

**APROVECHAMIENTO LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CADENA PRODUCTIVA  
DEL CUY MEDIANTE COMPOSTAJE, PARA SU USO COMO BIOABONO EN  
CULTIVOS DE FORRAJE (ALFALFA (*MEDICAGO SATIVA*)) EN LA ZONA ALTO  
ANDINA DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**Presentado por:**

**ANA CAROLINA TARAPUES QUIROZ**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE  
SAN JUAN DE PASTO**

**2016**

**APROVECHAMIENTO LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CADENA PRODUCTIVA  
DEL CUY MEDIANTE COMPOSTAJE, PARA SU USO COMO BIOABONO EN  
CULTIVOS DE FORRAJE (ALFALFA (*MEDICAGO SATIVA*)) EN LA ZONA ALTO  
ANDINA DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**Presentado por:**

**ANA CAROLINA TARAPUES QUIROZ**

**Director de proyecto**

**Carlos Arturo Granada Torres Ph.D (c)**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS  
MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE  
SAN JUAN DE PASTO**

**2016**

## RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el efecto del compostaje obtenido a partir de residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus) sobre la productividad del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*). Se realizó un diseño experimental factorial de efectos fijos a dos niveles; se ensayaron factores como: tipo y cantidad de compostaje; el diseño experimental y el análisis de resultados se llevó a cabo mediante un análisis de varianza y prueba de comparación mediante el método de Tukey a un 5% de nivel de significancia. Los tratamientos fueron: T1: compost 100% R.S de crianza de cuyes; T2: compost 80% R.S de crianza de cuyes y 20% R.S. sacrificio de cuyes; T3: compost 50% R.S de crianza de cuyes y 50% R.S. sacrificio de cuyes; T4: compost 60% R.S de crianza de cuyes y 40% R.S. sacrificio de cuyes y CT: Testigo. Se aplicó dos cantidades de compostaje al cultivo de alfalfa, para lo cual se dividió la unidad experimental en dos partes iguales, a una de las partes se le aplicó de 25 Kg/Ha de Fósforo y a la otra parte 50 Kg/Ha de fosforo, tomando como referencia las cantidades de macro y micro nutrientes de T1. Los resultados mostraron que el tipo de compostaje (T1, T2, T3, T4, CT) fueron diferentes estadísticamente en la producción del cultivo de alfalfa (P-valor= 0,0154), presentando diferencia entre T2-CT y T3-CT, El factor cantidad de compost presentó una diferencia significativa (P-valor=0,0151), siendo más productivo tratamiento 50Kg/Ha de Fosforo.

**Palabras Clave:** compostaje, producción de cuy, biosistema integrado, reciclaje de residuos sólidos, estiércol de cuy, vísceras de cuy.

## ABSTRACT

In this research, the effect of compost obtained by degradation of guinea pig (*Cavia porcellus* Linnaeus) manure and guts on alfalfa (*Medicago sativa*) crop production was evaluated. A factorial experimental design of fixed effects was conducted at two levels; tested factors as: type and amount of composting; experimental design and analysis of results was performed by analysis of variance and comparison test with Tukey's method at a 5% significance level. The treatments were: T1: 100% guinea pig manure; T2: 80% guinea pig manure and 20% guinea pig guts; T3: 50% guinea pig manure and 50% guinea pig guts; T4: 60% compost R.S guinea pig manure and 40% guinea pig guts and CT Witness. Two quantities of compost was applied to alfalfa crop. The alfalfa crop was divided into two parts. In the first part was applied to 25 kg / ha of phosphorus and in the second part 50 kg / ha of phosphorus was applied. The results showed that the type of compost (T1, T2, T3, T4, CT) were statistically different in the production of alfalfa (P-value = 0.0154), it showed difference between T2-CT and T3-CT. The amount of manure factor was a significant difference (P-value = 0.0167), treatment 50 Kg / ha of phosphorus was more productive.

**Keywords:** composting, production cuy, integrated biosystem, recycling of solid waste, manure cuy, guinea pig viscera.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	3
ABSTRACT .....	4
INTRODUCCIÓN .....	12
CAPITULO I.....	14
1. JUSTIFICACIÓN.....	14
CAPITULO II .....	18
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
CAPITULO III .....	20
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	20
CAPITULO IV .....	21
4. OBJETIVOS.....	21
4.1. Objetivo general .....	21
4.2 Objetivos específicos.....	21
CAPITULO V .....	22
5. MARCO TEÓRICO .....	22
5.1 Crianza del cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus).....	22
5.1.1 Generalidad del Cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus) .....	22
5.1.2 Alimentación del cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus).....	23
5.2 Los residuos sólidos y su clasificación .....	24
5.2.1 Residuo sólido .....	24
5.2.2 Clasificación de los residuos sólidos.....	25
5.3 Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos .....	26
5.3.1 Lombricultura.....	26
5.3.2 Bocashi .....	27

5.3.3 Compostaje.....	27
5.3.3.1 Factores que afectan el proceso de compostaje.....	29
5.4 Aprovechamiento de los residuos sólidos de producción de cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus) .....	31
5.5 Pastos y forrajes para la producción de cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus) .....	35
5.6 Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ).....	35
5.6.1 Características generales de la Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ).....	35
5.6.2 Características Taxonómicas de la alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ).....	36
5.6.3 Morfología general de alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ).....	36
5.7 Efectos de los abonos orgánicos en el suelo .....	37
CAPITULO VI.....	41
6. MATERIALES Y METODOS .....	41
6.1 Tipo de investigación .....	41
6.2 Población y muestra .....	41
6.3 Unidad experimental .....	43
6.4 Técnicas de recolección de información .....	43
6.4.1 Recolección de residuos sólidos.....	43
6.4.2 Evaluación de las características fisicoquímicas de los residuos sólidos.....	44
6.4.3 Compostaje.....	45
6.4.4 Evaluación de la productividad del cultivo de alfalfa .....	46
6.4.5 Evaluación de las características fisicoquímicas del compostaje.....	49
6.4.6 Evaluación de las características del suelo antes y después de la aplicación del compostaje.....	50
CAPITULO VII.....	51
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
7.1 Recolección de residuos sólidos.....	51

7.2 Evaluación de las características fisicoquímicas de los residuos sólidos.....	51
7.3 Compostaje.....	53
7.3.1 Tratamiento 1: 100% residuos de granja.....	53
7.3.2 Tratamiento 2: 80% residuos de granja y 20% residuos sacrificio .....	54
7.3.3 Tratamiento 3: 50% residuos de granja y 50% residuos de sacrificio.....	55
7.3.4 Tratamiento 4: 60% residuos de granja y 40% residuos de sacrificio.....	56
7.3.5 Parámetros que afectan el proceso de compostaje .....	57
7.3.5.1 Humedad .....	57
7.3.5.2 Aireación .....	58
7.3.5.3 pH .....	59
7.3.5.4 Temperatura.....	61
7.3.6 Calidad microbiológica .....	73
7.4 Evaluación de la productividad del cultivo de alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ).....	76
7.4.1 Test de Tukey a 95% de significancia – cantidad de fósforo.....	78
7.4.2 Test de Tukey a 95% de significancia – compostaje (T1, T2, T3, T4, CT).....	80
7.5 Evaluación de las características fisicoquímicas del compostaje.....	84
7.6 Evaluación de las características del suelo antes y después de la aplicación del compostaje .....	86
8. CONCLUSIONES .....	91
9. RECOMENDACIONES .....	93
BIBLIOGRAFÍA.....	94

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Compostaje de residuos sólidos de la cadena productiva del cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus)	46
Tabla 2. Diseño experimental factorial a dos niveles	46
Tabla 3. Cantidad de residuos sólidos empleados en la elaboración de compostaje	51
Tabla 4. Características fisicoquímicas de los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus)	52
Tabla 5. Tratamiento 1	53
Tabla 6. Tratamiento 2	54
Tabla 7. Tratamiento 3	55
Tabla 8. Tratamiento 4	56
Tabla 9. Frecuencia de adición de agua a la pila de compostaje	57
Tabla 10. Aireación en el proceso de compostaje de residuos sólidos de la cadena productiva del cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus)	59
Tabla 11. pH medido en medio acuoso de compostaje de los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus)	60
Tabla 12. Temperatura tratamiento 1 (100% residuos sólidos de la cadena productiva del cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus))	63
Tabla 13. Temperatura tratamiento 2 (80% residuos sólidos de la crianza y 20% residuos sólidos del sacrificio de cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus))	65
Tabla 14. Temperatura tratamiento 3 (50% residuos sólidos de la crianza y 50% residuos sólidos del sacrificio de cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus))	68
Tabla 15. Temperatura tratamiento 4 (60% residuos sólidos de la crianza y 40% residuos sólidos del sacrificio de cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus))	71
Tabla 16. Calidad microbiológica del compostaje obtenido a partir de residuos sólidos de la cadena productiva del cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus)	74



Tabla 17. Rendimiento de cultivo de alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ) tratado con compostaje obtenido de la cadena productiva del cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus).....	76
Tabla 18. Análisis de Varianza para RENDIMIENTO - Suma de Cuadrados Tipo III.....	77
Tabla 19. ANOVA para RENDIMIENTO por CANTIDA DE FÓSFORO .....	78
Tabla 20. Resumen estadístico para Rendimiento según la cantidad de fósforo aplicado .....	78
Tabla 21. Diferencia de media de las muestras para cantidad de fósforo aplicado.....	79
Tabla 22. ANOVA para RENDIMIENTO por Tratamiento.....	81
Tabla 23. Resumen estadístico para Rendimiento según el Tratamiento.....	81
Tabla 24. Diferencia de media de las muestras para tratamiento aplicado. ....	82
Tabla 25. Características del compostaje obtenido a partir de los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus).....	84
Tabla 26. Características fisicoquímicas del suelo antes y después de aplicado compostaje - tratamiento 25Kg /Ha de fósforo.....	87
Tabla 27. Características fisicoquímicas del suelo antes y después de aplicado compostaje - tratamiento 50Kg /Ha de fósforo.....	88

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Municipio de Buesaco, Nariño .....	42
Figura 2. Corregimiento de Villamoreno, Buesaco, Nariño.....	42
Figura 3. Unidad experimental.....	43
Figura 4. Recolección de residuos sólidos. ....	44
Figura 5. Pila de compostaje .....	45
Figura 6. Distribución cultivo de alfalfa para aplicación de compostaje .....	47
Figura 7. Chimenea de aireación en la pila de compostaje. ....	59
Figura 8. Medición de la temperatura a la pila de compostaje.....	62
Figura 9. Cultivo de alfalfa antes y después de aplicar el compost obtenido de residuos sólido de la cadena productiva del cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus).....	83

## LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1. Rendimiento del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) según la cantidad de fósforo. ...80

Grafica 2. Rendimiento del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) según el tratamiento.....83

## INTRODUCCIÓN

Actualmente junto con el crecimiento demográfico y económico, la generación de residuos sólidos ha presentado un aumento considerable, superando la capacidad del medio ambiente de asimilación, situación que ha ocasionado impactos ambientales negativos sobre los ecosistemas expuestos a este tipo de contaminación, por lo tanto se ha implementado diferentes técnicas para la disposición final de este tipo de residuos entre las cuales encontramos la disposición final en rellenos sanitarios, los cuales presentan una vida útil limitada y al finalizar esta es necesario instalar el tratamiento en otro lugar, afectado de manera directa o indirecta las condiciones de vida de la población aledaña.

Gran porción de los residuos corresponden a residuos orgánicos que ascienden al 66% en los países en vía de desarrollo (Ramirez & Sarria, 2009), y son aptos para aprovechamiento si se establece condiciones adecuadas de descomposición y de esta forma se obtienen productos con valor agregado como: abonos, biogás, energía y concentrados para alimentación animal; generando un beneficio para el medio ambiente y para las poblaciones y su calidad de vida mediante la generación de empleo. Una alternativa de solución para aprovechar todos los residuos orgánicos, es producir abonos orgánicos mediante el composteo y lombricomposteo.

La excesiva producción de residuos sólidos no solo está en las grandes ciudades sino también en las zonas rurales donde se ha intensificado la ganadería y producción pecuaria a gran escala; donde la generación de residuos es proporcional al número de animales, una de estas actividades es la cuyicultura o crianza de cuyes, la cunicultura y la ganadería. La cuyicultura o crianza de cuyes es una actividad tradicional en Perú, Ecuador y el sur de Colombia, siendo el cuy el plato típico de la cultura nariñense, motivo por el cual la crianza de cuy paso de ser una actividad familiar a ser una actividad económica, por esto desde el año 2010 se considera una cadena productiva naciente y con gran potencial en la región.

Teniendo en cuenta la importancia de esta cadena productiva y que es una actividad que genera gran cantidad de residuos sólidos orgánicos tanto en la crianza como el proceso de beneficio, se decidió hacer un aporte tecnológico mediante el uso de compostaje como alternativa para

aprovechar este tipo de residuo orgánico y así integrarlo al proceso productivo, además que sea una alternativa amigable con el medio ambiente y que fortalezca la cadena productiva en el departamento de Nariño.

## **CAPITULO I**

### **1. JUSTIFICACIÓN**

Vivimos en un siglo marcado por el hiperconsumismo, excesivo urbanismo y hacinamiento, en el cual la tasa de generación de residuos prevista a nivel mundial será de un 44% superior entre el 2005 y 2025. Por tal motivo la problemática de los residuos sólidos resultan un problema complejo en el cual se integran conceptos ambientales, económicos, institucionales y sociales (Rollandi, 2012, p.2).

En las áreas urbanas de Colombia se genera diariamente 25,079 millones de toneladas de residuos sólidos, de las cuales el 92,8% tiene una disposición final adecuada en rellenos sanitarios o plantas integrales de tratamiento. El 7,16% restante, es dispuesto en: botaderos a cielo abierto y en cuerpos de agua, mediante quemas o enterradas en condiciones inadecuada (Marín, 2012), adicionalmente a este porcentaje restante, se suman residuos sólidos provenientes de zonas rurales, donde predominan las actividades económicas agropecuarias y no cuentan con servicio de recolección de basuras; por lo cual, la disposición final en rellenos sanitarios no es una alternativa y finalmente se termina realizando prácticas incorrectas, ocasionando daños en el medio ambiente.

Los residuos agropecuarios hace algunos años no causaban daño o contaminación alguna, debido que la actividad integraba la producción agrícola y ganadera, pero a lo largo de los años, el panorama cambia, debido que la actividad agropecuaria pasa a ser una explotación intensiva, que busca maximizar la producción y con menor cantidad de recursos; estas actividades, en especial la producción pecuaria genera grandes volúmenes de residuos sólidos, debido que en esta actividad la producción de estos es directamente proporcional a la cantidad de animales involucrados en la explotación.

El potencial contaminante de los residuos ganaderos viene determinado por los parámetros: materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y metales pesados, adicional a esto, los residuos sólidos de la actividad ganadera son portadores de poblaciones microbianas que inciden negativamente en la

salud pública tanto como en la animal, además generan cambios en el equilibrio del medio, afectan el suelo, agua y la atmosfera (Rodríguez, 2002, p. 2-5).

En el departamento de Nariño, la actividad agropecuaria es la base económica, aportando la tercera parte del producto departamental (Viloria, 2007), en este contexto es preciso mencionar que en el sector pecuario el departamento de Nariño ocupa el primer lugar en cuyicultura y cunicultura, representando el 38,8% de la producción pecuaria del departamento (Ministerio de Trabajo, 2011).

Teniendo en cuenta que la cuyicultura es una actividad económica de gran importancia en el departamento, la gobernación de Nariño, mediante Ordenanza 002 aprobada por la Asamblea Departamental reconoce el Acuerdo de Competitividad de la Cadena Productiva del Cuy como Política Pública del Departamento de Nariño, la Ordenanza fue aprobada el 11 de noviembre de 2010 y permite consolidar la Cadena Productiva del Cuy, objetivo de productores, comercializadores y demás sectores pertenecientes al Consejo Sectorial de la Cadena CADECUY (Gobernación de Nariño, 2010).

El cuy o chanchito de guinea es un animal originario de zonas alto-andinas como Ecuador o Perú; desde ya hace más de 2500 años, ha sido domesticado en varias culturas de esta zona, en muchas provincias del Perú, así como en el sur de Colombia lo tienen como plato típico (Carbajal, 2009), la crianza de cuyes en el departamento de Nariño, a diferencia de Ecuador y Perú, se desarrolla a nivel familiar, el 50 % de población rural se dedica a esta actividad, con un aproximado de 20.000 pequeños criaderos, de los cuales el 60% se concentra en el municipio de Pasto y su comercialización genera transacciones mensuales por miles de millones de pesos (El Tiempo, 2015); sin embargo, su manejo, alimentación y sanidad no son adecuados, por lo tanto la producción es escasa y no genera utilidades económicas para las familias (Hinestrosa *et al.*, 1997, p. 2), uno de los aspectos más importantes en la crianza de animales, es la alimentación, la cual en la cadena productiva del cuy es a base de pasto y concentrado, es aquí donde se ve la necesidad de seleccionar forraje con propiedades nutricionales que favorezcan el crecimiento y desarrollo del animal, además es necesario un buen manejo de estos, para generar la productividad deseada.

El cuy es una especie herbívora, su alimentación es sobre todo a base de forraje verde y ante el suministro de otros alimentos muestra la preferencia por el forraje; los forrajes usados para esta actividad son: alfalfa, chala de maíz, pasto elefante, hoja de plátano, rye grass, trébol, entre otros; las leguminosas por su calidad nutritiva se comportan como un excelente alimento. Cuando a los cuyes se les suministran una leguminosa como la alfalfa su consumo es de 1.636 kg en 63 días, valor inferior a consumo de chala de maíz o pasto elefante (Zaldívar, 1997); así la alfalfa se convierte en una alternativa para alimentación animal la cual favorece el desarrollo del animal y disminuye la costos de producción, debido a que presenta índices de consumo inferiores en comparación con otros forrajes que son usados en esta actividad agropecuaria.

Sumado a la baja productividad, los procesos de capacitación y asistencia técnica son ineficientes e insuficientes, lo cual se traduce en prácticas inadecuadas en la granja y en el sacrificio, entre las cuales encontramos el aprovechamiento incorrecto de residuos sólidos, generando un exceso de estos en toda la cadena productiva y ausencia de tecnología apropiada para el tratamiento, la cual ayude a generar rentabilidad económica para las familias que se dedican a esta actividad y un beneficio para el medio ambiente.

Por lo tanto, se ve necesario desde la academia, hacer un aporte tecnológico a la naciente cadena productiva del cuy, que sea amigable con el medio ambiente, disminuyendo la contaminación por residuos sólidos; que genere y fortalezca procesos asociativos entorno a la producción de compost como método de aprovechamiento de los materia orgánica de toda la cadena productiva; que integre la “basura” al proceso productivo, mejorando la calidad de los cultivos de forraje y por ende aporte los requerimientos nutricionales a los animales, disminuyendo los costos de manejo de cultivos de forraje, y de este modo incrementando las utilidades de la actividad productiva. Consecuentemente en la presente investigación se hace indispensable entregar los resultados de la investigación a asociaciones y personas del departamento de Nariño que se dedican a la crianza o sacrificio de cuyes, mediante folletos y socialización de resultados obtenidos.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, el presente documento se relaciona con la línea de investigación de Biosistemas Integrados, ya que busca transformar la cadena productiva en un sistema integrado que incorpore los residuos sólidos como insumo en el proceso productivo, por



medio de una tecnología adecuada que además promueva el desarrollo sostenible, garantice una rentabilidad económica, genere beneficios al medio ambiente y de este modo mejore la calidad de vida de las familias que se dedican a esta actividad.

## CAPITULO II

### 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La generación de residuos sólidos en la producción agropecuaria de cuy, asciende a 3 toneladas mensuales por cada 900 a 1000 animales (Morales & Moreno, 2005, p. 23), y en el proceso de beneficio corresponde al 25% del peso vivo del animal, representado en 5% pelo y uñas, y 20% vísceras (Portillo, s.f.), cifras que aumentan proporcionalmente de acuerdo al número de animales de la cadena productiva; la creciente demanda del producto conlleva una explotación de especies menores, lo cual ocasiona una producción excesiva de residuos sólidos, que a su vez trae consecuencias en la granja y en área de sacrificio, entre las cuales están:

Presencia de plagas en el galpón de producción, que causan: problemas sanitarios representados en enfermedades infecciosas causadas por virus, bacterias y hongos, enfermedades parasitarias como piojo o pulga y altas inversiones en la disposición final de residuos sólidos y control de plagas, actividades que al integrar la producción agrícola y ganadera, se pueden realizar de forma integral con elementos que encontramos presentes en las granjas.

Transformación de las características fisicoquímicas y biológicas del suelo, ocasionado por el uso excesivo de agroquímicos y malas prácticas en la disposición de residuos sólidos como la aplicación de estos directamente sobre el suelo, sin someter el residuo a un tratamiento previo, lo que genera: baja productividad de cultivos de frutas, hortalizas y forrajes, lo cual se traduce en bajos ingresos familiares, a causa de la disminución del volumen de producción y de la deficiente calidad de los productos agrícolas y pecuarios, y por los altos costos de la disposición final de los residuos sólidos y control de plagas.

Malos olores producidos por gases como el metano ( $\text{CH}_4$ ), gas que junto con el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) son los principales gases de efecto invernadero (GEI); las actividades agropecuarias son las responsables de 41% de las emisiones de GEI, siendo la producción ganadera, responsable del 35% de estas, convirtiéndose en la actividad más emisora después del sector energético (Guevara, 2009, p. 88-89).

Aumento en el volumen de residuos sólidos que llegan a los rellenos sanitarios: si bien mencionamos anteriormente que en la mayor parte de las zonas rurales del departamento de Nariño, no se cuenta con recolección de basuras, en las zonas urbana donde se ubican las área de sacrificio y los restaurantes que ofertan el producto al consumidor final, la recolección de basuras se hace 3 veces a la semana, motivo por el cual muchos de los residuos sólidos provenientes del procesos de sacrificio terminan en los rellenos sanitarios, disminuyendo aceleradamente la vida útil de estos, y generando de este modo otro problema, un nuevo relleno sanitario que tenga la capacidad de prestar el servicio a una población creciente y sus actividades conexas (Paéz, 2014); adicionalmente según la el decreto 2981 de 2013 este tipo de residuos sólido es considerado un residuos especial por su naturaleza, composición, tamaño, volumen y peso, necesidades de transporte, condiciones de almacenaje y compactación, el cual no puede ser recolectado, manejado, tratado o dispuesto normalmente por la persona prestadora del servicio público de aseo, por lo tanto necesita un tratamiento especial que no se está llevando a cabo.

Contaminación del recurso hídrico: las malas prácticas agrícolas y en el área de sacrificio, generan vertimiento en los afluentes de agua, generando una contaminación de los mismos; adicional a esto, las aguas de lavado y vísceras del proceso de sacrificio de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus) llegan a las plantas de tratamiento municipal, generando así deficiencias en los procesos y en la capacidad de las mismas.

## CAPITULO III

### 3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Teniendo en cuenta que la cadena productiva del cuy, es una cadena agroindustrial naciente, de gran importancia para el departamento de Nariño, se plantea la siguiente pregunta que orientara el proceso de investigación:

¿Cuáles son los efectos producidos por el uso de compostaje obtenido a partir de residuos sólidos de la cadena productiva del cuy en cultivos de forraje (alfalfa (*Medicago sativa*)), sobre el desarrollo del cultivo y las características del suelo?

Para llegar a obtener las respuestas para esta pregunta es necesario conocer las características fisicoquímicas de los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy, qué tipo de residuos de la cadena productiva del cuy sometido a un tratamiento de compostaje, es más eficiente en la producción de forrajes, cuáles son las características fisicoquímicas del compost obtenido a partir de los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy, y cuáles son las similitudes que presentan las características fisicoquímicas del compost obtenido a partir de los residuos sólidos provenientes de la cadena productiva del cuy, con los agroquímicos comerciales de uso común en la región.

Todo esto con el objetivo de comprobar la siguiente hipótesis:

**Hipótesis:** El compost resultado de la biodegradación controlada de los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), sirven como abono alternativo en cultivos de forraje (alfalfa (*Medicago sativa*)).

## CAPITULO IV

### 4. OBJETIVOS

#### 4.1. Objetivo general

Aprovechar los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy mediante compostaje, para su uso como bioabono en cultivos de forraje (alfalfa (*Medicago sativa*)) en la zona alto andina del departamento de Nariño.

#### 4.2 Objetivos específicos

- Evaluar las características fisicoquímicas de los residuos generados en la producción de especies menores cuy y en el proceso de beneficio del mismo, con el fin de determinar la cantidad de micro y macronutrientes presentes en los residuos.
- Evaluar las características fisicoquímicas del compost obtenido a partir de residuos sólidos de la cadena productiva del cuy, y comparar los resultados obtenidos con los productos comerciales usados comúnmente en la región para el cultivo de forraje (alfalfa (*Medicago sativa*)).
- Evaluar el desarrollo de cultivo de forraje (alfalfa (*Medicago sativa*)), una vez se aplique el compost obtenido a partir de los residuos sólidos de la cadena productiva de cuy.
- Determinar los efectos del compost elaborado a partir de residuos sólidos de la cadena productiva del cuy, sobre las propiedades físico químicas de del suelo destinado para cultivo de forraje (alfalfa (*Medicago sativa*)).

## CAPITULO V

### 5. MARCO TEÓRICO

#### 5.1 Crianza del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus)

El cuy es un mamífero roedor originario de la Cordillera de los Andes, donde ha mantenido una estrecha relación con el pueblo preincaico, ya sea como fuente de alimento alto en proteína y bajo en grasa o como animal asociado a tradiciones que se mantienen hasta la actualidad. La crianza del cuy se ha realizado de forma tradicional en pequeños espacios en las cocinas cerca de los fogones de la población rural de escasos recursos desde épocas ancestrales. Debido a la necesidad de buscar ingresos económicos para las familias campesinas, se ha introducido el sistema de producción comercial y con él, líneas/razas mejoradas que se han propagado en toda la Región Andina (Avilés, Martínez, Landi & Delgado, 2014).

##### 5.1.1 Generalidad del Cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus)

El cuy, también denominado Guinea Pigs, Cobayo, Conejillo de indias, Acure, Curi, es un roedor originario de América. Su habitat se extiende desde Chile hasta Colombia y Venezuela; fueron domesticados para el 2.500 a.C. en la parte norte de los Andes Suramericanos (Perú, Bolivia y Colombia) y criados sistemáticamente como fuente proteica (Biológicas, 2005).

En la escala zoológica el cuy se ubica dentro de la siguiente clasificación (Chauca, 1997).

Orden: Rodentia

Suborden: Hystricomorpha

Familia: *Caviidae*

Género: *Cavia*

Especie: *Cavia aperea aperea* Erxleben  
*Cavia apareia apareia* Lichtenstein  
*Cavia cutleri* King

*Cavia porcellus* Linnaeus

*Cavia cobaya*

En cuanto a características morfológicas, la forma de su cuerpo es alargada y cubierto de pelos desde el nacimiento, los machos se desarrollan más que las hembras, por su forma de caminar y ubicación de los testículos no se puede diferenciar el sexo sin coger y observar los genitales. La cabeza es relativamente grande en relación a su volumen corporal, de forma cónica y de longitud variable de acuerdo al tipo de animal. Las orejas por lo general son caídas, aunque existen animales que tienen las orejas paradas porque son más pequeñas, casi desnudas pero bastante irrigadas. Los ojos son redondos vivaces de color negro o rojo, con tonalidades de claro a oscuro. El hocico es cónico, con fosas nasales y ollares pequeños, el labio superior es partido, mientras que el inferior es entero, sus incisivos alargados con curvatura hacia dentro, crecen continuamente, no tienen caninos y sus molares son amplios. El maxilar inferior tiene las apófisis que se prolongan hacia atrás hasta la altura del axis. El cuello es grueso, musculoso y bien insertado al cuerpo, conformado por siete vértebras de las cuales el atlas y el axis están bien desarrollados. El tronco es de forma cilíndrica y está conformada por 13 vértebras dorsales que sujetan un par de costillas articulándose con el esternón, las 3 últimas son flotantes. El abdomen tiene como base anatómica a 7 vértebras lumbares, es de gran volumen y capacidad. Las extremidades en general cortas, siendo los miembros anteriores más cortos que los posteriores, ambos terminan en dedos, provistos de uñas cortas en los anteriores y grandes y gruesas en las posteriores. El número de dedos varía desde 3 para los miembros posteriores y 4 para los miembros anteriores. Siempre el número de dedos en las manos es igual o mayor que en las patas. Las cañas de los posteriores lo usan para pararse, razón por la cual se presentan callosos (Veloz, 2005).

### **5.1.2 Alimentación del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus)**

La alimentación del cobayo es uno de los aspectos más importantes, debido a que éste depende del éxito de la producción, por tanto se debe garantizar la producción de forraje suficiente, considerando, que el cuy es animal herbívoro monogástrico, que tiene un estómago donde inicia su ingestión enzimática y un ciego funcional donde realiza la fermentación bacteriana. La alimentación consiste, en hacer una selección y combinación adecuada de los diferentes

nutrientes que tiene el alimento, con el fin obtener eficiencia productiva desde el punto de vista económico y nutricional, por lo tanto es necesario suministrar los siguientes nutrientes (Vivas *et al.*, 2009):

Proteínas, son importantes porque forman los músculos del cuerpo, pelos y vísceras, los forrajes más rico en proteína son las leguminosas: maní forrajero, kudzú, alfalfa (*Medicago sativa*), trébol, madero negro, caupí, gandul, entre otros.

Carbohidratos, los cuales proporciona la energía que el organismo necesita para mantenerse, crecer y reproducirse, las principales fuente de energía son todos los granos como sorgo, maíz, trigo y los subproductos de éstos como la pulidura de arroz, afrechos.

Minerales, que forman los huesos, músculo, nervios y dientes principalmente.

Vitaminas que activan las funciones del cuerpo, ayudan al crecimiento rápido de los animales, mejoran su reproducción y los protege contra varias enfermedades, la vitamina más importante en la alimentación de los cuyes es la vitamina C, su falta produce serios problemas en el crecimiento y en algunos casos pueden causar la muerte, el forraje fresco asegura una suficiente cantidad de vitamina C.

Agua, es el principal componente del cuerpo, indispensable para un crecimiento y desarrollo normal, las fuentes de agua para los animales son: el agua asociada con el alimento (forraje fresco) que no es suficiente y el agua ofrecida para bebida, el requerimiento de agua es de 120cm<sup>3</sup> por cada 40g de materia seca de alimento consumido. El suministro de agua debe hacerse en la mañana y al final de la tarde, siempre fresca y libre de contaminación.

## **5.2 Los residuos sólidos y su clasificación**

### **5.2.1 Residuo sólido**

Cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que



el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final (Jaramillo & Zapata, 2008).

### **5.2.2 Clasificación de los residuos sólidos**

Según la normatividad Colombiana vigente, los residuos sólidos se pueden clasificar en:

Residuos No Peligrosos: de acuerdo al Decreto 2981 de 2013 *“Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo”*, los residuos sólidos se clasifican en:

Residuos sólidos aprovechables: es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso para quien lo genere, pero que es susceptible de aprovechamiento para su reincorporación a un proceso productivo. Entre los cuales encontramos: vidrio, papel, plástico y orgánicos o biodegradables, estos últimos, de acuerdo a la Guía técnica Colombiana GTC53-7 (2006), son materiales sólidos o semisólidos de origen animal, humano o vegetal que se abandonan, botan, desechan, descartan y rechazan y son susceptibles de biodegradación incluyendo aquellos considerados como subproductos orgánicos provenientes de los procesos industriales.

Residuo sólidos ordinarios: Es todo residuo sólido de características no peligrosas que por su naturaleza, composición, tamaño, volumen, y peso es recolectado, manejado, tratado o dispuesto normalmente por la persona prestadora del servicio público de aseo. Los residuos sólidos provenientes de actividades de barrido y limpieza de vías y áreas públicas, corte de césped y poda de árboles ubicados en vías y áreas públicas son considerados residuos ordinarios; así mismo residuos como papel higiénico, toallas de mano, pañales, papel encerado, papel metalizado, colillas de cigarrillos y poliestireno expandido hacen parte de este grupo.

Residuo sólido especial: es todo residuo sólido que por su naturaleza, composición, tamaño, volumen y peso, necesidades de transporte, condiciones de almacenaje y compactación, no puede ser recolectado, manejado, tratado o dispuesto normalmente por la persona prestadora

del servicio público de aseo; como por ejemplo: escombros, llantas, colchones, muebles, estantes y lodos.

Residuos Peligrosos: según el decreto 4741 de 2005 *“Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”*, el residuo peligroso es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuos o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

Entre los residuos peligrosos se encuentran: RAEE (Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos), pilas y baterías, productos químicos, medicamentos, aceites usados y elementos de origen biológico (Alcaldía de Envigado, 2011)

### **5.3 Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos**

Actualmente en el sector urbano y rural se está presentando el problema causado por la producción excesiva de residuos sólidos orgánicos, en el sector rural este fenómeno es causado por las formas de producción intensivas que generan una gran cantidad de residuos, como ejemplo la generación de estiércol de ganado o de especies menores. Una alternativa de solución para aprovechar todos los residuos orgánicos, es producir abonos orgánicos mediante lombricultura, bocashi y compostaje (De la Cruz, 2005).

#### **5.3.1 Lombricultura**

La lombricultura es una forma de vida y una toma de conciencia de la problemática actual del mundo. Si permanecemos como simples espectadores, las futuras generaciones con justo derecho nos responsabilizarán del desastre ecológico que se va a producir (Bollo, 2015).

La lombricultura es una técnica de producción que utiliza lombrices rojas californianas para reciclar residuos orgánicos biodegradables y, como fruto de su ingestión, los anélidos

efectúan sus deyecciones convertidas en el fertilizante orgánico más importante hoy en día; con la actividad que las lombrices participan en la fertilización, aireación y formación de suelo, además es posible obtener materia orgánica muy estable en un tiempo relativamente corto para el uso inmediato en las actividades agrícolas; el producto obtenido de la actividad de los anélidos se llama humus de lombriz, sustancia inodora parecida a la borra de café que, en comparación con la urea, es 5 veces superior en nitrógeno, fosforo, potasio y calcio (Díaz, 2002).

Según Schuldt (2006) la lombricultura es el cultivo y desarrollo de poblaciones de lombrices; es un proceso limpio y de fácil aplicación para reciclar una amplia y variada gama de residuos biodegradables, produciendo abono y lombrices; y se ha utilizado para diferentes actividades desde humus para jardinería, lombrices de pesca hasta producción de humus, expansión de cultivos, alimentación animal, incluso la industria farmacéutica se interesa en ellas para la producción de antibióticos.

### **5.3.2 Bocashi**

De acuerdo a Quintero (2012), Es una técnica rápida para transformar en abono orgánico todo tipo de desechos orgánicos. Tiene como base de activación las levaduras agregadas, los microorganismos contenidos en el suelo vegetal, en el estiércol y otros componentes agregados. Desarrolla grandes temperaturas los primeros tres a cuatro días y el tiempo de elaboración oscila entre los 10 a 15 días; para la elaboración de este tipo de abono orgánico es necesario agregar una mezcla de dos o más elementos como: melaza, levadura, miel de purga, jugo de caña y agua.

### **5.3.3 Compostaje**

El compostaje es un proceso que cumple varios propósitos en el manejo de residuos sólidos orgánicos: estabilización, reducción de volumen e higienización por inactivación termal de patógenos. La estabilización debe producir un material que no esté putrefacto, libre de calor interno, que no genere olores y no atraiga plagas. La aplicación de compost al suelo es una práctica de manejo que suple algunos nutrientes para el crecimiento de las plantas, mejora

las propiedades físicas, químicas y biológicas, y proporciona agentes que pueden suprimir patógenos en los cultivos (Castrillón, Bedoya, Montoya, 2006).

Según la FAO (2013), el proceso de compostaje proporciona la posibilidad de transformar de una forma segura los residuos sólidos orgánicos en productos con valor agregado de utilidad para la actividad agrícola, y lo define como la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplean para mejorar el suelo y proporcionar nutrientes; es un proceso biológico que ocurre con una adecuada humedad y temperatura, lo que garantiza una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas.

El compostaje es un proceso natural, como cuando en el bosque caen las hojas de los árboles y se transforman en humus, en este proceso los microorganismos rompen las moléculas de las más simples a las más complejas y las transforman en compost. Es un proceso controlado de degradación de residuos sólidos, se trata de proporcionar unas condiciones adecuadas para acelerar el proceso y obtener un producto con calidad microbiológica y nutricional (Alcolea & Gonzalez, 2000).

El proceso del compostaje consiste en la degradación de materia orgánica mediante su oxidación y la acción de diversos microorganismos presentes en los propios residuos y en el ambiente (Gobierno de España, 2011). Los organismos descomponedores que comen, trituran, degradan y digieren las células y las moléculas que componen la materia orgánica. Los principales “operarios” de estas labores son las bacterias y hongos; también actúan un gran número de pequeños animales. Los más comunes son las lombrices, las cochinillas, los insectos y sus larvas. (Amigos de la Tierra, 2015).

Durante este proceso se presentan una serie de etapas características por la actividad de distintos organismos, existiendo una estrecha relación entre la temperatura, el pH y el tipo de microorganismos que actúa en cada fase (Alvarez de la Puente, 2013).

En el proceso de compostaje; se distinguen las siguientes fases:

**Fase de latencia y crecimiento:** periodo de climatización, adaptación y multiplicación de los microorganismos; se realiza la colonización de los residuos. En esta fase se presenta la degradación de los elementos más biodegradables; con la acción de bacterias mesófilas la pila de compostaje se comienza a calentar (Gobierno de España, 2011).

**Fase mesófila:** se presenta un calentamiento gradual debido a la biodegradación del sustrato, los microorganismos presentes en el material se multiplican rápidamente y la temperatura se eleva hasta valores promedio de 45 °C. Durante este período se descomponen compuestos como azúcares, almidones y grasas (Silva, Lopez & Valencia, 2000).

**Fase termófila:** en esa fase la pila de compostaje alcanza temperatura hasta de 65°C, se obtiene la higienización del compost, se consigue eliminar la mayor cantidad de plagas, microorganismos patógenos, semillas de mala hierba; al mismo tiempo es necesario evitar que la pila de compostaje supere los 70°C, debido que la mayoría de poblaciones de microorganismos que intervienen en el proceso mueren al alcanzar estas temperaturas (Palmero, 2010).

**Fase de enfriamiento y maduración:** cuando la temperatura inicia a descender y alcanza los 60°C reaparecen los hongos termófilos que reinviden la pila de compostaje y descompone la celulosa; al alcanzar los 40°C los microorganismos mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio disminuye ligeramente; posteriormente la pila de compostaje alcanza la temperatura ambiente, en esta temperatura se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus (Programa de apoyo a la formación profesional para la inserción laboral en el Perú, 2007).

### **5.3.3.1 Factores que afectan el proceso de compostaje**

#### **Humedad**

Las bacterias aeróbicas requieren agua para vivir por lo que una cantidad de agua suficiente debe mantenerse en el material a ser compostado. Si la humedad en la composta baja a menos

del 40% la actividad bacteriana se reducirá. A más de 60% el agua reemplazará los espacios o poros de aire y por tanto las bacterias anaerobias podrán reemplazar a las aeróbicas; por esto la humedad recomendada debe situarse entre 40 y 60%, pero el ideal dependerá de la estructura de los materiales orgánicos; el agua forma una película de humedad en los materiales ayudando a las bacterias a realizar su trabajo (Arroyo, 2001).

### **Aireación**

La garantía de un buen compost está en que se produzcan en condiciones aerobias, en presencia de aire, es decir oxígeno. Una aireación excesiva desecará los restos y una insuficiente producirá putrefacción y elementos tóxicos, lixiviados y malos olores; la cantidad de oxígeno varía en función de los materiales a compostar y del momento de la descomposición, al momento inicial es conveniente mantener espacios aireados en relación al volumen entre 50 y 60%; con la descomposición esta relación disminuye hasta relaciones menores del 10% de aire en el volumen total de lo que se composta (Abarrataldea, 2004).

### **Temperatura**

Las temperaturas que alcanza el sustrato durante el proceso de compostaje dependen del calor generado por la actividad microbiana y de la distribución y pérdida del mismo en el sistema. Durante el proceso de compostaje la temperatura ejerce una selección progresiva de las especies microbianas responsables de la degradación y transformación del sustrato. Elevadas temperaturas pueden tener efectos beneficiosos puesto que permiten eliminar organismos patógenos y parásitos termolábiles pero también pueden tener efectos negativos sobre el progreso del compostaje al eliminar los organismos necesarios o beneficiosos para el proceso de compostaje. La evolución de la temperatura a lo largo del proceso debe permitir la conjunción entre tasas elevadas de biodegradación y la higienización del material, alcanzando niveles térmicos que permitan un adecuado desarrollo de ambos procesos. De este modo los requerimientos durante el compostaje, en términos de temperatura, deben conjugar: higienización (mayor que 55 °C), máxima degradación (45-55 °C) y máxima diversidad microbiana (35-40 °C), lo que ha sido ampliamente discutido en numerosos

estudios, sin embargo, existe poco consenso sobre el mejor régimen o condiciones operativas a utilizar durante el compostaje. El rango de temperaturas comprendido entre los 35 y los 55 °C se considera óptimo para el proceso de compostaje (Tortosa, 2013).

## **pH**

La acidez o alcalinidad de un medio influye sobre el crecimiento microbiano. Algunos microorganismos se desarrollan mejor a pH altos 9-14 alcalinófilos, mientras que otros a pH bajo 5-2 acidófilos, otros microorganismos crecen en rangos de pH entre 6 y 8 a estos se los llama neutrofilos (Benavides & Hermida, 2008).

En la etapa mesófila el pH disminuye por la formación de ácidos orgánicos originados por la acción de microorganismos sobre los carbohidratos, favoreciendo el crecimiento de hongos y así la descomposición de la celulosa y la lignina; en la etapa termófila el pH aumenta hasta valores entre 8 y 9, por la formación de amonio por la desaminación oxidativa (reacción química que se caracteriza por la ruptura de un grupo amino) de las proteínas, por otro parte aumentos fuertes de pH facilitan la pérdida de nitrógeno en forma amoniacal; finalmente, en la etapa de enfriamiento y maduración el pH alcanza valores de 7 a 8 (Barrón, 2013).

### **5.4 Aprovechamiento de los residuos sólidos de producción de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus)**

Los residuos sólidos de las actividades agrícolas y pecuarias han sido aprovechados mediante distintos tratamientos para integrar nuevamente los procesos productivos, generar beneficios ambientales y desarrollo sostenible.

De este modo, Garfi *et al.*,(2011), investigan mejorar la digestión anaerobia del estiércol de vaca y de cuy en digestores tubulares sin calefacción, tratamiento de bajo costo implementado a gran altura, mediante la comparación de las diferentes condiciones de funcionamiento y co digestión de ambos abonos. En términos de producción de biogás, la co digestión superó a la digestión del estiércol de cuy, pero no mejoró la digestión de estiércol de vaca.

Asimismo Romero, Romero & Jiménez (2014), estudiaron la factibilidad de compostar cadáveres de conejo con diversos sustratos, establecieron seis tratamientos de acuerdo con los sustrato utilizado: paja de avena, estiércol y cadáver de conejo (PAEC), viruta de madera, estiércol y cadáver de conejo (EVC) y paja de avena, cadáver de conejo (PAC), con o sin la adición de 0.3% (v/p) de inóculo microbiano mixto constituido por *Streptomyces* spp, *Aspergillus* sp, *Cladosporium* sp. Se midió la temperatura, pH, materia seca (MS), humedad, materia orgánica (MO), cenizas y nitrógeno amoniacal. El análisis se realizó con el procedimiento GLM (SAS, 2009) y la prueba Tukey. El inóculo no tuvo efecto en el compostaje de los sustratos investigados. El sustrato PAC tuvo la mayor temperatura (30°C), aunque esta es baja con respecto al compostaje convencional de estiércol. Después que los sustratos fueron volteados, la temperatura incrementó sólo en PAEC. La composta de PAC tuvo un contenido de MO bajo y un pH más alcalino. Se concluyó que es factible el compostaje de cadáver de conejo, pero para optimizar el proceso se requiere mejorar las condiciones de compostaje para alcanzar una mayor temperatura y mineralización, y reducir la pérdida de nitrógeno por la degradación de la proteína de la carne

Así, Lienneman *et al.*, (2012), evaluaron el compostaje como una técnica de biodegradación para el tratamiento de vísceras de conejo. Para lo cual instalaron 3 tratamientos: un tratamiento control (60% viruta de madera y 40% excretas de conejo); el segundo tratamiento se denominó vísceras (60% viruta de madera y 40% vísceras de conejo); y por último el tercer tratamiento llamado VF (60% viruta de madera, 20% excretas de conejo y 20% vísceras de conejo). Encontrando que el proceso de compostaje ofrece una solución técnica relevante para el impacto ambiental negativo causado por el manejo inadecuado de la vísceras de los conejos. Los resultados de los datos físicos y químicos de los tres tratamientos sugieren la recomendación de utilizar mezclas de compostaje de las heces- viruta de madera y viruta de madera - vísceras.

Del mismo modo Jiménez Mínderos (2012), elaboró abono orgánico líquido fermentado (biol), a partir de vísceras de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), de los criaderos piscícolas de la parroquia de Tufiño, cantón Tulcán, provincia del Carchi. El proceso



tecnológico de la presente investigación inició con la recolección de la materia prima, que fue sometida a una fase de descomposición anaerobia, por un periodo de ochenta y ocho días. Al finalizar el proceso de fermentación se procedió a envasar, sellar, etiquetar y almacenar, logrando un producto orgánico de calidad nutricional adecuada. Para la medición estadística aplicó un diseño de bloques completos al azar (D.B.C.A), donde el factor A representó el porcentaje de vísceras de trucha arco iris, con tres niveles y el factor B fue el tipo de microorganismo, con dos niveles; obedeciendo a un arreglo factorial A\*B+ 1. Se obtuvo que el tratamiento T2 que se elaboró utilizando 30% de vísceras de trucha arco iris, con un 55,71% de agua y Microorganismos eficientes del bosque de los Arrayanes fue identificado como el mejor, en cuanto a la calidad nutricional con un contenido de 0,28% de N; 1,8% de K; 0,017% de P; de 1,6% para el Ca; 0,021% de S; 4308 ppm para Mg; 331 ppm de Fe; 123 ppm de Mn; 2,23 ppm de Cu; 4,56 ppm de Zn y 1,48 ppm de B. Presenta un pH parcialmente neutro de 6,7; conductividad eléctrica moderadamente salina de 11,04 m S /cm, rendimiento de la parte líquida (biol) de 89,74 %.

De esta manera Covarrubias (2001) plantea que el compostaje debería ser una alternativa reconocida para la disposición final de residuos de origen animal no aptos para el consumo humano, para lo cual utilizó 100 kg de intestino de cerdo y 150 de bagazo de agave, instaló pilas de compostaje de 2.5 x 2.5 x 1.2 m. donde puso 18 cm de bagazo de agave y un tendido de intestino, así sucesivamente hasta completar la altura adecuada, a las pilas de compostaje se les realizó el manejo recomendado de aireación, humedad y se midió constantemente temperatura; al final el proceso de caracterizó las muestras y se determinó la calidad microbiológica; obtenido como resultado que no encontró presencia de microorganismo patógenos como *Escherichia coli*, *Shigella sp*, *Salmonella sp*, coliformes fecales y totales; y que en condiciones de campo optimas el intestino grueso de cerdo puede degradarse con bagazo húmedo sin ningún problema y puede ser una alternativa para su adecuado manejo o disposición final.

Según Cato (1992), el procesamiento de cangrejo azul y vieiras, genera problemas en el manejo de residuos, para lo cual una alternativa es la biodegradación controlada de residuos, por lo tanto el compostaje, la comercialización de compostaje, la aplicación en cultivos y uso

del compostaje en el control de nematodos fueron evaluadas; encontrando que el compostaje es una alternativa viable para el manejo de subproductos derivados de la producción de cangrejo azul y vieiras; sin embargo el compostaje se debe realizar al finalizar la producción y en condiciones óptimas para no generar problemas en el procesamiento de cangrejo azul y vieiras.

Carrasco *et al.*, (2011) evaluaron las propiedades del estiércol de cuy sometido a digestores tubulares de bajo costo para la fertilización de cultivos en las comunidades rurales andinas. Para ello, llevaron a cabo ensayos en cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) y forraje (*Lolium multiflorum* y *L. Trifolium pratense*). El rendimiento de la papa (20-25 t ha<sup>-1</sup>) se incrementó en un 27,5% con digestato, un 15,1% con pre-compost y un 10,3% con la mezcla, en comparación con el control. El rendimiento de forraje (20-21 t ha<sup>-1</sup>) se incrementó en 1,4% con dosis 50%, y un 8,8% con dosis 100% y de 150%, en comparación con el control. Los resultados sugieren que el digestato es un sustituto adecuado del estiércol pre-abono para la fertilización de papa. Los resultados indican que el digestato puede ser aplicado al cultivo de forraje en un amplio rango de dosis, de acuerdo con la cantidad producida por el digestor.

Según Mila & Corredor (2004), al aplicar seis tratamientos de esterificación y tres niveles de compost (porquinasa), se observó que el pasto Kikuyo incrementó significativamente una vez se aplicaron los tratamientos y pasó de 260 kg MVS. Ha<sup>-1</sup> a 2380 kg MVS ha<sup>-1</sup>, después de 150 días de aplicado el tratamiento.

Según Chilon (2011), la aplicación de compost elaborado a partir de restos vegetales, estiércol, ceniza, levadura, yogurt, y suero de leche (Chilon, 2010), genera un efecto benéfico, ya que mejora la fertilidad física y química de los suelos agrícolas y sobre la dinámica de la población microbiológica del suelo; representando una excelente mejora de la capacidad de almacenamiento de agua, contrarrestando los efectos del cambio climático e incrementado el rendimiento en cultivos.

## **5.5 Pastos y forrajes para la producción de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus)**

Arroyo, Almoncid, y Zarate (1976), estudiaron el comportamiento de Vicia villosa, Trébol rojo y Lotus corniculatus en el engorde de cuyes, utilizando como alimento testigo alfalfa (*Medicago sativa*); encontrando que el incremento del peso con alfalfa (*Medicago sativa*) fue de 2,89 g/día, de 2,49 para Trébol rojo, 2,24 para Vicia villosa y 2,04 para Lotus corniculatus.

Aliaga *et al.*, (1976), evaluaron el comportamiento de la Retama Verde en sustitución de la Alfalfa (*Medicago sativa*); obteniendo que los cuyes con Retama murieron por intoxicación, los animales que recibieron Retama más concentrado incrementaron su peso en 248,5 gr, incremento que fue inferior al testigo, cuyos animales recibieron Alfalfa (*Medicago sativa*) sola y alcanzaron un incremento de 316,2 gr. (Chauca, 1994, p. 21-22).

Según Aguirre (2008), la alfalfa (*Medicago sativa*) presenta mayores coeficientes de digestibilidad de MS con un 76,53%, además presenta el mayor promedio en lo referente a Nutrientes Digestibles Totales con un promedio de 71,51% en BS y la cantidad de Energía Digestible fue superior con valores de 3172,75 en BS; teniendo en cuenta los resultados anteriores el autor recomienda utilizar como alimentos base para cuyes la Alfalfa (*Medicago sativa*) y Malva por su alto contenido de ED y NDT.

## **5.6 Alfalfa (*Medicago sativa*)**

### **5.6.1 Características generales de la Alfalfa (*Medicago sativa*)**

La alfalfa (*Medicago sativa*) es originaria de Irán y Asia Menor y es una de las plantas más utilizadas como forraje en el mundo, se cultiva en una amplia variedad de suelos y climas, se adapta a altitudes comprendidas entre 700 y 2800 msnm y se adapta a suelos profundos, bien drenados, alcalinos y tolera la salinidad moderada, sin embargo, su desarrollo se limita en pH inferiores a 5.0; la temperatura óptima de crecimiento fluctúa entre los 15 y 25 °C durante el día y de 10 a 20 °C en la noche, tiene raíces profundas por lo que resiste sequías, ya que obtiene agua de las capas profundas del suelo. Pertenece a la familia de las *Fabaceae* y tiene un notable consumo de Ca y Mg que, de contenerlos el suelo en proporciones suficientes para

satisfacer sus requerimientos, es necesario solamente agregar fertilizantes fosfatados y potásicos. (Clavijo & Cadena, 2011).

La alfalfa (*Medicago sativa*) tiene una alta calidad nutricional y producción de biomasa, es ampliamente adaptable a diversos ambientes y es más eficaz que cultivos anuales en disminución de escorrentía y erosión del suelo. Por tanto, este forraje perenne es ampliamente utilizado para establecer pastos para sostener la producción animal y el control de erosión del suelo en Europa, América del Norte, Australia y China (Xiao, Zhang, Jia, PAng & Guo, 2015)

### **5.6.2 Características Taxonómicas de la alfalfa (*Medicago sativa*)**

Según Alarcón & Cervantes (2012) la alfalfa (*Medicago sativa*) se clasifica en:

Super reino:	Eucariota
Reino:	Viridiplantae
Filo:	Estreptofita
Subfilo:	Estreptofitina
Subclase:	Rosidae
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Papilionioideae
Tribu:	Trifolieae
Género:	Medicago
Especie:	Sativa

### **5.6.3 Morfología general de alfalfa (*Medicago sativa*)**

La alfalfa (*Medicago sativa*) es una planta herbácea perenne; su promedio de vida es de 5 a 7 años dependiendo de la variedad y de los factores clima, agua y suelo; tiene raíces abundantes y profundas, consta de una raíz principal, robusta y pivotante, y numerosas secundarias, la raíz principal penetra rápidamente alcanzando entre 7,5 a 9 mt, las raíces

secundarias se encuentran en los primeros centímetros de suelo y se extienden siguiendo el curso paralelo a la raíz principal; los tallos son herbáceos, delgados, erectos y muy ramificados, tienen una altura entre 60 a 90 cm, en la germinación el primer tallo nace entre los cotiledones, en las axilas de los cotiledones, o cuando estos desaparecen de las hojas inferiores, se producen yemas que posteriormente dan origen a nuevos tallos, los tallos viejos se lignifican, endurecen y mueren; las primeras hojas verdaderas después de los cotiledones son unifoliadas y las hojas normales son trifoliadas, pecioladas, con folios peciolulados, particularmente el central, los foliolos (pequeñas hojas que unidas forman la hoja propiamente dicha) adoptan distintas formas más o menos oblicuos y dentados hacia sus ápices con escasas estipulas en forma de lezna adheridas al pecíolo (tallo pequeño que une al raquis con el resto de la planta); las flores van reunidas en racimos axilares de distinto tamaño y densidad, tiene color violeta con distintas tonalidades que van de azul pálido a morado oscuro (Soriano, 2003).

La alfalfa (*Medicago sativa*) es una legumbre indehisciente sin espinas que contiene entre 2 y 6 semillas amarillentas, arriñonadas y de 1,5 a 2,5 mm de longitud; las semillas son de color amarillo, albuminadas, las espiras tiene un diámetro de aproximadamente 5 a 6 mm, con un orificio central; las semillas son arriñonadas o de forma irregular, las cuales miden de 2 a 3,2 mm de largo (Rosado, 2011).

### **5.7 Efectos de los abonos orgánicos en el suelo**

Los abonos orgánicos son todos los residuos biodegradables, de los cuales las plantas pueden tomar nutrientes necesarios para su desarrollo; con la degradación de los abonos, el suelo, se va enriqueciendo con carbono orgánico y mejora las características físicas, química y biológicas.

Según Lopez, Díaz & Valdez (2001), los abonos orgánicos mejoran la estructura del suelo, aumentan la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrientes para las plantas, para comprobar este postulado, evaluaron el efectos de cuatro tratamientos de abonos orgánicos a dosis de 20,30 y 40 t.Ha<sup>-1</sup> para bovino, caprino y composta, y 4, 8 y 12 t. Ha<sup>-1</sup> para gallinaza, y un testigo con fertilizante inorgánico (120-40-00 de N-P-K). Las variables

evaluadas fueron: humedad, pH, materia orgánica, N, P y rendimiento de grano. Los resultados mostraron cambios en las características químicas del suelo (materia orgánica, N y P); los abonos orgánicos, principalmente la composta con dosis de 20 a 30 t. Ha<sup>-1</sup>, es una alternativa para sustituir a la fertilización inorgánica.

Mora & Arrieché (2005), con el objetivo de mejorar la degradación del suelo debido a intenso laboreo para cultivar maíz en el estado de Yaracuy, Venezuela, aplicaron residuos orgánicos en dos tipos de suelos, los tratamientos utilizados fueron: (1) Estiércol de pollo compostado con calor, (2) estiércol de pollo compostado con enzimas, (3) Cachaza de caña de azúcar compostada con enzimas y (4) Testigo; aplicaron 2000 kg.Ha<sup>-1</sup> de cada residuo al momento de la siembra y evaluaron el efecto sobre las características químicas del suelo, obteniendo como resultado que la cachaza presentó menos conductividad eléctrica y más bajos niveles de sodio que los estiércoles de pollo. La aplicación de la cachaza, produjo incrementos en los contenidos de materia orgánica en ambos ensayos y hubo un efecto favorable sobre la concentración de nitrógeno en las hojas de maíz, finalmente los rendimientos del cultivo aumentaron en ambos ensayos con el uso de la cachaza.

Arrigo, Jiménez, Palma, Benito & Tortarolo (2005), estudiaron el efecto de la incorporación al suelo de material orgánico obtenido en diferentes etapas del proceso de compostaje sobre el crecimiento de raygrass y determinaron el efecto que causa el material orgánico incorporado sobre la nutrición nitrogenada en las plantas. Se armaron 4 pilas integradas por el mismo material inicial las cuales fueron monitoreadas en las siguientes etapas: a- material inicial (T1), b- al final de la fase activa (T2), c- al promediar la fase de maduración (T3) y d- al finalizar la fase de maduración (T4). La producción de materia seca de raygrass en los materiales T1 y T2 fue significativamente menor que en los otros tratamientos. El contenido de N en planta fue menor al incorporar al suelo los materiales T1 y T2 indicando inmovilización de este nutriente. Al adicionar los materiales T3 y T4 al suelo se comprobó que no hubo diferencias significativas entre ellos, en consecuencia, concluyen que el empleo del material T3 puede considerarse una buena opción ya que puede utilizarse anticipadamente lográndose beneficios económicos y medioambientales.

De la Cruz, Estrada, Robledo, Osorio, Márquez & Sánchez (2009), evaluaron el híbrido SUN-7705 de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en cuatro sustratos con mezclas entre compostas y vermicompostas con arena, a diferentes niveles, bajo condiciones de invernadero, fueron compostas y vermicompostas mezcladas en tres diferentes proporciones (100, 75 y 50%). El mayor rendimiento promedio ( $39.811 \text{ t ha}^{-1}$ ) se obtuvo con la composta generada por la descomposición de estiércol bovino, rastrojo de maíz (*Zea mays* L.), zacate elefante (*Pennisetum purpureum* Schumacher) y tierra negra (CEMZT) al 75% + arena y la vermicomposta de estiércol, pasto bahía (*Paspalum notatum* Flüggé) y tierra negra (VEPT) al 100 y 50% + arena. Este rendimiento resultó mayor al registrado en producciones de tomate orgánico en campo, sin afectar la calidad de los frutos.

Del mismo modo Artavia, Uribe, Saborío, Arauz & Castro (2010) afirman que, los abonos orgánicos causan un efecto supresivo sobre patógenos de las plantas, su capacidad supresora varía de acuerdo al tipo de abono y al sistema planta patógeno, evaluaron el efecto supresor de diferentes abonos orgánicos en el sistema tiquisque-*Pythium myriotylum* determinaron la madurez, estabilidad, y actividad microbiana de los diferentes abonos, así como el efecto del tipo de compostaje (compost vs vermicompost), el material de origen (estiércol vs broza de café) y el grado de madurez, sobre la supresión del patógeno. La menor incidencia de pudrición de raíces por *P. myriotylum* se obtuvo con el uso de vermicompost a base de estiércol maduro, mientras que la menor severidad de la enfermedad ocurrió cuando el suelo se enmendó con el compost y el vermicompost maduro a base de estiércol. Los abonos obtenidos a partir de estiércol fueron más supresivos, y presentaron una mayor actividad microbiana, que los producidos a base de broza de café. Por lo tanto concluyeron que el tipo de compostaje, el origen y el grado de madurez tienen influencia sobre la capacidad supresora.

Borges, Barrios y Escalona (2012) evaluaron el efecto de la fertilización orgánica (FO: 2000 kg compostaje ha<sup>-1</sup>) e inorgánica (FI: 200 kg N + 85 kg P ha<sup>-1</sup>) sobre variables agroproductivas y composición química del pasto estrella, sobre un suelo franco de mediana fertilidad. La FI mostró un efecto significativamente mayor en promedio para altura de plantas (AP) (49,8 cm), biomasa verde (BV) y seca (BS) (10952,5 y 3017,5 Kg.ha<sup>-1</sup> corte, respectivamente), excepto para rendimiento de relación hoja – tallo (RHT) donde no se

encontraron diferencias entre los tratamientos. La materia seca acumulada (MSA) fue mayor en los pastos bajo FO (30,7%), mientras que los rendimientos materia seca en hojas (RMSH) y rendimiento materia seca en tallo (RMST) (2513 y 1068 Kg·ha<sup>-1</sup>, respectivamente) fueron superiores en la FI a los 63 días post fertilización, al igual que la tasa de crecimiento diario (TCD) (33,8 g MS·m<sup>2</sup>·día<sup>-1</sup>). La composición química del pasto no se vio afectada por las fuentes de fertilización empleadas.

Así, Hernández, Chocano, Moreno & García (2016), estudiaron el efecto de diversas dosis de fertilizantes inorgánicos y orgánicos en un suelo franco arenoso. Analizaron macro y micronutrientes y las concentraciones de metales pesados en las hojas y en el suelo. En la primera cosecha el rendimiento de los cultivos de lechuga no fue significativo ( $p \leq 0,05$ ). En la segunda cosecha, los rendimientos de lechuga fueron mayores en los suelos tratados orgánicamente que en los suelos que recibieron sólo la fertilización inorgánica. Después de la segunda cosecha, suelos tratados orgánicamente mostraron una mayor concentración de C, N, y P, que los suelos que recibieron la fertilización inorgánica convencional, así como la mejora de las condiciones físicas. Por otra parte, las lechugas cultivadas en suelos tratados con compost mostraron significativamente menor concentración de nitrato foliar que las lechugas cultivadas en el suelo que recibe fertilización inorgánica. Los resultados confirman que compost de estiércol y lodos de aguas residuales se pueden utilizar como una alternativa a la fertilización inorgánica de los cultivos de lechuga.



## CAPITULO VI

### 6. MATERIALES Y METODOS

#### 6.1 Tipo de investigación

Cuantitativa - Analítica experimental.

#### 6.2 Población y muestra

En el departamento de Nariño, debido a la influencia recibida de Perú y Ecuador, la cría y consumo de cuy en grandes cantidades es una costumbre ancestral y es así como el 80% de la población de cuyes en Colombia se encuentran concentrada en el Departamento (Apraez, Caycedo, Correa, Koeslag, Martínez, Morales, Moreno & Muñoz, 1985).

El Departamento de Nariño está situado en el extremo suroeste del país en la frontera con la República del Ecuador, tiene una superficie de 33.268 kilómetros cuadrados y limita por el norte con el Departamento del Cauca, por el este con el Departamento del Putumayo, por el sur con la República del Ecuador y por el oeste con el Océano Pacífico. El Departamento está dividido en 63 municipios, 230 corregimientos, 416 inspecciones de Policía, numerosos caseríos y sitios poblados, se distinguen 3 unidades fisiográficas: La llanura de Pacífico, la Región Andina y la Vertiente Amazónica (Gobernación de Nariño, 2012).

La producción de cuy en el departamento de Nariño para el 2013, haciende a 2,2 millones de animales (Celis, 2014), distribuida a lo largo de la zona andina del departamento; aunque no se conoce exactamente, cuántas familias se dedican a esta actividad, ni cuáles son las zonas del departamento en las que se realiza la crianza de cuyes de forma intensiva, la escasa información se debe a que la cadena productiva se establece desde hace 4 años, tiempo en el cual se han llevado a cabo acciones para fortalecer la cadena productiva desde la producción agropecuaria hasta la comercialización como producto con valor agregado.

El presente proyecto de investigación se desarrolló en el corregimiento de Villamoreno, municipio del Buesaco, lugar en el cual por lo menos 30 familias se dedican a la producción de cuyes con fines comerciales, esta población cuenta con 1.939 habitantes, los cuales se encuentran distribuidos en 9 veredas, donde la población se dedica principalmente a la agricultura, con el cultivo de maíz, a la ganadería y crianza de especies menores.

La unidad de trabajo, es la propiedad rural conocida como Chacapamba, de la Señora Betty Ferney Quiroz, donde la señora Neira Lucia Quiroz se dedica a la explotación de especies menores, en un galpón de 200 mts<sup>2</sup>, que alberga 300 cuyes (*Cavia porcellus* Linnaeus) entre animales de recría y engorde.

**Figura 1. Municipio de Buesaco, Nariño**



Fuente: Google maps, 2016

**Figura 2. Corregimiento de Villamoreno, Buesaco, Nariño**



Fuente: Google maps, 2016

### **6.3 Unidad experimental**

Compostera de 100 m<sup>2</sup>, en la cual encontramos 5 espacios de 4 m<sup>2</sup> cada uno destinados para elaboración de compostaje, en estos se elaborara los 4 tratamientos descritos posteriormente.

Cultivo de alfalfa en estado de producción de 200 m<sup>2</sup> con 15 surcos, el cultivo se dividirá en 2 sub unidades, en cada una de estos se aplicará 4 tratamientos y un control con 3 repeticiones cada uno, la aplicación del compostaje se la se realizó cada trimestre y se tuvo como referencia 2 trimestres.

**Figura 3. Unidad experimental**



Fuente: Esta investigación, 2015

### **6.4 Técnicas de recolección de información**

La técnica de recolección de la información se realizó en campo, recurriendo directamente a la realidad estudiada y a fuentes primarias; se utilizó técnicas de análisis exploratorio y comparativo, para lo cual se llevó a cabo las siguientes actividades:

#### **6.4.1 Recolección de residuos sólidos**

Se desarrolló en dos escenarios, el primero en la granja donde la recolección se realizó de forma diaria por periodos de 8 días, se recolectó los residuos en contenedores temporales; en el segundo escenario, en el área de sacrificio, la recolección se realizó de una vez a la semana, posteriormente se trasladó a la unidad experimental; la recolección en esta área se realizó en un contenedor

temporal el cual se ubicó en la planta de sacrificio, de tal forma que no genere contaminación cruzada en el proceso productivo, este procedimiento se realizó cada vez que fue necesario alimentar las composteras.

**Figura 4. Recolección de residuos sólidos.**



Fuente: Esta investigación, 2015

#### **4.4.2 Evaluación de las características fisicoquímicas de los residuos sólidos**

Se tomó una muestra de cada uno de los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), y se envió a los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño para realizar pruebas fisicoquímicas. Donde se evaluó humedad, materia seca, nitrógeno, calcio, fósforo, magnesio, potasio, azufre, hierro, manganeso, zinc, cobre y carbono orgánico oxidable.

La toma de muestras se realizó de la siguiente manera:

**Residuos sólidos de granja:** se recolectó en una bolsa con cierre aproximadamente 1 kg de residuos sólidos provenientes de la crianza de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), donde la composición fue excretas en su mayoría y restos de forrajes; para la recolección se utilizó una pala que previamente se lavó y desinfectó.

**Residuos sólidos de sacrificio:** se recolectaron las vísceras procedentes de 3 cuyes al momento del sacrificio, se empaclaron en bolsas con cierre y se refrigeraron en una nevera de poliestireno expandido (icopor) con cubos de hielo, para de este modo disminuir la velocidad de descomposición.

### 6.4.3 Compostaje

Para la elaboración de compostaje se utilizó el procedimiento descrito por Quintero (2012), en “Manual de elaboración de abonos orgánicos”, por lo tanto se instaló pilas de compostaje de 1 x 1 x 0.8 m, con una chimenea de aireación para lo cual se usó un bloque de madera de 0.1 x 0.1 x 1.5 m, el cual se retiró después de 3 días de instalada la pila; en la base se situó una capa de 10 cm de residuos sólidos de la crianza de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), seguido se agregó un cernido de cal y un poco de agua procurando alcanzar el 60% de humedad, posterior se agregó otra capa de residuos sea estiércol o vísceras de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), se adiciona un cernido de cal y agua; de este modo se continuó con el procedimiento hasta alcanzar una altura de 80cm.

Se realizaron 4 tratamientos a los cuales se les midió constantemente temperatura ( $T^{\circ}$ ) en grados centígrados ( $^{\circ}C$ ) utilizando como herramienta de medición un termómetro bimetálico digital, el pH se midió con una frecuencia semanal con cinta medidora de pH, para lo cual se realizó una solución compostaje-agua relación 1:2 del mismo modo que se realiza la medición del pH de suelo planteado por Hernández (2004), además, el tiempo de compostaje fue medido en días y al finalizar el proceso se tamizó con un cedazo de abertura de 3mm de diámetro.

**Figura 5. Pila de compostaje**



Fuente: Esta investigación, 2015

Los tratamientos se aplicaron teniendo en cuenta las combinaciones de residuos sólidos de la crianza y de sacrificio de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus) que se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1. Compostaje de residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus Linnaeus*)**

<b>Tratamiento</b>	<b>Residuos de la crianza de especies menores cuy (<i>Cavia porcellus Linnaeus</i>)</b>	<b>Residuos de sacrificio de cuy (<i>Cavia porcellus Linnaeus</i>)</b>
Tratamiento 1	100%	0%
Tratamiento 2	80%	20%
Tratamiento 3	50%	50%
Tratamiento 4	60%	40%

#### **6.4.4 Evaluación de la productividad del cultivo de alfalfa**

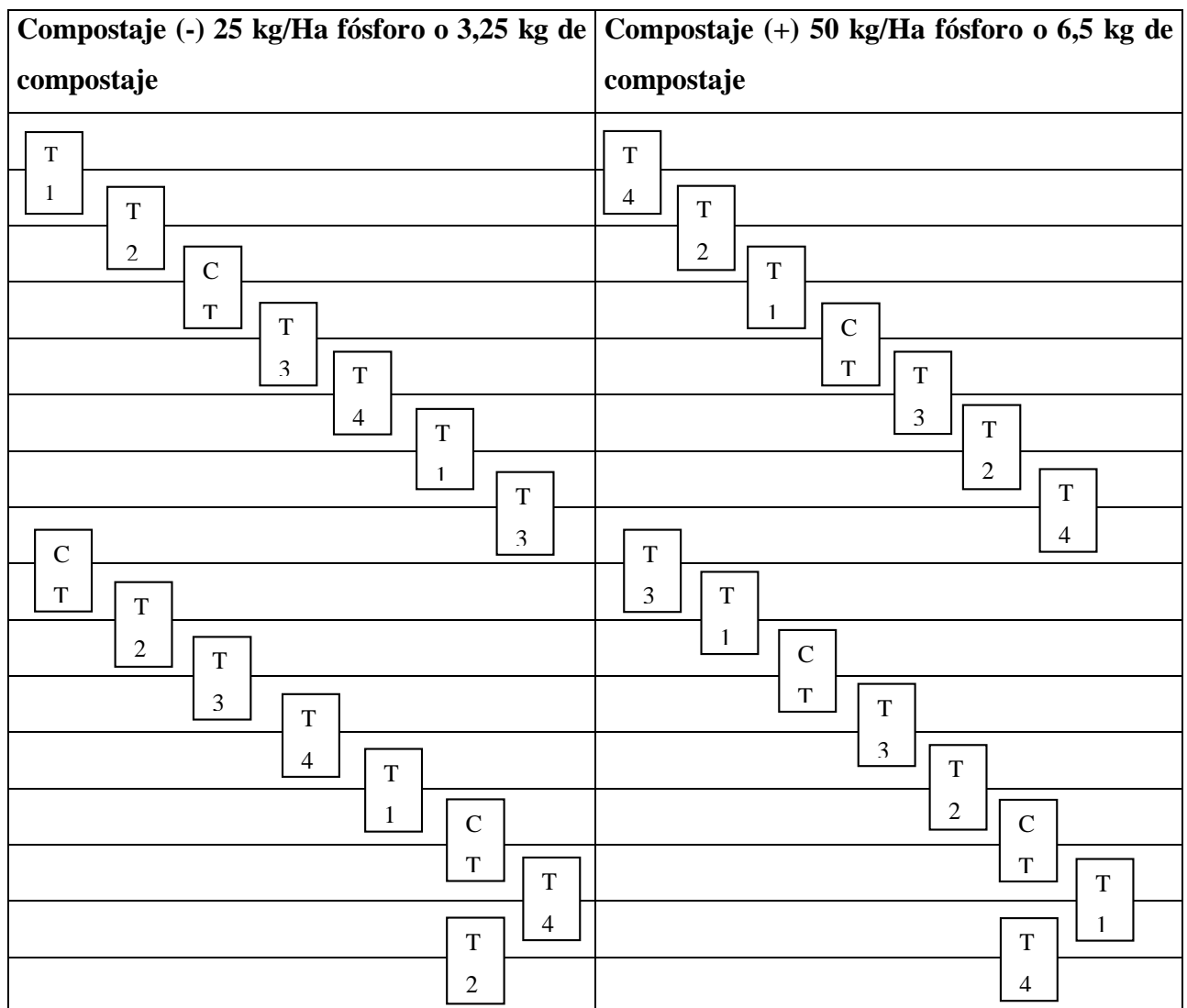
Para determinar la productividad de los cultivos de forraje, posterior uso de compostaje obtenido en la presente investigación, se realizó un diseño experimental factorial de efectos fijos a dos niveles como se muestra en la tabla 2; se ensayaron factores como: tratamiento y cantidad de fósforo. El análisis de resultados se llevó a cabo con ayuda del programa Statgraphics © Centurion XVI, mediante el cual se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación, mediante el método de TUKEY a un 5% de nivel de significancia.

**Tabla 2. Diseño experimental factorial a dos niveles**

<b>Diseño experimental</b>		
	<b>Cantidad de fósforo</b>	
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>+ (50 kg/ha Fósforo)</b>	<b>- (25 kg/ha Fósforo)</b>
T1	X	X
T2	X	X
T3	X	X
T4	X	X
CT	X	X

Para aplicar el compost obtenido en la investigación se dividió la unidad experimental de 200 mt<sup>2</sup> en dos, con el objetivo de aplicar dos cantidades distintas de fósforo contenido en el compostaje elaborado con anterioridad; para determinar los surcos en los que se aplicó cada tratamiento con sus tres repeticiones se usó un sistema de balotas para que la distribución sea completamente al azar, en la figura 6 se observa la distribución según la cual se aplicó el compostaje, siendo T1, T2, T3, T4 el compostaje obtenido en el proceso y CT el tratamiento control al cual no se le adicionó ningún tipo de abono o fertilizante con el objetivo de poder comparar el efecto del compost (T1, T2, T3, T4) con el rendimiento del cultivo sin compostaje u otro tipo de abono.

**Figura 6. Distribución cultivo de alfalfa para aplicación de compostaje**



Según De Jesús Flores Aguilar *et al.*, (2012), la alfalfa tiene una mayor respuesta productiva con el uso de fósforo utilizando superfosfato simple o tripe a razón de 100 a 200 kg/Ha de Fósforo al año; para determinar la producción de forraje de alfalfa los autores aplicaron 4 tratamientos entre ellos un control (T1), fertilizante orgánico 28 Ton/Ha de estiércol ovino (T2), 0.434 Ton/Ha de superfosfato tripe (T3) y su combinación 14 Ton/Ha estiércol ovino + 0.217 Ton/Ha de súper fosfato tripe (T4), usando una dosis de 200 kg de fósforo al año y realizando una aplicación trimestral; de este modo obtuvo un rendimiento de materia seca al año para T1=19.9 Ton/Ha; T2= 28.8 Ton/Ha; T3=29.2Ton/Ha; T4= 32.7 Ton/Ha.

Teniendo en cuenta los anteriores planteamientos se aplicó dos tratamientos 100 kg/Ha de fósforo al año y 200 kg/Ha de fósforo al año; que en la presente investigación se aplicaron de manera trimestral por lo tanto se denominaron como cantidad máxima (+) 50kg/Ha de fosforo (P) y como cantidad mínima (-) 25kg/Ha fósforo (P), cantidad de fósforo que se aplicó al cultivo dos veces y que se encuentra contenida en el compost obtenido.

Para determinar la cantidad de compost elaborado a partir de residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus) a aplicar con el objetivo de suplementar la cantidad de fósforo planteada, se tomó como referencia los resultados de micro y macro nutrientes de T1 correspondiente a 100% residuos de la crianza de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus) (0,513 g P/100 g muestra), debido que este tratamiento no contiene residuos sólidos del sacrificio de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), es el tratamiento base de la investigación y por lo tanto nos sirve como un punto de referencia.

Se obtuvo como cantidad máxima (+) 6.5 kg de compost proveniente de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus) y para la cantidad mínima (-) 3.25 kg de compost proveniente de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), como se muestra a continuación:

$$Cant. compostaje \left( \frac{0.513 \text{ gr } P}{100 \text{ gr compostaje}} \right) = 50 \text{ kg } \frac{P}{Ha}$$



$$Cant. compostaje = \frac{50000 \text{ gr P}/Ha * 100 \text{ gr compost}}{0.513 \text{ gr P}}$$

$$Cant. compost = 9746588,7 \text{ gr Compost}/Ha = 9750 \text{ kg Compost}/Ha$$

Para calcular la cantidad de abono a aplicar en la unidad experimental (+) se tiene en cuenta que esta mide 100 m<sup>2</sup> y que se aplicó fósforo a razón de 50 kg P/Ha en 15 melgas distribuidas de la siguiente manera: 3T1, 3T2, 3T3, 3T4 Y 3CT.

$$Cant. compost = \frac{9750 \text{ kg Compost}}{10000 \text{ m}^2} * 100m^2$$

$$Cant. compost = 97.5 \text{ kg compost}$$

$$Cant. compost por melga = \frac{97.5 \text{ kg compost}}{15}$$

$$Cant. compost por melga = 6.5 \text{ kg compost}$$

Del mismo modo se realizó el procedimiento para 25kg P/Ha obteniendo como cantidad de compost por melga 3.25 kg P/Ha.

#### **6.4.5 Evaluación de las características fisicoquímicas del compostaje**

Se tomaron muestras de los diferentes tratamientos y se enviaron a los laboratorios de la Universidad de Nariño para realizar pruebas de bromatología; para la toma de muestras se siguió los protocolos establecidos por la sección de laboratorios de la Universidad de Nariño, se usó bolsas con cierre y se tomó la muestra con una pala previamente lavada y desinfectada. Los parámetros a evaluar fueron: humedad, materia seca, carbono orgánico oxidable, nitrógeno, calcio, fósforo, magnesio, potasio, azufre, hierro, manganeso, zinc, cobre, oxido de calcio (CaO), oxido de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Oxido de magnesio (MgO) y oxido de potasio.

#### **6.4.6 Evaluación de las características del suelo antes y después de la aplicación del compostaje**

Se tomaron muestras del suelo antes y después de aplicado el producto, las muestras fueron llevadas a los laboratorios de la Universidad de Nariño, para evaluar las propiedades fisicoquímicas y de este modo poder comparar el efecto del compost en las propiedades del suelo. Se usó herramientas como pica y pala previamente lavadas y desinfectadas, se tomó la muestra a 25 o 30 cm de profundidad y se empaco en bolsas con cierre. Las características a evaluar fueron: grado textural, densidad aparente, humedad gravimétrica, porosidad, pH, materia orgánica, fósforo disponible, calcio de cambio, magnesio de cambio, potasio de cambio, hierro disponible, manganeso disponible, cobre disponible, zinc disponible, boro disponible, nitrógeno total, carbono orgánico y azufre disponible.

## CAPITULO VII

### 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 7.1 Recolección de residuos sólidos

Para realizar los cuatro tratamientos propuestos se recolectó y se utilizó 1115 Kg de residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), de los cuales 843,276 kg fueron residuos sólidos provenientes de la crianza de cuyes (*Cavia porcellus* Linnaeus) y los restantes 271,727 Kg fueron residuos sólidos de sacrificio de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), en cada tratamiento se usó una cantidad de residuos específica como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3. Cantidad de residuos sólidos empleados en la elaboración de compostaje.**

<b>Tratamiento</b>	<b>R.granja/R.sacrificio</b>	<b>Residuos granja (Kg)</b>	<b>Residuos sacrificio (Kg)</b>	<b>TOTAL</b>
T1R1	100/0	185,220	0,000	185,220
T1R2	100/0	134,661	0,000	134,661
T2R1	80/20	109,455	28,300	137,755
T2R2	80/20	171,100	42,730	213,830
T3R1	50/50	69,300	69,355	138,655
T3R2	50/50	50,195	50,245	100,440
T4R1	60/40	59,625	39,045	98,670
T4R2	60/40	63,720	42,052	105,772
<b>TOTAL</b>		<b>843,276</b>	<b>271,727</b>	<b>1115,003</b>

#### 7.2 Evaluación de las características fisicoquímicas de los residuos sólidos

Las características fisicoquímicas de las materias primas son el punto de partida para obtener un producto final de buena calidad. Por ello se caracterizaron los residuos sólidos obtenidos en la

cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus). Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4. Características fisicoquímicas de los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus)**

Bromatología - abonos orgánicos					
Características de la muestra:		Visceras de cuy		Residuos de la crianza de cuy	
Parámetro	Unidad de medida	Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca
Humedad	g/100g	84,66		56,15	
Materia seca	g/100g	15,34		43,85	
Nitrógeno	g/100g	1,04	6,81	1,45	3,32
Calcio	g/100g	0,09	0,56	0,53	1,21
Fósforo	g/100g	0,16	1,02	0,61	1,4
Magnesio	g/100g	0,02	0,15	0,22	0,51
Potasio	g/100g	0,21	1,35	0,87	1,98
Azufre	g/100g	0,06	0,39	0,23	0,52
Hierro	mg/kg	41,5	270	444	1012
Manganeso	mg/kg	7,5	48,9	54,7	125
Zinc	mg/kg	14	91,5	201	458
Cobre	mg/kg	1,39	9,06	17,4	39,6
Carbono orgánico	g/100g	6,11	39,9	15,5	35,2

Con base a los resultados obtenidos, se determinó que la alimentación de las pilas de compostaje se realizará por baches debido a la humedad presente en las vísceras de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus) por lo tanto la alimentación de las pilas de compostaje se realizó semanalmente; teniendo en cuenta que la humedad de la pila de compostaje debe mantenerse entre 50 - 60%, la cantidad de agua presente en las vísceras fue un factor que influyó en la cantidad de agua a incorporar en la

pila de compostaje y la frecuencia de volteo, el exceso de humedad en el proceso de compostaje provoca que el agua desaloje el aire y de este modo las bacterias anaeróbicas colonicen la pila de compostaje desplazando a las bacterias aeróbicas.

Las condiciones con las cuales se llevó a cabo los tratamientos, facilitó el manejo de los residuos, el control de plagas y la proliferación de microorganismos que favorecieron el proceso de descomposición controlada de los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus).

### 7.3 Compostaje

#### 7.3.1 Tratamiento 1: 100% residuos de granja

El tiempo de compostaje para este tratamiento fue de aproximadamente 39 días después de la última alimentación de la pila de compostaje (después que la pila de compostaje alcanzó una altura por encima de los 80 cm).

La alimentación de la pila de compostaje se realizó en 3 baches, una vez a la semana, después de este periodo se inició a contar el tiempo de compostaje como se muestra en la tabla 5.

**Tabla 5. Tratamiento 1**

<b>Tratamiento</b>	<b>Bache 1 (kg)</b>	<b>Bache 2 (kg)</b>	<b>Bache 3 (kg)</b>
T1R1	62,57	28,065	94,585
Tipo de residuo	Crianza de cuy	Crianza de cuy	Crianza de cuy
T1R2	30,08	38,056	64,525
Tipo de residuo	Crianza de cuy	Crianza de cuy	Crianza de cuy

Para la primera replica se utilizó 185,22 Kg de residuos sólidos de la producción de cuyes (*Cavia porcellus* Linnaeus), y se obtuvo una producción de 117,49 Kg de compostaje, lo cual representa un rendimiento de 63,4% de peso de la materia prima. Del total de compostaje 59,79 Kg tuvieron un diámetro de partícula < 3mm y los restantes 57,70 Kg tuvieron un diámetro de partícula >3mm.

En la segunda replica se utilizó 134,661 Kg de residuos sólidos procedentes de la crianza de cuyes (*Cavia porcellus* Linnaeus), se obtuvo un rendimiento de 95,4 Kg de compostaje que corresponde al 70,8% del peso de la materia prima. De los cuales 57,10 Kg presentan un tamaño de partícula < 3mm y 38,30 Kg tuvieron un diámetro de partícula > 3 mm.

### 7.3.2 Tratamiento 2: 80% residuos de granja y 20% residuos sacrificio

En el tratamiento 2, el tiempo de compostaje obteniendo fue de aproximadamente 33,5 días después de la última alimentación de la pila de compostaje (después que la pila de compostaje alcanzó una altura por encima de los 80 cm).

La alimentación de la pila de compostaje se realizó una vez a la semana; la primera repetición en 2 baches y la segunda repetición en 3 baches, después de este periodo se inició a contar el tiempo de compostaje como se observa en la tabla 6.

**Tabla 6. Tratamiento 2**

Tratamiento	Bache 1 (kg)		Bache 2 (kg)		Bache 3 (kg)	
	Crianza	Sacrificio	Crianza	Sacrificio	Crianza	Sacrificio
T2R2	49,555		59,90	28,30		
Tipo de residuo	Crianza	Sacrificio	Crianza	Sacrificio	Crianza	Sacrificio
T2R2	74,1			7,48	97,00	35,25
Tipo de residuo	Crianza	Sacrificio	Crianza	Sacrificio	Crianza	Sacrificio

En la primera replica se utilizó 137,755 Kg de residuos sólidos de la cadena productiva de cuyes (*Cavia porcellus* Linnaeus), y se obtuvo una producción de 93,4 Kg de compostaje, lo cual representa un rendimiento de 67,8% de peso de la materia prima. Del total de compostaje 67,90 Kg tuvieron un diámetro de partícula < 3mm y los restantes 25,50 Kg tuvieron un diámetro de partícula >3mm.

En la segunda replica se utilizó 213,83 Kg de residuos sólidos procedentes de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), se obtuvo un rendimiento de 134,76 Kg de compostaje que corresponde al 63,04% del peso de la materia prima, de los cuales 75,43 Kg presentan un tamaño de partícula < 3mm y 59,33 Kg tuvieron un diámetro de partícula > 3 mm.

### 7.3.3 Tratamiento 3: 50% residuos de granja y 50% residuos de sacrificio

En el tratamiento 3 se obtuvo un compostaje de 72 días desde la primera alimentación y 24 días después de la última alimentación de la pila de compostaje (cuando la pila de compostaje alcanzó una altura por encima de los 80 cm).

La alimentación de la pila de compostaje se realizó una vez a la semana; por un periodo de 6 semanas como se muestra en la tabla 7.

**Tabla 7. Tratamiento 3**

Tratamiento	Bache1 (Kg)		Bache2(Kg)		Bache3(Kg)		Bache4 (Kg)		Bache5(Kg)		Bache6 (Kg)	
	T3R1	64,84		4,46	13,75		6,09		12,98		11,37	
Tipo de residuo	Cri	Sac	Cri	Sac	Cri	Sac	Cri	Sac	Cri	Sac	Cri	Sac
T3R2	38,845		7,33	12,15		9,4		13,575		15,12	4,02	
Tipo de residuo	Cri	Sac	Cri	Sac	Cri	Sac	Cri	Sac	Cri	Sac	Cri	Sac

En este tratamiento se utilizó 138,655 Kg de residuos sólidos de la cadena productiva de cuyes (*Cavia porcellus* Linnaeus), y se obtuvo una producción de 89,35 Kg de compostaje, lo cual representa un rendimiento de 64,44% de peso de la materia prima. Del total de compostaje 52,20 Kg tuvieron un diámetro de partícula < 3mm y los restantes 37,15 Kg tuvieron un diámetro de partícula >3mm.

En la segunda replica se utilizó 100,44 Kg de residuos sólidos procedentes de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), se obtuvo un rendimiento de 66,99 Kg de compostaje que corresponde al 66,70% del peso de la materia prima. De los cuales 38,59 Kg presentan un tamaño de partícula < 3mm y 28,40 Kg tuvieron un diámetro de partícula > 3 mm.

#### 7.3.4 Tratamiento 4: 60% residuos de granja y 40% residuos de sacrificio

En el tratamiento 4 se obtuvo un tiempo de compostaje de 62 días desde la primera alimentación y 33 días después de la última alimentación de la pila de compostaje (cuando la pila de compostaje alcanzó una altura por encima de los 80 cm).

La alimentación de la pila de compostaje se realizó una vez a la semana; por un periodo de 3 semanas como se muestra en la tabla 8.

**Tabla 8. Tratamiento 4**

Tratamiento	Bache1 (Kg)		Bache2(Kg)		Bache3(Kg)	
T4R1	59,625	3,935		21,11		14,00
Tipo de residuo	Crianza	Sacrificio	Crianza	Sacrificio	Crianza	Sacrificio
T4R2	39,295	10,12	24,425			31,392
Tipo de residuo	Crianza	Sacrificio	Crianza	Sacrificio	Crianza	Sacrificio

En este tratamiento se utilizó 98,67 Kg de residuos sólidos de la cadena productiva de cuyes (*Cavia porcellus* Linnaeus), y se obtuvo una producción de 68,21 Kg de compostaje, lo cual representa un rendimiento de 69,13% de peso de la materia prima. Del total de compostaje 38,18 Kg tuvieron un diámetro de partícula < 3mm y los restantes 30,03 Kg tuvieron un diámetro de partícula >3mm.



En la segunda replica se utilizó 105,68 Kg de residuos sólidos procedentes de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), se obtuvo un rendimiento de 74,10 Kg de compostaje que corresponde al 70,11% del peso de la materia prima. De los cuales 38,50 Kg presentan un tamaño de partícula < 3mm y 35,60 Kg tuvieron un diámetro de partícula > 3 mm.

### 7.3.5 Parámetros que afectan el proceso de compostaje

#### 7.3.5.1 Humedad

El agua es necesaria para facilitar que los nutrientes estén disponibles para los microorganismos y para acelerar sus procesos reproductivos, metabólicos y asimilativos. Si el contenido de humedad se reduce a menos del 8% la actividad microbiana se detiene, en el caso contrario si el contenido de humedad es alto, evita que el oxígeno se encuentre disponible para que los microorganismos digieran los residuos y de este modo genera mal olor (Navarro, 1999). Para que el proceso se dé en condiciones óptimas, los valores deben estar comprendidos entre 40 a 60% de humedad (Mullo Guaminga, 2012). Una deficiencia de humedad en las pilas, provoca una sensible disminución de la actividad microbiana, lo que produce que la fermentación se detenga y descienda la temperatura (Machado, 2015).

Para alcanzar una humedad entre 40 y 60% fue necesario adicionar agua con una frecuencia de acuerdo a las condiciones de cada tratamiento, ver tabla 9.

**Tabla 9. Frecuencia de adición de agua a la pila de compostaje.**

Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Se adicionó agua pasando un día.	Inicialmente se adicionó agua cada 3 días, debido que los residuos procedentes del sacrificio del cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus), contienen grandes cantidades de líquido.		
	Una vez consumidos los líquidos presentes en los residuos sólidos de sacrificio, se inicia a adicionar agua día de por medio.		

Para adicionar agua se utilizó una manguera con un mecanismo de aspersión, con el objetivo que el pila absorba la mayor cantidad de agua posible. Con el objetivo de garantizar que el porcentaje de humedad sea el adecuado se tomó muestras de la pila de compostaje y se la compactó manualmente, de modo que si está entre los rangos de humedad óptima, esta se queda compacta sin escurrir agua, al contrario si no se mantiene unido, es un indicador que necesita mayor cantidad de agua.

En el tratamiento 1 y 2 fue necesario adicionar mayor cantidad de agua al iniciar el proceso de compostaje, debido que la cantidad de residuos sólidos húmedos en el tratamiento 1 es nula y en el tratamiento 2 es del 20%. En el tratamiento 3 y 4, inicialmente se adicionó poca cantidad de agua, hasta que la humedad presente en los residuos sólidos del sacrificio o vísceras

#### **7.3.5.2 Aireación**

El compostaje es un proceso desarrollado típicamente por microorganismos con metabolismo aeróbico. Por esta razón es indispensable permitir el acceso de oxígeno libre a todas las partes de la pila de compostaje, así se facilita la proliferación y actividad de los microorganismos (Casco & Bernat, 2008). Una aireación insuficiente provoca una sustitución de microorganismos aeróbicos por anaeróbicos, lo que produce una disminución en la velocidad de descomposición, la aparición de sulfuro de hidrógenos y metano, productos que provocan malos olores. Al contrario el exceso de ventilación genera un enfriamiento y una alta desecación con la consiguiente reducción de la actividad metabólica de los microorganismos (Márquez, Blanco & Capitan, 2008).

Para realizar el proceso de aireación, y generar condiciones óptimas de oxígeno en los diferentes tratamientos, se instaló una chimenea, la cual se realizó con un listón de madera de 10 cm x 10 cm, el cual se lo dejó por un periodo de 2 días y posteriormente se retiró para permitir la circulación de aire al interior de la pila de compostaje; además se volteó las pilas de compostaje con una frecuencia determinada teniendo en cuenta el tratamiento.

**Figura 7. Chimenea de aireación en la pila de compostaje.**



Fuente: Esta investigación, 2015

En la tabla 10 se muestra las especificaciones para cada tratamiento.

**Tabla 10. Aireación en el proceso de compostaje de residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus)**

Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Se volteó la pila de compostaje cada 8 días.	Inicialmente se volteó la pila de compostaje cada 3 días, debido a la incorporación de residuos provenientes del sacrificio.		
	Una vez consumido los líquidos de los residuos de sacrificio de cuy ( <i>Cavia porcellus</i> Linnaeus), se volteó la pila de compostaje cada 8 días.		

### 7.3.5.3 pH

El pH tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos (Ayala, 2014). El pH del compostaje depende de las materias primas y varía en cada fase del proceso entre 4.5 a 8.5; en las primeras etapas de la descomposición controlada de materia orgánica, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos; seguido en la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH aumenta y el medio se alcaliniza, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro (Román & Martínez, 2013).

En los tratamientos que se llevó a cabo se observó claramente los postulados descritos anteriormente, inicialmente las pilas de compostaje presentan un pH de entre 6 y 7, en la segunda fase se observa un alcalinización del medio, generando un pH de 8, lo cual según Chicaiza (2015) es un síntoma de una buena descomposición; finalmente en la fase de maduración el pH se neutraliza, siendo este junto a la temperatura un indicador de que el proceso culminó.

En la tabla 11 se evidencia la variación del pH, el cual fue medido semanalmente en medio acuoso.

**Tabla 11. pH medido en medio acuoso de compostaje de los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus).**

Tratamiento 1 r1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH	7	7	7	8	8	8	7	7	7

Tratamiento 1 r2	1	2	3	4	5	6	7	8
pH	7	7	7	8	8	8	7	7

Tratamiento 2 r1	1	2	3	4	5	6	7	8
pH	7	7	7	8	8	8	7	7

Tratamiento 2 r2	1	2	3	4	5	6	7	8
pH	7	6	7	8	8	8	7	7

Tratamiento 3 r1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH	8	7	8	8	8	7	8	8	7

Tratamiento 3 r2	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH	8	7	8	8	8	7	8	7	7

Tratamiento 4 r1	1	2	3	4	5	6	7
pH	7	6	6	8	8	7	7

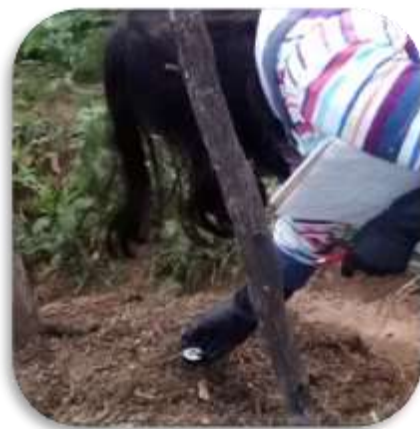
Tratamiento 4 r2	1	2	3	4	5	6	7
pH	7	7	7	8	8	7	7

#### 7.3.5.4 Temperatura

La temperatura es uno de los factores más importantes que influyen en la velocidad de las reacciones bioquímicas (Defrieri, Jimenez, Efron, & Palma, 2005). Así el compostaje es un proceso aerobio que combina fases mesófilas y termófila; de este modo se consigue la degradación de los residuos orgánicos y su transformación a un producto estable (Yamiris & Gómez., 2004).

El desarrollo del compostaje presenta distintas temperaturas las cuales se reflejan en los diferentes estados de degradación; la primera fase de latencia, es el tiempo para que los microorganismos se adapten y colonicen el sistema a temperatura ambiente entre 15 - 25°C; la segunda fase de crecimiento o mesófila, es donde se genera el arranque biológico, que va desde los 25 °C hasta los 45 °C; posteriormente se presenta una tercera fase, la cual se denomina termófila, es aquí donde se alcanza el máximo nivel de temperatura y de este modo la destrucción de microorganismos patógenos, en esta fase se alcanza temperaturas entre 45°C y 70°C; y finalmente la cuarta fase de maduración, la temperatura decrece hasta la temperatura ambiente y es cuando se estabiliza el proceso (Nieto, 2014).

**Figura 8. Medición de la temperatura a la pila de compostaje.**



Fuente: Esta investigación, 2015

### **Tratamiento 1: 100% residuos de granja**

En este tratamiento en la primera repetición se observan las cuatro fases de desarrollo del proceso de compostaje; la fase de latencia se presentó en el primer día, posteriormente a esto se observó la fase mesófila por un periodo de tiempo de 14 días, en esta etapa la temperatura tuvo una variación entre 29,3°C y 47,3°C, permaneciendo la mayor parte del tiempo entre 31°C y 37°C; en el día 16 inició la fase termófila la cual tuvo una duración de 23 días, y donde la temperatura varió entre 45,5°C y 64,8°C, finalmente la fase de maduración se alcanza cuando la pila de compostaje disminuye su temperatura a 42,4°C y después de 16 días alcanza los 22,7°C.

En la segunda replica, la fase de latencia se presentó el primer día, posterior a eso se observó la fase mesófila en la cual se obtuvo una variación de temperatura entre 30,2 °C y 47,2°C por un periodo de tiempo de 22 días, es importante resaltar que en esta etapa se presentan unos picos termófilos; la fase termófila inició con una temperatura de 58,7°, esta fase duró 9 días y tuvo una variación de temperatura entre 49,9°C y 58,7°C; finalmente la fase de maduración se realizó por un periodo de 19 días, alcanzando una temperatura de 24,3°C como se muestra en la tabla 12.

**Tabla 12. Temperatura tratamiento 1 (100% residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus))**

T1R1			
FECHA	DÍAS	TEMPERATURA	pH
07-abr-15	1	25	7
08-abr-15	2	38	
09-abr-15	3	29,3	
10-abr-15	4	36,8	
11-abr-15	5	40,5	
12-abr-15	6	47,3	
13-abr-15	7	46,6	
14-abr-15	8	45,5	7
15-abr-15	9	43,4	
16-abr-15	10	46,1	
17-abr-15	11	41,2	
18-abr-15	12	37,9	
19-abr-15	13	31,2	
20-abr-15	14	31,9	
21-abr-15	15	31,6	7
22-abr-15	16	60,4	
23-abr-15	17	64,8	
24-abr-15	18	50,5	
25-abr-15	19	54,5	
26-abr-15	20	37,8	
27-abr-15	21	36	
28-abr-15	22	35,8	8
29-abr-15	23	50	
30-abr-15	24	58	

T1R2			
FECHA	DÍAS	TEMPERATURA	pH
06-may-15	1	25,8	7
07-may-15	2	50,5	
08-may-15	3	47,2	
09-may-15	4	55,6	
10-may-15	5	50,3	
11-may-15	6	33,7	7
12-may-15	7	53,1	
13-may-15	8	43,2	
14-may-15	9	50,5	
15-may-15	10	36,4	
16-may-15	11	40,3	
17-may-15	12	30,2	7
18-may-15	13	58,6	
19-may-15	14	59,2	
20-may-15	15	43	
21-may-15	16	42	
22-may-15	17	44,1	
23-may-15	18	36,4	
24-may-15	19	43,2	
25-may-15	20	35,7	
26-may-15	21	33,5	8
27-may-15	22	44,8	
28-may-15	23	58,7	
29-may-15	24	55,4	

01-may-15	25	52,5	
02-may-15	26	53,6	
03-may-15	27	51,1	
04-may-15	28	48,3	
05-may-15	29	45,7	7
06-may-15	30	50,8	
07-may-15	31	55,8	
08-may-15	32	52,7	
09-may-15	33	47,7	
10-may-15	34	52,9	
11-may-15	35	45,4	
12-may-15	36	43,3	8
13-may-15	37	36,4	
14-may-15	38	46,5	
15-may-15	39	46,8	
16-may-15	40	42,4	
17-may-15	41	36,5	
18-may-15	42	31,9	
19-may-15	43	36,9	7
20-may-15	44	41,8	
21-may-15	45	36,2	
22-may-15	46	34,2	
23-may-15	47	29,7	
24-may-15	48	31,5	
25-may-15	49	25,1	
26-may-15	50	24,6	7
27-may-15	51	25,9	
28-may-15	52	28,4	
29-may-15	53	28,4	

30-may-15	25	53,2	
31-may-15	26	50,1	
01-jun-15	27	49,9	
02-jun-15	28	43,5	
03-jun-15	29	41,3	8
04-jun-15	30	52,8	
05-jun-15	31	53,9	
06-jun-15	32	42,4	
07-jun-15	33	41	
08-jun-15	34	32,8	
09-jun-15	35	32,3	
10-jun-15	36	37,6	8
11-jun-15	37	38,8	
12-jun-15	38	37,6	
13-jun-15	39	31,8	
14-jun-15	40	34,8	
15-jun-15	41	30,4	
16-jun-15	42	29,1	
17-jun-15	43	31,8	7
18-jun-15	44	25,5	
19-jun-15	45	23,9	
20-jun-15	46	25,2	
21-jun-15	47	25,7	
22-jun-15	48	26,5	
23-jun-15	49	25,1	
24-jun-15	50	24,3	7



30-may-15	54	26,7	
31-may-15	55	22,7	7

Fase de latencia
  Fase mesófila
  Fase termófila
  Maduración

### Tratamiento 2: 80% residuos de granja y 20% residuos sacrificio

En este tratamiento en la primera repetición la fase de latencia se presenta en el primer día, posteriormente a esto se observa la fase termófila por un periodo de tiempo de 21 días, en esta etapa la temperatura varía entre 45°C y 60,7°C; en el día 23 inició la fase de maduración la cual tuvo una duración de 24 días, en este periodo de tiempo alcanzo una temperatura de 22,6°C.

En la segunda replica, no se observa fase de latencia, inicialmente se presentó la fase mesófila por un periodo de tiempo de un día, posteriormente se observó la fase termófila con una variación de temperatura entre 46°C y 65°C, esta fase tuvo una duración de 21 días; seguido se observó la fase maduración la cual tuvo una duración de 25 días y finalizó cuando la pila de compostaje alcanzó una temperatura de 25,1°C.

**Tabla 13. Temperatura tratamiento 2 (80% residuos sólidos de la crianza y 20% residuos sólidos del sacrificio de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus))**

FECHA	DÍAS	TEMPERATURA	pH
28-abr-15	1	28,6	7
29-abr-15	2	57,2	
30-abr-15	3	59,3	
01-may-15	4	54,3	
02-may-15	5	58,7	
03-may-15	6	45	
04-may-15	7	39	

FECHA	DÍAS	TEMPERATURA	pH
24-may-15	1	32,4	7
25-may-15	2	65	
26-may-15	3	58,9	
27-may-15	4	54,1	
28-may-15	5	48,7	
29-may-15	6	46	
30-may-15	7	34,7	6

05-may-15	8	46,2	
06-may-15	9	32,7	6 -7
07-may-15	10	57,4	
08-may-15	11	57,9	
09-may-15	12	56,2	
10-may-15	13	57,3	
11-may-15	14	52,5	7
12-may-15	15	52,8	
13-may-15	16	43,4	
14-may-15	17	60,7	
15-may-15	18	58,7	
16-may-15	19	58,1	
17-may-15	20	51,2	
18-may-15	21	47,8	
19-may-15	22	55,1	8
20-may-15	23	42,3	
21-may-15	24	33,5	
22-may-15	25	30	
23-may-15	26	27,6	
24-may-15	27	29,2	8
25-may-15	28	35,5	
26-may-15	29	43,8	8
27-may-15	30	34,2	
28-may-15	31	46,7	
29-may-15	32	39,9	
30-may-15	33	35,4	
31-may-15	34	25,8	
01-jun-15	35	27,7	
02-jun-15	36	24,1	

31-may-15	8	50,5	
01-jun-15	9	55,1	
02-jun-15	10	48	
03-jun-15	11	43,3	
04-jun-15	12	53,8	
05-jun-15	13	60,3	
06-jun-15	14	57,2	6 -7
07-jun-15	15	62	
08-jun-15	16	46,4	
09-jun-15	17	58	
10-jun-15	18	62,2	8
11-jun-15	19	58,6	
12-jun-15	20	53,6	
13-jun-15	21	53,7	
14-jun-15	22	46,5	
15-jun-15	23	39,4	
16-jun-15	24	33,1	
17-jun-15	25	33	8
18-jun-15	26	36,3	
19-jun-15	27	26,5	
20-jun-15	28	38,4	
21-jun-15	29	29,2	
22-jun-15	30	22,2	
23-jun-15	31	26,5	
24-jun-15	32	39,5	8
25-jun-15	33	39,2	
26-jun-15	34	33,3	
27-jun-15	35	27	
28-jun-15	36	22,6	

03-jun-15	37	24,4	7
04-jun-15	38	23,3	
05-jun-15	39	23,9	
06-jun-15	40	24,6	
07-jun-15	41	26,2	
08-jun-15	42	23,4	
09-jun-15	43	22,6	
10-jun-15	44	23,8	7

29-jun-15	37	26,7	
30-jun-15	38	24,3	
01-jul-15	39	29	7
02-jul-15	40	27,9	
03-jul-15	41	31,2	
04-jul-15	42	23,9	
05-jul-15	43	28,7	
06-jul-15	44	23,1	
07-jul-15	45	30,2	
08-jul-15	46	29,2	
09-jul-15	47	25,1	7



### Tratamiento 3: 50% residuos de granja y 50% residuos de sacrificio

En este tratamiento, no se observó la fase de latencia, el proceso de descomposición controlada se inició con la fase mesófila con una temperatura inicial de 33,4°C, la cual tuvo una duración de 1 día, posteriormente se observó la fase termófila, la cual se presenta por periodo de 6 días, seguido de eso la temperatura descendió presentando una variación de temperatura entre los 45°C y 25°C, en este periodo de tiempo se presentaron picos termófilos con una duración de aproximadamente 3 a 5 días, periodos muy cortos lo cual afectó la calidad microbiológica del compostaje.

En la segunda replica, no se observó la fase de latencia, inicialmente se presentó la fase mesófila con una variación de temperatura entre 25°C y 46,8°C, esta fase se presentó por un periodo de tiempo de 15 días, posteriormente se observó la fase termófila con una variación de temperatura entre 59,6°C y 43,4°C, esta fase tuvo una duración de 7 días; seguido se observó la fase de maduración la cual tuvo una duración de 50 días; el proceso finalizó cuando la pila de compostaje alcanzó una temperatura de 25,1°C.

**Tabla 14. Temperatura tratamiento 3 (50% residuos sólidos de la crianza y 50% residuos sólidos del sacrificio de cuy (Cavia porcellus Linnaeus))**

<b>T3R1</b>			
<b>FECHA</b>	<b>DÍAS</b>	<b>TEMPERATUR</b>	<b>pH</b>
12-jun-15	1	33,4	8
13-jun-15	2	60,4	
14-jun-15	3	62,4	
15-jun-15	4	59,4	
16-jun-15	5	52,7	
17-jun-15	6	44	
18-jun-15	7	45	
19-jun-15	8	34,4	
20-jun-15	9	33	
21-jun-15	10	28,9	
22-jun-15	11	24,9	
23-jun-15	12	23,9	
24-jun-15	13	26,7	6 -7
25-jun-15	14	44,7	
26-jun-15	15	48,6	
27-jun-15	16	59,4	
28-jun-15	17	51,5	
29-jun-15	18	49,9	
30-jun-15	19	33,6	
01-jul-15	20	56,4	8
02-jul-15	21	29,1	
03-jul-15	22	35	
04-jul-15	23	26,3	
05-jul-15	24	29,5	

<b>T3R2</b>			
<b>FECHA</b>	<b>DÍAS</b>	<b>TEMPERATUR</b>	<b>pH</b>
12-jun-15	1	27,6	8
13-jun-15	2	57,1	
14-jun-15	3	46,8	
15-jun-15	4	37,5	
16-jun-15	5	34,3	
17-jun-15	6	29,3	
18-jun-15	7	26,8	
19-jun-15	8	25,8	
20-jun-15	9	25	
21-jun-15	10	25,3	
22-jun-15	11	22,9	
23-jun-15	12	20,7	
24-jun-15	13	26	6 -7
25-jun-15	14	37,7	
26-jun-15	15	41,2	
27-jun-15	16	57,6	
28-jun-15	17	51,1	
29-jun-15	18	49,9	
30-jun-15	19	43,4	
01-jul-15	20	59,6	8
02-jul-15	21	53,3	
03-jul-15	22	49	
04-jul-15	23	30	
05-jul-15	24	33,4	

06-jul-15	25	22,2	
07-jul-15	26	27,9	
08-jul-15	27	27,1	8
09-jul-15	28	34,2	
10-jul-15	29	34,4	
11-jul-15	30	31,1	
12-jul-15	31	32,8	
13-jul-15	32	26,8	
14-jul-15	33	43,8	
15-jul-15	34	40	8
16-jul-15	35	48,4	
17-jul-15	36	50,3	
18-jul-15	37	45,2	
19-jul-15	38	63,9	
20-jul-15	39	56,8	
21-jul-15	40	50	
22-jul-15	41	42,8	
23-jul-15	42	39,3	
24-jul-15	43	35,6	
25-jul-15	44	24	
26-jul-15	45	28,6	
27-jul-15	46	32,6	
28-jul-15	47	31,9	
29-jul-15	48	32,6	7
30-jul-15	49	37,3	
31-jul-15	50	37,9	
01-ago-15	51	42,1	
02-ago-15	52	42,5	
03-ago-15	53	36,4	

06-jul-15	25	21,1	
07-jul-15	26	28,5	
08-jul-15	27	27,2	8
09-jul-15	28	33,8	
10-jul-15	29	28,3	
11-jul-15	30	27,9	
12-jul-15	31	49,1	
13-jul-15	32	42,8	
14-jul-15	33	44,6	
15-jul-15	34	38,1	8
16-jul-15	35	48,4	
17-jul-15	36	32,8	
18-jul-15	37	59	
19-jul-15	38	61,4	
20-jul-15	39	50,9	
21-jul-15	40	43,5	
22-jul-15	41	46,2	
23-jul-15	42	38	
24-jul-15	43	40,7	
25-jul-15	44	21,1	
26-jul-15	45	31,9	
27-jul-15	46	35,3	
28-jul-15	47	34,1	
29-jul-15	48	30,8	7
30-jul-15	49	45,2	
31-jul-15	50	30,9	
01-ago-15	51	29,7	
02-ago-15	52	34,7	
03-ago-15	53	25	

04-ago-15	54	51,8	
05-ago-15	55	53,5	
06-ago-15	56	47,8	
07-ago-15	57	45,5	
08-ago-15	58	40,8	
09-ago-15	59	37,2	8
10-ago-15	60	35,4	
11-ago-15	61	29,1	
12-ago-15	62	31,8	
13-ago-15	63	35,4	
14-ago-15	64	27,7	
15-ago-15	65	26,6	
16-ago-15	66	32,4	8
17-ago-15	67	36,2	
18-ago-15	68	37,7	
19-ago-15	69	35,4	
20-ago-15	70	34,6	
21-ago-15	71	26,7	
22-ago-15	72	27,3	7

04-ago-15	54	40,7	
05-ago-15	55	42	
06-ago-15	56	37	
07-ago-15	57	27,4	
08-ago-15	58	28,6	
09-ago-15	59	28,9	8
10-ago-15	60	24	
11-ago-15	61	22,7	
12-ago-15	62	25,5	
13-ago-15	63	27,8	
14-ago-15	64	24,2	
15-ago-15	65	22,7	
16-ago-15	66	27	7
17-ago-15	67	28,2	
18-ago-15	68	29,6	
19-ago-15	69	30,7	
20-ago-15	70	30,1	
21-ago-15	71	28,5	
22-ago-15	72	25,1	7

 Fase de latencia     
  Fase mesófila     
  Fase termófila     
  Maduración

#### Tratamiento 4: 60% residuos de granja y 40% residuos de sacrificio

En este tratamiento, se observan las cuatro fases de desarrollo del proceso de compostaje; la fase de latencia se presentó en el primer día, posteriormente a esto se observó la fase mesófila por un periodo de duración de 9 días, en esta etapa la temperatura tuvo una variación entre 22,9°C y 48,2°C; en el día 11 inició la fase termófila la cual tuvo una duración de 24 días, la temperatura varió entre

40°C y 65,2°C, finalmente la fase de maduración se alcanza cuando la pila de compostaje disminuye su temperatura a 41,8°C y después de 28 días alcanza 28,6°C.

En la segunda replica, la fase de latencia se presentó el primer día, posterior a eso se observó la fase mesófila en la cual se obtuvo una variación de temperatura entre 23,3 °C y 48°C en un periodo de tiempo de 24 días; la fase termófila inició con una temperatura de 49,7° y alcanzó una temperatura máxima de 61, 6°C, esta fase duró 19 días; finalmente la fase de maduración se realizó por un periodo de 18 días, alcanzando una temperatura de 25,3°C.

**Tabla 15. Temperatura tratamiento 4 (60% residuos sólidos de la crianza y 40% residuos sólidos del sacrificio de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus))**

<b>T4R1</b>			
<b>FECHA</b>	<b>DÍAS</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>pH</b>
29-jul-15	1	22,8	8
30-jul-15	2	54,2	
31-jul-15	3	48,2	
01-ago-15	4	44,5	
02-ago-15	5	46,5	
03-ago-15	6	27,5	
04-ago-15	7	29,5	
05-ago-15	8	32,1	6
06-ago-15	9	22,9	
07-ago-15	10	35,6	
08-ago-15	11	51,4	
09-ago-15	12	65,2	
10-ago-15	13	56,9	
11-ago-15	14	50,1	
12-ago-15	15	40,7	

<b>T4R2</b>			
<b>FECHA</b>	<b>DÍAS</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>pH</b>
05-ago-15	1	23,4	7 – 6
06-ago-15	2	27	
07-ago-15	3	28,3	
08-ago-15	4	49,6	
09-ago-15	5	48,8	
10-ago-15	6	33,7	
11-ago-15	7	26,6	
12-ago-15	8	41,6	
13-ago-15	9	32,6	
14-ago-15	10	33,9	
15-ago-15	11	23,3	
16-ago-15	12	30,2	
17-ago-15	13	31,1	
18-ago-15	14	32,2	
19-ago-15	15	38,9	





13-ago-15	16	43,4	
14-ago-15	17	32,4	
15-ago-15	18	34,9	
16-ago-15	19	40,4	
17-ago-15	20	50,8	
18-ago-15	21	60,2	
19-ago-15	22	55,3	
20-ago-15	23	51,6	
21-ago-15	24	53,9	
22-ago-15	25	56	
23-ago-15	26	52,3	
24-ago-15	27	35	
25-ago-15	28	29,5	
26-ago-15	29	28,8	6
27-ago-15	30	44,4	
28-ago-15	31	53,6	
29-ago-15	32	49,5	
30-ago-15	33	50,5	
31-ago-15	34	47,6	
01-sep-15	35	41,8	
02-sep-15	36	47,8	8
03-sep-15	37	41,4	
04-sep-15	38	33,5	
05-sep-15	39	35,6	
06-sep-15	40	38,1	
07-sep-15	41	37,2	
08-sep-15	42	29,4	
09-sep-15	43	34,1	8
10-sep-15	44	35,7	

20-ago-15	16	41,6	
21-ago-15	17	43,7	
22-ago-15	18	48	
23-ago-15	19	38,7	
24-ago-15	20	29,5	
25-ago-15	21	33,3	
26-ago-15	22	33,2	7 – 6
27-ago-15	23	38,3	
28-ago-15	24	20,3	
29-ago-15	25	21,3	
30-ago-15	26	49,7	
31-ago-15	27	53,7	
01-sep-15	28	58,1	
02-sep-15	29	53,1	7
03-sep-15	30	61,6	
04-sep-15	31	59,5	
05-sep-15	32	58,9	
06-sep-15	33	58,4	
07-sep-15	34	50,3	
08-sep-15	35	54,2	
09-sep-15	36	46,6	8
10-sep-15	37	46,8	
11-sep-15	38	50,4	
12-sep-15	39	50,3	
13-sep-15	40	50,1	
14-sep-15	41	48,4	
15-sep-15	42	46,6	
16-sep-15	43	49,5	8
17-sep-15	44	48,2	



11-sep-15	45	22,3	
12-sep-15	46	28,3	
13-sep-15	47	26,4	
14-sep-15	48	26,3	
15-sep-15	49	27,1	
16-sep-15	50	29,6	7
17-sep-15	51	33,7	
18-sep-15	52	28	
19-sep-15	53	25,1	
20-sep-15	54	33,5	
21-sep-15	55	30,2	
22-sep-15	56	28	
23-sep-15	57	25,3	
24-sep-15	58	32,6	
25-sep-15	59	24,9	
26-sep-15	60	24,1	
27-sep-15	61	26,4	
28-sep-15	62	27,6	7

18-sep-15	45	33,9	
19-sep-15	46	28,3	
20-sep-15	47	47,4	
21-sep-15	48	41,5	
22-sep-15	49	34,4	
23-sep-15	50	30,5	
24-sep-15	51	32,5	
25-sep-15	52	28,4	
26-sep-15	53	26,5	
27-sep-15	54	26,6	
28-sep-15	55	26,7	7
29-sep-15	56	26,4	
30-sep-15	57	26,1	
01-oct-15	58	26,6	
02-oct-15	59	27	
03-oct-15	60	24,9	
04-oct-15	61	29,7	
05-oct-15	62	25,3	7

 Fase de latencia    
  Fase mesófila    
  Fase termófila    
  Maduración

### 7.3.6 Calidad microbiológica

Cuando los materiales con que se elaboran compostas y vermicompostas son adecuadamente procesados y cumplen la etapa termófila, se reducen notablemente los coliformes totales y fecales, siendo la determinación de estos una forma de corroborar la calidad microbiológica de los abonos orgánicos (Corlay & Hernandez, 2012).

Una vez se obtiene el compost de los 4 tratamientos se toma una muestra de cada uno y se lleva a laboratorios de microbiología de la Universidad de Nariño para realizar análisis para *Coliformes totales* y *Salmonella*, parámetros establecidos en la NTC 5167 “*Productos para la industria agrícola: Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo*”; donde se establece el nivel máximo de patógenos, el cual para *Salmonella* es Ausente por cada 25 gr de producto final; y para *Coliformes totales* < 1000 No. Bacterias/gr o UFC/gr.

Los resultados obtenidos en esta etapa se encuentran consignados en tabla 16:

**Tabla 16. Calidad microbiológica del compostaje obtenido a partir de residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus).**

<b>Microbiología - abonos orgánicos</b>			
<b>Características de la muestra: T1 - 100% residuos de granja</b>			
Parámetro	Unidad de media		NTC 5167
Coliformes totales	No. Bacterias/g	93	<1000
Salmonella	Positivo/negativo	Negativo	ausente

<b>Microbiología - abonos orgánicos</b>			
<b>Características de la muestra: T2 - 80% residuos de granja, 20% residuos de sacrificio</b>			
Parámetro	Unidad de media		NTC 5167
Coliformes totales	No. Bacterias/g	>2400	<1000
Salmonella	Positivo/negativo	Negativo	Ausente

<b>Microbiología - abonos orgánicos</b>			
<b>Características de la muestra: T3 - 50% residuos de granja, 50% residuos de sacrificio</b>			
Parámetro	Unidad de media		NTC 5167
Coliformes totales	No. Bacterias/g	>2400	<1000
Salmonella	Positivo/negativo	Negativo	ausente

<b>Microbiología - abonos orgánicos</b>			
<b>Características de la muestra: T4 - 60% residuos de granja, 40% residuos de sacrificio</b>			
Parámetro	Unidad de media		NTC 5167
Coliformes totales	No. Bacterias/g	240	<1000
Salmonella	Positivo/negativo	Negativo	ausente

Teniendo en cuenta el proceso térmico que se llevó a cabo en la descomposición controlada de residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), se evidencia que un adecuado proceso térmico es indispensable para reducir la cantidad de microorganismos patógenos, esto se puede evidenciar en el tratamiento 1 y 4 donde las fases de latencia, mesófila, termófila y maduración se observaron claramente; además el proceso de higienización el cual se lleva a cabo en la fase termófila, cuando la pila de compostaje mantiene temperaturas superiores a los 45°C por un intervalo de tiempo determinado (Figueredo, 2010), se llevó a cabo con una intensidad y duración adecuada; como resultado el recuento de coliformes totales y salmonella cumplieron con la NTC 5167; a diferencia de estos, el tratamiento 2 y 3 no están conforme a los máximos permitidos de patógenos, estos debido a que su proceso térmico no fue adecuado, no se observó las cuatro fases del estado de degradación de los residuos sólidos y la fase termófila no tuvo la duración e intensidad adecuada.

#### 7.4 Evaluación de la productividad del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*).

Se realizaron 2 aplicaciones de compostaje siguiendo la metodología propuesta, y teniendo en cuenta los resultados obtenidos y registrados en la tabla 17, se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación mediante el método de Tukey a un 5% de nivel de significancia, los resultados obtenidos se encuentran consignados en la tabla 18

**Tabla 17. Rendimiento de cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) tratado con compostaje obtenido de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus)**

Cantidad de fósforo (-) 25 Kg/ha				
	Primera aplicación		Segunda aplicación	
	Peso (Kg)*	Peso Neto(Kg)	Peso (Kg)*	Peso Neto(Kg)
T1	2,070	1,995	3,288	3,213
T2	1,870	1,795	3,560	3,485
TC	1,600	1,525	2,460	2,385
T3	2,380	2,305	4,075	4,000
T4	2,850	2,775	4,580	4,505
T1	2,300	2,225	4,050	3,975
T3	2,190	2,115	3,815	3,740
TC	1,745	1,670	2,240	2,165
T2	2,060	1,985	3,560	3,485
T3	2,200	2,125	3,700	3,625
T4	2,320	2,245	3,430	3,355
T1	1,820	1,745	2,255	2,180
TC	1,410	1,335	2,090	2,015
T4	1,660	1,585	2,320	2,245
T2	2,480	2,405	3,120	3,045

<b>Cantidad de fósforo (+) 50 Kg/ha</b>				
	<b>Primera aplicación</b>		<b>Segunda aplicación</b>	
	<b>Peso (Kg)*</b>	<b>Peso neto (Kg)</b>	<b>Peso (Kg)*</b>	<b>Peso neto (Kg)</b>
T4	2,835	2,760	4,460	4,385
T2	3,350	3,275	5,280	5,205
T1	2,460	2,385	4,370	4,295
TC	2,250	2,175	3,000	2,925
T3	2,400	2,325	4,200	4,125
T2	2,680	2,605	5,400	5,325
T4	2,840	2,765	5,150	5,075
T3	2,735	2,660	5,620	5,545
T1	1,990	1,915	4,100	4,025
TC	1,550	1,475	3,110	3,035
T3	2,435	2,360	4,610	4,535
T2	2,270	2,195	3,820	3,745
TC	1,680	1,605	2,200	2,125
T1	2,225	2,150	3,245	3,170
T4	2,345	2,270	3,815	3,740

\*peso de alfalfa (*Medicago sativa*) + recipiente contenedor

**Tabla 18. Análisis de Varianza para RENDIMIENTO - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:CANT. FÓSFORO	5,97052	1	5,97052	6,34	0,0151
B:TRATAMIENTO	12,8263	4	3,20657	3,40	0,0154
INTERACCIONES					
AB	0,801961	4	0,20049	0,21	0,9302

RESIDUOS	47,118	50	0,942361		
TOTAL (CORREGIDO)	66,7168	59			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Los factores cantidad de fósforo y tratamientos de compostaje (T1, T2, T3, T4, CT) fueron significativos para evaluar la productividad del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*), siendo su p-valor igual a 0,0151 y 0.0154 respectivamente, valores menores que 0.05.

Por lo tanto a los dos factores se les realizó el test de Tukey a 95% de significancia para determinar la diferencia entre los tratamientos aplicados.

#### 7.4.1 Test de Tukey a 95% de significancia – cantidad de fósforo

Para calcular la diferencia honestamente significativa HSD, se realizó un análisis de varianza simple (ANOVA) para el factor cantidad de fósforo y los resultados se encuentran consignados en la tabla 19 y 20.

**Tabla 19. ANOVA para RENDIMIENTO por CANTIDA DE FÓSFORO**

<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	5,97052	1	5,97052	5,70	0,0202
Intra grupos	60,7463	58	1,04735		
Total (Corr.)	66,7168	59			

**Tabla 20. Resumen estadístico para Rendimiento según la cantidad de fósforo aplicado**

<i>Cant. Fósforo</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coeficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>
25	30	2,57493	0,852154	33,0942%	1,335
50	30	3,20583	1,16984	36,4911%	1,475

Total	60	2,89038	1,06339	36,7905%	1,335
-------	----	---------	---------	----------	-------

Para calcular la HSD se utilizó la siguiente ecuación:

$$HSD = q \alpha * \sqrt{\frac{Se^2}{n}}$$

$q\alpha$  = Rango estudentizado de tukey al 95%

$Se^2$  = Estimación de la varianza del error = suma de cuadrados/grados de libertad

n = Muestras de cada nivel del factor

Teniendo en cuenta la suma de cuadrados Intra grupos y los grado de libertad (GI) del ANOVA para cantidad de fósforo, y con ayuda del de la tabla de rango estudentizado de Tukey, se obtuvo el valor de  $q\alpha = 2.83$ ; del mismo modo se calculó la estimación de la varianza del error  $Se^2 = 1.04735$ ; finalmente se calculó  $HSD = 0.5288$

$$HSD = 2,83 * \sqrt{\frac{1.04735}{30}} = 0,5288$$

Para determinar entre cuales tratamientos se presenta la diferencia, se calculó la diferencia entre las medias como se observa en la tabla 21.

**Tabla 21. Diferencia de media de las muestras para cantidad de fósforo aplicado.**

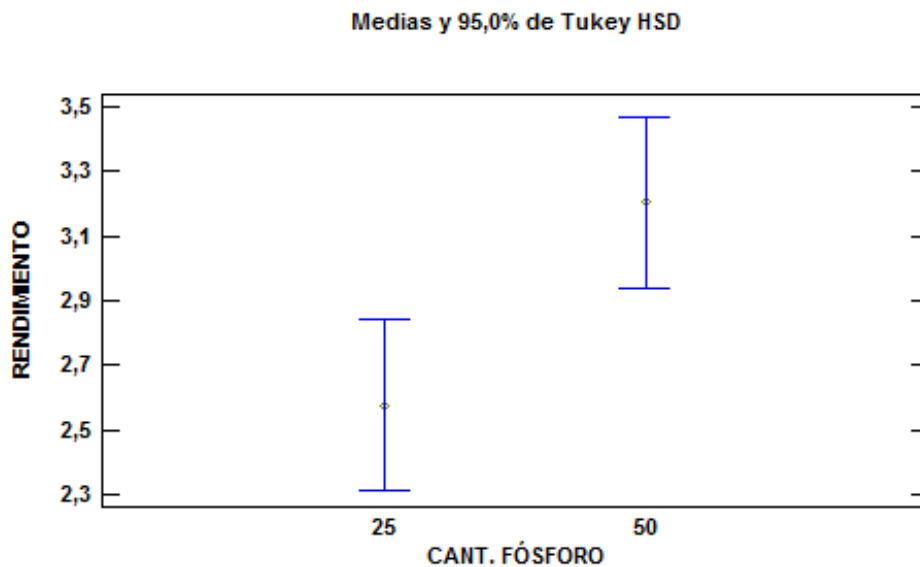
Cantidad de fósforo aplicado			
Tratamiento	Media	Diferencia entre medias	
		25 kg /Ha P	50 kg/Ha P
25 kg /Ha P	2,57493		-0,6309
50 kg/Ha P	3,20583	0,6309	

$$Diferencia de medias = 3,20583 - 2,57493 = 0,6309$$

Finalmente se comparó el valor obtenido de  $HSD = 0,5288$  con la diferencia de las medias de los rendimientos de cada uno de los tratamientos ( $0,6309$ ), siendo esta mayor que  $HSD$ ; por lo cual se determina que las muestras presentan una diferencia significativa.

El tratamiento en el cual se aplicó  $50\text{Kg}/\text{Ha}$  de fósforo influye de forma positiva en el rendimiento del cultivo de forraje (*medicago sativa*), siendo el rendimiento en este tratamiento mayor que cuando se aplicó  $25\text{kg}/\text{Ha}$  de Fósforo, a simple vista se observa que el crecimiento del cultivo en el tratamiento donde se aplicó más compost es mayor, esta observación en campo es respaldada por los análisis estadísticos que se realizaron en la presente investigación, resultados que se evidencian en el grafico 1.

**Grafica 1. Rendimiento del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) según la cantidad de fósforo.**



#### **7.4.2 Test de Tukey a 95% de significancia – compostaje (T1, T2, T3, T4, CT)**

Para calcular la diferencia honestamente significativa  $HSD$ , se realizó un análisis de varianza simple (ANOVA) para el factor tipo de compostaje y los resultados se encuentran consignados en la tabla 22 y 23.



**Tabla 22. ANOVA para RENDIMIENTO por Tratamiento**

<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	12,8263	4	3,20657	3,27	0,0177
Intra grupos	53,8905	55	0,979828		
Total (Corr.)	66,7168	59			

**Tabla 23. Resumen estadístico para Rendimiento según el Tratamiento**

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coeficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>
T1	12	2,77275	0,917945	33,106%	1,745
T2	12	3,2125	1,1469	35,7012%	1,795
T3	12	3,28833	1,13025	34,3716%	2,115
T4	12	3,14208	1,07699	34,2762%	1,585
TC	12	2,03625	0,551148	27,0668%	1,335
Total	60	2,89038	1,06339	36,7905%	1,335

Para calcular la HSD se utilizó la siguiente ecuación:

$$HSD = q \alpha^* \sqrt{\frac{Se^2}{n}}$$

$q\alpha$  = Rango estudentizado de tukey al 95%

$Se^2$  = Estimación de la varianza del error = suma de cuadrados/grados de libertad

n = Muestras de cada nivel del factor

Teniendo en cuenta la suma de cuadrados Intra grupos y los grado de libertad (Gl) del ANOVA para la variable tratamiento (T1, T2, T3, T4, CT), y con ayuda del de la tabla de rango estudentizado de Tukey, se obtuvo el valor de  $q\alpha = 3.98$ ; del mismo modo se calculó la estimación de la varianza del error  $Se^2 = 0.97983$ ; finalmente se calculó  $HSD = 1.1373$

$$HSD = 3.98 * \sqrt{\frac{0.97983}{12}} = 1.1373$$

Para determinar entre cuales tratamientos se presenta la diferencia, se calculó la diferencia entre las medias como se observa en la tabla 24.

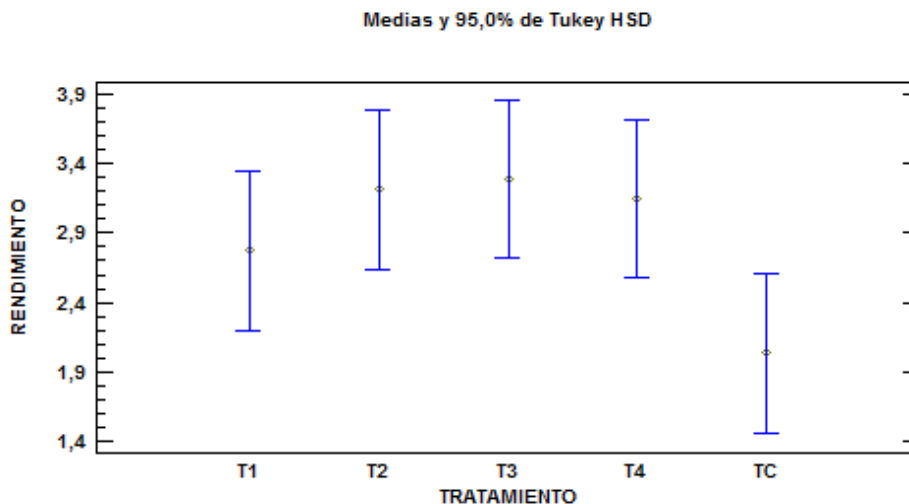
**Tabla 24. Diferencia de media de las muestras para tratamiento aplicado.**

Tratamiento aplicado						
Tratamiento	Media	Diferencia entre medias				
		T1	T2	T3	T4	CT
T1	2,77275		-0,43975	-0,51558	-0,36933	0,7365
T2	3,2125	0,43975		-0,07583	0,07042	1,17625
T3	3,28833	0,51558	0,07583		0,14625	1,25208
T4	3,14208	0,36933	-0,07042	-0,14625		1,10583
CT	2,03625	-0,7365	-1,17625	-1,25208	-1,10583	

Teniendo en cuenta la diferencia entre las medias se observa que la diferencia T2 y CT = 1.17625 y T3 y CT = 1.25208 es mayor que HSD = 1.1373, por lo tanto se concluye que el rendimiento que genera T2 y T3 es diferente y mayor al rendimiento producido por el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) al cual no se le aplicó ningún tipo de composta o fertilizante. Por lo tanto se concluye que los tratamientos T2 Y T3 pueden ser usados como alternativa de abono en la producción de alfalfa (*Medicago sativa*) para alimentación animal, generando un rendimiento significadamente mayor al obtenido sin la aplicación de ninguna clase de abono o fertilizante.

Las medias de rendimiento del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) de acuerdo al tratamiento aplicado se observa en la gráfica 2.

**Grafica 2. Rendimiento del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) según el tratamiento.**



Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en esta etapa del proyecto se determina que la selección del tratamiento a utilizar (T2 o T3) dependerá de la disponibilidad de los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), por lo cual se puede inferir que los residuos sólidos de la crianza y sacrificio de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus) se pueden aprovechar e involucrar nuevamente al proceso productivo, generando un producto con valor agregado y alto potencial agropecuario.

**Figura 9. Cultivo de alfalfa antes y después de aplicar el compost obtenido de residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus)**



Fuente: Esta investigación, 2015

## 7.5 Evaluación de las características fisicoquímicas del compostaje

Las propiedades minerales en una composta madura depende de las materias primas sometidas a descomposición (Díaz, Gutierrez, Coronado, Román, Lee, & Murrieta, 2013). Los resultados de la caracterización fisicoquímica del compostaje elaborado a partir de la degradación controlada de los residuos sólidos provenientes de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus) mediante compostaje se muestran en la tabla 25.

**Tabla 25. Características del compostaje obtenido a partir de los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus).**

Características de la muestra: compostaje						
Parámetro	Unidad de media	T1	T2	T3	T4	NTC 5167
Humedad	g/100g	27,35	18,25	13,09	17,86	<30
Materia seca	g/100g	72,65	81,75	86,91	82,14	
Carbono orgánico	g/100g	8,675	8,63	11,105	7,31	>15
Nitrógeno	g/100g	1,04	1,04	1,465	1,185	>1
Calcio	g/100g	0,89	2,73	3,825	0,85	
Fósforo	g/100g	0,513	0,455	0,79	0,575	
Magnesio	g/100g	0,43	0,44	0,52	0,325	
Potasio	g/100g	1,7	1,44	1,505	1,285	
Azufre	g/100g	0,24	0,19	0,275	0,28	
Hierro	g/100g	1,3	1,4	1,165	1,735	
Manganeso	mg/kg	414,5	416	188	212,5	
Zinc	mg/kg	192,5	182,5	154	187,5	
Cobre	mg/kg	24,65	23,3	38,35	33,25	
CaO	g/100g	1,25	3,82	5,355	1,19	
P2O5	g/100g	1,195	1,04	1,8	1,32	>1
MgO	g/100g	0,71	0,735	0,86	0,535	

K <sub>2</sub> O	g/100g	2,045	1,74	1,815	1,55	>1
------------------	--------	-------	------	-------	------	----

Los anteriores resultados fueron comparados con los requerimientos consignados en la Norma Técnica Colombiana NTC – 5167, la cual establece que un abono orgánico debe tener un contenido de humedad menor a 30%, según los resultados reportados por los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño, el contenido de humedad de las muestras T1, T2, T3 Y T4 es adecuado, con valores aproximados de 27,35% para T1; 18,25% para T2; 13,02% para T3; 17,83% para T4; estos valores muestran que los valores de materia orgánica son considerables y pueden enriquecer el suelo e incidir sobre su estructura.

Del mismo modo el carbono orgánico total para las muestras analizadas fue bajo en comparación con los requisitos establecidos en la NTC – 5167, los cuales en promedio fueron para T1: 8,7 g/100g de muestra; T2: 8,63 g/100gr de muestra; T3: 11,1 g/100g de muestra; T4: 7,31 g/100g de muestra; los cuatro tratamientos se encuentran por debajo del mínimo requerido en la NTC 5167 (>15 g/ 100 g de muestra).

En cuanto a nitrógeno la NTC 5167 establece que la cantidad mínima de este elemento debe ser 1 g/100 g de muestra, los resultados obtenidos de los 4 tratamientos son adecuados ya que todas las muestras presentan niveles de nitrógeno superiores al 1%, T1 y T2 presentan 1,04%; T3: 1,46% y T4: 1,18%. Por otro lado los niveles de fósforo disponible son conformes a la normatividad vigente (>1%), para T1 los niveles de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fueron 1,19%; T2: 1,04%; T3: 1,8% y T4: 1,32%. Finalmente se midió los niveles de potasio los cuales según la NTC 5167 debe ser mayores a 1% o 1 g/100 gr de muestra; los resultados de los 4 tratamientos fueron: T1: 2,45%; T2: 1,74%; T3: 1,82%; y T4: 1,55%, por lo tanto los niveles de K<sub>2</sub>O son adecuados y cumplen con la normatividad vigente.

Con base a los resultados obtenidos y considerando que el contenido de carbono orgánico para las 4 muestras se encuentra por debajo de los niveles mínimos requeridos por la normatividad colombiana, se hace necesario agregar a la pila de compostaje materiales con alto contenido de carbono orgánico como por ejemplo (FAO, 2013):

Hierba recién cortada	C:N (43:1)
Hojas de árbol	C:N (47:1)
Paja de caña de azúcar	C:N (49:1)
Basura urbana fresca	C:N (61:1)
Cascarilla de arroz	C:N (66:1)
Paja de arroz	C:N (77:1)
Hierba seca	C:N (81:1)
Bagazo de caña de azúcar	C:N (104:1)
Mazorca de maíz	C:N (117:1)
Paja de maíz	C:N (312:1)
Aserrín	C:N (638:1)

De esta forma y teniendo en cuenta las características de compostaje obtenido a partir de la descomposición controlada de los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), se infiere que los cuatro tratamientos pueden ser utilizados como abono alternativo en cultivos del forraje alfalfa (*Medicago sativa*), siendo T3 el tratamiento que tiene mayor cantidad de nutrientes: nitrógeno 1,43%; fósforo ( $P_2O_5$ ) 1,8% y potasio ( $K_2O$ ) 1,82%.

Tenido en cuenta que T3 tiene mayor cantidad de nutrientes y que a su vez presenta mayor cantidad de residuos sólidos provenientes del sacrificio de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), se determina que es posible incluir las vísceras procedentes del beneficio de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus) en el proceso de compostaje y de esta forma integrarlas al proceso productivo como un producto de valor agregado.

## **7.6 Evaluación de las características del suelo antes y después de la aplicación del compostaje**

El suelo es uno de los recursos naturales más importantes, de ahí la necesidad de mantener su productividad, para que a través de él y las prácticas agrícolas adecuadas se establezca un equilibrio entre la producción de alimentos y el acelerado incremento del índice demográfico (Fragela, Díaz, & Marqués, 2011). Siendo el suelo el factor esencial para la vida se evaluó las características físico-químicas de este y los cambios generados a partir de la aplicación de dos diferentes dosis de

compostaje obtenido por medio de la degradación controlada de los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus).

Se evaluó las características fisicoquímicas del suelo antes y después de las aplicaciones de compostaje, en dos dosificaciones distintas como se lo planteó en el diseño experimental.

Los resultados obtenidos se evidencian en las tablas 26 y 27

**Tabla 26. Características fisicoquímicas del suelo antes y después de aplicado compostaje - tratamiento 25Kg /Ha de fósforo**

**Análisis de suelo**

<b>Características de la muestra: suelo de lote con cultivo de alfalfa en estado de producción - tratamiento 25kg/Ha de fósforo</b>						
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad de media</b>	<b>inicial</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
Porosidad	%	69,3	67,1	77,9	67,7	65,2
Humedad gravimétrica (0,35 bar)	%	78,22	81,18	89,53	75,9	78,41
Densidad aparente	g/cc	1,05	0,78	0,72	0,9	0,91
Textura		Arcilloso - Arenoso	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso
pH		5,66	5,78	5,59	5,73	5,74
Materia orgánica	%	4,48	6,67	7,37	5,54	5,89
Fosforo disponible	mg/kg	8,5	19,3	14,7	10,9	9,76
Capacidad de intercambio catiónico	cmol+/kg	24,7	26,1	28,6	25,6	26,2
Calcio de cambio	cmol+/kg	5,81	13,7	11,1	9,31	11
Magnesio de cambio	cmol+/kg	2,09	3,3	3,76	2,62	3,16
Potasio de cambio	cmol+/kg	0,67	1,05	0,86	0,96	0,82
Hierro disponible	mg/kg	40,3	78,2	73,9	61,2	58,9

Manganeso disponible	mg/kg	17	64,3	41,7	44,4	36,3
Cobre disponible	mg/kg	1,1	2,52	2,23	1,85	1,74
Zinc disponible	mg/kg	1,01	3,74	3,22	2,18	2,88
Boro disponible	mg/kg	0,06	0,12	0,1	0,14	0,16
Nitrógeno Total	%	0,17	0,26	0,28	0,21	0,23
Carbono orgánico	%	2,6	3,87	4,28	3,21	1,71
Azufre disponible	mg/kg	13,5	10	9,97	13,3	10

**Tabla 27. Características fisicoquímicas del suelo antes y después de aplicado compostaje - tratamiento 50Kg /Ha de fósforo**

#### Análisis de suelo

<b>Características de la muestra: suelo de lote con cultivo de alfalfa en estado de producción - tratamiento 50 kg/Ha de fósforo</b>						
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad de media</b>	<b>inicial</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
Porosidad	%	69,3	66,2	61	69,4	68,7
Humedad gravimétrica (0,35 bar)	%	78,22	81,58	80	77,27	74,42
Densidad aparente	g/cc	1,05	0,92	0,84	0,88	0,84
Textura		Arcilloso - Arenoso	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso
pH		5,66	5,48	5,61	5,58	5,67
Materia orgánica	%	4,48	5,08	7,32	6,03	5,84
Fosforo disponible	mg/kg	8,5	8,92	14,9	13,5	12,4
Capacidad de intercambio catiónico	cmol+/kg	24,7	25,9	23,5	24,7	24,1
Calcio de cambio	cmol+/kg	5,81	6,46	10,9	10,1	9,48
Magnesio de cambio	cmol+/kg	2,09	2,1	3,16	2,62	2,65



Potasio de cambio	cmol+/kg	0,67	1,13	0,64	1,04	0,72
Hierro disponible	mg/kg	40,3	44,4	67,3	74,7	67,6
Manganeso disponible	mg/kg	17	20,3	60,3	49,8	56,2
Cobre disponible	mg/kg	1,1	1	2,23	1,84	1,74
Zinc disponible	mg/kg	1,01	0,86	3,2	2,45	2,74
Boro disponible	mg/kg	0,06	0,11	0,19	0,15	0,11
Nitrógeno Total	%	0,17	0,2	0,28	0,23	0,23
Carbono orgánico	%	2,6	2,94	4,25	3,5	3,39
Azufre disponible	mg/kg	13,5	11,1	9,77	12,4	11,7

Entre los factores evaluados esta la porosidad entendida como el porcentaje de huecos existentes en el mismo frente al volumen total. Esta depende de la textura, estructura y de la actividad biológica del suelo (Universidad de Extremadura, 2005). La porosidad del suelo bajo estudio tiene una variación en la porosidad entre 61 % y 77,4%, siendo 69,3% la porosidad de la muestra antes de aplicar el compostaje; en la aplicación de 25kg F. Ha<sup>-1</sup> es con T2 donde se observa mayor variación en este parámetro con 77,4%; así, en la aplicación de 50kg F. Ha<sup>-1</sup> es con T3 donde el parámetro porosidad presenta un aumento a 69,4%.

El contenido de materia orgánica es quizá el indicador más importante de calidad del suelo, ya que afecta en gran medida sus demás propiedades (Universidad Abierta y a Distancia, 2013). Después de la aplicación de compostaje la cantidad de materia orgánica tuvo una variación positiva, aumentando de 4,48% valor inicial hasta 7,37% valor máximo alcanzado, lo cual para clima frío significa que se encuentra en un nivel medio; con los resultados obtenidos se observó que los tratamientos ayudaron a incrementar los valores de materia orgánica, donde T2 presenta alcanzó valores de 7,37% y 7,32% para las dosis 25kg F. Ha<sup>-1</sup> y 50kg F. Ha<sup>-1</sup> respectivamente.

El suelo del cultivo tiene un pH inicial de 5,66, después de la aplicación de compostaje este parámetro tiene una variación entre 5,48 y 5,74; valores que significan que el suelo bajo estudio es moderadamente ácido.

El fósforo disponible el cual inicialmente se encontraba en 8,5 mg/Kg, nivel bajo; después de la aplicación de compostaje obtenido a partir de la descomposición orgánica de los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus) aumento y alcanzó valores de 9,76 mg/Kg hasta 14,3 mg/Kg.

El suelo del cultivo de alfalfa inicialmente presentaba un potasio de cambio de 0,67cmol+/Kg, una vez se aplicó el compostaje bajo estudio, se obtuvo que este parámetro tuvo una variación entre 0,64 y 1,13 cmol+/Kg; lo cual es un indicador que el suelo tiene un nivel alto de este elemento.

En cuanto al Nitrógeno total la muestra presentaba valores de 0,17%, después de aplicado los cuatro tratamientos de compostaje, este parámetro aumenta y finalmente se ubica entre 0,2% y 0,28%. Lo que muestra que el compostaje aporta nitrógeno al suelo, el cual es aprovechable por el cultivo.

El Carbono orgánico en la muestra tomada antes de aplicar el compostaje fue de 2,6%; después de la aplicación del producto final se obtuvo valores entre 1,71% y 4,25%, lo representa que el compostaje obtenido a partir de la degradación controlada de residuos sólidos a partir de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus) aporta carbono orgánico al suelo, elemento que es aprovechado por el cultivo.

## 8. CONCLUSIONES

El proceso térmico que se presenta en la descomposición controlada de los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), es un punto crítico de control debido que de este depende la calidad microbiológica del producto final y en gran medida la velocidad de descomposición de los residuos, motivo por el cual es de gran importancia generar condiciones adecuadas para que el proceso se lleve a cabo bajo condiciones óptimas de temperatura, aireación, humedad y pH, que favorezcan la acción de los microorganismos encargados del proceso.

La humedad es un factor que determina la velocidad de reacción de la pila compostaje y el tipo de descomposición que se lleve a cabo (aerobia o anaerobia), por lo cual es indispensable incorporar al proceso la cantidad adecuada de agua o líquidos e incorporarlos de una forma adecuada, tratando que el líquido se distribuya de manera uniforme en toda la pila de compostaje.

Con la aplicación de compost obtenido a partir de los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus) se generó un mejoramiento en las características físico químicas del suelo y un adecuado desarrollo vegetativo del cultivo bajo estudio, situaciones que son favorables para la cadena productiva del cuy y la economía de las familias que se dedican a esta actividad.

Teniendo en cuenta las características de compostaje obtenido a partir de la descomposición controlada de los residuos sólidos de la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), se concluye que los cuatro tratamientos pueden ser utilizados como abono alternativo en cultivos del forraje alfalfa (*Medicago sativa*), siendo T2 y T3 los tratamientos que presentan mayor rendimiento, así T3 es el tratamiento que tiene mayor cantidad de nutrientes: nitrógeno 1,43%; fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 1,8% y potasio (K<sub>2</sub>O) 1,82% y también incorpora al proceso la mayor cantidad de residuos sólidos del proceso de sacrificio de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus).

En base a los resultados obtenidos se recomienda aplicar en el cultivo dosis de 200 kg/Ha de Fósforo anualmente, ya que con este tratamiento el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) para

alimentación animal presenta mayor productividad y de este modo mayor rentabilidad económica a la actividad productiva de crianza de cuyes (*Cavia porcellus* Linnaeus).

Tenido en cuenta que T3 tiene mayor cantidad de nutrientes y que a su vez presenta mayor cantidad de residuos sólidos provenientes del sacrificio de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), se determina que es posible incluir las vísceras procedentes del beneficio de cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus) en el proceso de compostaje y de esta forma integrarlas al proceso productivo como un producto de valor agregado.

El uso y elaboración de abonos orgánicos como alternativa a los fertilizantes comerciales para el uso en cultivos es una estrategia económicamente viable y favorable ambientalmente, debido que con el uso de estos se puede generar cultivos provechosos, se genera alternativas para la disposición final de residuos sólidos y se integra la “basura” al proceso productivo, haciendo de esta actividad económica un proceso productivo cíclico y económicamente rentable.

Un biosistema integrado con base a la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus) y el aprovechamiento de los residuos sólidos de la crianza y sacrificio de esta especie menor, reduce costos de producción e internaliza costos medio ambientales, disminuyendo el impacto generado por la disposición final de los residuos sólidos.

## 9. RECOMENDACIONES

Para investigaciones futuras se recomienda evaluar los efectos del uso del compost sobre el suelo por un periodo de tiempo más largo y de este modo determinar si los cambios generados permanecen a lo largo del tiempo y si la composta es benéfica para el suelo.

Es necesario, para posteriores estudios llevar a cabo el proceso de compostaje en diferentes zonas, buscando temperaturas más altas y más bajas para de este modo determinar tiempos de descomposición y establecer ajustes en el método utilizado teniendo en cuenta condiciones climáticas.

Es de vital importancia desde la academia socializar y fomentar los resultados de la presente investigación con el objetivo de la comunidad nariñense que se dedica a la crianza de especies menores (*Cavia porcellus* Linnaeus) adopte las técnicas utilizadas y así generar un biosistema integrado en esta cadena productiva.

La socialización de beneficios económicos y ambientales que trae consigo la implementación de técnicas de aprovechamiento de residuos sólidos en la cadena productiva del cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus), permitirá a la comunidad ver al proceso como un aliado en el proceso productivo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abarratalade. (2004). *Manual práctico de técnicas de compostaje*. Recuperado el 15 de junio de 2016 en <http://www.abarrataldea.org/manualpdf.pdf>
- Aguirre, J. P. (2008). *Determinación en la composición química y el valor de energía digestible a partir de las pruebas de digestibilidad en alimentos para cuyes*. Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Alarcon, B. & Cervantes, T. (2012). *Manual para la producción de semilla de alfalfa en el Valle del Mezquital, Hidalgo*. 1ª ed. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Alcaldía de envigado. (2011). *Guía para el adecuado manejo de los residuos sólidos y peligrosos*. Recuperado el 11 de diciembre de 2015 en: [http://www.envigado.gov.co/Secretarias/SecretariadeMedioAmbienteyDesarrolloRural/documentos/publicaciones/Guia\\_residuos.pdf](http://www.envigado.gov.co/Secretarias/SecretariadeMedioAmbienteyDesarrolloRural/documentos/publicaciones/Guia_residuos.pdf)
- Alcolea, M. & González, C. (2000). *Manual de compostaje doméstico*. Recuperado el 28 de enero de 2016 en: <http://www.resol.com.br/cartilhas/manual-compostaje-en-casa-barcelona.pdf>
- Álvarez de la Puente, J. (2013). *Manual de compostaje para agricultura ecológica*. Recuperado el 24 de enero de 2016 en: [http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia\\_ambiental/agricultura\\_ecologica/Manual%20compostaxe.pdf](http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20compostaxe.pdf)
- Amigos de la Tierra. (2015). *Manual básico para hacer compost*. Recuperado el 10 de agosto de 2015 en: [http://www.tierra.org/wp-content/uploads/2015/03/compost\\_esp\\_v04.pdf](http://www.tierra.org/wp-content/uploads/2015/03/compost_esp_v04.pdf)
- Apraez, E. Caycedo, A. Correa, R. Koeslag, J. Martínez, C. Morales, F. Moreno, P. & Muñoz, J. (1985). *Producción de cuyes*. [En Línea]. Consultado el 21 de agosto de 2014 en: [http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/3085/s2d0AC928E3096A2A21BFFAE61D634A303A\\_1.pdf](http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/3085/s2d0AC928E3096A2A21BFFAE61D634A303A_1.pdf)
- Arrigo, N. M., Jiménez, M. D. L. P., Palma, R. M., Benito, M., & Tortarolo, M. F. (2005). *Residuos de poda compostados y sin compostar. uso potencial como enmienda orgánica en*

- suelo. Pruning waste and its potential use as amendment to agricultural soil. *Ciencia del suelo. revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.*, 23(1), 87-92.
- Arroyo, F. (2001). Manual de composteo. *Haciendo útil lo que se desecha como inútil*. Programa de gestión urbana. Municipio del distrito metropolitano de Quito. Ecuador.
  - Artavia, S., Uribe, L., Saborío, F., Arauz, L. F., & Castro, L. (2010). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la supresión de *Pythium myriotylum* en plantas de tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*). *Agronomía Costarricense*, 34(1), 17-29.
  - Avilés, D. F., Martínez, A. M., Landi, V., & Delgado, J. V. (2014). El cuy (*Cavia porcellus* Linnaeus): un recurso andino de interés agroalimentario The guinea pig (*Cavia porcellus* Linnaeus): An Andean resource of interest as an agricultural food source. *Animal Genetic Resources/Ressources génétiques animales/Recursos genéticos animales*, 55, 87-91.
  - Ayala Urrego, M. C. (2014). Propuesta de una alternativa para el manejo de los residuos de poda y jardinería en la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.
  - Barrón, F. (2013). *Optimización del proceso de composta producida a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos que se generan en la ciudad de México*. (Tesis de Maestría). Instituto Politécnico Nacional, México D.F.
  - Benavides, R. G., & Hermida, S. A. (2008). Aislamiento e identificación de Flora Bacteriana nativa del suelo de los Páramos Cruz Verde y Guasca (CUNDINAMARCA). *Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al Título de Ingeniero en Microbiología Industrial*. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. Ciudad Bogotá, Colombia.
  - Biológicas, A. C. (2005). El cuy otro domesticado de américa. *Mundo Pecuario*, 1(2), 26-27.
  - Bollo, E. (2015). *Lombricultura una alternativa de reciclaje*. Comercializadora Prosan.
  - Borges, J. A., Barrios, M., & Escalona, O. (2012). Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre variables agroproductivas y composición química del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). *Zoot. Trop*, 30(1), 495-501.
  - Carbajal, J. (2009). *El gas de cuyisea*. Recuperado el 25 de agosto de 2014 en: <http://gasdecuyisea.wordpress.com/tag/estiercol-de-cuy/>

- Carrasco, W. Comas, J. Ferrer, I. Garfi, M y Gelman, P. (2011). Agricultural reuse of the digestate from low-cost tubular digesters in rural Andean communities. *Waste Management*, 31, (12), 2584-2589.
- Casco, J. M., & Bernat, S. M. (2008). 5. Microbiología y bioquímica del proceso de compostaje. *Compostaje*, 111.
- Castrillón, O., Bedoya, O., & Montoya, D. (2006). Efecto del pH sobre el crecimiento de microorganismos durante la etapa de maduración en pilas estáticas de compost. *Producción+ Limpia*. Volumen1, (2), 87-98.
- Cato, J. C. (1992). Alternatives to Land Filling By-Products from Blue Crab and Calico Scallop Processing Plants. In *Proceedings of the 1991 Fisheries By-products Composting Conference* (p. 5). University of Wisconsin Sea Grant College Program..
- Celis, T. (2014). Cría de cuyes, de lo ancestral a un negocio rentable. Recuperado el 23 de agosto de 2014 en: [http://www.larepublica.co/agronegocios/cr%C3%ADa-de-cuyes-de-lo-ancestral-un-negocio-rentable\\_105611](http://www.larepublica.co/agronegocios/cr%C3%ADa-de-cuyes-de-lo-ancestral-un-negocio-rentable_105611)
- Chauca, L. (1997). Producción de cuyes (*Cavia porcellus* Linnaeus). Perú: Estudio FAO producción y sanidad animal. Recuperado el 27 de agosto de 2014 en: <http://www.fao.org/docrep/w6562s/w6562s00.htm>
- Chauca, L. (Comp.). (1994). *Investigaciones en cuyes: V Reunión de especialistas e investigadores forrajeros del Perú*. Lima, Perú: Instituto nacional de investigación Agraria.
- Chicaiza, P. (2015). Análisis de alternativas de tratamientos de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos para la EAP Zamorano.
- Chilon, E., (2010) “Compostaje altoandino, alimento al suelo vivo y cambio alimento al suelo vivo y cambio climático”. *CienciAgro* 2, (1), 221-227.
- Chilon, E., (2011). Compostaje alto andino, seguridad alimentaria y cambio climático. *CienciAgro*, 2(2), 267.
- Clavijo, E. y Cadena, P. (2011). Producción y calidad nutricional de la alfalfa (*Medicago sativa*) sembrada en dos ambientes diferentes y cosechada en distintos estadios fenológicos. Tesis de pregrado, Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.
- Norma Técnica Colombiana (2004). 5167. Materiales Orgánicos Utilizados como Fertilizantes o Acondicionadores de Suelos. Bogotá.



- Corlay, L., & Hernández-Tapia, A. (2012). 12790-Calidad microbiológica de abonos orgánicos. Cuadernos de Agroecología, 6(2).
- Covarrubias, G. I. (2001). Biodegradación de productos de origen animal no aptos para el consumo humano. Revista Biotecnología, 6(2-3), 44.
- De la Cruz, R. R. A. (2005). Aprovechamiento de residuos orgánicos a través de composteo y lombricomposteo. Línea: [http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort05/aprov\\_residuos.pdf](http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort05/aprov_residuos.pdf).
- De La Cruz-Lázaro, E., Estrada-Botello, M. A., Robledo-Torres, V., Osorio-Osorio, R., Márquez-Hernández, C., & Sánchez-Hernández, R. (2009). Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. Universidad y ciencia, 25(1), 59-67.
- Defrieri, R. L., Jimenez, M. D. L. P., Effron, D., & Palma, M. (2005). Utilización de parámetros químicos y microbiológicos como criterios de madurez durante el proceso de compostaje. Agriscientia, 22(1).
- Fragela, M., Díaz, C., & Marqués, J. (2011). Evaluación de indicadores biológicos del suelo en un sistema agrícola perteneciente a la finca primavera de la provincia de matanzas. Cuba: Universidad de Matanzas.
- De Jesús Flores-Aguilar, J., Vázquez-Rosales, R., Solano-Vergara, J. J., Aguirre-Flores, V., Flores-Pérez, F. I., Bahena-Galindo, M. E., ... & Orihuela-Trujillo, A. (2012). Efecto de fertilizante orgánico, inorgánico y su combinación en la producción de alfalfa y propiedades químicas del suelo. Terra Latinoamericana, 30(3), 213-220.
- Díaz, E. (2002). Guía de lombricultura. Lombricultura una alternativa de producción. Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior Municipio Capital de la Rioja. Argentina, Buenos Aires.
- Díaz, R.A.H., Gutiérrez, A.A.C., Coronado, M.A.G., Román, M.G., Lee, D.Z.I., & Murrieta, A.G.F. (2013). Efecto de la aplicación de composta y sus derivados en la producción de tomate de invernadero.
- El Tiempo. (2015, febrero 10). Holandés asesora a Pasto en la cría de cuyes. Recuperado el 20 de abril de 2015 en: <http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/cria-de-cuyes/15222239>

- Figueredo, N. F. C. (2010). Estudio del proceso de compostaje de los lodos producidos en la operación de pelambre en la industria del curtido de pieles (Doctoral dissertation, Master's thesis, Universidad Nacional de Colombia).
- Garfi, M. Ferrer, I. Ferrer-Martí, L. Flotats, X. y Pérez. I. (2011). Codigestion of cow and guinea pig manure in low-cost tubular digesters at high altitude. *Ecological Engineering*, 37, (12), 2066-2070.
- Gobernación de Nariño. (2010). Acuerdo de Competitividad de la cadena productiva del cuy. Pasto. Recuperado el 16 de agosto de 2014. En: [http://narino.gov.co/historico/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2598:acuerdo-de-competitividad-de-la-cadena-productiva-del-cuy&catid=132&Itemid=634](http://narino.gov.co/historico/index.php?option=com_content&view=article&id=2598:acuerdo-de-competitividad-de-la-cadena-productiva-del-cuy&catid=132&Itemid=634)
- Gobernación de Nariño. (2012). Historia de nuestro Departamento. Ubicación y localización geográfica. Recuperado el 22 de agosto de 2014 en: <http://narino.gov.co/index.php/nuestro-departamento/historia>
- Gobierno de España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2011). Manual de compostaje. Recuperado el 18 de mayo de 2016 en: [http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/manual\\_de\\_compostaje\\_2011\\_paginas\\_1-24\\_tcm7-181450.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/manual_de_compostaje_2011_paginas_1-24_tcm7-181450.pdf)
- Guevara, I. (2009). Gases de efecto invernadero. Cuando las vacas cambian el clima. Recuperado el 20 de agosto de 2014 en: <http://www.infortambo.com/admin/upload/arch/088-089%20emisiones%20berra.pdf>
- Hernández, T., Chocano, C., Moreno, J. L., & García, C. (2016). Use of compost as an alternative to conventional inorganic fertilizers in intensive lettuce (*Lactuca sativa* L.) crops—Effects on soil and plant. *Soil and Tillage Research*, 160, 14-22.
- Hinestrosa, D., Lopez de Buritica, C. M., & Bolaños, M. A. (1997). Producir cuyes con tecnología apropiada es un buen negocio. Cartilla Ilustrada-Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Colombia). no. 3.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y certificaciones. (26, abril, 2006). Guía Técnica Colombiana GTC 53-7 “*Guía para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos no peligrosos*.”

- Jaramillo Henao, G., & Zapata Marquez, L. M. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia (Doctoral dissertation, Especialización en Gestión Ambiental).
- Jiménez Mideros, J. M. (2014). Elaboración de abono orgánico líquido fermentado (biol), a partir de vísceras de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), de los criaderos piscícolas de la parroquia de Tufiño. (Trabajo de grado). Institución Politécnica Estatal del Carchi. Tulcán, Ecuador
- Lienneman, T., & Vela, E. BIOLOGICAL UTILIZATION OF VISCERA SLAUGHTER WASTE FROM RABBITS AS COMPOST.
- López-Mtz, J. D., Díaz, A., & Valdez, R. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra*, 19(4), 293-299.
- Machado Herrera, I. I. L. I. A. (2015). Compostaje de residuos vegetales de la UAAAN UL.
- Marín, N.C. (2012). Relación entre la producción per cápita de residuos sólidos domésticos (RSD) con algunos factores socioeconómicos de los habitantes del municipio de Circasia – Quindío. Tesis de especialista, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.
- Márquez, P. B., Blanco, M. J. D., & Capitán, F. C. (2008). 4. Factores que afectan al proceso de compostaje. *Compostaje*, 93.
- Mila, A. y Corredor, G. (2004). Evolución de la composición botánica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) recuperada mediante escarificación mecánica y fertilización con compost. *Revista Corpoica*, 1, (5), 72.
- Ministerio del Trabajo, Republica de Colombia. (2011). Programa Nacional de Asistencia Técnica para el Fortalecimiento de las Políticas de Empleo, Emprendimiento y Generación de Ingresos en el ámbito Regional y Local. Diagnóstico San Juan de Pasto. Bogotá, DC.
- Mora, O., & Arrieche, I. (2005). Efecto de la aplicación de residuos orgánicos sobre el cultivo del maíz en suelos degradados del Estado Yaracuy, Venezuela. *Bioagro*, 17(3), 155-159.
- Morales, C. y Moreno, U. (2005). Producción de biogás con estiércol de cuy [Versión electrónica]. *LEISA Revista de Agroecología*, (V XXI – No. 1), 23. Recuperado el 16 de agosto de 2014. En: [http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/energia-en-la-finca/produccion-de-biogas-con-estiercol-de-cuy/at\\_download/article\\_pdf](http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/energia-en-la-finca/produccion-de-biogas-con-estiercol-de-cuy/at_download/article_pdf)

- Mullo Guaminga, I. (2012). Manejo y Procesamiento de la Gallinaza.
- Navarro, R., & de la Tierra, C. A. (1999). Manual para hacer composta aeróbica. CESTA. Amigos de la Tierra. San Salvador, El Salvador, 1-21.
- Nieto Cañarte, C. A. (2014). Evaluación comparativa de la actividad del *Trichoderma* spp., con el Biocatalizador Microbiano para la descomposición de la materia orgánica en desechos sólidos domiciliarios en la ciudad de Guayaquil (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales).
- Ordoñez, I. (2012). Fortalecimiento de la actividad pecuaria en comunidades en extrema pobreza en la cuenca del río San Antonio, en los Distritos de Cusicancha y Huayacundo arma de la provincia de Huaytara y región Huancavelica: Manual de elaboración de abonos orgánicos. No.1 [Folleto]. Perú: Fondo Ítalo Peruano, INIDES
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). (2013). Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina.
- Páez, J (2014, agosto 27). Los rellenos sanitarios: ¿Solución a las basuras? O bombas de tiempo. Iberoamérica divulga. Recuperado el 17 de septiembre de 2016 en: <http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Los-rellenos-sanitarios-Solucion-a>
- Palmero, P. (2010). Informe técnico: Elaboración de compost con restos vegetales por el sistema tradicional en pilas o montones. Recuperado el 25 de mayo de 2016 en: <http://www.ecohabitar.org/wp-content/uploads/2013/10/elaboracion-de-compost-con-restos-vegetales-1.pdf>
- Portillo, F. (s.f.). Beneficio y control de la calidad de cuyes para la exportación. Recuperado el 16 de agosto de 2014. En: [http://microbiologiablancaestela.wikispaces.com/file/view/BENEFICIO\\_Y\\_CONTROL\\_DE\\_CALIDAD\\_DE\\_CUYES\\_PARA\\_LA\\_EXPORTACION.pdf](http://microbiologiablancaestela.wikispaces.com/file/view/BENEFICIO_Y_CONTROL_DE_CALIDAD_DE_CUYES_PARA_LA_EXPORTACION.pdf)
- Presidencia de la Republica de Colombia. (20, diciembre, 2103). Decreto 2981 de 2013 “Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo”.
- Presidencia de la Republica de Colombia. (30, diciembre, 2005) Decreto 4741 de 2005 “Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”.

- Programa de apoyo a la formación profesional para la inserción laboral en el Perú. (2007). Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces.
- Rodríguez, C. (2002). Residuos ganaderos. Curso de introducción a la producción animal. Recuperado el 23 de agosto de 2014 en: [http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/05-residuos\\_ganaderos.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/05-residuos_ganaderos.pdf)
- Rollandi, R. (2012). Problemática de la gestión de residuos sólidos urbanos en las megaciudades. Ic Latinoamérica. Recuperado el 23 de agosto de 2014 en: [http://www.ic-latinoamerica.com/descargas/pdf/articulos\\_interes/2012-04\\_problematika\\_de\\_la\\_gestion.pdf](http://www.ic-latinoamerica.com/descargas/pdf/articulos_interes/2012-04_problematika_de_la_gestion.pdf)
- Román, P., Pantoja, A., & Martínez, M. M. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina.
- Romero, Y., Romero, L. A., & Jiménez, L. A. (2014). Composting of rabbit mortalities implementd in the experimental farm at chapingo autonomous university. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 17(2).
- Rosado, A. (2011). Utilización de diferentes profundidades de labranza mínima en el establecimiento de alfalfa (*Medicago sativa*) y su efecto en los rendimientos productivos. (Trabajo de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Recuperado el 13 de febrero de 2016 en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1025/1/17T01039.pdf>
- Schuldt, M. (2006). Lombricultura. Mundi-Prensa Libros.
- Silva, J. P., Lopez, P., & Valencia, P. (2000). Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje. Escuela de ingeniería de los recursos naturales y del ambiente. Facultad de ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Artículo de revisión.
- Soriano, S. (2003). Importancia del cultivo de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el Estado de Baja California Sur. (Monografía). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. Recuperado el 20 de abril de 2016 en: [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1257/IMPORTANCIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20LA%20ALFALFA%20\(Mdicago%20sativa%20L.\)%20EN%20EL%20ESTADO%20DE%20BAJA%20CALIFORNIA%20SUR.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1257/IMPORTANCIA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20LA%20ALFALFA%20(Mdicago%20sativa%20L.)%20EN%20EL%20ESTADO%20DE%20BAJA%20CALIFORNIA%20SUR.pdf?sequence=1)

- Tortosa, G. (2013). Factores que influyen en el proceso de compostaje. (Entrada de blog). Recuperado el 2 de abril de 2016 en: <http://www.compostandociencia.com/2013/04/factores-influyen-compostaje-html/>
- Universidad Nacional abierta y a distancia (2013). Indicadores de la calidad del suelo. Recuperado el 1 de abril de 2016 en: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358013/ContenidoEnLinea/leccin\\_6\\_indicadores\\_de\\_calidad\\_del\\_suelo.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358013/ContenidoEnLinea/leccin_6_indicadores_de_calidad_del_suelo.html)
- Universidad de Extremadura. (2005). Propiedades del suelo, propiedades físicas y porosidad. Facultad de ciencias: área de edafología y química del suelo. Recuperado el 10 de mayo de 2016 en: <http://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFPorosidad.htm>
- Veloz, R. L. (2005). Evaluación del efecto del Laurato de Nandrolona (Laurabolin) en el crecimiento y engorde de cuyes machos (*Cavia porcellus* Linnaeus). Proyecto de investigación de Pregrado publicada, Escuela politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador.
- Viloría, J. (2007). Economía del departamento de Nariño: ruralidad y aislamiento geográfico. Banco de la república: Centro de estudios regionales CEER – Cartagena. No. 87, p. 45.
- Vivas, J. & Carballo, D. (2009). Especies Alternativas: Manual de crianza de cobayos (*Cavia porcellus* Linnaeus). Universidad Nacional Agraria. Recuperado el 10 de abril de 2015 en: <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENLO1V856.pdf>
- Xiao, Y., Zhang, J., Jia, T., Pang, X., & Guo, Z. (2015). Effects of alternate furrow irrigation on the biomass and quality of alfalfa (*Medicago sativa*). *Agricultural Water Management*, 161, 147-154. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2015.07.018>
- Yamiris, T., & Gómez, D. (2004). Microorganismos presentes en el compost. Importancia de su control sanitario. Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente, 4(7).
- Zaldívar, L. C. (1997). Producción de cuyes (*Cavia porcellus*) (Vol. 138). Food & Agriculture Org..
- Zapata Hernández, R. D. (2004). Química de la acidez del suelo. Universidad de Nacional de Colombia. Recuperado el 17 de junio de 2015 en:

[https://scholar.google.es/scholar?hl=en&q=http%3A%2F%2Fwww.bdigital.unal.edu.co%2F1735%2F5%2F9583367125.5.pdf&btnG=&as\\_sdt=1%2C5&as\\_sdtp=](https://scholar.google.es/scholar?hl=en&q=http%3A%2F%2Fwww.bdigital.unal.edu.co%2F1735%2F5%2F9583367125.5.pdf&btnG=&as_sdt=1%2C5&as_sdtp=)