, consecuentes con el principio fundamental que establece el mejoramiento del suelos como la base para el desarrollo de este sistemas de producción (INFOAM, 1998).

La producción de abonos orgánicos es de bajo costo, y por estas razones se pueden extender fácilmente por Centroamérica a otros países, sin embargo, es importante la aplicación de las tecnologías apropiadas en cada lugar. El interés de los investigadores en los últimos tiempos se ha enfocado hacia la exportación de varias alternativas y entre ellas el bocashi cuyo manejo en sistemas de producción hasta en un 80% (Restrepo, 2001), y en cuba frente a lo convencional ha mejorado apreciablemente la producción de hortalizas (Socorro & Parentes, 2001).

#### **6.4. Principales variables a considerar en la elaboración de abono bocashi.**

##### **6.4.1. Temperatura.**

Está en función del incremento de la actividad microbiológica del abono, que comienza con la mezcla de los componentes. Después de 14 horas del haberse preparado el abono no debe de presentar temperaturas superiores a 50°C (Restrepo, 1996)

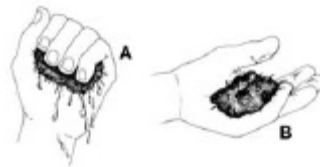
##### **6.4.2. Humedad.**

La humedad óptima para el proceso del abono es de un 50 % a un 60 % en relación con el peso de la mezcla. Si está muy seco, la descomposición es muy lenta (disminuye la actividad de los microorganismos). Si está muy húmedo, falta oxígeno y puede haber

putrefacción de los materiales, ya que el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico (sin oxígeno). El resultado será una mezcla de mal olor y textura muy suave por el exceso de agua (Picado & Añasco, 2005)

La humedad se mide apretando con el puño muestras de diferentes lados; si el montón se desmorona está muy seco, si escurre agua está muy húmedo; si se siente la humedad y mantiene su forma al soltarlo está bien.

**Figura 1.** Prueba de puño para determinar la humedad correcta del bocashi.



**A. Muy Húmedo B. Humedad indicada (Soto, 2005)**

Es muy importante cuidar el contenido de humedad para que el abono salga bueno; si está muy seco se hace lento el proceso, si está muy húmedo se puede podrir y se pierde. Se recomienda un porcentaje de humedad entre el 40 y 45%.

#### **6.4.3. pH.**

El nivel más conveniente para los microorganismos del suelo está entre 6 y 7.5. Los valores extremos inhiben la actividad microbiana (Picado & Añasco, 2005).

#### **6.4.4. La aireación.**

Es la presencia de oxígeno dentro de la mezcla, necesaria para la fermentación aeróbica del abono. Se calcula que dentro de la mezcla debe existir una concentración de 6 a 10% de oxígeno. Si en caso de exceso de humedad los micro poros presentan un estado anaeróbico, se

perjudica la aeración y consecuentemente se obtiene un producto de mala calidad (Picado & Añasco, 2005).

#### **6.4.5. El tamaño de las partículas de los ingredientes.**

La reducción del tamaño de las partículas de los componentes del abono, presenta la ventaja de aumentar la superficie para la descomposición microbiológica. Sin embargo, el exceso de partículas muy pequeñas puede llevar a una compactación, favoreciendo el desarrollo de un proceso anaeróbico, que es desfavorable para la obtención de un buen abono orgánico fermentado. Cuando la mezcla tiene demasiado partículas pequeñas, se puede agregar relleno de paja o carbón vegetal (Picado & Añasco, 2005).

#### **6.4.6. Relación carbono-nitrógeno.**

La relación ideal para la fabricación de un abono de rápida fermentación es de 25:35 una relación menor trae pérdidas considerables de nitrógeno por volatilización, en cambio una relación mayor alarga el proceso de fermentación (Picado & Añasco, 2005).

### **6.5. Principales aportes de los ingredientes utilizados para elaborar bocashi.**

#### **6.5.1. El carbón**

Mejora las características físicas del suelo, pues facilita la aireación de absorción de humedad y calor, por su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica del suelo, al mismo tiempo que funciona con el efecto tipo "esponja sólida", que consiste en retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes a las plantas, disminuyendo la pérdida y lavado de éstos en el suelo (Restrepo, 2001)

### **6.5.2 Gallinaza.**

Fuente de nitrógeno , mejora la fertilidad del suelo en especial de P, K, Ca, C, Fe, Mn, Zn, Cu, y B.

### **6.5.3 La cascarilla de arroz.**

Este ingrediente mejora las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, facilita la aireación, la absorción de humedad y filtrado de nutrientes, también beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra (Restrepo, 2001).

### **6.5.4 La melaza de caña.**

Es la principal fuente energética para la fermentación, favorece y multiplica la actividad microbiológica, es rica en potasio, calcio y magnesio, contiene gran cantidad de Boro (Restrepo, 2001).

### **6.5.5 La levadura.**

Este ingrediente constituye la principal fuente de inoculación microbiológica, para la fabricación de abonos orgánicos (Restrepo, 2001).

### **6.5.6 La cal agrícola.**

Regula la acidez que se presenta en todo el proceso de fermentación, así mismo puede contribuir con otros minerales útiles a las plantas (Restrepo, 2001).

### **6.5.7 El agua.**

Su principal objetivo es homogenizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono (Restrepo, 2001).



## **6.6 Microorganismos en el proceso de compostaje.**

Los organismos presentes durante el proceso de compostaje varían dependiendo de los sustratos y las condiciones del proceso. Son sus interacciones y la secuencia en el tiempo los que determinan el tipo de compostaje (Soto, 2005)

Bacterias y hongos se encargan de la fase mesófila, especialmente bacterias del género *Bacillus* sp, aunque existen también algunos *Bacillus* termófilos. El 10% de la descomposición es realizado por bacterias, del 15-30% es realizado por actinomicetes (Soto, 2005)

Después de que los materiales lábiles han desaparecido, los predominantes son los actinomicetes, hongos y levaduras. (Paul & F, 1996). Según (Tiquia & Judy, 2002), estudiaron las poblaciones de bacterias heterótrofas, actinomicetes y hongos en el proceso de compostaje de gallinaza mezclada con zacate en un 20%, encontrando que las poblaciones de actinomicetes y hongos se redujeron en la fase termófila, para aumentar de nuevo en la fase de maduración. Ellas no observaron diferencias en la poblaciones de estos organismos en la profundidad de la pila aunque se dieron variaciones de temperatura (Soto, 2005)

## **6.7 Inoculante microbiano**

Un inoculante microbiano es un producto que contiene una cepa o combinación de diferentes cepas de microorganismos vivos, el cual puede mejorar la calidad de abono orgánico. Un producto microbiano, en general está compuesto de los siguientes materiales:

- Microorganismos vivos
- Un material adsorbente (vermiculita, zeolite, CaCO<sub>3</sub>, etc.)
- Un medio nutritivo (semolina de arroz, gallinaza, melaza, etc.)
- Otro material adicional (aceite vegetal, Vitamina, polímero, etc.)

El producto tiene diferentes formas de presentación como líquido, coloidal o sólido en polvo o granulado (Okumoto, 2002).

### 6.8 Efecto de la aplicación de microorganismos inoculantes.

El efecto de los productos microbianos es muy variable, de hecho, esto depende de las características de microorganismos inoculantes. Se manifiesta no solamente un efecto, sino, en muchas ocasiones, varios efectos en forma conjunta.

**Tabla 2.** Efecto de inoculantes microbianos

Uso de producto (efecto)	Funcion de microorganismos
Disposicion materia organica	1.Aceleracion de compostaje. 2.Descomposicion materia organica en el suelo
Mejoramamiento del suelo	1. Formacion de suelo agregado. 2. Cambio de Ph
Efecto nutricional para la planta	1.Fijacion N 2. Mineralizacion (N inorganico,etc) 3. Nitrificacion 4. Biomasa N y P
Crecimiento de planta	1. Produccion de hormonas, vitaminas,etc.
Control de enfermedades y plagas	1. Efecto supresivo a patogenos nematodos.

Fuente: **(Okumoto, 2002)**

Para hacer agricultura sostenible y agricultura orgánica de alta calidad, el secreto está en cómo mejorar el suelo de la finca, aumentando biodiversidad microflora y volver a tener un balance equilibrado en el ecosistema (Okumoto, 2002).

La tecnología de inoculantes microbianos juega un papel muy importante para acelerar el proceso. Por lo tanto, es indispensable conocer las características de ellos y sus usos adecuados. Además, nosotros

debemos crear condiciones apropiadas para que los microorganismos trabajen eficientemente (Okumoto, 2002).

### **6.9 Fuentes de nitrógeno y prácticas de manejo que pueden ayudar a reducir las pérdidas durante compostaje.**

Para algunos productores, los bajos niveles de nitrógeno en el compost, son una de sus mayores limitantes. Este es el caso de los productores orgánicos, donde no se permite la mezcla de abonos orgánicos con abonos químicos. Para estos productores, el manejo del nitrógeno en el proceso de compostaje se convierte en un elemento clave para el éxito de la operación productiva (Soto, 2005)

Las prácticas que se pueden realizar para reducir las pérdidas de nitrógeno son:

- Manejar una adecuada relación C:N,
- Evitar temperaturas demasiado altas
- Acelerar la actividad microbiana inicial
- Mantener el pH en un rango de adecuado
- En algunos casos disminuir la aireación del proceso.

Otros factores que pueden favorecer la pérdida de nitrógeno es la desnitrificación (el paso de nitratos a formas más reducidas de nitrógeno), que se ve favorecida por condiciones de reducción y pH por debajo de 4.5 o por encima de 7.5. Las condiciones de reducción, o falta de oxígeno son ocasionados por falta de volteo frecuente o por humedades muy altas en la compostera. Materiales como la broza de café o la pulpa de naranja que salen del proceso con humedad de hasta el 90%, deben ser volteadas en los días iniciales del proceso de compostaje más frecuentemente para reducir el contenido de humedad inicial. (Soto, 2005)

Uno de los casos donde se dan las mayores pérdidas por nitrógeno es cuando se compostean excretas frescas. En compostaje de boñiga se ha

encontrado un rango de pérdidas de nitrógeno de un 16 hasta un 78% (Raviv, Medina, Krasnovosky, & Zianda, 2002; Moller, Sommer, & Andersen, 2000).

Muchas investigaciones se han realizado para desarrollar metodologías que permitan aprovechar mejor el nitrógeno de estos materiales durante compostaje (Moller, Sommer, & Andersen, 2000).

#### **6.10. Ventajas y desventajas del bocashi frente al compost.**

El objetivo principal del uso del compost es suministrar los minerales en la nutrición inorgánica a los cultivos. La mineralización de la materia orgánica permite la liberación de minerales los cuales son absorbidos fácilmente por la plantas y favorecen la eliminación de los patógenos, que podrían estar fácilmente en la materia orgánica fresca y causar daño al cultivo. Se recomienda temperaturas relativamente altas, 60-80°C para asegurar que se reduzcan los microorganismos patógenos (Okumoto, 2002).

El objetivo principal del bocashi es activar y aumenta la cantidad de microorganismos benéficos en el suelo, pero también, se persigue nutrir el cultivo y suplir alimentos y materia orgánica) para los organismos del suelo. El suministro derivado de microorganismos benéficos eliminan los microorganismos patógenos gracias a las combinación de fermentación alcohólica con una temperatura entre 40-50°C (Okumoto, 2002).

Un compost es el proceso que sigue del proceso de descomposición oxidativa, al cual avanza hasta la mineralización total y asegura un suministro de minerales en estado ionizado, donde la temperatura alta en el proceso asegura la eliminación de microorganismos que podría competir por los nutrientes. Mientras un bocashi, que se basa en un proceso de descomposición fermentativa, mantiene un mayor contenido energético de materia orgánica, al no alcanzar temperaturas tan elevadas

hay menos pérdidas por volatilización. Además, suministra compuestos (vitaminas, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, antibióticos, antioxidantes, etc. útiles para las plantas y al mismo tiempo activa los microorganismos benéficos durante el proceso de fermentación (Okumoto, 2002)

El compost es empleado en agricultura y jardinería como fertilizante para el suelo, control de la erosión, recubrimientos y recuperación del suelo. Además su utilidad directa, el compost implica una solución a la problemática planteada en las exportaciones agrícolas forestales y ganaderas cuyos residuos orgánicos deben ser tratados. El compostaje es una tecnología alternativa frente a otras que no representan economía ni aportan soluciones ambientales (Okumoto, 2002).

El compost es un producto concentrado que es mezclado con del suelo u otros ingredientes antes de su uso. El porcentaje máximo de compost en la mezcla esta alrededor del 30% y varía en función de su uso posterior. El compost mejora la estructura del suelo, incrementa la cantidad de materia orgánica y proporciona nutrientes, micronutrientes como el nitrógeno, potasio y fosforo (Okumoto, 2002).

#### **6.11. Situación actual de los abonos fermentados en Colombia**

El gobierno y entidades académicas de apoyo con cooperativas del sector rural han trabajado para implementar sistemas de producción mediante la fertilización con abonos orgánicos para reducir costos en cuanto a la aplicación de abonos inorgánicos, haciendo un mejor uso de los residuos generados en las fincas por los diferentes cultivo (Restrepo, 2001).

#### **6.12. Origen y composición de la materia orgánica del suelo.**

El suelo recibe una gran cantidad de restos orgánicos de distinto origen, entre (Melendez, 2003) estos, restos de las plantas superiores que llegan al suelo de dos maneras: se depositan en la superficie (hojas, ramas,

flores, frutos) o quedan directamente en la masa del suelo (raíces al morir). Otras dos fuentes importantes son el plasma microbiano y los restos de la fauna habitante del suelo.

Basándose en lo anterior, se considera a la materia orgánica del suelo (MOS) como un continuo de compuestos heterogéneos con base de carbono, que están formados por la acumulación de materiales de origen animal y vegetal parcial o completamente descompuestos en continuo estado de descomposición, de sustancias sintetizadas microbiológicamente y/o químicamente, del conjunto de microorganismos vivos y muertos y de animales pequeños que aún faltan descomponer (Melendez, 2003).

Inmediatamente después de la caída de los materiales al suelo y muchas veces antes, comienza un rápido proceso de transformación por parte de los macro y microorganismos que utilizan los residuos orgánicos como fuente de energía. El proceso de descomposición está acompañado de la liberación de CO<sub>2</sub> y de los nutrimentos contenidos en los residuos orgánicos. Del 75 – 90 % de los restos orgánicos están constituidos por agua. Una fracción pequeña de MOS está constituida por carbohidratos, aminoácidos, ácidos alifáticos, proteínas, grasas, etc., y en su mayor parte están formadas por las llamadas sustancias húmicas, que son una serie de compuestos de alto peso molecular. Estas sustancias húmicas han sido divididas grupos de acuerdo a su solubilidad en soluciones ácidas y básicas concentradas: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, huminas. Los ácidos húmicos son moléculas más grandes y complejas que los ácidos fúlvicos, además presentan contenidos más altos de N, pero menor de grupos funcionales (Melendez, 2003)

#### **6.12.1. Carbohidratos**

Se consideran a los monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos, siendo la celulosa uno de los principales carbohidratos. Son de gran importancia porque ayudan a enlazar partículas inorgánicas, participan en la

formación de complejos, estimulan la germinación de las semillas y la elongación de las raíces, afectan la capacidad de intercambio catiónico, la retención de iones y la actividad biológica (Melendez, 2003).

#### **6.12.2. Los amino ácidos**

Son la base de las proteínas. La polimerización de ellos conlleva a la formación de dipéptidos y tripéptidos. Existen muchos factores que influyen la presencia de los aminoácidos en los suelos como: condiciones de humedad, tipo de planta, estado de crecimiento, adición de residuos orgánicos, prácticas culturales (Melendez, 2003).

#### **6.12.3. Grasas, ceras y resinas**

Las grasas son sustancias de reserva que se acumulan en diferentes órganos de las plantas especialmente en las semillas y derivan de la glicerina esterificada (Melendez, 2003).

#### **6.12.4. Ligninas**

Derivan del fenilpropano sustituido. Actualmente se aceptan dos estructuras básicas del fenol en las ligninas de acuerdo a la existencia de uno o dos radicales  $-OCH_3$ . Las ligninas son componentes básicos de los tejidos leñosos y constituye el sostén de las plantas (Melendez, 2003).

#### **6.12.5. Sustancias húmicas del suelo**

Las sustancias húmicas constituyen el complejo de compuestos orgánicos de color marrón, pardo y amarillo que se extrae por soluciones de álcalis, sales neutras y disolventes orgánicos (Kononova, 1983). La mayor parte de las sustancias húmicas se encuentran unidas de distintas formas con la parte mineral del suelo, quedando sólo una pequeña fracción en estado libre, por tanto para pasar a estado soluble es preciso destruir esta unión (Melendez, 2003).

#### **6.12.6. Ácidos Húmicos**

En el grupo de los ácidos húmicos están englobados las materias que se extraen del suelo por distintos disolventes (NaOH, KOH, NH<sub>4</sub>OH, Na<sub>2</sub>HCO<sub>3</sub>, Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, NaF, oxalato sódico y otros), y que al acidificarse con ácidos minerales se precipitan de las soluciones obtenidas en forma de un gel oscuro. A pesar de la diversidad de los ácidos húmicos en los distintos suelos, turbas, restos vegetales en descomposición, éstos conservan sus principios de estructura muy semejantes. Los grupos característicos de los ácidos húmicos son los carboxilos e hidroxilos fenólicos, cuyo hidrógeno es susceptible a las reacciones de sustitución. Los ácidos húmicos son ácidos polibásicos de débil disociación que tienen el punto de equivalencia cerca de un pH de 8,0-9,0, como indica el carácter de las curvas que se obtiene en la valoración potenciométrica. A parte de los grupos carboxílicos, fenólicos y alcohólicos, hay en los ácidos húmicos grupos metoxílicos OCH<sub>3</sub>, cuya cantidad en los distintos representantes es oscilante. Se ha constatado que el contenido de los grupos metoxilos es mayor en los representantes menos maduros (6-8%) menor en los ácidos húmicos ya formados (1-2%) (Melendez, 2003).

#### **6.12.7. Ácidos Fúlvicos**

Los ácidos fúlvicos se distinguen de los ácidos húmicos por su coloración más clara, por el contenido relativamente bajo en carbono (menos del 55%) y por su buena solubilidad en agua, alcohol, álcalis y ácidos minerales (Melendez, 2003).

#### **6.12.8. Ácidos himatomelánicos**

No son un grupo independiente de sustancias húmicas, sino es la fracción soluble en alcohol de los ácidos húmicos. Por tanto el tema del humus en el suelo tiene muchos puntos confusos. Los materiales existentes permiten trazar únicamente los principios generales de las estructuras de las materias, sin embargo, es un problema extraordinariamente importante



establecer las peculiaridades de su estructura, determinadas por las condiciones concretas del suelo (Melendez, 2003).

#### **6.12.9. Huminas**

Bajo el término de huminas se engloba el grupo de sustancias que no se extraen con soluciones alcalinas. Hay múltiples investigaciones sobre las huminas en el suelo, han demostrado que si el residuo de suelo, después de la extracción de los ácidos húmicos solubles en álcali, se trata con  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$  o  $HF$ , para romper los enlaces de las sustancias húmicas con silicatos, después de este residuo que contiene huminas, al tratar con soluciones alcalinas se extraen de nuevo ácidos húmicos (Melendez, 2003).

#### **6.13. Efectos benéficos de la materia orgánica.**

Los científicos agrícolas han reconocido los beneficios de la materia orgánica del suelo (MOS) para la productividad de los cultivos. Esos beneficios han sido sujeto de controversia por mucho tiempo y algunos se mantienen actualmente. Muchos de estos beneficios de la MOS han sido bien documentados, pero algunos efectos están íntimamente asociados con otros factores del suelo que es difícil atribuirle solo a la materia orgánica. Otro de los inconvenientes están ligados a la falta de precisiones para definir específicamente las varias fracciones dentro de la MOS (Melendez, 2003).

El efecto benéfico de la MOS sobre la fertilidad de los suelos especialmente sobre aquellos altamente meteorizados es de una importancia dramática con relación a sus contenidos, pues está demostrado que incrementos mínimos benefician simultáneamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Melendez, 2003).

Aunque la interacción de estas tres propiedades dificulta la cuantificación del efecto benéfico de la MOS, para complicar aún más la situación es

muy factible que los distintos componentes de la MOS estén afectando simultáneamente y en forma distinta la dinámica, las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Melendez, 2003).

Aunque no se conoce a ciencia cierta la naturaleza de los procesos implicados ni las fracciones de MOS que afectan las propiedades del suelo, es claro que ésta presenta efectos benéficos como los siguientes (Melendez, 2003):

- Es fuente importante de micro y macronutrientes especialmente N, P, Y S, siendo particularmente importante el P orgánico en los suelos ácidos.
- Ayuda a la estabilización de la acidez del suelo.
- Actúa como quelatante de micronutrientes previniendo su lixiviación y evita la toxicidad de los mismos.
- Regula los fenómenos de adsorción especialmente la inactivación de plaguicidas.
- Mejora la capacidad de intercambio del suelo.
- Mejora la cohesión y estabilidad de los agregados del suelo.
- Disminuye la densidad aparente.
- Aumenta la capacidad del suelo para retener agua.
- Es fuente energética de los microorganismos especialmente por sus compuestos de carbono.
- Estimula el desarrollo radicular y la actividad de los macro y microorganismos del suelo.

#### **6.14. Mineralización de nutrientes de la materia orgánica.**

Una de las contribuciones más importante de la materia orgánica a la fertilidad de suelo es su capacidad de suplir nutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo, y azufre. Los nutrientes son secuestrados en y liberados de la materia orgánica por 2 procesos distintos: biológicos (N, P, S) y químicos (Ca, Mg, K) (Melendez, 2003).

Para un mejor entendimiento de estos procesos es necesario mencionar conceptos como mineralización e inmovilización. La mineralización incluye un conjunto de procesos por medio de los cuales, el N, P, entre otros en combinación con la materia orgánica son transformados a moléculas inorgánicas de constitución más simple (Melendez, 2003).

#### **6.15. La importancia de la materia orgánica en los agroecosistemas.**

El mantenimiento de la materia orgánica del suelo es un proceso clave relacionado con la sostenibilidad y productividad de los sistemas agrícolas, especialmente para los que están en suelos frágiles y manejados por agricultores de pocos recursos. Como se mencionó anteriormente, la importancia de la materia orgánica descansa en su contribución a la capacidad de intercambio catiónico del suelo y, por ende, en la retención de los nutrientes, su función como una fuente importante de nitrógeno y fósforo, y su rol en el mantenimiento de la agregación, estructura física, y retención del agua del suelo (Melendez, 2003).

Cambios en el medio ambiente del suelo pueden resultar en una disminución rápida de la materia orgánica, resultando especialmente en suelos meteorizados, en la disminución de la productividad. Además, su pérdida contribuye al enriquecimiento atmosférico del carbono y al efecto invernadero asociado con la conversión de los bosques tropicales a otras formas de uso (Tisdale, 1993). Puesto que los agricultores pobres tienen poco acceso a los insumos químicos que se requieren para mantener la productividad de su terreno, el manejo adecuado de la materia orgánica adquiere suma importancia para la viabilidad continua de tales sistemas. Sin embargo, el conocimiento sobre cómo se pueden mantener o renovar los niveles de materia orgánica del suelo a través de la adición de insumos orgánicos es incompleto (Melendez, 2003).

### **6.16. Lactosuero.**

El lactosuero de quesería es un subproducto líquido obtenido después de la precipitación de la caseína durante la elaboración del queso. Contiene principalmente lactosa, proteínas como sustancias de importante valor nutritivo, minerales, vitaminas y grasa. La composición y tipo de lactosuero varía considerablemente dependiendo del tipo de leche, tipo de queso elaborado y el proceso de tecnología empleado. La lactosa es el principal componente nutritivo (4,5 % p-v), proteína (0,8% p/v), y lípidos (0,5%). Si en la coagulación de la leche se utiliza enzimas el lactosuero se denomina dulce, y si se reemplaza la enzima por ácidos orgánicos se denomina ácido (Parra, 2009).

Para la industria alimentaria, el lactosuero constituye una fuente económica de proteínas que otorga múltiples propiedades en una amplia gama de alimentos. Los productos del suero, incluyendo la lactosa, mejoran la textura, realzan el sabor y color, emulsifican y estabilizan, mejoran las propiedades de flujo y muestran muchas otras propiedades funcionales que aumentan la calidad de los productos alimenticios. Basados en el valor nutricional del lactosuero, un número de usos comerciales se han obtenido como etanol, ácidos orgánicos, bebidas no alcohólicas, bebidas fermentadas, biomasa, concentrados, aislados e hidrolizados de proteína, películas comestibles, medio de soporte para encapsular sustancias, producción de xantana, enzimas, separación de la lactosa para fines endulzantes en alimentos entre otras aplicaciones (Parra, 2009).

La industria láctea es uno de los sectores más importantes de la economía de países industrializados y en desarrollo. Aproximadamente 90% del total de la leche utilizada en la industria quesera es eliminada como lactosuero el cual retiene cerca de 55% del total de ingredientes de la leche como la lactosa, proteínas solubles, lípidos y sales minerales. Algunas posibilidades de la utilización de este residuo han sido propuestas, pero las estadísticas indican que una importante porción de

es descartada como efluente el cual crea un serio problema ambiental (Aider, Halleux, & Melnikiva, 2009; Fernanades, 2009), debido a que afecta física y químicamente la estructura del suelo, lo anterior resulta en una disminución en el rendimiento de cultivos agrícolas y cuando se desecha en el agua, reduce la vida acuática al agotar el oxígeno disuelto (Aider, Halleux, & Melnikiva, 2009).

Según (Almecija, 2007), la distribución de la producción de lactosuero en el mundo en el año 2005 fue: Europa 53%, América del Norte y central 28%, Asia 6%, África 5%, Oceanía 4%, América del Sur 4%, anualmente estos porcentajes representan 110-115 millones de toneladas métricas de lactosuero son producidas a nivel mundial a través de la elaboración de queso (Revillion, Brandelli, & Ayub, 2003), de este valor, el 45% se desechan en ríos, lagos y otros centros de aguas residuales, o en el suelo, lo que representa una pérdida significativa de nutrientes ocasionando serios problemas de contaminación (Londoño, Sepulveda, Hernandez, & Parra, 2008). El porcentaje restante es tratado y transformado en varios productos alimenticios, de los cuales cerca del 45% es usado directamente en forma líquida, 30% en polvo, 15% como lactosa y subproductos, y el resto como concentrados de proteína de lactosuero (Panesar, Kennedy, Gandhi, & Bunko, 2007).

Considerables esfuerzos han sido realizados en el pasado para explorar nuevas alternativas para la utilización de lactosuero y reducción de la contaminación ambiental (Koutinas, Papapostolou, Dimitrellou, Kopsahelis, Katechaki, & A, 2009). Entre los productos de exitosa aceptación debido a sus bajos costos de producción, grado de calidad alimenticia y aceptable sabor, se encuentran las bebidas refrescantes (Londoño et al., 2008), bebidas fermentadas, y alcohólicas, proteína unicelular, biopelículas, producción de ácidos orgánicos, concentrados de proteínas, derivados de lactosa entre otros (Koutinas, Papapostolou, Dimitrellou, Kopsahelis, Katechaki, & A, 2009).

Según Agrocadenas, uno de los observatorios del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia la Federación Ganaderos (Fedegan), la producción de leche en Colombia, para el año 2006 fue de 6024 millones de litros (su participación fue de un 10% del PIB, dentro del sector de alimentos), de los cuales, aproximadamente un 18% (1.084 millones de litros) se destinó a la producción de quesos y un 9% (542 millones de litros) a leches fermentadas, lo que quiere decir que la producción nacional de lactosuero, correspondió a 921.672 millones de litros (Londoño, Sepulveda, Hernandez, & Parra, 2008).

#### **6.17. Efecto de los abonos orgánicos sobre las características físicas del suelo.**

Los abonos orgánicos influyen favorablemente sobre las características físicas del suelo (fertilidad física) estas características son: estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención de agua, infiltración, conductividad hidráulica y estabilidad de agregados (Sasaki, Kasai, Yakamoto, & Matsumoto, 1995).

Un aumento en la porosidad aumenta la capacidad del suelo de retener agua incrementando simultáneamente la velocidad de infiltración de esa misma agua en el suelo, por ejemplo la velocidad de infiltración es una característica muy importante a tener en cuenta en terrenos donde se presenta desnivel, ya que, como el agua es escurrida superficialmente esta no es eficientemente aprovechada. Recientes pruebas demostraron que un suelo el cual tenía una velocidad de infiltración inicial e 8 cm/h y que luego de aplicar estiércol en el terreno este paso de tener una velocidad de filtración de 8 a 9,6 cm/h. Lo anterior nos muestra que el aplicar abonos orgánicos sobre el suelo mejora de una manera significativa las propiedades físicas del suelo sin importar las condiciones de este (SAGARPA).

#### **6.18. Efecto de los abonos orgánicos sobre las características químicas del suelo.**

La composición química de los abonos orgánicos por supuesto varían de acuerdo a su origen, las plantas, los residuos de cosecha, los estiércoles,

etc. Difieren grandemente en cuanto los elementos que contienen. (SAGARPA).

**Tabla 3.** Composición de algunos abonos orgánicos

Características	Tipo de abono organico					
	Vacuno	Gallinaza	Vermi composta	Composta	Pulapa café	Paja de arroz
Humedad (%)	36	30				
Ph	8	7,6	7,6	7,7	5,8	7,2
Materia organica (%)	70	70			89,6	7,7
N total (%)	1,5	3,7	1,1	2,1	1,68	0,5
P (%)	0,6	1,8	0,3	1,1	0,35	0,05
K (%)	2,5	1,9	1,1	1,6	0,36	1,38
Ca (%)	3,2	5,6	1,6	6,5	0,5	0,22
Mg (%)	0,8	0,7	0,5	0,6	0,64	0,11
Zn (ppm)	130	575	100	235		
Mn (ppm)	264	500	403	265		
Fe (ppm)	6354	1125	10625	3000		
Reacion N/C	16	15	19	15	30,9	9,49
Tasa de mineralizacion						
% Año	35	90				

Las características químicas del suelo que cambian por la aplicación de abonos orgánicos son obviamente el contenido de materia orgánica; derivado de esto aumentan características como lo son porcentaje de nitrógeno total, la capacidad de intercambio de cationes, el pH y la concentración de sales (SAGARPA).

Una prueba demostró que aplicar abono orgánico (estiércol vacuno) durante un periodo de 4 años mejora el contenido de materia orgánica de los suelos, el suelo evaluado presentaba inicialmente 1,41% de materia orgánica al cabo de los 4 años de aplicar el abono se volvió a tomar la muestra encontrando que el contenido de materia orgánica había aumentado de 1,41% a 2,59 %. Por ello cabe recalcar que con este ejemplo los cambios en la calidad del suelo saltan a la vista a la hora de aplicar abonos orgánicos (SAGARPA).

## 7. METODOLOGIA

### 7.1. Recolección de materia prima.

- a) Para la recolección de la materia orgánica primero se estableció el lugar donde se iba a realizar dicha actividad, para este experimento se escogió la plaza de mercados la alameda en la ciudad de Cali. Dicha recolección se realizo en horas de la mañana ya que es prescindible encontrar lo más fresco posible el material , para de esta forma asegurar que presentase un grado mínimo de descomposición, ya que el utilizar un material que hubiese sido desechado varios días atrás pondría en riesgo la elaboración del abono , debido a que un alto grado de descomposición en la materia orgánica utilizada puede significar la putrefacción del abono antes de que este alcance su etapa de maduración.
  
- b) La recolección de las excretas de vaca y caballo se realizo en el caserío la dolores de candelaria, para reunir dichas excretas se aplicó un método de selección basado en el aspecto que estas tuvieran, el material no debía estar ni muy húmedo ni muy seco, debido a que si esta presentase un alto grado de humedad(escurrimiento al deshacerse) puede afectar el proceso de fermentación oxidativa (aerobio) de el abono, generando un exceso de agua que culmina en la putrefacción de este, por otro lado si el material está muy seco (se deshace en la mano) este no contribuirá al enriquecimiento de las propiedades fisicoquímicas de producto final , ya que por su prolongado tiempo de exposición al ambiente y al suelo tienden a perder su contenido de N,P,K por el ciclo bilógico de la materia misma.

Excretas de gallina se recolectaron de un galpón ubicado en el caserío La Dolores de Candelaria, y por último las excretas de perro.



Para la recolección de las excretas se utilizó una pala, bolsas plásticas para su almacenamiento y guantes para realizar la prueba de humedad y resequedad en la materia prima.

## **7.2. Adecuación de la materia prima e insumos.**

- a) Para la adecuación de la materia prima se debe realizar un picado y una pulverización de la materia orgánica y las excretas reunida respectivamente, ya que se debe aumentar en lo más posible la superficie de contacto de estas para facilitar la actividad microbiana en el proceso de descomposición, y así reducir el tiempo de maduración del abono.

Para realizar el corte o picado de la materia orgánica previamente reunida en la plaza de mercado, se debe emplear un cuchillo para realizar dicha labor; los cortes no debían superar los 5 cm de largo por 5 de ancho. Ya que dimensiones mayores no aseguraban la descomposición total del material. Para la pulverización de las excretas simplemente se realizó deshaciendo el material manualmente, haciendo uso de guantes y tapabocas.

- b) Para los insumos utilizados se debe realizar una pulverización al carbón empleado, ya que se debe realizar una homogenización de las dimensiones de este en contraste con la materia prima empleada. Para esta labor se empleó un martillo con el cual se aplicó fuerza de impacto al carbón.<sup>7</sup>

## **7.3. Preparación del abono**

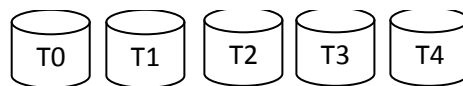
- a) La elaboración de los diferentes tratamientos del experimento se realizaron basándose en la siguiente tabla:

**Tabla 4.** Proporciones materias primas

	T0	T1	T2	T3	T4
Estiercol	29%	29%	29%	29%	29%
Tierra fertil	25%	25%	25%	25%	25%
Desechos organicos	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%
Cascarilla de arroz	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%	10,5%
Agua	9%	9%	9%	9%	9%
Lacto suero	9%	9%	9%	9%	9%
Carbon vegetal	6,2%	6,2%	6,2%	6,2%	6,2%
Cal	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%
Melaza	0,25%	0,25%	0,25%	0,25%	0,25%
Levadura	***	0,01%	0,02%	0,03%	0,04%

- i. Se preparan 5 recipientes con capacidad para 5 kg en los cuales se acondiciona en el fondo una base formada de material vegetal seco (Hojas secas, pasto seco, etc.).
- ii. Se rotula cada recipiente de la siguiente forma:

**Figura 2.** Rotulado abonos



- iii. Se adiciona 0,1 Kg de cascarilla de arroz en cada uno de los recipientes.
- iv. Se adicionan en 4 de los 5 recipientes 1,16 Kg de estiércol de la siguiente forma.

T1	T2	T3	T4
Est. vaca	Est. caballo	Est. Pollo	Est. Perro

En el T0 se adiciona los 4 tipos de estiércoles en igual proporción (0,29 Kg).

- iv. Nuevamente se adiciona 0,1 Kg de cascarilla de arroz.
- v. Luego se adiciona en cada recipiente 0,42 kg de materia orgánica, la cual ha sido previamente picada.

- vi. De nuevo otra capa de cascarilla de arroz (0, 1 Kg) en cada recipiente.
- vii. A continuación se agrega el carbón vegetal en una proporción de 0,24 Kg por recipiente.
- viii. Se adiciona la ultima capa de cascarilla de arroz (0,1 kg)
- ix. Agregar 1 kg de tierra fértil en cada recipiente.
- x. Se prepara una cubeta con agua limpia y adicionamos 0,36 kg de agua en cada recipiente, esto con el fin de homogenizar la humedad de toda la mezcla de ingredientes, para luego agregar 0,01 Kg de melaza igualmente en cada recipiente.
- xi. Inmediatamente preparar una cubeta con lacto suero y adicionamos en una proporción de 0,36 kg para cada recipiente.
- xii. Luego se prosigue a preparar la levadura según las concentraciones previamente establecidas en la tabla 5 Y adicionamos según el tratamiento especificado.
- xiii. Finalmente preparado los 5 tipos de abonos se vacía cada uno en una bolsa plástica resistente, donde se procede a realizar una labor de volteo, esto con el fin de homogenizar la mezcla. Dicho volteo debe realizarse en todas las direcciones para asegurar una correcta homogenización de cada uno de los abonos.
- xiv. Luego de realizado el volteo y la homogenización de las mezclas dividir cada mezcla o tratamiento en 4 partes iguales (1 kg cada una) y ubicamos cada una en su respectivo recipiente.
- xv. Finalmente se debe almacenar el material en un lugar seco y aireado.

**Foto 1.** Abonos bocashi



**7.4. Seguimiento y control.**

- a. Luego de transcurridos 3 días del experimento, se debe adicionar 0,02 Kg de cal en cada uno de los 4 repeticiones para los 5 tratamientos, esto con el fin de controlar el nivel de acidez en el PH de los abonos.
- b. Diariamente se debe realizar una medición a la temperatura de cada una de las repeticiones de los 5 tratamientos, dicha lectura se realiza con un termómetro de laboratorio, el cual es introducido por la parte superior del material, para luego de 3

**Tabla 5.** Control de temperaturas tratamiento - repetición

Tratamiento N																									
Repeticion	Dia																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
R0																									
R1																									
R2																									
R3																									
R4																									

**Tabla 6.** Control de temperaturas promedio por tratamiento.

Tratamiento	T/Dia																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
T0 (Mixto)																									
T1 (Caballo)																									
T2 (Vaca)																									
T3 (Pollo)																									
T4 (Perro)																									

Igualmente se realiza un control del pH para cada una de las 20 repeticiones, haciendo uso de un pH metro, dicho control se realiza tomando un poco de material el cual humedecemos con agua destilada y adicionamos al instrumento para inmediatamente leer el valor y registrar en las siguientes tablas.

**Tabla 7.** Control de pH Tratamiento - Repetición

Tratamiento N														
Repeticion	Dia													
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	
R0														
R1														
R2														
R3														
R4														

**Tabla 8.** Control de pH promedio por tratamiento

Tratamiento	PH/Dia												
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
T0 (Mixto)													
T1 (Caballo)													
T2 (Vaca)													
T3 (Gallina)													
T4 (Perro)													

- c. Finalmente las 20 repeticiones se le deberán realizar labores de volteo y adición de lacto suero por separado, la adición del lacto suero se realizo por aspersión, haciendo uso de un spray, mientras que el volteo se realizo empleando bolsas plásticas.

Finalmente se obtienen como resultado un montaje experimental conformado por 5 tratamientos cada uno con 4 repeticiones de 1 Kg cada uno para el estudio y posterior análisis de sus variables (temperatura, PH, micronutrientes).

**Tabla 9.** Tabla de tratamientos

T0: Estiércol mixto (sin levadura)	T1:Estiércol caballo (0.01% levadura)	T2: Estiércol vaca (0.02% levadura)	T3: Estiércol gallina (0.03% levadura)	T4: Estiércol perro (0.04 levadura)
R01	R11	R21	R31	R41
R02	R12	R22	R32	R42
R03	R13	R23	R33	R43
R04	R14	R24	R34	R44

## 7.5. Análisis

- a. Luego de finalizado los 25 días de experimento tiempo en el cual el abono alcanzara su tiempo de maduración, se tomara una muestra de cada uno de los 5 tratamientos, y se envía a un laboratorio para realizar los estudios fisicoquímicos en cuanto al contenido de N, P, K de cada uno de ellos en los diferentes tratamientos.
- b. Finalmente culminado el tiempo de maduración de los diferentes abonos, y de haber registrado loas

temperaturas y PH a lo largo del proceso se prosigue a digitar dichos datos en el programa estadístico centurión para comprobar las diferencias significativas entre variables (Temperatura, pH, N, P, K) de cada uno de los tratamientos.

## 8. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

### 8.1. Temperatura.

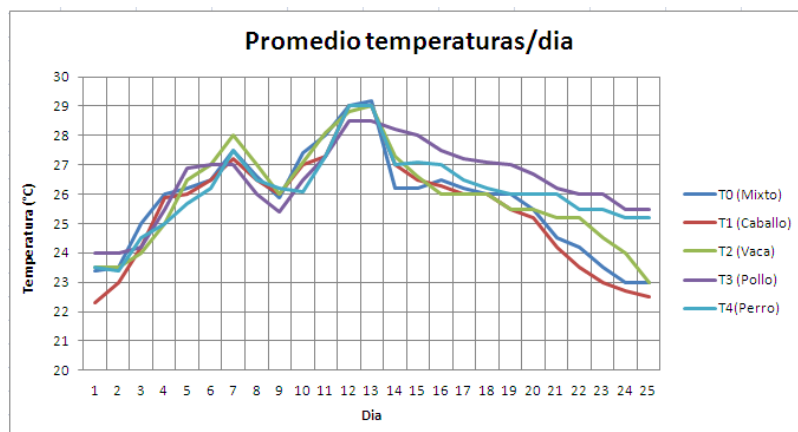
#### 8.1.1. Variación de la temperatura en los diferentes tratamientos.

Se realizó una medición de la temperatura a cada una de las 4 repeticiones de los 5 tratamientos, donde se registraron los siguientes resultados consignados en la siguiente tabla.

**Tabla 10.** Tabla de control de temperaturas promedio para cada uno de los tratamientos por día.

Tratamiento	T/Día																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
T0 (Mixto)	23,4	23,5	25	26	26,2	26,5	27,5	26,6	25,9	27,4	28	29	29,2	26,2	26,2	26,5	26,2	26	26	25,5	24,5	24,2	23,5	23	23
T1 (Caballo)	22,3	23	24,2	25,9	26	26,5	27,2	26,5	26	27	27,3	29	29	27	26,5	26,3	26	26	25,5	25,2	24,2	23,5	23	22,7	22,5
T2 (Vaca)	23,5	23,5	24	25	26,5	27	28	27	26	27,1	28,1	28,8	29	27,3	26,6	26	26	26	25,5	25,5	25,2	25,2	24,5	24	23
T3 (Gallina)	24	24	24,2	25,5	26,9	27	27	26	25,4	26,5	27,3	28,5	28,5	28,2	28	27,5	27,2	27,1	27	26,7	26,2	26	26	25,5	25,5
T4 (Perro)	23,5	23,4	24,5	25	25,7	26,2	27,5	26,5	26,2	26,1	27,3	29	29	27	27,1	27	26,5	26,2	26	26	26	25,5	25,5	25,2	25,2

**Figura 3.** Grafico de temperaturas promedio de los tratamientos por día.



- a) La temperatura inicial más baja fue de 22 °C, la cual fue registrada para el tratamiento T1 (caballo). Para el resto de tratamientos las temperaturas al inicio del experimento rondaron entre los 23,5 °C y 24 °C.
- b) Los tratamientos presentan un aumento continuo en sus temperaturas hasta el día 7, luego se registra un descenso el cual tiene lugar durante los próximos 2 días (días 8 y 9), para luego continuar su ascenso ininterrumpido hasta el día 12.
- c) La temperatura máxima alcanzada fue de 29 °C la cual se registro los días 12 y 13 luego de haberse iniciado el experimento, pero solo 4 de los 5 tratamientos alcanzaron este pico a excepción del tratamiento 3 (pollo) que solo alcanzo los 28,5 °C.
- d) A partir del día 14 los 5 tratamientos presentan un descenso continuo en sus temperaturas.
- e) Al finalizar el experimento se observa que el tratamiento 1 de nuevo presenta la temperatura más baja (22,5 °C).
- f) T3 y T4 finalizan el experimento con temperaturas relativamente mayores a las registradas al inicio de este. Mientras que los demás tratamientos no registran una variación significativa en sus temperaturas iniciales y finales.



## 8.1.2. Análisis estadísticos (Temperatura)

### 8.1.2.1. Análisis de varianza (Temperatura)

**Tabla 11.** Análisis de varianza (Temperatura)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	12,3475	4	3,08688	1,21	0,3108
Entra grupos	306,529	120	2,55441		
Total (Corr.)	318,876	124			

- a) La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 1,20845, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 5 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

### 8.1.2.2. Prueba de múltiples rango temperatura

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

**Tabla 12.** Prueba múltiples de rango de temperatura (método de turkey)

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T1	25	25,532	X
T0	25	25,8	X
T2	25	25,932	X
T4	25	26,124	X
T3	25	26,468	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T0 - T1		0,268	1,25094
T0 - T2		-0,132	1,25094
T0 - T3		-0,668	1,25094
T0 - T4		-0,324	1,25094
T1 - T2		-0,4	1,25094
T1 - T3		-0,936	1,25094
T1 - T4		-0,592	1,25094
T2 - T3		-0,536	1,25094
T2 - T4		-0,192	1,25094
T3 - T4		0,344	1,25094

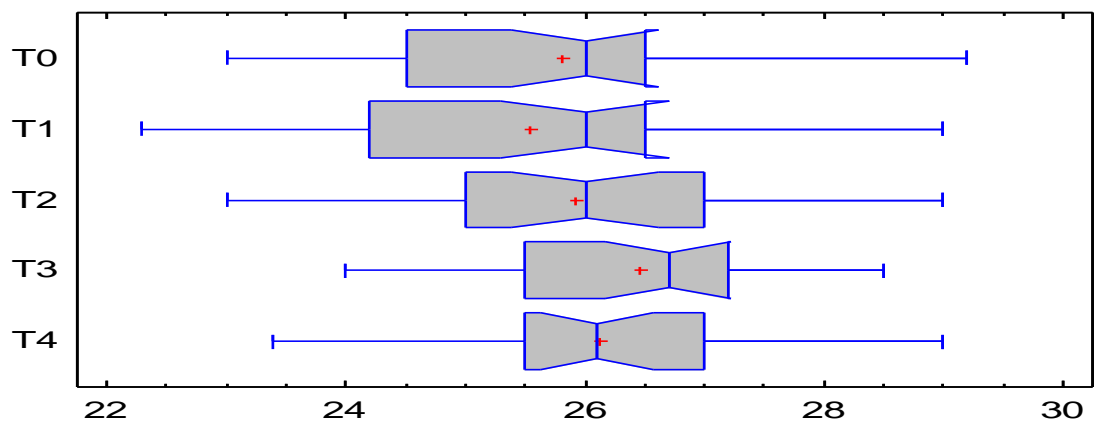
\* indica una diferencia significativa.

- a) Mediante el método de Tukey se realiza una comparación múltiple entre los 5 tratamientos, así como una comparación entre los diferentes elementos que componen cada tratamiento, en este caso las

temperaturas registradas durante los 25 días del experimento.

- b) Según los resultados obtenidos mediante este método se puede observar que no hay diferencias significativas entre la comparación efectuada a cada uno de los elementos que componen los 5 tratamientos.
  
- c) Igualmente no se registran diferencias significativas entre los diferentes tratamientos en cuanto a sus temperaturas se refiere, pero como podemos ver se presenta cierta variación anormal entre el tratamiento 3 y los demás, pero sin llegar a significar un sesgo en cuanto a la medición de temperaturas se refiere.

**Figura 4.** Grafico de cajas y bigotes (Temperatura)



- a) Como se puede apreciar en el grafico de cajas y bigotes, la comparación de las medianas entre tratamientos 0, 1, 2, 4 es casi homogéneo mientras que el tratamiento 3 presenta una variación no muy grande pero que diverge de la similitud entre los demás tratamientos. Temperatura medida en grados Celsius.

### 8.1.3. Discusión resultados temperatura

- a) Según las temperaturas registradas durante el experimento y los análisis estadísticos realizados a estos mediante el programa centurión se comprobó que la temperatura no varió de forma significativa entre los 5 tratamientos, y que esta variable no está sujeta a variaciones las cuales dependan del tipo de materia orgánica utilizada en cada uno de los tratamientos.

## 8.2. pH

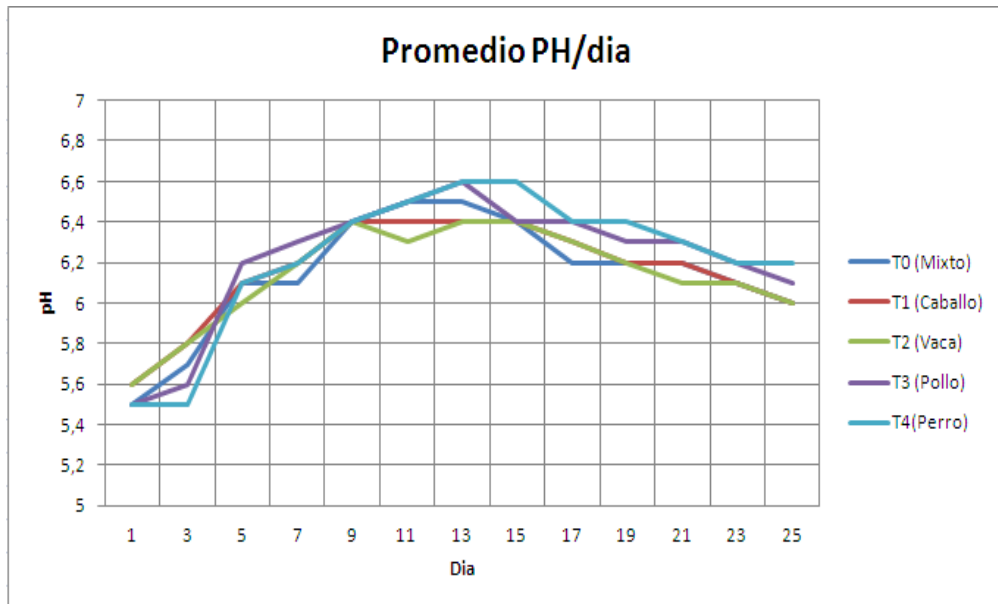
### 8.2.1. Variación del pH en los diferentes tratamientos.

Se realizó una medición del pH en cada una de las repeticiones de los 5 tratamientos, dicha medición se efectuó día de por medio iniciando en el día 1 del experimento. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

**Tabla 13.** Control de pH promedio para cada uno de los tratamientos por día.

Tratamiento	PH/Día													
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	
T0 (Mixto)	5,5	5,7	6,1	6,1	6,4	6,5	6,5	6,4	6,2	6,2	6,2	6,1	6	
T1 (Caballo)	5,6	5,8	6,1	6,2	6,4	6,4	6,4	6,4	6,3	6,2	6,2	6,1	6	
T2 (Vaca)	5,6	5,8	6	6,2	6,4	6,3	6,4	6,4	6,3	6,2	6,1	6,1	6	
T3 (Gallina)	5,5	5,6	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,4	6,4	6,3	6,3	6,2	6,1	
T4(Perro)	5,5	5,5	6,1	6,2	6,4	6,5	6,6	6,6	6,4	6,4	6,3	6,2	6,2	

**Figura 5.** Grafico de pH promedio de los tratamientos por día.



- a) Como se puede apreciar en la tabla 13, en el día 1 los pH registrados son ácidos, esto debido a la actividad microbiana que inicia con el proceso de descomposición de la materia orgánica y residuos haciendo que el medio se acidifique y la temperatura comience a elevarse, todo esto debido al proceso de hidrólisis.
  
- b) A partir del tercer día el pH comienza a estabilizarse gracias a la adición de cal empleada para la neutralización de este.

## 8.2.2. Análisis estadísticos (pH)

### 8.2.2.1 Análisis de varianza (pH)

**Tabla 14.** Análisis de varianza pH.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,110154	4	0,0275385	0,34	0,8493
Intra grupos	4,84769	60	0,0807949		
Total (Corr.)	4,95785	64			

- a) La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,340844, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 5 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

### 8.2.3. Prueba de múltiples rangos (pH)

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

**Tabla 15.** . Prueba de múltiples rangos entre repeticiones por tratamiento (pH)

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T2	13	6,13846	X
T0	13	6,14615	X
T1	13	6,16154	X
T3	13	6,22308	X
T4	13	6,23846	X

**Tabla 16.** Prueba de múltiples rangos entre tratamientos (pH)

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T0 - T1		-0,0153846	0,313566
T0 - T2		0,00769231	0,313566
T0 - T3		-0,0769231	0,313566
T0 - T4		-0,0923077	0,313566
T1 - T2		0,0230769	0,313566
T1 - T3		-0,0615385	0,313566
T1 - T4		-0,0769231	0,313566
T2 - T3		-0,0846154	0,313566
T2 - T4		-0,1	0,313566
T3 - T4		-0,0153846	0,313566

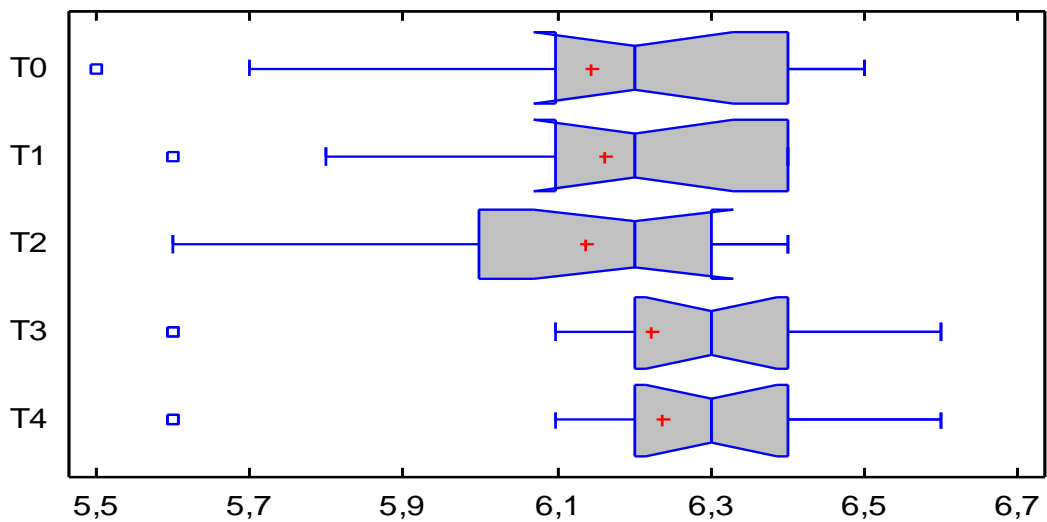
\* indica una diferencia significativa.

a) Como se puede observar en la Tabla 14. se compararon las diferentes repeticiones en cada uno de los 5 tratamientos, dicha comparación se realizó tomando como elemento de estudio la media de los PH obtenidos por día. Mediante el método de Tukey se compararon dichos valores, los resultados obtenidos los cuales están consignados en la Tabla 15. nos muestran que la variación entre los pH de cada una de las repeticiones de los tratamientos no variaron de forma significativa ya que cada uno presenta promedios muy cerca de los demás, es más se puede decir que el rango de diferencia oscila entre los 0,1 y los 0,09 lo cual comprueba que dichos rangos de diferencia son estadísticamente insignificantes.

b) Igualmente se realizó una comparación entre las medias obtenidas para cada uno de los diferentes tratamientos, para este caso simplemente se efectuó un cálculo de diferencias entre cada una de las medias de los pH, y como se puede ver en la Tabla 15. dichas diferencias están muy por debajo de los rangos o límites indicadores que el programa calculó, con lo cual podemos concluir que el pH no varió de forma significativa entre los diferentes tratamientos que componían el experimento.



**Figura 6.** Grafico de cajas y bigotes (pH).



a) Como podemos ver en la Figura 6. se confirma lo dicho anteriormente, y es la no variación significativa entre los pH de los 5 tratamientos del experimento ya que como se observa las cajas convergen verticalmente entre si lo cual me indica que sus medias están todas en un rango muy similar o representan grupos homogéneos entre ellas.

b) Por otro lado podemos ver que a diferencia de la Figura 6. donde se comparaban las temperaturas de los tratamientos, en este se pueden observar una serie de demarcaciones al lado izquierdo de la grafica, estos puntos indican la presencia de datos no comunes en los tratamientos 0,1,3 y 4 dichos datos pueden indicar una mala medición o un sesgo a la hora de realizar el registro, pero para este caso se ha comprobado que dichos datos son el origen de un proceso natural que tiene lugar en la realización de este tipo de abonos, a este proceso se le conoce comúnmente como hidrólisis,

y es el primer paso necesario para la degradación anaerobia de material orgánico complejo, este proceso genera una acidificación en el medio, por ello que el primer registro de pH en los tratamientos resultara como un dato no común en comparación a los demás ya que en esta instancia el experimento apenas había iniciado y aun faltaba un ingrediente por añadir el cual era la cal. Esta se añadió a los 3 días y tenía como función estabilizar el pH y evitar una acidificación exagerada del medio.

La duración del proceso de hidrólisis depende de muchos factores entre los que sobresalen la temperatura, el pH y el tipo de materia orgánica empleada, dichos factores si son los adecuados acortan el tiempo de la hidrólisis, ya que una hidrólisis que se lleve a cabo durante largo tiempo terminaría formando un medio anaerobio en nuestro abono y por ende no permitiría la correcta maduración de este si no que por el contrario lo terminaría afectando.

Según (Hills & Nakano, 1984) demostraron que la tasa de hidrólisis depende, también, del tamaño de las partículas, debido fundamentalmente a la disponibilidad de superficie para la adsorción de las enzimas hidrolíticas. Los pre tratamientos físico-químicos, cuyo principal efecto es la reducción del tamaño de las partículas, producen un aumento en la tasa de hidrólisis, y si esta fase es la limitante del proceso anaerobio, supone un beneficio para el proceso general, produciendo menores tiempos de retención y tamaños de reactor menores. Por esta razón se decidió macerar todos los ingredientes que hacían parte de nuestro abono bocashi.

c) Según los resultados obtenidos en cuanto al pH se puede concluir que las condiciones del abono fueron las más favorables para que este lograra su tiempo de maduración lo más rápido posible, ya que como se ve el pH nunca sobrepaso la barrera de los 6.6 lo cual indica que se mantuvo estable en los 5 tratamientos y que además gracias a la adición de cal y a la maceración realizada a los ingredientes del abono se logro reducir o controlar el proceso de hidrólisis dentro de nuestro abono bocashi.

### 8.3. Nitrógeno

#### 8.3.1. Variación de Nitrógeno en los diferentes tratamientos

Se realizo un análisis fisicoquímico en cada una de las repeticiones que componían los diferentes tratamientos del experimento, con el fin de identificar la riqueza en N (NITROGENO) en cada una de ellas obteniendo la siguiente tabla de resultados:

**Tabla 17.** % de nitrógeno promedio por tratamiento.

<b>% NITROGENO</b>					
<b>Tratamiento</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>Repeticion</b>					
<b>R1</b>	<b>0,92</b>	<b>0,95</b>	<b>0,9</b>	<b>1,03</b>	<b>0,8</b>
<b>R2</b>	<b>0,93</b>	<b>0,93</b>	<b>0,89</b>	<b>1,01</b>	<b>0,75</b>
<b>R3</b>	<b>0,91</b>	<b>0,97</b>	<b>0,91</b>	<b>1,05</b>	<b>0,85</b>
<b>R4</b>	<b>0,92</b>	<b>0,95</b>	<b>0,9</b>	<b>1,03</b>	<b>0,8</b>

a) Como se puede observar en la Tabla 16. el % de nitrógeno más alto lo obtuvo el tratamiento 3, que corresponde a la gallinaza.

b) El porcentaje más bajo de nitrógeno dentro de su composición lo registro el tratamiento 4, que corresponde al tratamiento con materia orgánica de perro.

### 8.3.2 Análisis estadísticos % Nitrógeno.

#### 8.3.2.1 Análisis de varianza % Nitrógeno

**Tabla 18.** Análisis de varianza % de nitrógeno

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,1112	4	0,0278	59,57	0,0000
Intra grupos	0,007	15	0,000466667		
Total (Corr.)	0,1182	19			

a) La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 59,5714, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 5 variables con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes

de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

### 8.3.2.2 Prueba de múltiples rangos (% Nitrógeno)

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tabla 19. Prueba de múltiples rangos entre repeticiones por tratamiento (% nitrógeno)

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T4	4	0,8	X
T2	4	0,9	X
T0	4	0,92	XX
T1	4	0,95	X
T3	4	1,03	X

Tabla 20. Prueba de múltiples rangos entre tratamientos (% Nitrógeno).

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T0 - T1		-0,03	0,0473364
T0 - T2		0,02	0,0473364
T0 - T3	*	-0,11	0,0473364
T0 - T4	*	0,12	0,0473364
T1 - T2	*	0,05	0,0473364
T1 - T3	*	-0,08	0,0473364

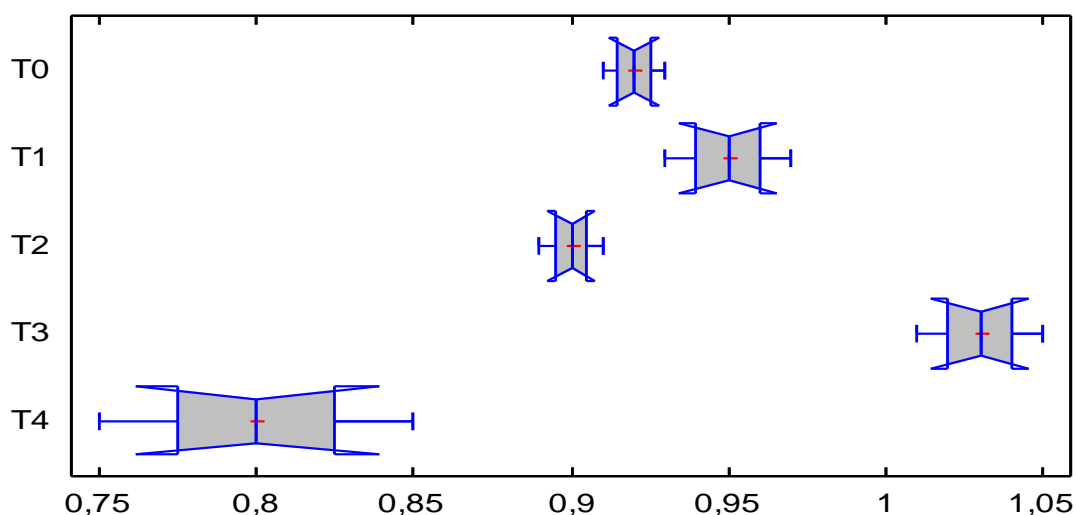
T1 - T4	*	0,15	0,0473364
T2 - T3	*	-0,13	0,0473364
T2 - T4	*	0,1	0,0473364
T3 - T4	*	0,23	0,0473364

\* indica una diferencia significativa.

**a)** Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 8 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 4 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

**b)** Igualmente podemos apreciar que las únicas parejas que no presentaron diferencias significativas en este ensayo fueron la comparación del tratamiento 0 con T1 y T2.

**Figura 7.** Grafico de cajas y bigotes (% Nitrógeno)



- a)** Según el grafico de cajas y bigotes las diferencias entre los tratamientos T4 y T3 son abismales , así mismo los T0,T1 y T2 presentan diferencias notables con T4 y T3 , pero entre estos tres las diferencias igual se mantienen pero no al grado que con los tratamientos 3 y 4.
- b)** En T4 se puede apreciar un alargamiento de la caja mucho más grande que las demás, debido a que el rango registrado en T4 en cuanto a %N en las diferentes repeticiones vario significativamente llegando inclusive a una diferencia de 0,1 %N lo cual para estos casos de medición de macro nutrientes es muy alto.
- c)** Ya concluyendo este análisis estadístico en cuanto al contenido de nitrógeno registrado en los diferentes tratamientos, se puede decir que el contenido de este elemento está estrechamente ligado a la materia orgánica empleada en cada uno de los diferentes abonos.

## 8.4 Fosforo

### 8.4.1 Variación de % fosforo en los diferentes tratamientos

Se realizo un análisis fisicoquímico en cada una de las repeticiones que componían los diferentes tratamientos del experimento, con el fin de identificar la riqueza en P (fosforo) en cada una de ellas obteniendo la siguiente tabla de resultados

**Tabla 21.** % de Fosforo promedio por tratamiento.

<b>% FOSFORO</b>					
<b>Tratamiento</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>Repeticion</b>					
<b>R1</b>	0,29	0,24	0,24	0,28	0,27
<b>R2</b>	0,28	0,25	0,24	0,28	0,27
<b>R3</b>	0,3	0,23	0,23	0,29	0,26
<b>R4</b>	0,29	0,24	0,25	0,27	0,28

- a) Según los resultados registrados en la Tabla 21. los tratamientos que más riqueza en fosforo presentaron son T0 y T3.
- b) T1 y T2 presentaron valores relativamente similares.
- c) T4 presento valores mayores en comparación a T1 y T2 pero no pudo superar la barrera de 0,28 lo cual lo deja por debajo de T0 y T3.



## 8.4.2 Análisis estadísticos (% Fosforo)

### 8.4.2.1 Análisis de varianza (% Fosforo)

**Tabla 22.** Análisis de varianza % Fosforo

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,00838	4	0,002095	35,91	0,0000
Intra grupos	0,000875	15	0,000058333		
Total (Corr.)	0,009255	19			

- a) La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 35,9143, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 5 variables con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

#### 8.4.2.2 Prueba de múltiples rangos (% Fosforo)

**Tabla 23.** Prueba de múltiples rangos entre repeticiones por tratamiento (Fosforo)

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T1	4	0,24	x
T2	4	0,24	x
T4	4	0,2675	x
T3	4	0,28	xx
T0	4	0,29	x

- a. Según los resultados obtenido mediante el método de Tukey en la comparación de múltiples rangos se obtuvo que los tratamientos 1 y 2 guardan cierta homogeneidad en cuanto a la comparación efectuada a los datos obtenidos, ya que los promedios de dichos grupos es similar 0,24 para ambos.
- b. Igualmente se puede observar que T4 y T3 presentan un grupo homogéneo entre ellos e igualmente lo presenta T3 con T0.
- c. Lo anterior nos indica que a pesar de que se registraron similitudes en las comparación entre repeticiones en cada uno de los tratamientos se siguen presentando diferencias significativas entre parejas de estos lo cual queda en evidencia en la Tabla 22. ya que a pesar de que los rangos de diferencia son mínimos estos sobrepasan los límites establecidos por el método Tukey el cual está analizando dichos resultados con un 95% de nivel de confianza.

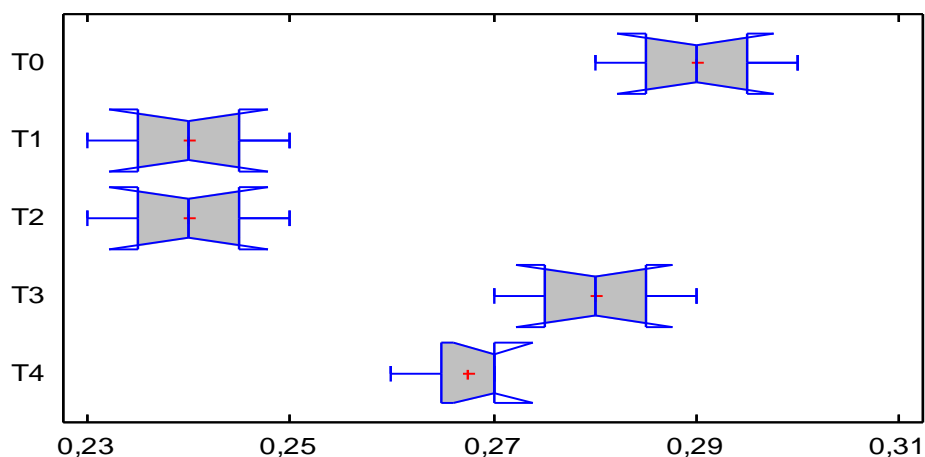
**Tabla 24.** Prueba de múltiples rangos entre tratamientos (% Fosforo).

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T0 - T1	*	0,05	0,0167359
T0 - T2	*	0,05	0,0167359
T0 - T3		0,01	0,0167359
T0 - T4	*	0,0225	0,0167359
T1 - T2		0,0	0,0167359
T1 - T3	*	-0,04	0,0167359
T1 - T4	*	-0,0275	0,0167359
T2 - T3	*	-0,04	0,0167359
T2 - T4	*	-0,0275	0,0167359
T3 - T4		0,0125	0,0167359

\* indica una diferencia significativa.

- a. Se obtuvo como resultado en la comparación de medias entre tratamientos que el 70% de las comparaciones presentaban diferencias significativas y que solo el 30% que equivalen a 3 parejas presentan cierta homogeneidad en sus valores lo cual nos indica la no presencia de diferencias notables en sus resultados de contenido de fosforo.
  
- b. Al igual que lo nombramos en la Tabla 23 fueron tres los casos en que los tratamientos no presentaron diferenciación significativa entre los que podemos nombrar las parejas T0 y T3, T1 y T2, T3 y T4, aun así las demás parejas de comparaciones sobrepasaron por rangos muy altos los límites de homogeneidad establecidos los cuales llegaron a ser sobrepasados hasta por valores de mas 0,04.

**Figura 8.** Grafico de cajas y bigotes (% Fosforo)



- Como se aprecia en la figura 8. las cajas de T1 y T2 están perfectamente alineadas lo que significa que estos 2 tratamientos no presentan diferencia significativas entre ellos , ya que sus porcentajes de contenido de P en promedio son similares aunque con diferencias cuando los comparamos entre repeticiones.
- La comparación entre T0 y T3 también indica que no hay diferencias entre este par de tratamientos en cuanto % de P ya que presentan un alto grado de similitud en los datos obtenidos.

## 8.5 Potasio

### 8.5.1 Variación de % fosforo en los diferentes tratamientos

Se realizo un análisis fisicoquímico en cada una de las repeticiones que componían los diferentes tratamientos del experimento, con el fin de identificar la riqueza en K (Potasio) en cada una de ellas obteniendo la siguiente tabla de resultados

**Tabla 25.** % de Potasio promedio por tratamiento.

<b>% POTASIO</b>					
<b>Tratamiento</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>Repeticion</b>					
<b>R1</b>	<b>0,51</b>	<b>0,48</b>	<b>0,42</b>	<b>0,68</b>	<b>0,41</b>
<b>R2</b>	<b>0,53</b>	<b>0,47</b>	<b>0,42</b>	<b>0,67</b>	<b>0,42</b>
<b>R3</b>	<b>0,52</b>	<b>0,48</b>	<b>0,43</b>	<b>0,66</b>	<b>0,41</b>
<b>R4</b>	<b>0,52</b>	<b>0,48</b>	<b>0,41</b>	<b>0,68</b>	<b>0,4</b>

- a) Como se puede apreciar en la tabla 21 el mayor % de K lo registró el tratamiento 3 (gallina) el cual presenta una diferencia significativa respecto los demás tratamientos.
- b) Igualmente podemos concluir que el tratamiento con los peores % de K en su contenido es T0.
- c) T2 y T4 presentaron comportamientos relativamente similares.

## 8.5.2 Análisis estadístico (% Potasio)

### 8.5.2.1 Análisis de varianza (% Potasio)

**Tabla 26.** Análisis de varianza (% Potasio)

**Tabla ANOVA**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,18022	4	0,045055	628,67	0,0000
Intra grupos	0,001075	15	0,0000716667		
Total (Corr.)	0,181295	19			

- a) La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 628,674, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe

una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 5 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

**d) Prueba de múltiples rangos % Potasio**

**Tabla 27.** Prueba de múltiples rangos entre repeticiones por tratamiento % potasio

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T4	4	0,41	x
T2	4	0,42	x
T1	4	0,48	x
T0	4	0,52	x
T3	4	0,6725	x

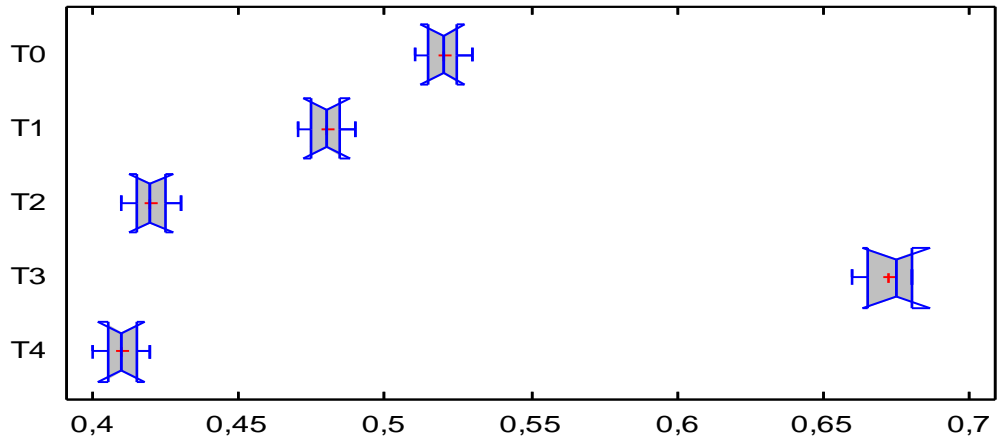
- a) Los resultados obtenidos mediante la prueba de múltiples rangos nos dice que en cada uno de los grupos de repeticiones que conformaban cada tratamiento no hay variaciones o diferencias significativas, ya que cada tratamiento solo contiene un único grupo dentro de la comparación echa entre sus repeticiones.
- b) Se identifico una similitud entre los resultados obtenidos para los tratamientos 4 y 2 que hacen referencia específicamente a los abonos tratados con materia orgánica de perro y vaca respectivamente. Lo cual nos indica que no hay diferencia significativa entre los contenidos de % K obtenidos para estos 2 tratamientos y que las repeticiones de cada uno de ellos se puede clasificar dentro de un mismo grupo de resultados.
- c) La Tabla 25. nos muestra que los grupos de datos para los tratamientos 0,1 y 3 son diferentes ya que los resultados obtenidos en cada una de sus respectivas repeticiones varía en comparación a estos.

**Tabla 28.** Prueba múltiple de rangos entre tratamientos % potasio

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T0 - T1	*	0,04	0,0185503
T0 - T2	*	0,1	0,0185503
T0 - T3	*	-0,1525	0,0185503
T0 - T4	*	0,11	0,0185503
T1 - T2	*	0,06	0,0185503
T1 - T3	*	-0,1925	0,0185503
T1 - T4	*	0,07	0,0185503
T2 - T3	*	-0,2525	0,0185503
T2 - T4		0,01	0,0185503
T3 - T4	*	0,2625	0,0185503

- a) Los datos obtenidos mediante la prueba de múltiples rangos, esta vez tomando como variable de comparación la media de cada uno de los % K para cada uno de los tratamientos, se obtuvo que existen diferencias significativas en un 90% para las diferentes parejas de comparaciones hechas, solo una pareja no presente diferencias significativas, la cual corresponde a la comparación hechas a los tratamientos 2 y 4, lo cual confirma los resultados obtenidos en la Tabla 26.
- b) Como se puede ver en la tabla 27. el rango establecido por el método Tukey corresponde aproximadamente a 0,018 el cual fue sobrepasado por 9 de las 10 comparaciones por valores entre los 0,03(mínimo) y los 0,025(máximo).

**Figura 9.** Grafico de cajas y bigotes (% Potasio)



- a) Como se puede apreciar en la figura 9. las diferencias entre el tratamiento que más % K obtuvo y el que menos tiene ronda el 0,2%.
- b) Igualmente se nota la dispersión existente entre los diferentes tratamientos a excepción del T2 y T4, que están hasta cierto punto alineados en el mismo eje de datos lo cual demuestra la similitud entre sus grupos de datos.
- c) El tratamiento más cercano a T3 (máximo contenido de K) es el T0 que está por debajo de este en aproximadamente en 0,1 de %K.
- d) Los datos obtenidos mediante el análisis de varianza y las pruebas de múltiple rango para cada uno de los tratamientos nos indican que el porcentaje de potasio en cada uno de los diferentes abonos está estrechamente ligado al tipo de materia orgánica empleada para su elaboración, por ellos la presencia e diferencias significativas a la hora de comparar dichos abonos.



## 8.6. Comparación de resultados

Según (Restrepo, 1996), estableció valores promedios para los macro nutrientes contenidos en los diferentes estiércoles según el animal de origen, dichos valores se pueden apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla 29.** Nutrientes en estiércol de varias especies animales.

<b>Especie</b>	<b>Nitrógeno %</b>	<b>Fosforo %</b>	<b>Potasio %</b>
Vaca	1,67	1,08	0,56
Caballo	2,31	1,15	1,30
Oveja	3,81	1,63	1,25
Llama	3,93	1,32	1,34
Vicuña	3,62	2,00	1,31
Alpaca	3,60	1,12	1,29
Cerdo	3,73	4,52	2,89
Gallina	6,11	5,21	3,20
Conejo	2,40	1,40	0,60

Fuentes: (Restrepo, 1998)

Ahora para hacer un contraste más claro entre los resultados de la Tabla 28. Los resultados obtenidos en esta investigación presentamos los mismos en la siguiente tabla:

**Tabla 30.** Promedio de nutrientes obtenidos por especie.

<b>Especie</b>	<b>Nitrógeno %</b>	<b>Fosforo %</b>	<b>Potasio %</b>
Vaca	0,9	0,24	0,42
Caballo	0,95	0,24	0,48
Gallina	1,03	0,28	0,67
Perro	0,8	0,27	0,41

Según (Restrepo, 1998) la comparación entre las tablas 24. Y 25. Los valores obtenidos durante el experimento están muy por debajo de los establecidos en la investigación de Restrepo, esto pudo deberse a la dieta que llevaban los animales de donde se tomaron las muestras de materia orgánica para los abonos, ya que ninguno de los animales llevaba una dieta controlada al ser animales de campo y no animales de producción, por otro lado se encontró que factores como el animal mismo y el consumo de agua afectan igualmente los valores anteriormente presentados.

Otro aspecto muy importante es el verificar que el animal se encuentre en optimas condiciones y esté libre de enfermedades, lo cual para el motivo de la investigación no se realizo ya que la materia orgánica recogida era de animales de campo seleccionados por conveniencia.

Aun así los resultados obtenidos en la investigación cumplen con los parámetros establecidos en cuanto al contenido nutrimental de abonos se refiere.

**Tabla 31.** Rango de valores de macronutrientes

<b>N</b>	0.93 - 1.2%
<b>P</b>	0.44 - 0.7%
<b>K</b>	0.47 – 0.51%

### **8.7. % de rendimiento**

Al iniciar el proceso de compostaje y maduración de los abonos estos inician con cierta cantidad de materia, pero a medida que el proceso de descomposición de la materia avanza dicha cantidad va disminuyendo lo cual se nota en su peso y volumen, los resultados en cuanto al

rendimiento de nuestro abono en cuanto a materia se puede apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla 32.** % de rendimiento de materia orgánica.

<b>Tratamiento</b>	<b>Peso inicial</b>	<b>Peso final</b>	<b>% Rendimiento</b>
<b>1</b>	<b>4 Kg</b>	<b>1,785</b>	<b>44,6%</b>
<b>2</b>	<b>4 kg</b>	<b>1,820</b>	<b>45,5%</b>
<b>3</b>	<b>4 kg</b>	<b>1,410</b>	<b>35,2%</b>
<b>4</b>	<b>4 kg</b>	<b>1,750</b>	<b>43,7%</b>
<b>0</b>	<b>4 kg</b>	<b>1,350</b>	<b>33,7%</b>

- El promedio de rendimiento para el experimento fue de 40%
- Los % de rendimiento mas bajo fueron para T0 y T3 respectivamente.
- El mayor % de rendimiento lo obtuvo T2.
- Lo normal en estos casos es que los abonos tengan un % de rendimiento entre los 60% y 70%, pero como podemos ver para nuestro caso estuvo muy por debajo, esto debido a que la totalidad de los ingredientes empleados para la elaboración de los abonos fue macerada hasta quedar en partículas muy diminutas, lo cual aumento la superficie de contacto lo cual facilitaba el proceso de descomposición por parte de los microorganismos, a esto sumarle la adición de lacto suero el cual es rico en microorganismos.

## 9. CONCLUSIONES

- La temperatura y el pH no son variables dependientes del tipo de materia orgánica utilizada para la preparación de abonos bocashi, ya que su variación fue mínima en cada uno de los tratamientos evaluados.
- El contenido de macro nutrientes en un abono depende del tipo de materia orgánica utilizada para la fabricación de estos, ya que de las 30 pruebas de múltiples rangos realizadas entre los 5 tipos de tratamientos se registro que 24 presentaron diferencias significativas las cuales corresponden al 80% de las comparaciones efectuadas .
- El lacto suero es una buena opción para enriquecer los valores nutrimentales de los abonos, ya que como se comprobó experimentalmente este no afecto en nada el pH de los abonos, el cual era una de las hipótesis que se creían.
- Los tres primeros días de la preparación de abono bocashi son los mas críticos ya que en este periodo de tiempo el medio tiende a acidificarse, por ello es de vital importancia el controlar el pH con cal.
- La aceleración del proceso de fermentación por la adición de levadura en las distintas concentraciones para cada tratamiento no fue muy significativa, debido a que toda la materia orgánica pudo haber presentado una carga microbiana alta desde un comienzo.
- El mejor abono en la prueba experimental fue el T3 (gallinaza) ya que este cumple con la mayoría de los requerimientos en cuanto a macro nutrientes establecidos para este tipo de abonos.
- El tratamiento 0 el cual corresponde a el abono mixto también presento valores notables en cuanto a macro nutrientes.
- El tratamiento 0 a pesar de no haberle adicionado levadura, alcanzo su grado de madures a los 25 días al igual que los demás tratamientos.

## 10. RECOMENDACIONES

- Realizar los análisis de los micronutrientes (Mg, Fe, Ca, etc.) para cada uno de los tratamientos que componen el experimento para tener una imagen más clara del comportamiento de los abonos.
- Realizar una caracterización de la tierra empleada para la realización de los abonos, esto dependiendo de la formulación empleada.
- Realizar una caracterización (pH, contenido de Calcio, etc.) del lacto suero empleado para humedecer y enriquecer los abono durante su proceso de maduración, para tener una idea más clara de su aporte nutrimental a los abonos.
- Identificar las dietas de cada uno de los animales de los cuales se recupero su materia orgánica para la elaboración de los abonos, esto con el fin de reconocer la importancia de dicha dieta en los valores finales de los análisis fisicoquímicos de los abonos.
- Realizar una prueba en campo a una planta seleccionada y aplicar los abonos obtenidos y evaluar el desarrollo de esta.

## 11. BIBLIOGRAFIA

- Aider, M., Halleux, D., & Melnikiva, I. (2009). *Skim acidic milk whey cryconcentration and assessment of functional properties: impact of processing conditions.*
- Almecija, M. (2007). *Obtención de lactoferrina bovina mediante ultrafiltración de lactosuero. tesis de Doctorado en tecnología y calidad de los alimentos.* España.
- Fernandes, M. (2009). *production and characterization of xanthan gum by xanthomonas campestris using cheese whey as sole carbon source.*
- Hills, D. J., & Nakano, K. (1984). *Effects of particle size on anaerobic digestion of tomato solid waste.*
- INFOAM. (1998). " *Organic agriculture worldwide: status and future prospects*".
- Koutinas, A., Papapostolou, H., Dimitrellou, D., Kopsahelis, N., Katechaki, E., & A, B. (2009). *Whey valorisation: A complete and novel technology development for dairy industry starter culture production. Bioresource technology.*
- Londoño, m., Sepulveda, J., Hernandez, A., & Parra, J. (2008). *Bebida fermentada de suero de queso fresco inoculada con lactobacillus casei. Revista facultad Agronomica de Medellín.*
- Luna de Vega, A. (2009). *evaluación de diferentes compostas tipo bokashi elaboradas con estiércol de bovino, cerdo, ovino y conejo.*
- Masaki, S., Humberto, L., & Pafilo, T. (2000). *Bokashi (abono orgánico fermentado).* Costa Rica.
- Melendez, G. (2003). *Residuos orgánicos y materia orgánica del suelo. Centro de investigaciones agronómicas.* Costa Rica.

- Moller, H., Sommer, S., & Andersen, B. (2000). *Nitrogen mass balance in deep litter during the pig fattening cycle and during composting.*
- Okumoto, S. a. (2002). *Experiencia de la univervdiad EARTH en el uso de tecnologia de EM (microorganismos eficaces en el sistema agropecuario sostenible. I congreso nacional de agricultura conservacionista.*
- Panesar, P., Kennedy, J., Gandhi, D., & Bunko, K. (2007). *Bioutilisation of whey for lactic acid production. Food chemistry.*
- Parra, R. (2009). *Lactosuero: importancia en la industria de alimentos.* Medellin; Colombia.
- Paul, E., & F, C. (1996). *Soil microbiology an biochemistry.*
- Picado, J., & Añasco, A. (2005). Agricultura organica. En *Preparacion y uso de abono organico solidos y liquidos.* San Jose, Costa Rica.
- Raviv, M., Medina, S., Krasnovosky, A., & Zianda, H. (2002). *conserving nitrogen during composting.*
- Restrepo, J. (1996). *Abonos organicos fermentados: experiencia de agricultores en Centro America y Brasil.* San Jose, Costa Rica.
- Restrepo, J. (1998). *el suelo, la vida y los abonos organicos. coleccion de agricultura organica para principiantes.* Managua, Nicaragua.
- Restrepo, J. (2001). *Elaboracion de abonos organicos fermentados y biofertilizantes.* San Jose, Costa Rica.
- Revillion, J., Brandelli, A., & Ayub, M. (2003). *production of yeast extract from using kluyveromyces marxianus. International journal brazilian archives of biology and technology.*
- Rodriguez, M. y. (1994). *Horticultura organica: una guia basada en la experiencia en launa Alfaro Ruiz.* San Jose, Costa Rica.
- SAGARPA. (s.f.). Secretaria de agricultura, ganaderia desarrollo rural, pesca y alimentacion. En *Abonos organicos.*

- Sasaki, M., Kasai, M., Yakamoto, H., & Matsumoto, H. (1995). *involvement of plasma membrane potential in the tolerance mechanism of plants roots to aluminium toxicity.*
- Socorro, A., & Parentes, E. (2001). *Manejo agroecológico de suelos y nutrición vegetal.*
- Soto, G. (2005). ¿Que es y como funciona el bocashi? En *Abonos orgánicos para la producción sostenible de tomate.* Turrialba, Costa Rica.
- Soto, G. (2005). *Abonos orgánicos: el proceso de compostaje.* Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza.
- tiqia, S., & Judy, H. (2002). *Microbial population dynamics and enzyme activities during composting.* *compost science & utilization.*
- Tisdale, S. (1993). *Soil fertility and fertilizers.* Columbus, Ohio: 5ta ed. McMillan.



## 12. ANEXOS

Foto 2. Estiércol de caballo



Foto 3. Estiércol de gallina (izquierda) y estiércol de vaca (derecha)



Foto 4. Estiércol de perro



**Foto 5. Tierra fértil**



**Foto 6. Desechos Orgánicos**



**Foto 7. Material vegetal seco (cascarilla de arroz)**



**Foto 8. Bascula**



**Foto 9. Levadura**



**Foto 10. Solución (Lactosuero, melaza y agua)**



Foto 11. Cal

