

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y**  
**AMBIENTAL**



**ANÁLISIS DE LA REACTIVIDAD DEL COMPOST**  
**DE PULPA DE CAFÉ Y ESTIÉRCOL DE CUY, EN**  
**LA PROVINCIA DE JAÉN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

**AUTORA** : Bach. Ángela Roxana Chasquero Terrones

**ASESORES** : M. Cs. Adán Díaz Ruiz

Mg. Víctor Hugo Gómez Ramírez

**JAÉN - PERÚ, DICIEMBRE, 2019**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 18 de Diciembre del año 2019; siendo las 17:00 horas, se reunieron los **Miembros del Jurado Evaluador**:

**Presidente** Mg. JORGE ANTONIO DELGADO SOTO

**Secretario** Mg. Sc. JAMES TIRADO LARA

**Vocal** Mg. MARÍA MARLENI TORRES CRUZ

Para evaluar la Sustentación del **INFORME FINAL DE TESIS**; titulado: "ANÁLISIS DE LA REACTIVIDAD DEL COMPOST DE PULPA DE CAFÉ Y ESTIÉRCOL DE CUY, EN LA PROVINCIA DE JAÉN", presentado por la **Bachiller Ángela Roxana Chasquero Terrones** de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, los **Miembros del Jurado Evaluador acuerdan**:


(  ) Aprobar ( ) Desaprobar (  ) Unanimidad ( ) Mayoría

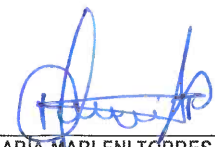
Con la siguiente mención:

Excelente	18, 19, 20	( )
Muy bueno	16, 17	( )
Bueno	14, 15	( <input checked="" type="checkbox"/> )
Regular	13	( )
Desaprobado	12 o menos	( )

Siendo las 17:55 horas del mismo día, los Miembros del Jurado Evaluador concluyen el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

  
Mg. Sc. JAMES TIRADO LARA  
Secretario Jurado Evaluador

  
Mg. JORGE ANTONIO DELGADO SOTO  
Presidente Jurado Evaluador

  
Mg. MARÍA MARLENI TORRES CRUZ  
Vocal Jurado Evaluador

## ÍNDICE

RESUMEN .....	8
ABSTRACT .....	9
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
2.1. Objetivo General .....	4
2.2. Objetivos Específicos .....	4
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>5</b>
3.1. Lugar de Ejecución .....	5
3.2. Equipos y Materiales.....	5
3.3. Población, muestra y muestreo .....	7
3.3.1 Población.....	7
3.3.2 Muestras .....	7
3.3.3 Muestreo.....	7
3.4. Procedimientos.....	7
3.4.1. Recolección del material a compostar.....	7
3.4.2. Cálculos para las cantidades usadas en las pilas a compostar, con las siguientes características. ....	8
3.4.3. Acondicionamiento de las pilas.....	9
3.4.4. Monitoreo y control.....	9
3.4.5. Determinación de parámetros fisicoquímicos .....	10
3.4.6. Determinación del proceso de la reactividad biológica. ....	10
3.4.7. Caracterización química de las muestras de compost .....	14
3.4.8. Diseño experimental.....	14
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>15</b>
4.1. Determinación de los parámetros fisicoquímicos durante el proceso de estabilización de compost .....	15

4.1.1. pH.....	15
4.1.2. Temperatura .....	16
4.1.3. Humedad .....	17
4.2. Determinación del tiempo de estabilización del compost empleando el test de actividad respiratorio del compost pulpa de café y compost de pulpa de café con estiércol de cuy.....	19
4.3. Caracterización del compost de pulpa de café y compost de pulpa de café con estiércol de cuy.....	22
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>25</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>26</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>27</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>31</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Prueba de comparación de medias del parámetro PH en los tratamientos pulpa de café y pulpa de café con estiércol de cuy, según la distribución de fisher con un nivel de significancia del 95%.....	15
Tabla 2. Prueba de comparación de medias del parámetro humedad en los tratamientos pulpa de café y pulpa de café con estiércol de cuy, según la distribución de fisher con un nivel de significancia del 95%.....	17
Tabla 3. Prueba de comparación de medias de la reactividad en los tratamientos pulpa de café y pulpa de café con estiércol de cuy, según la distribución de fisher con un nivel de significancia del 95%.....	20
Tabla 4. Resultados del análisis de caracterización del compost.....	22
Tabla 5. PH promedio de la pila de compost de pulpa de café.....	31
Tabla 6. PH promedio de la pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy.	31
Tabla 7. Temperatura promedio diario de (3 muestras) de la pila de compost de pulpa de café y del ambiente .....	32
Tabla 8. Temperatura promedio diario de (3 muestras) de la pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy y del ambiente.....	34
Tabla 9. Humedad promedio de la pila de pulpa de café.....	36
Tabla 10. Humedad promedio de la pila de pulpa de café con estiércol de cuy.....	37
Tabla 11. Masa seca del compost de pulpa de café para el desarrollo del AT4.....	38
Tabla 12. Masa seca del compost de pulpa de café con estiércol de cuy para el desarrollo del AT4.....	38
Tabla 13. Cálculo de CO <sub>2</sub> del blanco.....	39
Tabla 14. Cálculo del CO <sub>2</sub> para el desarrollo de la actividad respiratoria de la muestra 1 de la pila de compost de pulpa de café.....	40
Tabla 15. Cálculo del CO <sub>2</sub> para el desarrollo de la actividad respiratoria de la muestra 2 de la pila de compost de pulpa de café.....	41
Tabla 16. Cálculo del CO <sub>2</sub> para el desarrollo de la actividad respiratoria de la muestra 3 de la pila de compost de pulpa de café.....	42

Tabla 17. Cálculo del CO <sub>2</sub> para el desarrollo de la actividad respiratoria de la muestra 1 de la pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy.....	43
Tabla 18. Cálculo del CO <sub>2</sub> para el desarrollo de la actividad respiratoria de la muestra 2 de la pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy.....	44
Tabla 19. Cálculo del CO <sub>2</sub> para el desarrollo de la actividad respiratoria de la muestra 3 de la pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy.....	45
Tabla 20. Actividad respiratoria a partir de la octava semana de evaluación en las 3 muestras de la pila de compostaje de pulpa de café.....	46
Tabla 21. Actividad respiratoria (a partir de la octava semana de evaluación) en las 3 muestras de la pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy.....	46
Tabla 22. Actividad respiratoria acumulada por cada semana de evaluación (a partir de la octava semana) en las 3 muestras de la pila de compost de pulpa de café.....	47
Tabla 23. Actividad respiratoria acumulada por cada semana de evaluación (a partir de la octava semana) en las 3 muestras de la pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy.....	47

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. PH promedio del compost de pulpa de café y compost de pulpa de café con estiércol de cuy.....	16
Figura 2. Temperatura diaria del compost de pulpa de café y compost de pulpa de café con estiércol de cuy con la T° ambiente.....	16
Figura 3. Porcentaje de humedad promedio del compost de pulpa de café con el compost de pulpa de café con estiércol de cuy.....	18
Figura 4. Actividad respiratoria de la pila de compost de pulpa de café en mg O <sub>2</sub> /g MS por cada semana evaluada en los cuatro días de evaluación.....	19
Figura 5. Actividad respiratoria de la pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy en mg O <sub>2</sub> /g MS por cada semana evaluada en cuatro días de evaluación.....	19
Figura 6. Variación de la actividad respiratoria acumulada (mg O <sub>2</sub> /g MS) en la pila de compost de pulpa de café y la pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy.....	20
Figura 7. Elaboración de las pilas de compostaje. pila de pulpa de café lado izquierdo, pila de pulpa de café con estiércol de cuy lado derecho.....	49
Figura 8. Medición de la temperatura. pila de compost de pulpa de café lado izquierdo, pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy lado derecho.....	49
Figura 9. Determinación del porcentaje de humedad.....	50
Figura 10. Medición de pH del compost. ....	50
Figura 11. Preparación de la solución de ácido clorhídrico (HCL).....	51
Figura 12. Preparación de la solución de hidróxido sodio (NaOH).....	51
Figura 13. Acondicionamiento del sistema experimental.....	52
Figura 14. Tamizado de la muestra de compost que se colocaba en el matraz de evaluación.....	52
Figura 15. Pesado de la muestra de compost que se introdujeron en la botella (reactor).....	53
Figura 16. Sistema experimental instalado para la evaluación de la reactividad del compost. ....	53

Figura 17. Titulación del (NaOH) 0.1N (estandarizado) utilizado en el sistema experimental con el HCl.....	54
Figura 18. Muestras para la caracterización del compost.....	54
Figura 19. Obtención de compost de pulpa de café con estiércol de cuy, lado izquierdo y compost de pulpa de café, lado derecho.....	55
Figura 24. Resultados de análisis de caracterización de compost de pulpa de café.....	56
Figura 25. Resultados de análisis de caracterización de pulpa de café con estiércol de cuy.....	57



## RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo analizar la reactividad del compost de pulpa de café y estiércol de cuy. Se desarrolló en dos etapas: en campo, se instalaron las pilas de compostaje; pila de pulpa de café (P1) y pila de pulpa de café con estiércol de cuy (P2), donde se realizaron volteos y monitoreo de temperatura de las pilas. En laboratorio, se determinó parámetros fisicoquímicos como: pH, conductividad eléctrica, densidad y humedad durante el proceso de compostaje. La reactividad se determinó empleando el test AT4, para determinar el tiempo de estabilización del compost, establecido en la metodología de BINNER et al (1999). Se utilizó el diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones de cada pila de compostaje consideradas como muestra 1, muestra 2, muestra 3. Los resultados obtenidos en la reactividad del compost revelan que se estabilizaron antes de la octava semana, con valores de 3.12 mg O<sub>2</sub>/g materia seca (MS) en pulpa de café y 2.17 mg O<sub>2</sub>/g MS en pulpa de café con estiércol de cuy, los cuales ya no son reactivos ya que no superan los 7 mg O<sub>2</sub>/g MS para considerarse un compost estable; establecido en la “Guía para el Tratamiento Biomecánico de los Residuos Sólidos” Normatividad Austriaca”.

**Palabras clave:** Test de actividad respiratoria AT4, compost de residuos agrícolas, estabilización del compost.

## **ABSTRACT**

The purpose of this investigation was to analyze the reactivity of the compost of coffee pulp and guinea pig manure. It was developed in two stages: in the field, composting piles were installed; coffee pulp pile (P1) and coffee pulp pile with guinea pig manure (P2), where somersaults and battery temperature monitoring were performed. In the laboratory, physicochemical parameters were determined such as: pH, electrical conductivity, density and humidity during the composting process. The reactivity was determined using the AT4 test, to determine the compost stabilization time, established in the methodology of BINNER et al (1999). The completely randomized design was used with three repetitions of each compost pile considered as sample 1, sample 2, sample 3. The results obtained in the reactivity of the compost reveal that they stabilized before the eighth week, with values of 3.12 O<sub>2</sub> mg / g dry matter (MS) in coffee pulp and 2.17 mg of O<sub>2</sub> / g MS in coffee pulp with guinea pig manure, which are no longer reactive since they do not exceed 7 mg of O<sub>2</sub> / g MS to be considered a stable compost; established in the "Guide for Biomechanical Treatment of Solid Waste" Austrian Regulation

Keywords: AT4 respiratory activity test, agricultural waste compost, compost stabilization.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la contaminación ambiental que generan los residuos agrícolas produce impactos negativos en el ambiente al encontrarse expuestos en lugares inadecuados, lo cual conlleva a tratar de darle un uso alternativo, entre ellos, la obtención de compost. Con la pulpa del café se ha obtenido abonos, sin embargo, el producto no tiene la calidad deseada porque se emplean sin que alcancen su estabilidad, y este es el origen de la mayor parte de los efectos negativos que se ocasionan a las plantas, al momento de usar este producto.

El propósito de esta investigación es analizar la reactividad del compost de pulpa de café y estiércol de cuy empleando el test de actividad respiratoria (AT4) y determinar sus parámetros fisicoquímicos, generando una tecnología de mejoramiento en los procesos de compostaje y dando una valorización a los residuos orgánicos provenientes de las actividades cafetaleras y crianza de animales menores, con la finalidad de obtener un compost estable que pueda brindar al agricultor los siguientes beneficios:

Técnico. El compostaje representa una tecnología muy eficaz para manejar la pulpa de café, permitiendo su rápida descomposición y la recuperación de los nutrientes contenidos en ella para su uso agrícola.

Económico. El tratamiento y transformación de los residuos sólidos resulta relativamente asequible, en las familias caficultoras, disminuyendo la compra de fertilizantes químicos.

Social. El desarrollo implica beneficios a la población caficultora, lo que permitirá aprovechar los residuos provenientes del despulpado de café y estiércol de cuy poniendo en práctica su uso.

Ambiental. Ayuda a mitigar los problemas de contaminación que provocan los residuos agrícolas y los fertilizantes químicos al medioambiente.

Tecnológico. El test de actividad respiratoria es una tecnología de mejoramiento del proceso del compostaje que permite conocer el tiempo de estabilización del compost.

Según Picado y Añasco (2005). El carbono y el nitrógeno son los dos componentes básicos de la materia orgánica, por ello para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Esta relación depende del tipo de materiales que se usen y sus proporciones. La relación debe mantenerse entre 25 a 35 partes de carbono por 1 parte de nitrógeno. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica; si es muy baja no afecta al proceso de compostaje, pero se pierde nitrógeno en forma de amoníaco.

Neyra (2015) en la investigación Reactividad del compost de residuos sólidos Municipales del Distrito de la Molina – Lima, realizada en la Universidad Nacional Agraria La Molina, determinó la reactividad durante el proceso de transformación de residuos sólidos orgánicos mediante el test de actividad respiratoria – AT4, reportando los siguientes resultados: 11.73 mg O<sub>2</sub> /g MS en la semana 0, 12.96 mg O<sub>2</sub> /g MS en la semana 2, 13.69 mg O<sub>2</sub> /g Ms en la semana 4, 8.47 mg O<sub>2</sub> /g MS en la semana 6, 8.30 mg O<sub>2</sub> /g MS en la semana 8, 7.82 mg O<sub>2</sub> /g MS en la semana 12 y 6.49 mg O<sub>2</sub> /g MS en la semana 14 en la que el compost se estabilizó alcanzando al límite indicado por la guía para tratamiento biomecánico de los residuos sólidos, que considera una muestra estable al disminuir el consumo oxígeno a 7 mg O<sub>2</sub> /g MS debido a la poca presencia de los microorganismos.

Asimismo, determinó los parámetros fisicoquímicos en el proceso de compostaje y en el compost final, iniciando a una temperatura de 51,72 ° C, pH de 7.64, conductividad eléctrica de 2.11 mS/cm, humedad de 48.65%, relación C/N de 24, densidad aparente de 0.191g/ml; y finalizando con temperatura de 50.78 ° C, pH de 7.41, conductividad eléctrica de 2.10 mS/cm, humedad de 46.52%, relación C/N de 11.83, densidad aparente de 0.242 g/ml.

los parámetros medidos en el proceso de compostaje como: temperatura desde el inicio hasta el final del proceso se ha mantenido casi constante, valores de pH se han mantenido dentro del rango neutro presentando ligeras variaciones, la humedad no ha bajado de 40%, la relación C/N ha disminuido debido a los materiales verdes y húmedos que ha contenido N alto y la relación C/N es baja al terminar el proceso de compostaje, la densidad aparente ha aumentado y el volumen del compostaje ha disminuido en un 50 %, debido al proceso de descomposición.

En la tesis “Aplicación de aditivos minerales para la reducción de pérdidas de nitrógeno por volatilización durante el compostaje de pulpa de café en la Universidad Agraria La Molina, Lima, Días (2017), evaluó el efecto de la aplicación de dos enmiendas minerales (arcilla de selva y zeolita) sobre la pérdida de nitrógeno por volatilización durante el compostaje de pulpa de café con estiércol de conejo y cenizas, y el compostaje de pulpa de café mezclado con recorte de césped en partes iguales, estiércol de conejo y cenizas. se realizó en micropilas, obteniendo resultados que la mezcla de la pulpa de café con residuos vegetales en partes iguales, forma un compost de mayor calidad de materia orgánica humificada y con mayor captura de carbono, proporciona buenas condiciones de humedad, densidad aparente, alcanzando temperaturas de 50 ° C y condiciones favorables de pH que ocasionan menos pérdida de nitrógeno durante el compostaje.

Beteta (2016) en la investigación “Reactividad del compost producido a partir de residuos sólidos urbanos de las Municipalidades de Leoncio Prado, Concepción y José Crespo y castillo”, realizada en la Universidad Nacional Hermilo Valdizán desarrollado en el periodo de junio a octubre 2015, contando con dos fases una de campo donde realizó la recolección de las muestras de las plantas de compostaje y la otra de laboratorio. Determinó que existe una diferencia estadísticamente significativa en la reactividad del compost, así mismo, cuando estos no son reactivos no superan el valor de 7 mg O<sub>2</sub> /g MS establecidos en la normatividad Austriaca, concluyendo que las mejores características fisicoquímicas y biológicas del compost se presentaron en el compost de Concepción.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

- Analizar la reactividad del compost de pulpa de café y estiércol de cuy en la Provincia de Jaén.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar el pH, temperatura, porcentaje de humedad durante el proceso de estabilización de compost.
- Determinar el tiempo de estabilización del compost empleando el test de actividad respiratorio de pulpa de café y pulpa de café con estiércol de cuy.
- Caracterizar el compost de pulpa de café y compost pulpa de café con estiércol de cuy.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de Ejecución**

La investigación se realizó en un solar ubicado en la Calle Roberto Segura de la Urbanización San Camilo en la provincia de Jaén, donde se adecuó las pilas de compostaje, Laboratorio de Ingeniería Forestal y Ambiental y Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de Jaén.

#### **3.2. Equipos y Materiales**

##### **3.2.1. Material biológico**

- Pulpa de café
- Estiércol de cuy

##### **3.2.2. Materiales**

- Etiquetas
- Wincha 50m
- 6 metros de plástico
- 2 baldes de 20 L

##### **3.2.3. Herramientas**

- Machete
- Alicata
- Palana

##### **3.2.4. Herramientas**

- Machete
- Alicata
- Palana

### **3.2.5. Materiales de laboratorio**

- 8 matraces Erlenmeyer 500 ml
- 6 botellas de vidrio que soportan altas presiones
- 14 tapones de jebe
- 07 vasos de precipitación 250 ml
- 3 matraces Erlenmeyer 150 ml
- Pipeta volumétrica 25 ml
- Probeta de 50 ml
- 01 bureta 25 ml
- Frasco lavador, espátula
- Varilla de vidrio
- Soporte universal, pinza para bureta
- Embudo

### **3.2.6. Reactivos**

- Hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N. (Estandarizado)
- Ácido clorhídrico (HCl) 0.1 N (Estandarizado)
- Fenolftaleína
- Ftalato ácido de potasio (THP)
- Agua destilada

### **3.2.7. Equipos**

- Estufa
- PH-Metro
- Balanza analítica
- Termómetro
- Compresor de aire con 2 manómetros



### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1 Población.**

Conformada por:

**Pila N° 1:** compost de Pulpa de café

**Pila N° 2:** compost de pulpa de café con estiércol de cuy.

#### **3.3.2 Muestras**

Estuvieron conformadas por:

- Tres muestras de ½ kg de compost de pulpa de café
- Tres muestras de ½ kg de compost de pulpa de café con estiércol de cuy.

#### **3.3.3 Muestreo**

Para la determinación de pH y humedad se recogieron 3 muestras de compost aleatoriamente (M1, M2, M3), de cada pila cada 15 días después que se inició el proceso y para el test de actividad respiratoria (AT4) a partir de la octava semana.

Las muestras se colocaron en bolsas herméticas y se rotularon con la información de cada pila de compost, para su respectivo análisis en el laboratorio.

### **3.4. Procedimientos**

#### **3.4.1. Recolección del material a compostar**

##### **Recolección de pulpa de café**

La pulpa de café fue proporcionada por la Cooperativa APROAGRO, del caserío San Pedro - Distrito Tabaconas.

##### **Recolección de estiércol de cuy**

El estiércol de cuy fue obtenido de la familia Chasquero Terrones, del caserío Diego Sánchez- Distrito de Huarango.

### 3.4.2. Cálculos para las cantidades usadas en las pilas a compostar, con las siguientes características.

a) **Pila N° 1:** Se elaboró con 215 kg de pulpa de café con las siguientes características:

- Humedad: 81.75 % (Evaluado al inicio del proceso, semana 0, anexo tabla 9)
- Porcentaje de nitrógeno: 1.6 %, dato tomado de Días (2017)
- Relación C/N: 29.08, dato tomado de Días (2017)

b) **Pila N° 2:** Se elaboró con 215 kg de pulpa de café mezclado con estiércol de cuy con las siguientes características para lograr una relación carbono nitrógeno de 25:

#### **Pulpa de café**

- Humedad: 81.75 %. (Evaluado al inicio del proceso, semana 0, anexo tabla 9)
- Porcentaje de nitrógeno: 1.6 %, dato tomado de Días (2017)
- Relación C/N: 29.08, dato tomado de Días (2017)

#### **Estiércol de cuy**

- Humedad: 33.23 %. (Evaluado al inicio del proceso, semana 0)
- % Nitrógeno: 1.499 %, dato tomado de Hernández (2007)
- Relación C/N: 22.7, dato tomado de Hernández (2007)

#### **Determinación de la composición porcentual para cada tipo de residuo a ser mezclado**

Para 1 kg de pulpa de café:

- Agua =  $1 \text{ kg} (0.8175) = 0.8175$
- Materia seca =  $1 \text{ kg} - 0.8175 = 0.1825$
- Nitrógeno =  $0.1825 (0.016) = 0.00292 \text{ kg}$
- Carbono =  $29.08 (0.00292) = 0.0849136$

Para 1 kg de estiércol de cuy:

- Agua =  $1 \text{ kg} (0.3323) = 0.3323$
- Materia seca =  $1 \text{ kg} - 0.332 = 0.668$
- Nitrógeno =  $0.668 (0.01499) = 0.01001 \text{ kg}$
- Carbono =  $22.7 (0.010008823) = 0.22720$

**Determinación de la cantidad de estiércol de cuy que se añadió a 1 kg de pulpa de café para lograr una relación C/N de 25 según la siguiente ecuación:**

$$\frac{C}{N} = 25 = \frac{C \text{ en 1 kg de pulpa de café} + x (C \text{ en 1kg de estiercol de cuy})}{N \text{ en 1 kg de pulpa de café} + x (N \text{ en 1 kg de estiercol de cuy})}$$

$$25 = \frac{0.0849136 + x (0.2272002821)}{0.00292 + x (0.010008823)}$$

$$0.073 + 0.250220575 x = 0.0849136 + 0.2272002821 x$$

$$0.0230202929 x = 0.0119436$$

$$X = 0.518 \text{ kg de estiércol de cuy.}$$

#### **Formulación de la pila N° 2**

Pulpa de café.....65. 87 %

Estiércol de cuy.....34.13%

#### **Cantidad de material a compostar para una pila de 215 kg.**

Cantidad de pulpa de café = 0.6587 (215 kg) = 141.62 kg

Cantidad de estiércol de cuy = 0.3413 (215 kg) = 73.38 kg

#### **3.4.3. Acondicionamiento de las pilas**

Se realizó la limpieza del terreno, se delimitó el área de 6 metros de largo x 4 metros de ancho, luego se acondicionó con un techado de plástico para protegerlo de la lluvia y del sol. Luego se acopió los materiales a compostar mezclándolo uniformemente.

#### **3.4.4. Monitoreo y control**

Se determinó el pH y humedad cada quince días (desde el primer día hasta el último día del proceso de compostaje)

La temperatura se midió todos los días a la misma hora hasta la etapa final del proceso del compostaje.

Los volteos se realizaron una vez por semana para obtener una adecuada oxigenación.

Se añadió agua cuando el porcentaje de humedad estaba por debajo de los valores mínimos.

### **3.4.5. Determinación de parámetros fisicoquímicos**

#### **Potencial de Hidrogeno (pH)**

Se pesó 10 g de muestra de compost y se diluyó en 100 ml de agua destilada, se agitó con una varilla de vidrio unos 15 minutos, posteriormente se tomó lectura en el pH-metro AD1020.

#### **Porcentaje humedad (%H)**

Se realizó mediante el método de la estufa.

Se pesó en una balanza analítica una placa Petri vacía. Se taró y se pesó la muestra húmeda y se colocó en una estufa a 105 °C durante 24 horas. Luego se dejó enfriar y se pesó.

Se determinó el porcentaje de humedad (H) según la siguiente ecuación:

$$\%H = \frac{P_0 - P_f}{P_0} * 100 \quad (1)$$

$P_0$  = peso de muestra húmedo

$P_f$  = peso de muestra seca

### **3.4.6. Determinación del proceso de la reactividad biológica.**

Para determinar la reactividad del compost se realizó el montaje del sistema del test de actividad respiratorio como indica la metodología descrita por Binner et al. (1999). Se utilizó un sistema de captación de CO<sub>2</sub>, el sistema de captación contó con un reactor de 300 ml (botella de vidrio) donde se colocó las muestras de evaluación de compost saturadas de agua.

Se conectó mediante manguera a un matraz de 500 ml de capacidad que contenía una solución de 200 ml de Hidróxido de Sodio 0.1N. (Estandarizado). Al mismo tiempo se conectó a un recipiente (vaso) con agua que actuaba como una trampa hidráulica para

evitar el ingreso de CO<sub>2</sub> del ambiente al sistema y permita la salida del gas generado en el reactor.

El reactor que contenía la muestra fue conectado a una compresora de aire que mantuvo aireado el sistema, por cuatro días que se conservó a temperatura ambiente.

Al finalizar el montaje del sistema experimental de la actividad respiratoria AT<sub>4</sub>, se pesó 50 gramos de muestra saturada de agua, 3 muestras de pulpa de café y 3 muestras de pulpa de café con estiércol de cuy de diferentes partes de cada pila, se determinó su humedad y se introdujo en la botella de vidrio. Luego se cerró el matraz herméticamente con el tapón de jebe y se conectó a la compresora para airear las muestras.

Para la medición de producción del CO<sub>2</sub>, se tomó una alícuota de 20 ml de solución de NaOH expuesta al dióxido de carbono el CO<sub>2</sub> (solución captadora), Como indicador de la neutralización, se adicionó dos gotas de fenolftaleína al 1% y se tituló con ácido clorhídrico (HCl 0.1N) estandarizado. La titulación de las muestras de compost se realizó durante cuatro días de evaluación. De esta misma forma se preparó y se tituló el blanco (NaOH) y se anotó los gastos de HCl.

La diferencia del resultado de la muestra con el resultado del blanco (NaOH), representó el volumen de CO<sub>2</sub> producido.

El porcentaje de masa seca (MS) se determinó según la ecuación siguiente:

$$MS (\%) = 100 - \%H \quad (2)$$

La masa seca se determinó según la ecuación siguiente:

$$MS = \frac{P_0 * MS(\%)}{100(\%)} \quad (3)$$

Donde:

$P_0$  : peso húmedo de la muestra.

MS (%): porcentaje de masa seca.

La normalidad residual de la base (NaOH) se determinó según la ecuación siguiente:

$$NR_{(ba)} = \frac{Vt * Nt}{Vm} \quad (4)$$

Donde:

$Nr_{(ba)}$ : Normalidad de la base residual

$Vt$ : Volumen del titulante gastado en ml de ácido clorhídrico

$Nt$ : Normalidad del titulante (ácido clorhídrico)

$Vm$ : Volumen de muestra a titular (ml)

La masa inicial de NaOH se determinó según la ecuación siguiente:

$$M_{i(NaOH)} = PM_{NaOH} * V_{sc} * N_{i(NaOH)} \quad (5)$$

Donde:

$M_{i(NaOH)}$ : Masa inicial del hidróxido de sodio

$PM_{(NaOH)}$ : Peso molecular del hidróxido de sodio

$V_{sc}$ : Volumen de la solución captadora (NaOH) usada en la prueba en (L)

$NI_{(NaOH)}$ : Normalidad inicial del hidróxido de sodio

La masa residual de NaOH se determinó según la ecuación siguiente:

$$M_{R(NaOH)} = PM_{NaOH} * V_{sc} * N_{R(NaOH)} \quad (6)$$

Donde:

$M_{R(NaOH)}$ : Masa residual del hidróxido de sodio

$PM_{(NaOH)}$ : Peso molecular del hidróxido de sodio

$V_{sc}$ : Volumen de la solución captadora (NaOH) usada en la prueba en (L)

$NR_{(NaOH)}$ : Normalidad residual del hidróxido de sodio

La masa consumida se determinó según la ecuación siguiente:

$$M_C = M_I - M_R \quad (7)$$

Donde:

$M_C$ : Masa consumida del hidróxido de sodio

$M_{I(NaOH)}$ : Masa inicial del hidróxido de sodio

$M_R$ : Masa residual del hidróxido de sodio

La Masa del  $CO_2$  se determinó según la ecuación siguiente:

$$M_{CO_2} = M_C * \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} * \frac{1 \text{ mol}_{CO_2}}{2 \text{ mol NaOH}} * \frac{44 \text{ g}_{CO_2}}{1 \text{ mol}_{CO_2}} \quad (8)$$

Donde:

$M_{CO_2}$ : Masa del dióxido de carbono

$M_C$ : Masa consumida del hidróxido de sodio

$CO_2$  Neto:  $CO_2$  (muestra) –  $CO_2$  (blanco - aire)

La Conversión de  $CO_2$  a  $O_2$  se determinó según la ecuación siguiente:

$$[O_2] = \frac{32 * CO_2}{44} \quad (9)$$

Donde:

$CO_2$ : Concentración de dióxido de carbono (mg/ml)

$O_2$ : Concentración de oxígeno (mg/ml)

La Actividad respiratoria en cuatro días ( $AT_4$ ) se determinó según la ecuación siguiente:

$$AT_4 = \frac{[O_2]}{MS} \quad (10)$$

$AT_4$ : Actividad respiratoria en cuatro días en mg  $O_2$ /g MS

$O_2$ : Oxígeno consumido en la respiración aeróbica en cuatro días.

$Ms$ : Masa seca de la muestra de compost (g).

### **3.4.7. Caracterización química de las muestras de compost**

La caracterización química de las muestras se determinó en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Toribio de Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

### **3.4.8. Diseño experimental**

Se uso un diseño completamente aleatorizado (DCA), con dos tratamientos (T1= pulpa de café y T2= pulpa de café con estiércol de cuy) y tres repeticiones por cada tratamiento.

#### **Análisis de datos**

Se realizó la prueba de la comparación de medias Fisher con un nivel de significancia del 95%, usando el software minitab 19 español.



## IV. RESULTADOS

### 4.1. Determinación de los parámetros fisicoquímicos durante el proceso de estabilización de compost

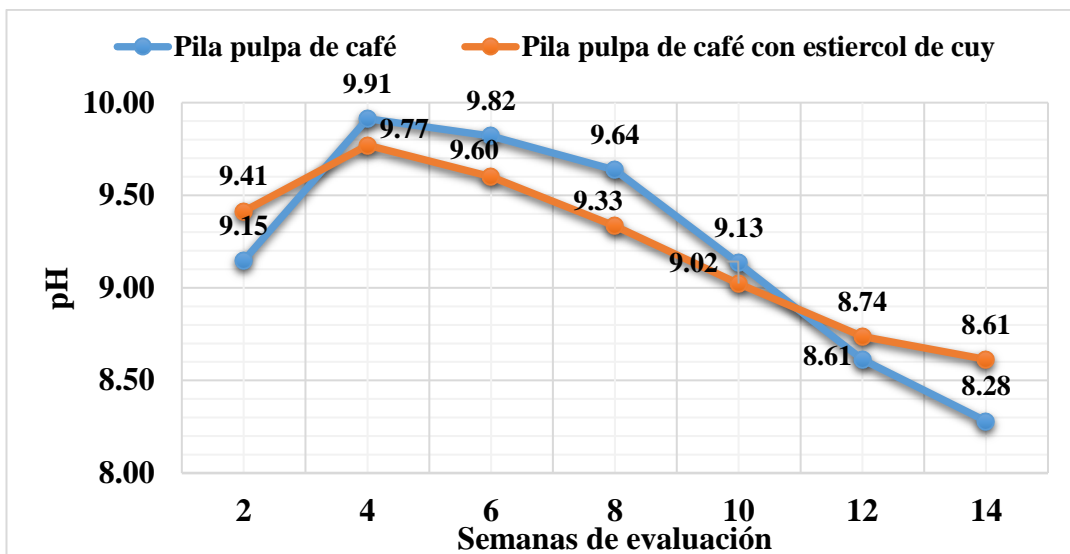
#### 4.1.1. pH

**Tabla 1.** Prueba de comparación de medias del parámetro PH en los tratamientos pulpa de café y pulpa de café con estiércol de cuy, según la distribución de Fisher con un nivel de significancia del 95%.

TRATAMIENTOS	Semana 2			Semana 4			Semana 6			Semana 8		
	N	Media	Agr.	N	Media	Agr.	N	Media	Agr.	N	Media	Agr.
T1	3	9.15	A	3	9.91	A	3	9.82	A	3	9.64	A
T2	3	9.41	A	3	9.77	A	3	9.60	A	3	9.33	B

TRATAMIENTOS	Semana 10			Semana 12			Semana 14		
	N	Media	Agr.	N	Media	Agr.	N	Media	Agr.
T1	3	9.13	A	3	8.61	B	3	8.28	B
T2	3	9.02	A	3	8.74	A	3	8.61	A

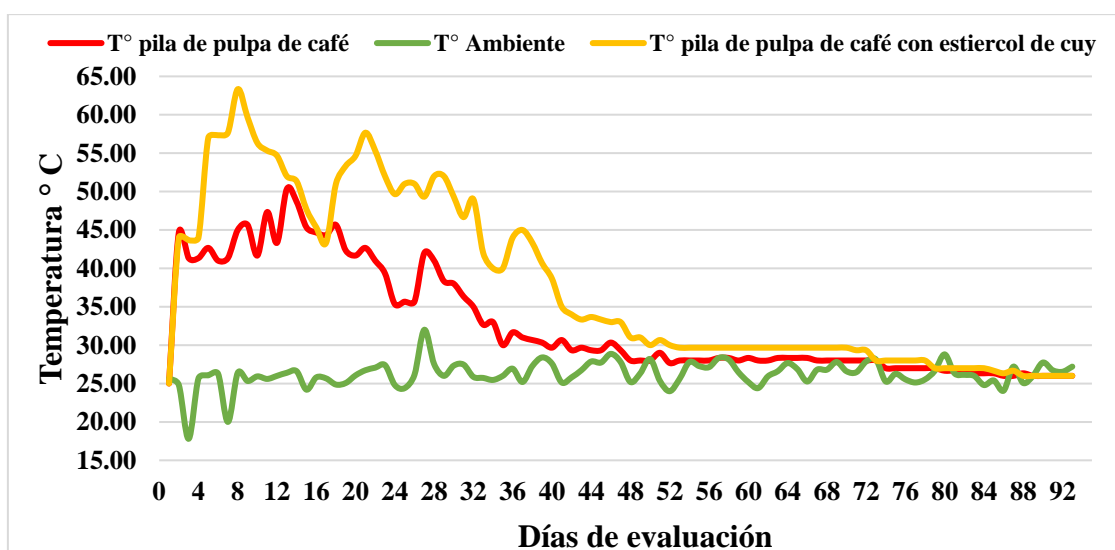
La tabla 1 muestra las medias y agrupaciones (Agr.) de cada tratamiento por cada periodo de evaluación según la comparación de Fisher. Se observó que los tratamientos evaluados en los periodos de ,8,12 y 14 semanas presentó diferencia significativa y para la semana 2,4,6 y 10 no presentó significancia para el pH en el proceso de compostaje



**Figura 1.** pH promedio del compost de pulpa de café y compost de pulpa de café con estiércol de cuy.

En la figura 1, se muestra los valores de pH, en la semana 2 fue de 9.15 en pulpa de café y 9.41 en pulpa de café con estiércol de cuy, se incrementó en la semana 4 los valores de pH a 9.77 y 9.91, a partir de la semana 6 fue disminuyendo a 9.60 y 9.82, hasta la última semana evaluada que fue la semana 14, obteniendo un pH de 8.28 y 8.61 respectivamente.

#### 4.1.2. Temperatura



**Figura 2.** Temperatura diaria del compost de pulpa de café y compost de pulpa de café con estiércol de cuy con la T° ambiente.

En la figura 2, se observa que las pilas de compostaje se inició a temperatura ambiente, un día después de la instalación, se registraron temperaturas de 44.67°C y 44°C, luego se empezaron a elevarse hasta alcanzar máximas temperaturas de 50.33 °C en el día 12 en la pila de pulpa de café y 63.33°C en el día 7 en la pila pulpa de café con estiércol de cuy, encontrándose en la fase termofílica. A los 28 días después de la instalación, la temperatura empezó a disminuir hasta el día 49 en la pila pulpa de café, lo mismo sucedió en la pila de pulpa de café con estiércol de cuy a los 38 días hasta el día 72. luego se fue nivelando con la temperatura ambiental hasta al día 86 en las dos pilas.

#### 4.1.3. Humedad

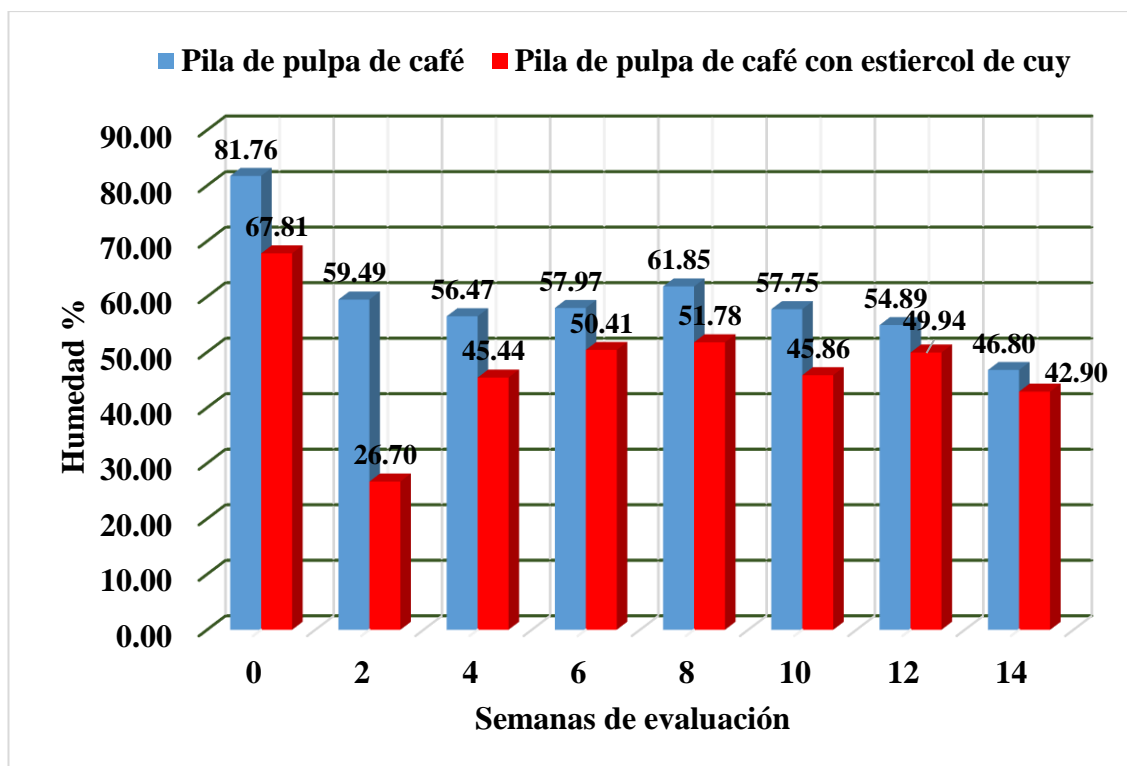
**Tabla 2.** Prueba de comparación de medias del parámetro humedad en los tratamientos pulpa de café y pulpa de café con estiércol de cuy, según la distribución de Fisher con un nivel de significancia del 95%.

TRATAMIENTOS	Semana 0			Semana 2			Semana 4			Semana 6		
	N	Media	Agr.	N	Media	Agr.	N	Media	Agr.	N	Media	Agr.
T1	3	81.76	A	3	59.49	A	3	56.47	A	3	57.97	A
T2	3	67.81	B	3	26.70	B	3	45.44	B	3	50.41	B

TRATAMIENTOS	Semana 8			Semana 10			Semana 12			Semana 14		
	N	Media	Agr.	N	Media	Agr.	N	Media	Agr.	N	Media	Agr.
T1	3	61.85	A	3	57.76	A	3	54.89	A	3	46.8	A
T2	3	51.78	B	3	45.86	B	3	49.94	B	3	42.90	A

La tabla 2 muestra las medias y agrupaciones (Agr.) de cada tratamiento por cada periodo de evaluación según la comparación de Fisher. se observó que los tratamientos evaluados en los periodos de 2,4,6,8,10,12 semanas para humedad son significativamente diferentes y para la semana 14 no hay diferencia significativa en el proceso de compostaje.



**Figura 3.** Porcentaje de humedad promedio del compost de pulpa de café con el compost de pulpa de café con estiércol de cuy.

Las pilas de compostaje al inicio del proceso registraron una humedad inicial de 81.76% y 67.81%, este exceso de humedad se debió principalmente a la pulpa de café que fue recogida directamente del despulpado. Desde el inicio hasta la semana 2 presentaron un marcado descenso de la humedad, en la pila de pulpa de café con estiércol de cuy a niveles por debajo del 30 %, lo cual no es recomendable ya que niveles menores del 40 % originan un descenso en la actividad microbiana. Durante el proceso se ha ido controlando la humedad hasta finalizar con una humedad de 46,80% y 42.90%.

4.2. Determinación del tiempo de estabilización del compost empleando el test de actividad respiratorio del compost pulpa de café y compost de pulpa de café con estiércol de cuy.

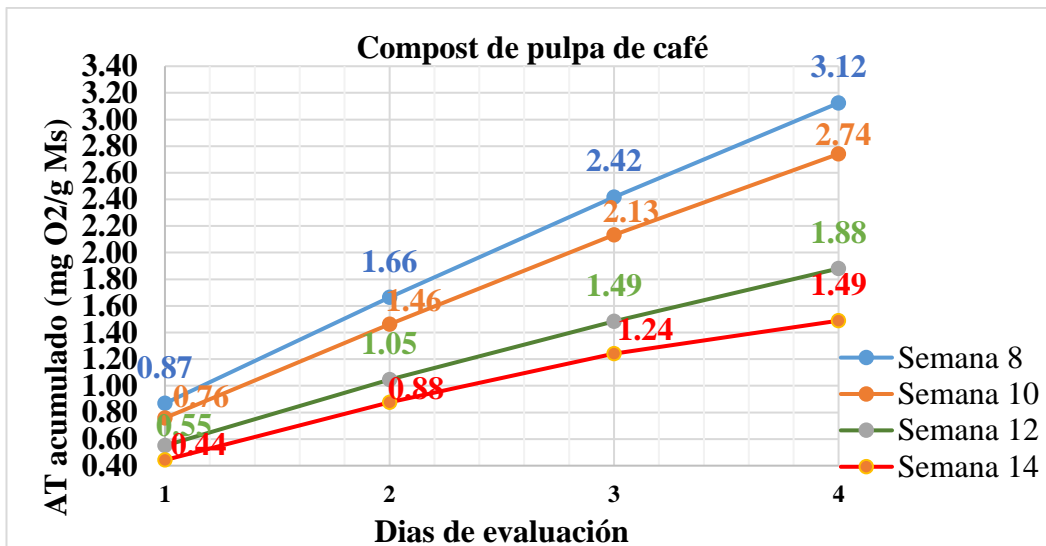


Figura 4. Actividad respiratoria de la pila de compost de pulpa de café en mg O<sub>2</sub>/g MS por cada semana evaluada durante los cuatro días de evaluación.

En la figura 4 se observa, la actividad respiratoria acumulada en los cuatros días de evaluación de las semanas 8, 10,12 y 14 en el compost de pulpa de café.

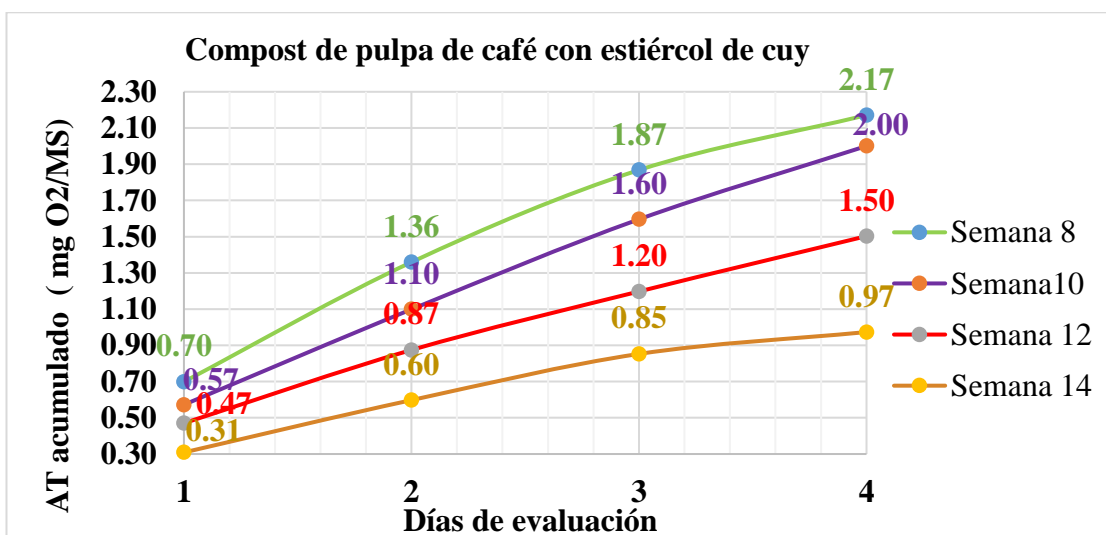


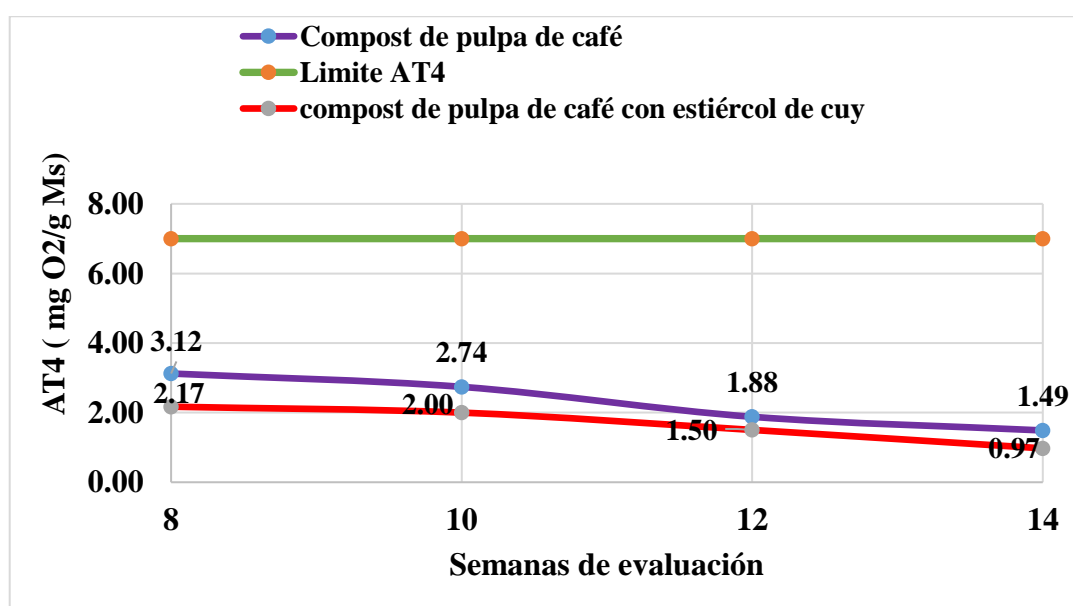
Figura 5. Actividad respiratoria de la pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy en mg O<sub>2</sub>/g MS por cada semana evaluada durante los cuatro días evaluación.

En la figura 5 se observa, la actividad respiratoria acumulada en los cuatros días de evaluación de las semanas 8, 10,12 y 14 en el compost de pulpa de café con estiércol de cuy.

**Tabla 3.** Prueba de comparación de medias de la reactividad en los tratamientos pulpa de café y pulpa de café con estiércol de cuy, según la distribución de Fisher con un nivel de significancia del 95%.

TRATAMIENTOS	Semana 8			Semana 10			Semana 12			Semana 14		
	N	Media	Agr.	N	Media	Agr.	N	Media	Agr.	N	Media	Agr.
T1	3	3.124	A	3	2.741	A	3	1.8807	A	3	1.489	A
T2	3	2.171	B	3	1.999	B	3	1.503	B	3	0.9734	B

La tabla 3 muestra las medias y agrupaciones (Agr.) de cada tratamiento por cada periodo de evaluación según la comparación de Fisher. Se observó que los tratamientos evaluados en los periodos de 8, 10,12 y 14 semanas para la actividad respiratoria son significativamente diferentes.



**Figura 6.** Variación de la actividad respiratoria acumulada (mg O<sub>2</sub>/g MS) en la pila de compost de pulpa de café y la pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy.

En la figura 6 se observa los valores del Test de Actividad Respiratoria – AT<sub>4</sub> de los dos tratamientos, con valor valor máximo de 3.12 mg O<sub>2</sub>/g Ms y 2.17 mg O<sub>2</sub>/g Ms registrado en la semana 8 y un valor mínimo de 1.49 mg O<sub>2</sub>/g Ms y 0.97 mg O<sub>2</sub>/g Ms en la semana 14.

### 4.3. Caracterización del compost de pulpa de café y compost de pulpa de café con estiércol de cuy

**Tabla 4.** Resultados del análisis de caracterización del compost.

Identificación	Tratamiento	pH	C.E	P	K	C	M.O	N	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases
										Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
		dS/m	Ppm	ppm	%	%	%	Meq/100 g									
Compost pulpa de café	T1	8.38	13.7	102.2	13930.21	5.23	9.01	0.45	58.63	17.91	5.44	34.88	0.39	0.00	58.63	58.63	100
Compost pulpa de café con estiércol de cuy	T2	8.54	14.5	106.72	12437.28	5.33	9.19	0.46	60.07	22.6	5.54	30.72	1.21	0.00	60.07	60.07	100

En tabla 1, muestra los resultados obtenidos de los parámetros potencial de iones hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (C.E), nitrógeno(N), fosforo (P), potasio(K), carbono (C), materia orgánica (M.O), capacidad de intercambio catiónico (CIC), cationes cambiables como (Ca<sup>+2</sup>),(Mg<sup>+2</sup>), (K<sup>+</sup>),(Na<sup>+2</sup>). Con sus respectivas unidades (según el laboratorio de suelos, de la Universidad Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas: Labisag).



## V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de el pH al inicio fueron de 9.15 en pulpa de café y 9.41 en pulpa de café con estiércol de cuy y los valores finales fueron 8.28 y 8.61 respectivamente en la semana 14; comparando con Acosta y Peralta (2015) en la elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas siguen la misma tendencia de disminución durante el proceso de compostaje. Además, Hernández (2003) indica que el pH varia a lo largo del proceso del compostaje y en la fase mesófila, puede bajar por la formación de ácidos orgánicos, en la fase termófila volver a alcalinizarse y en la fase de enfriamiento acercarse a valores neutros.

En la evaluación del compost de pulpa de café y pulpa de café con estiércol de cuy durante el proceso de compostaje se inició con temperatura ambiente siendo la fase mesófila, al primer día de composta se registró temperaturas de 44.67 °C y 44 °C, alcanzando una temperatura máxima de 50.33 °C y 63.33 °C en la etapa termófila y descendiendo a la etapa de enfriamiento la cual fue nivelándose a temperatura ambiente; comparando con Días (2017) que obtuvo temperaturas similares en las tres etapas del compostaje de pulpa de café con estiércol de conejo y cenizas, el compostaje de pulpa de café mezclado con recorte de césped en partes iguales y el estiércol de conejo con cenizas, iniciando con temperatura ambiente y alcanzando un rango de 50 °C en la etapa termófila, luego descendió a temperatura ambiente.

Respecto a la humedad el proceso se inició con valores altos, este exceso se debe al material de pulpa de café que contiene altas cantidades de agua, en la segunda semana la humedad de la pila de pulpa de café con estiércol de cuy disminuyó por debajo del 30 % y en la tercera semana la pila de pulpa de café. Esta disminución se debe a los volteos que se realizaban y a la variación de la temperatura del ambiente. En concordancia con Jaramillo y Zapata (2008) en el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos indica que es importante evitar la

humedad elevada porque se produce un proceso anaerobio y si la humedad es muy baja, disminuye la actividad de los microorganismos retardando el proceso de descomposición; razón por la cual se ha controlado la humedad en rangos de 40% - 60%.

Los resultados obtenidos del Test de Actividad Respiratoria – AT4 de las dos pilas de compost, presentaron valores máximos de 3.12 mg O<sub>2</sub>/g MS, elaborado con una relación carbono nitrógeno de 29.08 y 2.17 mg O<sub>2</sub>/g MS el cual fue elaborado con una relación de 25, registrado en la semana 8 y con valores mínimos de 1.49 mg O<sub>2</sub>/g MS y 0.97 mg O<sub>2</sub>/g MS en la semana 14. Estos resultados se encuentran dentro del límite máximo establecido en la “Guía para el Tratamiento Biomecánico de los Residuos Sólidos en Austria” cuyo valor es 7 mg O<sub>2</sub>/g MS para un compost estable. Así mismo, cabe indicar que los valores de AT4 obtenidos son comparables con los reportados por Neyra (2015) que consiguió un valor promedio de 6.49 mg O<sub>2</sub>/g MS en la semana 14.

En el análisis de caracterización del compost, los porcentajes obtenidos de nitrógeno se encuentran entre 0.45 % y 0.46 %. El compost de pulpa de café con estiércol de cuy aporta más nitrógeno que el compost con pulpa de café (Tabla 4), el fosforo está en un rango de 102.2 ppm y 106.72 ppm, el potasio fue de 13930.21 ppm y 12437.28 ppm, la materia orgánica se encuentra en 9.19 % y 9.01%, el carbono fue de 5.33% y 5.23%, el pH de 8.38 y 8.54. Resultados son mayores que los reportados por Beteta (2016) para compost provenientes de residuos municipales.

## VI. CONCLUSIONES

El compost de pulpa de café presentó un pH más bajo que el compost de pulpa de café con estiércol de cuy. La pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy alcanzó máxima temperatura de 63.33°C con respecto a la pila de pulpa de café obteniendo 50.33°C en la fase termófila. La humedad del compost de las pilas de pulpa de café y pulpa de café con estiércol de cuy durante el proceso de compostaje se mantuvieron en valores de 40 % a 60 %, excepto en la segunda semana que hubo una disminución significativa en la pila de pulpa de café con estiércol de cuy.

El compost de pulpa de café y compost de pulpa de café mezclado con estiércol de cuy se estabilizaron antes de la octava semana que se evaluó. El compost de pulpa de café con estiércol de cuy presentó mayor estabilidad con 2.17 mg O<sub>2</sub> /g MS que el compost de pulpa de café con 3.12 mg O<sub>2</sub> /g MS.

En la caracterización del compost se determinó que ambos son de buena calidad, presentando el compost de pulpa de café con estiércol de mejores valores, siendo estos: 0.46 % de nitrógeno, 106.72 ppm de fósforo, 12437.28 ppm en potasio, carbono 5.33 %, materia orgánica 9.19 % y una capacidad de intercambio catiónico 60.07.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Realizar investigaciones donde se evalué la actividad respiratoria desde la primera semana para evaluar la evolución de la madurez en el compost.

Monitorear frecuentemente el sistema experimental para la medición de la actividad respiratoria, para evitar fugas en el proceso de captación de CO<sub>2</sub>.

Realizar al inicio del compostaje volteos cada 4 días para oxigenar el material compostable y evitar que pase a un proceso anaerobio que da una mala calidad al compost.

A las Municipalidades a través de la unidad de gestión de residuos sólidos municipales aplicar el test de actividad respiratoria del compostaje que producen como un método de determinación de estabilidad del compost.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta y Peralta (2015). *Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasugá*. (Tesis de Grado). Fusagasugá: Universidad De Cundinamarca.
- Barreros, E. (2017). *Efecto de la relación carbono nitrógeno en el tiempo de la descomposición de abono de cuy (Cavia porcellus) enriquecido*. (Tesis de pregrado). Cevallos: Universidad Tecnica de Ambato.
- Beteta, V.(2016). *Reactividad del compost producido a partir de residuos sólidos urbanos de las Municipalidades de Leoncio Prado, Concepción y Jose Crespo y Castillo*.(Tesis de grado ). Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Binner Et al (1999). *Laboratory Tests Describing the Biological Reactivity of Pretreated Residual Wastes*.*Universität für Bodenkultur*, Department Of Waste Management.
- Cabrera, V. (2016). *Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del Distrito de Miraflores*. (Tesis de pregrado). Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Cobos, V. (2015). *Estudio sobre la normalización del proceso del compostaje*. (Tesis de grado). México: Instituto Politécnico Nacional.
- Dias, O. (2017). *Aplicación de aditivos minerales para la reducción de pérdidas de nitrógeno por volatilización durante el compostaje de café*. (Tesis de licenciatura). Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Figeroa, A. (2012). *Determinación del nitrógeno potencialmente mineralizable y la tasa de mineralización de nitrógeno en materiales orgánicos*. Temas agrarios , 32- 43.
- Gallardo, K. (2013). *Obtención de compost a partir de residuos orgánicos con mención en Minería y Medio Ambiente*. (Tesis de maestría). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

- García, X. (2017). *Tratamiento de los residuos sólidos generados en sanitarios ecológicos mediante el uso de microorganismos eficientes en un proceso de compostaje*. (Tesis de grado). Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Hernández, A. (2003). *La composta, su elaboración y beneficio*. (Tesis de pregrado). México: Universidad Autónoma Agraria.
- Hernández, J. (2007). *Fertilizantes Orgánicos (Estiércoles) en la producción del Pasto Maicillo Axonopus Scoparius Hitch Cv. Oliva, bajo diferentes edades de corte en época húmeda*. Tingo María.
- Jaramillo y Zapata (2008). *Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en Colombia*. (Tesis de posgrado). Colombia: Universidad de Antioquia.
- Neyra, P. (2015). *Reactividad del compost de residuos sólidos Municipales del Distrito de la Molina - Lima*. (Tesis de pregrado). Lima: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Picado y Añasco (2005). *Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos*. CEDECO. San José, Costa Rica.
- Rafael, M. (2015). *Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos Sapallanga Huancayo*. (Tesis de pregrado). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Rodríguez, L. (2017). *Gestión integral de residuos sólidos en la empresa SYRGO SAS*. Tendencias, 103-121.
- Soriano, J. (2016). *Tiempo y calidad de compost con aplicación de tres dosis de microorganismos eficaces- concepción*. (Tesis de pregrado). Huancayo: Universidad del Centro del Perú.
- Vargas, Y. (2017). *Calidad del compost producidos a partir de residuos sólidos orgánicos municipales en el centro de protección ambiental Santa Cruz ciudad de Concepción*. (Tesis de posgrado). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.

## **DEDICATORIA**

Esta tesis lo dedico a Dios por ser mi guía, por estar bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas propuestas. A mis padres María Natividad Terrones Sánchez y Amado Chasquero Carranza, que con apoyo incondicional y consejos durante todos estos años permitieron lograr culminar mi carrera profesional. A mis hermanos(as) Miguel, Segundo, Eresvita, Tereza, Elita, Jorge Luis, por sus consejos y palabras de aliento y a mi hermano Efraín, aunque no esté físicamente conmigo, desde el cielo siempre me cuida y me guía.

A mi Novio Videner Chumacero Jaimes por brindarme su apoyo incondicional. A mis amigas(os) que compartí experiencias y conocimientos dentro y fuera de aulas.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de Jaén, por brindarme sus ambientes de Laboratorio de Química e Ingeniería Forestal y Ambiental.

A mis Asesores Lic. Mg. Adán Díaz Ruiz y Mg. Víctor Hugo Gómez Ramírez, quienes fueron de gran apoyo en el desarrollo de mi tesis.

A la cooperativa APROAGRO, del caserío san Pedro - Distrito Tabaconas por facilitarme la pulpa de café.

A los docentes que, con sus conocimientos impartidos, motivaron desarrollarme como persona y profesional.



## ANEXOS

### 1. Monitoreo de los parámetros fisicoquímicos del proceso de compostaje.

**Tabla 5.** *pH promedio de la pila de compost de pulpa de café.*

Semana	pH			
	Pila de pulpa de café			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio pila
2	9.71	8.48	9.25	9.15
4	10.01	9.90	9.83	9.91
6	9.95	9.75	9.76	9.82
8	9.64	9.68	9.59	9.64
10	9.19	9.16	9.05	9.13
12	8.59	8.57	8.68	8.61
14	8.38	8.25	8.21	8.28

**Tabla 6.** *pH promedio de la pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy.*

Semana	pH			
	Pila de Pulpa de café con estiércol de cuy			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio pila
2	9.41	9.37	9.43	9.41
4	9.84	9.79	9.68	9.77
6	9.61	9.70	9.49	9.60
8	9.41	9.33	9.26	9.33
10	8.99	9.1	8.98	9.02
12	8.76	8.69	8.76	8.74
14	8.57	8.68	8.59	8.61

**Tabla 7.** *Temperatura promedio diario de (3 muestras) de la pila de compost de pulpa de café y del ambiente.*

Fecha	Dia	T° pila pulpa de café				T° Ambiente
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio pila	
04/08/2019	0	25	25	25	25.00	25.67
05/08/2019	1	45	44	45	44.67	24.80
06/08/2019	2	42	40	42	41.33	17.80
07/08/2019	3	42	41	41	41.33	25.67
08/08/2019	4	44	42	42	42.67	26.07
09/08/2019	5	43	40	40	41.00	26.27
10/08/2019	6	43	41	40	41.33	20.00
11/08/2019	7	47	43	45	45.00	26.40
12/08/2019	8	46	45	46	45.67	25.33
13/08/2019	9	41	41	43	41.67	25.93
14/08/2019	10	50	46	46	47.33	25.60
15/08/2019	11	45	42	43	43.33	26.00
16/08/2019	12	56	48	47	50.33	26.40
17/08/2019	13	55	45	46	48.67	26.60
18/08/2019	14	50	44	42	45.33	24.20
19/08/2019	15	52	42	40	44.67	25.80
20/08/2019	16	55	40	38	44.33	25.67
21/08/2019	17	56	39	42	45.67	24.87
22/08/2019	18	50	39	38	42.33	25.07
23/08/2019	19	47	39	39	41.67	26.07
24/08/2019	20	49	40	39	42.67	26.73
25/08/2019	21	45	39	39	41.00	27.07
26/08/2019	22	42	39	37	39.33	27.40
27/08/2019	23	39	33	34	35.33	24.80
28/08/2019	24	39	34	34	35.67	24.40
29/08/2019	25	39	34	34	35.67	26.13
30/08/2019	26	42	45	39	42.00	32.00
31/08/2019	27	45	40	38	41.00	27.53
01/09/2019	28	42	36	37	38.33	26.00
02/09/2019	29	41	35	38	38.00	27.33
03/09/2019	30	40	34	35	36.33	27.47
04/09/2019	31	38	34	33	35.00	25.87
05/09/2019	32	35	32	31	32.67	25.73
06/09/2019	33	34	34	31	33.00	25.47
07/09/2019	34	30	30	30	30.00	26.00
08/09/2019	35	33	31	31	31.67	26.93
09/09/2019	36	32	30	31	31.00	25.20
10/09/2019	37	32	30	30	30.67	27.27
11/09/2019	38	31	30	30	30.33	28.40
12/09/2019	39	31	29	29	29.67	27.60

13/09/2019	40	32	30	30	30.67	25.13
14/09/2019	41	30	29	29	29.33	25.80
15/09/2019	42	30	30	29	29.67	26.73
16/09/2019	43	30	29	29	29.33	27.87
17/09/2019	44	30	29	29	29.33	27.73
18/09/2019	45	31	30	30	30.33	28.87
19/09/2019	46	30	29	29	29.33	27.80
20/09/2019	47	28	28	28	28.00	25.20
21/09/2019	48	28	28	28	28.00	26.33
22/09/2019	49	28	28	28	28.00	28.20
23/09/2019	50	29	29	29	29.00	25.33
24/09/2019	51	28	27	28	27.67	24.00
25/09/2019	52	28	28	28	28.00	25.60
26/09/2019	53	28	28	28	28.00	27.80
27/09/2019	54	28	28	28	28.00	27.27
28/09/2019	55	28	28	28	28.00	27.13
29/09/2019	56	29	28	28	28.33	28.33
30/09/2019	57	29	28	28	28.33	28.13
01/10/2019	50	28	28	28	28.00	26.47
02/10/2019	59	29	28	28	28.33	25.20
03/10/2019	60	28	28	28	28.00	24.40
04/10/2019	61	28	28	28	28.00	25.93
05/10/2019	62	29	28	28	28.33	26.60
06/10/2019	63	29	28	28	28.33	27.67
07/10/2019	64	29	28	28	28.33	26.87
08/10/2019	65	29	28	28	28.33	25.27
09/10/2019	66	28	28	28	28.00	26.80
10/10/2019	67	28	28	28	28.00	26.80
11/10/2019	68	28	28	28	28.00	27.80
12/10/2019	69	28	28	28	28.00	26.60
13/10/2019	70	28	28	28	28.00	26.47
14/10/2019	71	28	28	28	28.00	27.87
15/10/2019	72	28	28	28	28.00	28.13
16/10/2019	73	27	27	27	27.00	25.27
17/10/2019	74	27	27	27	27.00	26.27
18/10/2019	75	27	27	27	27.00	25.53
19/10/2019	76	27	27	27	27.00	25.13
20/10/2019	77	27	27	27	27.00	25.53
21/10/2019	78	27	27	27	27.00	26.67
22/10/2019	79	26	27	27	26.67	28.80
23/10/2019	80	26	27	27	26.67	26.33
24/10/2019	81	26	26	27	26.33	26.13
25/10/2019	82	26	26	27	26.33	26.00
26/10/2019	83	26	26	27	26.33	24.80
27/10/2019	84	26	26	27	26.33	25.40

28/10/2019	85	26	26	26	26.00	24.07
29/10/2019	86	26	26	26	26.00	27.20
30/10/2019	87	26	26	27	26.33	25.07
31/10/2019	88	26	26	26	26.00	26.00
01/11/2019	89	26	26	26	26.00	27.73
02/11/2019	90	26	26	26	26.00	26.73
03/11/2019	91	26	26	26	26.00	26.53
04/11/2019	92	26	26	26	26.00	27.20

**Tabla 8.** *Temperatura promedio diario de (3 muestras) de la pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy y del ambiente*

Fecha	Dia	T° pila de pulpa de café con estiércol de cuy				T° Ambiente
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio pila	
04/08/2019	0	25	25	25	25.00	25.67
05/08/2019	1	45	44	43	44.00	24.80
06/08/2019	2	43	45	43	43.67	17.80
07/08/2019	3	43	44	45	44.00	25.67
08/08/2019	4	65	51	55	57.00	26.07
09/08/2019	5	65	54	53	57.33	26.27
10/08/2019	6	61	55	57	57.67	20.00
11/08/2019	7	65	62	63	63.33	26.40
12/08/2019	8	63	57	59	59.67	25.33
13/08/2019	9	60	51	58	56.33	25.93
14/08/2019	10	60	55	51	55.33	25.60
15/08/2019	11	58	55	51	54.67	26.00
16/08/2019	12	63	44	49	52.00	26.40
17/08/2019	13	60	45	49	51.33	26.60
18/08/2019	14	55	42	46	47.67	24.20
19/08/2019	15	52	42	42	45.33	25.80
20/08/2019	16	50	40	40	43.33	25.67
21/08/2019	17	52	49	52	51.00	24.87
22/08/2019	18	55	56	49	53.33	25.07
23/08/2019	19	59	54	51	54.67	26.07
24/08/2019	20	65	55	53	57.67	26.73
25/08/2019	21	60	54	52	55.33	27.07
26/08/2019	22	59	49	48	52.00	27.40
27/08/2019	23	53	48	48	49.67	24.80
28/08/2019	24	55	49	49	51.00	24.40
29/08/2019	25	55	49	49	51.00	26.13
30/08/2019	26	52	48	48	49.33	32.00
31/08/2019	27	55	51	50	52.00	27.53
01/09/2019	28	54	52	50	52.00	26.00

---

02/09/2019	29	54	48	46	49.33	27.33
03/09/2019	30	51	44	45	46.67	27.47
04/09/2019	31	58	44	45	49.00	25.87
05/09/2019	32	45	40	41	42.00	25.73
06/09/2019	33	40	40	40	40.00	25.47
07/09/2019	34	42	39	39	40.00	26.00
08/09/2019	35	46	45	41	44.00	26.93
09/09/2019	36	48	45	42	45.00	25.20
10/09/2019	37	45	43	42	43.33	27.27
11/09/2019	38	44	39	39	40.67	28.40
12/09/2019	39	42	37	37	38.67	27.60
13/09/2019	40	38	33	34	35.00	25.13
14/09/2019	41	38	31	33	34.00	25.80
15/09/2019	42	36	32	32	33.33	26.73
16/09/2019	43	36	33	32	33.67	27.87
17/09/2019	44	35	33	32	33.33	27.73
18/09/2019	45	35	33	31	33.00	28.87
19/09/2019	46	35	32	32	33.00	27.80
20/09/2019	47	33	30	30	31.00	25.20
21/09/2019	48	33	30	30	31.00	26.33
22/09/2019	49	31	29	30	30.00	28.20
23/09/2019	50	31	30	31	30.67	25.33
24/09/2019	51	32	29	29	30.00	24.00
25/09/2019	52	31	29	29	29.67	25.60
26/09/2019	53	31	29	29	29.67	27.80
27/09/2019	54	31	29	29	29.67	27.27
28/09/2019	55	31	29	29	29.67	27.13
29/09/2019	56	31	29	29	29.67	28.33
30/09/2019	57	31	29	29	29.67	28.13
01/10/2019	58	31	29	29	29.67	26.47
02/10/2019	59	31	29	29	29.67	25.20
03/10/2019	60	31	29	29	29.67	24.40
04/10/2019	61	31	29	29	29.67	25.93
05/10/2019	62	31	29	29	29.67	26.60
06/10/2019	63	31	29	29	29.67	27.67
07/10/2019	64	31	29	29	29.67	26.87
08/10/2019	65	31	29	29	29.67	25.27
09/10/2019	66	31	29	29	29.67	26.80
10/10/2019	67	31	29	29	29.67	26.80
11/10/2019	68	31	29	29	29.67	27.80
12/10/2019	69	31	29	29	29.67	26.60
13/10/2019	70	30	29	29	29.33	26.47
14/10/2019	71	30	29	29	29.33	27.87
15/10/2019	72	28	28	28	28.00	28.13
16/10/2019	73	28	28	28	28.00	25.27

---

17/10/2019	74	28	28	28	28.00	26.27
18/10/2019	75	28	28	28	28.00	25.53
19/10/2019	76	28	28	28	28.00	25.13
20/10/2019	77	28	28	28	28.00	25.53
21/10/2019	78	27	27	27	27.00	26.67
22/10/2019	79	27	27	27	27.00	28.80
23/10/2019	80	27	27	27	27.00	26.33
24/10/2019	81	27	27	27	27.00	26.13
25/10/2019	82	27	27	27	27.00	26.00
26/10/2019	83	27	27	27	27.00	24.80
27/10/2019	84	27	26	27	26.67	25.40
28/10/2019	85	27	26	26	26.33	24.07
29/10/2019	86	27	26	27	26.67	27.20
30/10/2019	87	26	26	26	26.00	25.07
31/10/2019	88	26	26	26	26.00	26.00
01/11/2019	89	26	26	26	26.00	27.73
02/11/2019	90	26	26	26	26.00	26.73
03/11/2019	91	26	26	26	26.00	26.53
04/11/2019	92	26	26	26	26.00	27.20

**Tabla 9.** *Humedad promedio de la pila de pulpa de café.*

Semana	Humedad (%)			
	Pila de pulpa de café			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio pila
0	81.60	82.13	81.55	81.76
2	53.86	64.79	59.81	59.49
4	56.23	57.35	55.83	56.47
6	59.62	57.61	56.69	57.97
8	61.49	61.70	62.35	61.85
10	57.84	57.94	57.49	57.75
12	54.99	57.17	52.51	54.89
14	46.71	44.80	48.89	46.80

**Tabla 10.** *Humedad promedio de la pila de pulpa de café con estiércol de cuy.*

Semana	Humedad %			
	Pila de pulpa de café con estiércol de cuy			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio pila
0	63.93	75.50	54.69	64.71
2	27.14	24.84	28.12	26.70
4	45.60	42.13	48.58	45.44
6	47.81	48.55	54.87	50.41
8	51.30	50.12	53.93	51.78
10	45.86	46.88	44.84	45.86
12	49.98	51.08	48.76	49.94
14	44.06	43.51	41.15	42.90

## 2. Monitoreo de la actividad respiratoria

**Tabla 11.** *Masa seca del compost de pulpa de café para el desarrollo del AT<sub>4</sub>*

Semana		Compost de pulpa de café								
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	% MS			MS		
					Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
8	Peso Muestra	50.02	50.01	50.03						
	Humedad	68.99	61.70	62.35	31.01	38.30	37.65	15.51	19.153	18.836
10	Peso Muestra	50.00	50.02	50.08						
	Humedad	57.84	57.94	57.49	42.16	42.06	42.51	21.08	21.04	21.29
12	Peso Muestra	50.01	50.01	50.07						
	Humedad	54.99	57.17	52.51	45.01	42.83	47.49	22.51	21.42	23.78
14	Peso Muestra	50.05	50.00	50.01						
	Humedad	46.71	44.80	48.89	53.29	55.20	51.11	26.67	27.6	25.56

**Tabla 12.** *Masa seca del compost de pulpa de café con estiércol de cuy para el desarrollo del AT<sub>4</sub>*

Semana		Parámetro		Compost de pulpa de café con estiércol de cuy								
				Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	% MS			MS (g)		
							Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
8	Peso Muestra	50.01	50.04	50.00								
	Humedad	51.30	50.12	53.93	48.70	49.88	46.07	24.35	24.96	23.04		
10	Peso Muestra	50.06	50.09	50.58								
	Humedad	45.86	46.88	44.84	54.14	53.12	55.16	27.10	26.61	27.90		
12	Peso Muestra	50.00	50.02	50.04								
	Humedad	49.98	51.08	48.76	50.02	48.92	51.24	25.01	24.47	25.64		
14	Peso Muestra	55.02	53.90	52.86								
	Humedad	44.06	43.51	41.15	55.94	56.49	58.85	30.78	30.45	31.11		



**Tabla 13. Cálculo de CO<sub>2</sub> del blanco**

Semana	Días de evaluación	Gasto HCl (ml)	Muestra (ml)	Solución captadora (SC) ml	Normalidad del NaOH	Normalidad del HCl	Masa inicial del NaOH	Normalidad residual del NaOH	Masa residual del NaOH	Masa consumida del NaOH	CO <sub>2</sub> mg/ml
8	1	16.9	20	200	0.094	0.111	0.754	0.094	0.750	0.003	1.854
	2	16.7	20	200	0.094	0.111	0.754	0.093	0.743	0.011	5.931
	3	16.0	20	200	0.095	0.117	0.762	0.093	0.747	0.016	8.689
	4	15.7	20	200	0.095	0.117	0.762	0.092	0.734	0.028	15.547
10	1	14.4	20	200	0.096	0.129	0.770	0.093	0.742	0.028	15.242
	2	14.3	20	200	0.096	0.129	0.770	0.092	0.737	0.033	18.075
	3	14.3	20	200	0.096	0.129	0.770	0.092	0.735	0.035	19.020
	4	14.1	20	200	0.096	0.129	0.770	0.091	0.728	0.041	22.798
12	1	15.2	20	200	0.094	0.116	0.752	0.089	0.708	0.044	24.175
	2	15.1	20	200	0.094	0.116	0.752	0.088	0.702	0.050	27.584
	3	15.0	20	200	0.094	0.116	0.752	0.087	0.696	0.056	30.992
	4	14.9	20	200	0.094	0.116	0.752	0.086	0.691	0.061	33.549
14	1	15.3	20	200	0.094	0.116	0.752	0.089	0.713	0.039	21.619
	2	15.3	20	200	0.094	0.116	0.752	0.089	0.710	0.042	23.323
	3	15.1	20	200	0.094	0.116	0.752	0.088	0.700	0.052	28.436
	4	14.8	20	200	0.094	0.116	0.752	0.086	0.689	0.063	34.401

**Tabla 14.** Cálculo del CO<sub>2</sub> para el desarrollo de la actividad respiratoria de la muestra 1 de la pila de compost de pulpa de café.

Semana	Días de evaluación	Gasto HCl (ml)	Muestra (ml)	Solución captadora (SC)	Normalidad del NAOH	Normalidad del HCl	Masa inicial del NAOH	Normalidad residual del NAOH	Masa residual del NAOH	Masa consumida del NAOH	CO <sub>2</sub> mg/ml	Respiración neta (mg/ml)	CO <sub>2</sub> a O <sub>2</sub> (mg/ml)	AT diario (mg O <sub>2</sub> /g MS)	AT acumulado (mg O <sub>2</sub> /g MS)
8	1	16.1	20	200	0.094	0.111	0.754	0.089	0.715	0.039	21.425	19.571	14.234	0.918	0.918
	2	16.0	20	200	0.094	0.111	0.754	0.089	0.713	0.040	22.241	16.309	11.861	0.765	1.682
	3	15.4	20	200	0.095	0.117	0.762	0.090	0.720	0.042	23.263	14.574	10.599	0.683	2.366
	4	15.2	20	200	0.095	0.117	0.762	0.089	0.709	0.053	29.264	13.716	9.975	0.643	3.009
10	1	13.6	20	200	0.096	0.129	0.770	0.088	0.701	0.069	37.910	22.669	16.486	0.782	0.782
	2	13.5	20	200	0.096	0.129	0.770	0.087	0.697	0.072	39.799	21.724	15.799	0.750	1.532
	3	13.5	20	200	0.096	0.129	0.770	0.087	0.697	0.072	39.799	20.780	15.113	0.717	2.249
	4	13.4	20	200	0.096	0.129	0.770	0.087	0.692	0.078	42.633	19.835	14.426	0.684	2.933
12	1	14.5	20	200	0.094	0.116	0.752	0.084	0.676	0.076	42.070	17.895	13.014	0.578	0.578
	2	14.5	20	200	0.094	0.116	0.752	0.084	0.672	0.080	43.774	16.191	11.775	0.523	1.101
	3	14.4	20	200	0.094	0.116	0.752	0.083	0.668	0.084	46.331	15.338	11.155	0.496	1.597
	4	14.4	20	200	0.094	0.116	0.752	0.083	0.668	0.084	46.331	12.782	9.296	0.413	2.010
14	1	14.7	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.682	0.070	38.661	17.043	12.395	0.465	0.465
	2	14.6	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.680	0.072	39.513	16.191	11.775	0.442	0.906
	3	14.5	20	200	0.094	0.116	0.752	0.084	0.672	0.080	43.774	15.338	11.155	0.418	1.325
	4	14.4	20	200	0.094	0.116	0.752	0.083	0.668	0.084	46.331	11.930	8.676	0.325	1.650

**Tabla 15.** Cálculo del CO<sub>2</sub> para el desarrollo de la actividad respiratoria de la muestra 2 de la pila de compost de pulpa de café.

Semana	Días de evaluación	Gasto HCl (ml)	Muestra (ml)	Solución captadora (SC)	Normalidad del NaOH	Normalidad del HCl	Masa inicial del NaOH	Normalidad residual del NaOH	Masa residual del NaOH	Masa consumida del NaOH	CO <sub>2</sub> mg/ml	Respiración neta (mg/ml)	CO <sub>2</sub> a O <sub>2</sub> (mg/ml)	AT diario (mg O <sub>2</sub> /g MS)	AT acumulado (mg O <sub>2</sub> /g MS)
8	1	16.0	20	200	0.094	0.111	0.754	0.089	0.710	0.043	23.871	22.018	16.013	0.836	0.836
	2	15.8	20	200	0.094	0.111	0.754	0.088	0.704	0.049	27.133	21.202	15.420	0.805	1.641
	3	15.2	20	200	0.095	0.117	0.762	0.089	0.709	0.053	29.264	20.574	14.963	0.781	2.422
	4	15.0	20	200	0.095	0.117	0.762	0.087	0.700	0.063	34.407	18.860	13.716	0.716	3.139
10	1	13.6	20	200	0.096	0.129	0.770	0.088	0.702	0.067	36.966	21.724	15.799	0.751	0.751
	2	13.6	20	200	0.096	0.129	0.770	0.088	0.701	0.069	37.910	19.835	14.426	0.686	1.437
	3	13.6	20	200	0.096	0.129	0.770	0.088	0.701	0.069	37.910	18.891	13.739	0.653	2.090
	4	13.5	20	200	0.096	0.129	0.770	0.087	0.696	0.074	40.744	17.946	13.052	0.620	2.710
12	1	14.6	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.677	0.075	41.218	17.043	12.395	0.579	0.579
	2	14.5	20	200	0.094	0.116	0.752	0.084	0.674	0.078	42.922	15.338	11.155	0.521	1.099
	3	14.5	20	200	0.094	0.116	0.752	0.084	0.672	0.080	43.774	12.782	9.296	0.434	1.533
	4	14.4	20	200	0.094	0.116	0.752	0.084	0.669	0.083	45.478	11.930	8.676	0.405	1.938
14	1	14.7	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.682	0.070	38.661	17.043	12.395	0.449	0.449
	2	14.6	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.680	0.072	39.513	16.191	11.775	0.427	0.876
	3	14.6	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.679	0.073	40.366	11.930	8.676	0.314	1.190
	4	14.4	20	200	0.094	0.116	0.752	0.084	0.671	0.081	44.626	10.226	7.437	0.269	1.460

**Tabla 16.** Cálculo del CO<sub>2</sub> para el desarrollo de la actividad respiratoria de la muestra 3 de la pila de compost de pulpa de café.

Semana	Días de Evaluación	Gasto HCl (ml)	Muestra (ml)	Solución Captadora (SC)	Normalidad del NaOH	Normalidad del HCl	Masa inicial del NaOH	Normalidad residual del NaOH	Masa residual del NaOH	Masa consumida del NaOH	CO <sub>2</sub> mg/ml	Respiración neta (mg/ml)	CO <sub>2</sub> a O <sub>2</sub> (mg/ml)	AT diario (mg O <sub>2</sub> /g MS)	AT acumulado (mg O <sub>2</sub> /g MS)
8	1	16.0	20	200	0.094	0.111	0.754	0.089	0.710	0.043	23.871	22.018	16.013	0.850	0.850
	2	15.8	20	200	0.094	0.111	0.754	0.088	0.704	0.049	27.133	21.202	15.420	0.819	1.669
	3	15.2	20	200	0.095	0.117	0.762	0.089	0.709	0.053	29.264	20.574	14.963	0.794	2.463
	4	14.9	20	200	0.095	0.117	0.762	0.087	0.698	0.064	35.265	19.717	14.340	0.761	3.224
10	1	13.6	20	200	0.096	0.129	0.770	0.088	0.702	0.067	36.966	21.724	15.799	0.742	0.742
	2	13.6	20	200	0.096	0.129	0.770	0.088	0.701	0.069	37.910	19.835	14.426	0.678	1.420
	3	13.6	20	200	0.096	0.129	0.770	0.088	0.701	0.069	37.910	18.891	13.739	0.645	2.065
	4	13.6	20	200	0.096	0.129	0.770	0.088	0.701	0.069	37.910	15.113	10.991	0.516	2.581
12	1	14.6	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.679	0.073	40.366	16.191	11.775	0.495	0.495
	2	14.5	20	200	0.094	0.116	0.752	0.084	0.676	0.076	42.070	14.486	10.535	0.443	0.938
	3	14.5	20	200	0.094	0.116	0.752	0.084	0.672	0.080	43.774	12.782	9.296	0.391	1.329
	4	14.4	20	200	0.094	0.116	0.752	0.084	0.669	0.083	45.478	11.930	8.676	0.365	1.694
14	1	14.8	20	200	0.094	0.116	0.752	0.086	0.686	0.066	36.105	14.486	10.535	0.412	0.412
	2	14.7	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.682	0.070	38.661	15.338	11.155	0.436	0.849
	3	14.6	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.677	0.075	41.218	12.782	9.296	0.364	1.212
	4	14.6	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.680	0.072	39.513	5.113	3.718	0.145	1.358

**Tabla 17.** Cálculo del CO<sub>2</sub> para el desarrollo de la actividad respiratoria de la muestra 1 de la pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy.

Semana	Días de evaluación	Gasto HCl (ml)	Muestra (ml)	Solución captadora (SC)	Normalidad del NaOH	Normalidad del HCl	Masa inicial del NaOH	Normalidad residual del NaOH	Masa residual del NaOH	Masa consumida del NaOH	CO <sub>2</sub> mg/ml	Respiración neta (mg/ml)	CO <sub>2</sub> a O <sub>2</sub> (mg/ml)	AT diario (mg O <sub>2</sub> /g MS)	AT acumulado (mg O <sub>2</sub> /g MS)
8	1	16.1	20	200	0.094	0.111	0.754	0.090	0.716	0.037	20.610	18.756	13.641	0.560	0.560
	2	16.0	20	200	0.094	0.111	0.754	0.089	0.712	0.042	23.056	17.125	12.454	0.511	1.071
	3	15.4	20	200	0.095	0.117	0.762	0.090	0.720	0.042	23.263	14.574	10.599	0.435	1.507
	4	15.4	20	200	0.095	0.117	0.762	0.090	0.720	0.042	23.263	7.715	5.611	0.230	1.737
10	1	13.7	20	200	0.096	0.129	0.770	0.088	0.708	0.062	34.132	18.891	13.739	0.507	0.507
	2	13.7	20	200	0.096	0.129	0.770	0.088	0.703	0.066	36.494	18.418	13.395	0.494	1.001
	3	13.6	20	200	0.096	0.129	0.770	0.088	0.702	0.067	36.966	17.946	13.052	0.482	1.483
	4	13.7	20	200	0.096	0.129	0.770	0.088	0.704	0.065	36.021	13.223	9.617	0.355	1.838
12	1	14.6	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.680	0.072	39.513	15.338	11.155	0.446	0.446
	2	14.6	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.677	0.075	41.218	13.634	9.916	0.396	0.843
	3	14.5	20	200	0.094	0.116	0.752	0.084	0.672	0.080	43.774	12.782	9.296	0.372	1.214
	4	14.5	20	200	0.094	0.116	0.752	0.084	0.672	0.080	43.774	10.226	7.437	0.297	1.512
14	1	14.8	20	200	0.094	0.116	0.752	0.086	0.689	0.063	34.401	12.782	9.296	0.302	0.302
	2	14.8	20	200	0.094	0.116	0.752	0.086	0.688	0.064	35.253	11.930	8.676	0.282	0.584
	3	14.6	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.680	0.072	39.513	11.078	8.057	0.262	0.846
	4	14.6	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.679	0.073	40.366	5.965	4.338	0.141	0.987

**Tabla 18.** Cálculo del CO<sub>2</sub> para el desarrollo de la actividad respiratoria de la muestra 2 de la pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy.

Semana	Días de evaluación	Gasto HCl (ml)	Muestra (ml)	Solución captadora (SC)	Normalidad del NAOH	Normalidad del HCl	Masa inicial del NAOH	Normalidad residual del NAOH	Masa residual del NAOH	Masa consumida del NAOH	CO <sub>2</sub> mg/ml	Respiración neta (mg/ml)	CO <sub>2</sub> a O <sub>2</sub> (mg/ml)	AT diario (mg O <sub>2</sub> /g MS)	AT acumulado (mg O <sub>2</sub> /g MS)
8	1	15.9	20	200	0.094	0.111	0.754	0.088	0.706	0.048	26.318	24.464	17.792	0.713	0.713
	2	15.9	20	200	0.094	0.111	0.754	0.088	0.706	0.048	26.318	20.387	14.827	0.594	1.307
	3	15.2	20	200	0.095	0.117	0.762	0.089	0.712	0.050	27.549	18.860	13.716	0.550	1.856
	4	15.3	20	200	0.095	0.117	0.762	0.089	0.715	0.047	25.835	10.287	7.482	0.300	2.156
10	1	13.6	20	200	0.096	0.129	0.770	0.088	0.702	0.067	36.966	21.724	15.799	0.594	0.594
	2	13.5	20	200	0.096	0.129	0.770	0.087	0.697	0.072	39.799	21.724	15.799	0.594	1.187
	3	13.6	20	200	0.096	0.129	0.770	0.087	0.699	0.071	38.855	19.835	14.426	0.542	1.730
	4	13.5	20	200	0.096	0.129	0.770	0.087	0.697	0.072	39.799	17.002	12.365	0.465	2.194
12	1	14.6	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.679	0.073	40.366	16.191	11.775	0.481	0.481
	2	14.6	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.677	0.075	41.218	13.634	9.916	0.405	0.886
	3	14.5	20	200	0.094	0.116	0.752	0.084	0.672	0.080	43.774	12.782	9.296	0.380	1.266
	4	14.4	20	200	0.094	0.116	0.752	0.084	0.671	0.081	44.626	11.078	8.057	0.329	1.596
14	1	14.8	20	200	0.094	0.116	0.752	0.086	0.688	0.064	35.253	13.634	9.916	0.326	0.326
	2	14.8	20	200	0.094	0.116	0.752	0.086	0.686	0.066	36.105	12.782	9.296	0.305	0.631
	3	14.6	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.680	0.072	39.513	11.078	8.057	0.265	0.896
	4	14.7	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.682	0.070	38.661	4.261	3.099	0.102	0.997

**Tabla 19.** Cálculo del CO<sub>2</sub> para el desarrollo de la actividad respiratoria de la muestra 3 de la pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy.

Semana	Días de evaluación	Gasto HCl (ml)	Muestra (ml)	Solución captadora (SC)	Normalidad del NAOH	Normalidad del HCl	Masa inicial del NAOH	Normalidad residual del NAOH	Masa residual del NAOH	Masa consumida del NAOH	CO <sub>2</sub> mg/ml	Respiración neta (mg/ml)	CO <sub>2</sub> a O <sub>2</sub> (mg/ml)	AT diario (mg O <sub>2</sub> /g MS)	AT acumulado (mg O <sub>2</sub> /g MS)
8	1	15.8	20	200	0.094	0.111	0.754	0.088	0.703	0.051	27.949	26.095	18.978	0.824	0.824
	2	15.6	20	200	0.094	0.111	0.754	0.087	0.692	0.061	33.657	27.726	20.164	0.875	1.699
	3	15.3	20	200	0.095	0.117	0.762	0.089	0.715	0.047	25.835	17.145	12.469	0.541	2.241
	4	15.2	20	200	0.095	0.117	0.762	0.089	0.712	0.050	27.549	12.002	8.729	0.379	2.620
10	1	13.6	20	200	0.096	0.129	0.770	0.087	0.699	0.071	38.855	23.613	17.173	0.616	0.616
	2	13.6	20	200	0.096	0.129	0.770	0.088	0.702	0.067	36.966	18.891	13.739	0.492	1.108
	3	13.6	20	200	0.096	0.129	0.770	0.088	0.702	0.067	36.966	17.946	13.052	0.468	1.576
	4	13.6	20	200	0.096	0.129	0.770	0.088	0.701	0.069	37.910	15.113	10.991	0.394	1.970
12	1	14.6	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.677	0.075	41.218	17.043	12.395	0.483	0.483
	2	14.5	20	200	0.094	0.116	0.752	0.084	0.676	0.076	42.070	14.486	10.535	0.411	0.894
	3	14.7	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.682	0.070	38.661	7.669	5.578	0.218	1.112
	4	14.5	20	200	0.094	0.116	0.752	0.084	0.672	0.080	43.774	10.226	7.437	0.290	1.402
14	1	14.8	20	200	0.094	0.116	0.752	0.086	0.689	0.063	34.401	12.782	9.296	0.299	0.299
	2	14.8	20	200	0.094	0.116	0.752	0.086	0.688	0.064	35.253	11.930	8.676	0.279	0.578
	3	14.7	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.682	0.070	38.661	10.226	7.437	0.239	0.817
	4	14.6	20	200	0.094	0.116	0.752	0.085	0.680	0.072	39.513	5.113	3.718	0.120	0.936

**Tabla 20.** Actividad respiratoria acumulada a partir de la octava semana de evaluación en las 3 muestras de la pila de compostaje de pulpa de café.

Semana	Días	AT acumulado (mg O <sub>2</sub> /g MS)			
		Compost de pulpa de café			
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio pila
8	1	0.92	0.84	0.85	0.87
	2	1.68	1.64	1.67	1.66
	3	2.37	2.42	2.46	2.42
	4	3.01	3.14	3.22	3.12
10	1	0.78	0.75	0.74	0.76
	2	1.53	1.44	1.42	1.46
	3	2.25	2.09	2.06	2.13
	4	2.93	2.71	2.58	2.74
12	1	0.58	0.58	0.50	0.55
	2	1.10	1.10	0.94	1.05
	3	1.60	1.01	1.33	1.31
	4	2.01	1.94	1.69	1.88
14	1	0.46	0.45	0.41	0.44
	2	0.91	0.88	0.85	0.88
	3	1.32	1.19	1.21	1.24
	4	1.65	1.46	1.36	1.49

**Tabla 21.** Actividad respiratoria acumulada (a partir de la octava semana de evaluación) en las 3 muestras de la pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy.

Semana	Días	AT acumulado (mg O <sub>2</sub> /g MS)			
		Compost de pulpa de café con estiércol de cuy			
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio pila
8	1	0.56	0.71	0.82	0.70
	2	1.07	1.31	1.70	1.36
	3	1.51	1.86	2.24	1.87
	4	1.74	2.16	2.62	2.17
10	1	0.51	0.59	0.62	0.57
	2	1.00	1.19	1.11	1.10
	3	1.48	1.73	1.58	1.60
	4	1.84	2.19	1.97	2.00
12	1	0.45	0.48	0.48	0.47
	2	0.84	0.89	0.89	0.87
	3	1.21	1.27	1.11	1.20
	4	1.51	1.60	1.40	1.50
14	1	0.30	0.33	0.30	0.31
	2	0.58	0.63	0.58	0.60
	3	0.85	0.90	0.82	0.85
	4	0.99	1.00	0.94	0.97



**Tabla 22.** Actividad respiratoria acumulada por cada semana de evaluación (a partir de la octava semana) en las 3 muestras de la pila de compost de pulpa de café.

semana	AT <sub>4</sub> (mg O <sub>2</sub> /g MS)			
	Compost de pulpa de café			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio pila
8	3.01	3.14	3.22	3.12
10	2.93	2.71	2.58	2.74
12	2.01	1.94	1.69	1.88
14	1.65	1.46	1.36	1.49

**Tabla 23.** Actividad respiratoria acumulada por cada semana de evaluación (a partir de la octava semana) en las 3 muestras de la pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuy.

semana	AT <sub>4</sub> (mg O <sub>2</sub> /g MS)			
	Compost de pulpa de café con estiércol de cuy			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio pila
8	1.74	2.16	2.62	2.17
10	1.84	2.19	1.97	2.00
12	1.51	1.60	1.40	1.50
14	0.99	1.00	0.94	0.97

### 3. Preparación y estandarización de soluciones

#### Preparación de la solución NaOH 0.1 N.

- Se pesó 4 gramos de NaOH y se diluyó con agua destilada.
- Luego se trasvasó a un matraz aforado limpio y seco de 1000 ml de capacidad y se añadió agua destilada hasta el aforo.

#### Estandarización de la solución NaOH

- La solución de hidróxido de sodio preparada fue estandarizada con Biptalato Potasio ( $C_8H_5KO_4$ ).
- Se añadió 2 gotas de indicador de fenolftaleína a la muestra.
- se agitó el matraz y se tituló con solución de NaOH hasta que alcanzo el punto de viraje donde se dio el cambio de color de incolora a rosa claro y se anotó el volumen gastado de *NaOH*.

#### Preparación de la solución de HCl 0.1 N.

- se midió con una pipeta 11 ml de HCl concentrado, se vertió a un matraz aforado de 1000 ml y luego se enrasó con agua destilada hasta el aforo.
- Estandarización de la solución HCl.
- Se vertió 25 ml de solución preparada en un matraz Erlenmeyer y 25 ml de agua destilada.
- Se añadió 2 gotas de indicador de fenolftaleína a la muestra, se agitó y se tituló con solución de NaOH. El punto de viraje se alcanzó cuando hubo un cambio de color incolora a rosa claro y se anotó el volumen gastado de *NaOH*.

#### 4. Panel fotográfico del proceso de compostaje.



**Figura 7.** Elaboración de las pilas de compostaje. Pila de pulpa de café lado izquierdo, pila de pulpa de café con estiércol de cuyo lado derecho.



**Figura 8.** Medición de la temperatura. Pila de compost de pulpa de café lado izquierdo, pila de compost de pulpa de café con estiércol de cuyo lado derecho.



**Figura 1.** Determinación del porcentaje de humedad



**Figura 10.** Medición de pH del compost.



**Figura 11.** Preparación de la solución de ácido clorhídrico (HCl).



**Figura 12.** Preparación de la solución de hidróxido sodio (NaOH).



**Figura 13.** Acondicionamiento del sistema experimental.



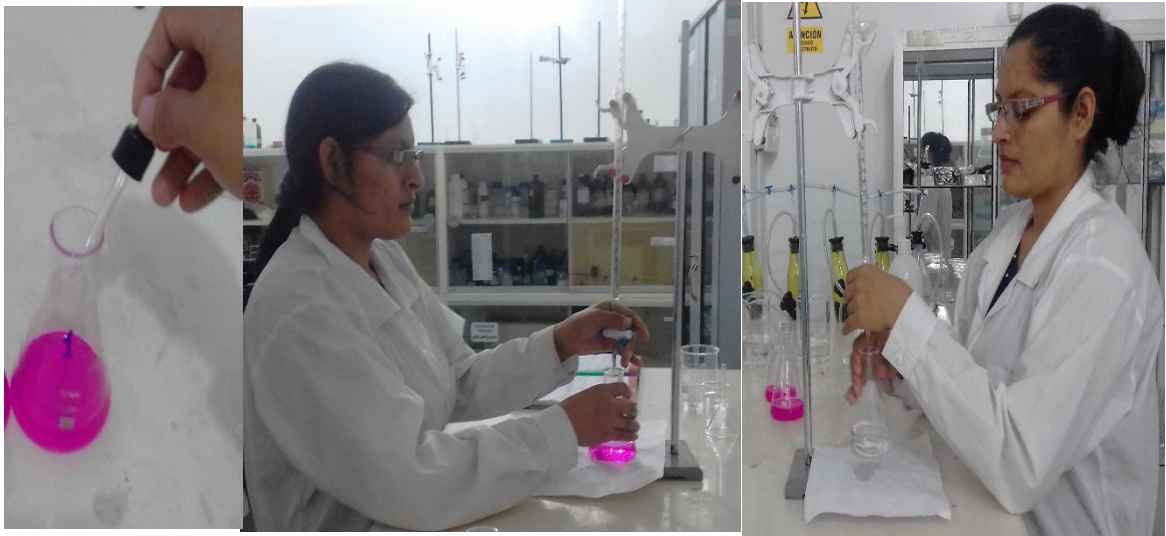
**Figura 14.** Tamizado de la muestra de compost que se colocaba en el matraz de evaluación.



**Figura 15.** Pesado de la muestra de compost que se introdujeron en la botella (reactor).



**Figura 16.** Sistema experimental instalado para la evaluación de la reactividad del compost.



**Figura 17.** Titulación del (NaOH) 0.1N (estandarizado) utilizado en el sistema experimental con el HCl.



**Figura 18.** Muestras para la caracterización del compost





**Figura 19.** Obtención de compost de pulpa de café con estiércol de cuy, lado izquierdo y compost de pulpa de café, lado derecho.

**1. DATOS :**  
 Solicitante : ÁNGELA ROXANA CHASQUERO TERRONES  
 Departamento : CAJAMARCA  
 Provincia : JAÉN  
 Distrito : JAÉN  
 Caserío :  
 Sector :  
 Cod. Muestra : Compost de Pulpa de Café  
 Fecha : 14/11/19

**2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN**

Lab	Número de Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	P	K	C	M.O	N	Análisis Mecánico		Clase textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	% Sat. De Bases	
									Arena	Arcilla			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>			Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>
1803	M2	8.38	13.70	102.20	13930.21	5.23	9.01	0.45	-	-	-	58.63	17.91	5.44	34.88	0.39	0.00	58.63	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

*Nota: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio. Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG. Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.*

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 LABISAG  
 BLGO JESUS RASCON BARRIOS  
 RESPONSABLE

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 LABISAG  
 Tec. Eider Chispa Vela  
 RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS

Recibí Conforme:  
 Nombre:  
 DNI:  
 Fecha y Hora:  
 Firma de Conformidad

**Figura 20.** Resultados de análisis de caracterización de compost de pulpa de café.

			UNIVERSIDAD NACIONAL <b>TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS</b>	Código: <b>CCFG - 036</b>	Versión: 01
<b>INFORME DE ENSAYO Nº 1802</b>					
Página .....					

**1. DATOS :**

Solicitante : ANGELA ROXANA CHASQUERO TERRONES

Departamento : CAJAMARCA

Provincia : JAÉN

Distrito : JAÉN

Caserío :

Sector :

Cod. Muestra : Compost de Pulpa de Café con Estiércol de Cuy

Fecha : 14/1/19

**2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN**

Lab	Número de Muestra Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	P ppm	K ppm	C %	M.O %	N %	Análisis Mecánico		Clase textural	C/C	Cationes Cambiables meq/100g			Suma de Cationes Bases	Suma de Bases %			
									Arena %	Limo %			Arcilla %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>			K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>
1802	M1	8.54	14.50	106.72	12437.28	5.33	9.19	0.46	-	-	-	60.07	22.60	5.54	30.72	1.21	0.00	60.07	60.07	100

A = Arena ; A.Fr. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

*Nota: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.*

*Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG. Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.*

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 LABISAG  
 BLGO JESÚS RASCON BARRIOS  
 RESPONSABLE

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS  
 LABORATORIO DE INVESTIGACIONES EN SUELOS  
 Ing. Edgar Chiripe Vega  
 RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS

Recibi Conforme:  
 Nombre:  
 DNI:  
 Fecha y Hora:  
 Firma de Conformidad

Calle Higos Urco Nº 342-350-356 - Calle Universitaria Nº 304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú  
 labisag@untrm.edu.pe / labisag@indes-ces.edu.pe

**Figura 21.** Resultados de análisis de caracterización de pulpa de café con estiércol de cuy.