



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA CUENCA DEL PAPALOAPAN

**COMPOSTAJE DE CACHAZA REACTIVADA CON
EMBRIONES DE POLLO**

Tesis que presenta:

BAUTISTA DE JESÚS JUAN JOSÉ

Como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERÍA EN AGRONOMÍA

Tuxtepec, Oaxaca.

Marzo de 2019.





INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
LA CUENCA DEL PAPALOAPAN



COLEGIO DE POSGRADUADOS
CAMPUS CÓRDOBA

COMPOSTAJE DE CACHAZA REACTIVADA CON EMBRIONES DE POLLO

BAUTISTA DE JESÚS JUAN JOSÉ

No. de control: 14810015

ASESOR INTERNO:

M.A.E. MERCEDES MURAIRA SOTO

ASESOR EXTERNO:

Dr. JOEL VELASCO VELASCO

PERIODO DE REALIZACIÓN:

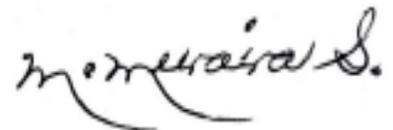
JULIO – NOVIEMBRE, 2018

SAN BARTOLO, TUXTEPEC, OAX. MARZO 2019

El presente proyecto de tesis, del C. JUAN JOSÉ BAUTISTA DE JESÚS, denominado **COMPOSTAJE DE CACHAZA REACTIVADA CON EMBRIONES DE POLLO**, que se desarrolló en el Colegio de Posgraduados, Campus Córdoba, fue revisado y aprobado por el:

DIRECTOR INTERNO DE TESIS

M.A.E. MERCEDES MURAIRA SOTO



FIRMA Y SELLO

DIRECTOR EXTERNO DE TESIS

Dr. JOEL VELASCO VELASCO



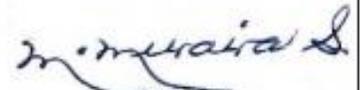
FIRMA Y SELLO

MARZO DEL 2019

El presente proyecto de tesis, del C. JUAN JOSÉ BAUTISTA DE JESÚS, denominado **COMPOSTAJE DE CACHAZA REACTIVADA CON EMBRIONES DE POLLO**, que se desarrolló en el Colegio de Posgraduados, Campus Córdoba, fue revisado y aprobado para su impresión por el honorable jurado integrado por:

PRESIDENTE

M.A.E. MERCEDES MURAIRA SOTO



FIRMA

SECRETARIO

L.B. MARÍA SOLEDAD NICOLÁS ESCÁRCEGA



FIRMA

VOCAL

ING. EMANUEL PÉREZ LÓPEZ



FIRMA

MARZO DEL 2019



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de La Cuenca del Papaloapan

"2017, Año del Comercio del Por. Bellizado España"

San Bartolo, San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca, a 15 de Marzo de 2019

ASUNTO: Dictamen de tesis aprobada

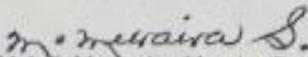
ING. ANTELMO PRADO LEAL

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS

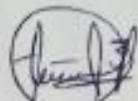
PRESENTE

El comité de revisión de tesis del C. Bautista de Jesús Juan José, asignado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan de San Bartolo, San Juan Bautista, Tuxtepec, Oaxaca, integrado por los C.C. M.A.E. Mercedes Muraira Soto, L.B. María Soledad Nicolás Escárcega y Ing. Emanuel Pérez López, habiéndose reunido a fin de evaluar la tesis titulada "Compostaje de cachaza reactivada con embriones de pollo", que se presenta como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Agronomía, de acuerdo con las normas de elaboración de tesis de licenciatura y posgrado vigentes en el instituto; dictamino su **AUTORIZACIÓN** para ser presentado en el Examen Profesional correspondiente.

ATENTAMENTE


M.A.E. Mercedes Muraira Soto
DIRECTOR

L.B. María Soledad Nicolás
Escárcega
SECRETARIO


Ing. Emanuel Pérez López
VOCAL



Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan, Oaxaca

Tel. 01 (281) 5751026, 5754027, correo: comunicacion@itcp.mx

www.itcp.mx | [www.itcp@itcp.edu.mx](http://itcp@itcp.edu.mx)

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan, por la formación académica; sobre todo a cada uno de los profesores que tuve el honor de conocer y que fueron partícipes de este proceso.

Al Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, por darme la oportunidad de realizar esta investigación y por facilitarme herramientas que me ayudaron a concluir parte de mi formación académica.

A mis amigos, Roldan, Emmanuel, Jesús Eduardo, Dina, Marisol, Chantal, Adelita, Inés, Erika, Chay, Eliseo, Valeria, Abigail, Rouzz, Eduardo Aguilar, Giss, Moy, Felix, Mariana, Sheila Lucero (Luzz), Lili, Yesenia y Fátima por el cariño demostrado, la gran amistad y por los ratos agradables vividos.

A mis asesores: Al Dr. Joel Velasco Velasco, por apoyarme en la investigación científica, por el tiempo brindado para la realización de esta investigación, por compartir parte de sus conocimientos y la confianza laboral durante mi residencias y tesis profesional.

A la M.A.E. Mercedes Muraira Soto por su apoyo en la revisión de mi tesis, pero sobre todo por la motivación que me brindó en el transcurso de la carrera.

Al Dr. Josafhat Salinas Ruiz, por apoyarme en la parte estadística y por el tiempo brindado.

Al Ing. Emanuel Pérez López y a la L.B. María Soledad Nicolás Escárcega, por apoyarme en la revisión y correcciones de mi tesis.

DEDICATORIA

Amis padres: Oliverio Bautista Lopéz y Marcela de Jesús Régules por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes, entre los que se incluye èste. Los amo.

A mis hermanos: Maria Guadalupe Bautista de Jesús, Oliverio Bautista de Jesús, Jorge Bautista de Jesús por alegrar mis dias, por las risas compartidas, los amo.

A mis abuelitos: Aurelio, Reyna, Himelda, Jorge † por sus regaños y sus consejos mil gracias, los amo.

A toda mi familia tanto Bautista como de Jesús, gracias por todo el apoyo moral.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	Xii
ABSTRACT	Xiv
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1. Objetivo generales.....	3
1.1.2. Objetivo específicos.....	3
1.2. Hipótesis.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. ¿Qué es la materia orgánica (M.O.)?.....	5
2.2. Ciclo del carbono.....	7
2.3. Factores que controlan la dinámica de la descomposición de la materia orgánica.....	9
2.4. Mineralización de la materia orgánica.....	9
2.5. ¿Qué es la cachaza?.....	11
2.6. Embriones de aves.....	13
2.6.1. ¿Qué es el huevo?.....	14
2.6.2. Cascara o cascarón.....	16
2.7. Compostaje de residuos orgánicos.....	16
2.7.1. Beneficio del compostaje.....	17
2.7.2. Descomposición aerobia y anaerobia de la materia orgánica.....	18
2.7.3. Fase del compostaje.....	19
2.7.4. Microbiología del compostaje.....	21
2.7.5. Temperatura.....	25
2.7.6. Humedad.....	27
2.7.7. pH.....	28
2.7.8. Oxígeno.....	29

3. MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1. Materiales.....	32
3.2. Métodos.....	33
3.2.1. Origen del material utilizado.....	33
3.2.2. Establecimiento del experimento y manejo de la pila de compostaje.....	34
3.3. Muestreo y monitoreo del experimento.....	35
3.3.1. Determinación de pH.....	35
3.3.2. Determinación del porcentaje de humedad.....	37
3.3.3. Monitoreo o toma de temperatura.....	38
3.4. Diseño experimental.....	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1. Dinámica de pH durante el proceso de compostaje.....	40
4.2. Dinámica de temperatura.....	41
4.3. Dinámica de humedad.....	44
4.4. Conductividad eléctrica.....	45
4.5. Porcentajes (%) de materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO) y nitrógeno total (Nt).....	47
4.6. Fósforo (P).....	49
4.7. Capacidad de intercambio catiónico (CIC), sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg).....	50
4.8. Densidad aparente (DA).....	52
5. CONCLUSIONES	53
6. RECOMENDACIONES	55
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Composición nutrimental del huevo.....	15
Cuadro 2. Comparación mineral del huevo	15
Cuadro 3. Lista de tratamientos estudiados.....	35
Cuadro 4. Análisis de resultados.....	42
Cuadro 5. Análisis químicos de los tratamientos estudiados al final del experimento.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ciclo del carbono.....	8
Figura 2. Proceso de descomposición de los compuestos nitrogenados.....	10
Figura 3. Etapas del proceso de compostaje con base en la temperatura.....	26
Figura4. Localización geográfica del área de estudio.....	31
Figura 5. Diseño del experimento.....	34
Figura 6. Volteo e hidratación de los tratamientos.....	36
Figura 7. Peso de la muestra durante la determinación de pH	37
Figura 8. Peso de la muestra para la determinación de humedad.....	38
Figura 9. Toma de temperatura.....	39
Figura 10. Dinámica del pH durante el compostaje.....	41
Figura 11. Dinámica de temperatura durante el compostaje.....	43
Figura 12. Dinámica de humedad durante el compostaje.....	45

RESUMEN

Se estudió la dinámica del compostaje de cachaza reactivada con embriones de pollo. Se construyeron cinco pilas de 3 m x 0.70 m x 0.50 m, se evaluaron cinco tratamientos con diferentes proporciones v/v de cachaza y embriones (T1= 100:00, T2= 95:5, T3= 90:10, T4= 85:15 y T5= 80:20). Se realizó un volteo por semana durante la duración del experimento y controlando humedad mediante riego. El diseño experimental empleado fue completamente al azar con tres repeticiones, los datos se analizaron en el programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.4 y la comparación de medias por medio de la prueba de Tukey $p = 0.05$. Las variables evaluadas fueron: temperatura, humedad y pH. La adición de embriones de pollo a la cachaza produjo una activación de la actividad microbiana la cual se convirtió en un incremento de la temperatura a valores de hasta 54° C, modificando el pH en un rango 5.6 a 7.6 durante el proceso, se observó humedad del 42% al 83%. Las características químicas de los tratamientos con embriones (T2, T3, T4 y T5) para nitrógeno total (Nt) presentaron valores menores a 1%,

para la conductividad eléctrica (CE) se observó que a mayor porcentaje de embriones mayor es la CE. Los contenidos de carbono orgánico (CO), materia orgánica (MO), Fósforo (P), capacidad de intercambio catiónico (CIC), sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y densidad aparente (DA) variaron entre tratamientos.

Palabras clave: materia orgánica, compostaje, fases microbianas, embriones, cachaza.

ABSTRACT

We studied the dynamics of composting reactivated filter cake with chicken embryos. Five piles of 3m x 0.70m x 0.50m were built, five treatments were evaluated with different ratios v/v of cachaza and embryos (T1 = 100: 00, T2 = 95: 5, T3 = 90:10, T4 = 85:15 and T5 = 80:20). Turning per week for the duration of the experiment and controlling moisture by irrigation. The experimental design used was completely randomized with three repetitions, the data were analyzed in the Statistical Analysis System (SAS) version 9.4 and the comparison of means by Tukey test $p = 0.05$. The variables evaluated were temperature, humidity and pH. The addition of chicken embryos to the filter cake produced an activation of the microbial, which became an increase of the temperature to values of up to 54 ° C, modifying the pH in a range 5.6 to 7.6, humidity was observed from 42% to 83%. The chemical characteristics of the treatments with embryos (T2, T3, T4 and T5) for total nitrogen (Nt) presented values lower than 1%, it was observed that the greater the percentage of embryos, the greater the CE. The contents of organic carbon (CO), organic matter (MO), phosphorus (P), cation

exchange capacity (CIC), sodium (Na), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and bulk density (DA) varied between treatments.

Key words: organic matter, composting, microbial phases, embryos, filter cake.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que tienen la industria avícola durante el proceso de incubación es que el 41.5% de los huevos presenta muerte embrionaria, lo que se transforma en residuos, esto representa un problema porque durante el proceso de descomposición libera olores indeseables que atrae insectos y roedores, además de contaminación del ambiente (Juarez-Caratachea y Ortiz-Alvarado, 2001).

Una forma de manejar y a la vez aprovechar los residuos orgánicos incluyendo los embriones de pollos que no eclosionaron es mediante el compostaje (Velasco-Velasco *et al.*, 2004). De igual manera uno de los principales materiales orgánicos de desechos en la región de Córdoba es la cachaza, subproducto de la industria azucarera. Este material tiene potencial para ser utilizado en combinación con los embriones. Por otra parte, también la cachaza es utilizada para el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo (García-Torres *et al.*, 2011). La

cachaza como sustrato contiene fósforo (P), calcio (Ca), nitrógeno (N) y potasio (K) en bajas concentraciones. También es una fuente importante de zinc (Zn), boro (B) y de Materia Orgánica. Por otra parte, el cascarón de huevo y el embrión es rico en carbonato, calcio y fibras proteicas (complejo proteína mucopolisacárido), y en menor medida, fosfatos y carbonato magnésico (Libien-Jiménez, 2017).

El compostaje es un proceso biooxidativo de los residuos orgánicos en condiciones controladas de temperatura, humedad y aireación en las cuales participan diferentes grupos microbianos dependiendo de la etapa (mesófila inicial, termófila, mesófila final o enfriamiento y maduración) del proceso (Velasco-Velasco, 2002).

Con base en lo anterior, en la presente investigación se evaluó la dinámica de temperatura, humedad y pH durante el proceso de compostaje de cachaza mezclado con embriones de pollo.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar la dinámica de temperatura, humedad y pH durante el proceso de compostaje de cachaza mezclado con embriones de pollo.

1.1.2. Objetivo específicos

- Estudiar la dinámica de la temperatura, humedad y pH durante el proceso de compostaje de cachaza mezclada con embriones de pollo.
- Analizar el contenido nutricional y características químicas del producto final, de la mezcla de cachaza almacenada por ocho años y embriones de pollo.

1.2. Hipótesis

La mezcla de cachaza y embriones eficientan el proceso de compostaje.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ¿Qué es la materia orgánica (M.O.)?

La materia orgánica (M.O.) es la biomasa muerta o necromasa procedentes de plantas, animales y microorganismos; así como sus productos de descomposición, éstos últimos son los que permiten explicar principalmente la presencia de materia orgánica en los suelos. El contenido de M.O. aumenta considerablemente en la etapa inicial de formación del suelo (Porta *et al.*, 2003). Por su parte Brady y Weil (2008) mencionan que la materia orgánica del suelo es una mezcla compleja y variada de sustancias orgánicas. Todas las sustancias orgánicas, por definición, contienen el elemento carbón, y en promedio, el carbón comprende aproximadamente la mitad de la masa de materia orgánica del suelo.

En la mayoría de los suelos el porcentaje de materia orgánica es pequeño, pero sus efectos sobre el funcionamiento del suelo son profundos. Este componente del suelo que cambia constantemente ejerce una influencia dominante en muchas propiedades físicas, químicas y biológicas, especialmente en los horizontes superiores. La materia orgánica del suelo proporciona gran parte de la capacidad de intercambio del catión y la capacidad de retención de agua (Brady y Weil, 2008). Al respecto Julca-Otiniano *et al.*, (2006) denominan materia orgánica o humus (producto de la alteración de la materia orgánica por acción microbiana y por procesos abióticos) a la parte orgánica que cumple un papel esencial en el suelo. No existe una definición de humus con la que todos los especialistas estén de acuerdo; pero en general el término humus designa a las sustancias orgánicas variadas, de color pardo y negruzco que resultan de la descomposición de materias orgánicas de origen exclusivamente vegetal.

Por su parte Félix-Herrán *et al.* (2008) mencionan que el humus puede ser usado para remover metales pesados (Fe, Ni, Hg, Cd y Cu) en agua y también puede usarse para remover elementos radioactivos en agua desechada por las plantas de energía al formar complejos solubles en el

agua con muchos metales incluyendo radionucléotidos mejor conocidos como isótopos radiactivos.

La materia orgánica del suelo no presenta características físicas y químicas específicas. Las sustancias húmicas comprenden ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas, sus características y las de la materia orgánica que las contienen variarán según cuál de las tres fracciones sea la predominante (Porta *et al.*, 2003).

2.2. Ciclo del carbono

Se llama ciclo del carbono al proceso cíclico (Figura 1) en la utilización del carbono. El carbono es vital para todos los seres vivos, circula de manera continua en el ecosistema terrestre. En la atmósfera se encuentra en forma de dióxido de carbono. Todos los seres vivos necesitan fuentes de carbono para construir las complejas moléculas de la vida. Las plantas usan el dióxido de carbono del aire o disueltos en el agua para fotosintetizar moléculas poseedoras de carbono como alimentos. Los

animales se comen las plantas para conseguir el carbono de esas moléculas alimentos, las fuentes de dióxido de carbono necesarias para construir las moléculas alimento son los compuestos de carbono inorgánicos que existen en la corteza terrestre. Las dos mayores reservas de carbono del planeta son los minerales compuestos por carbono que existen en las rocas (como el CaCO_3 en el mármol y las calizas) y los combustibles fósiles (restos de organismos vivos). Las siguientes reservas de carbono por su abundancia es el carbono de los océanos, el dióxido de carbono atmosférico está continuamente intercambiándose con el que se encuentra en los océanos (America-Chemical, 2005).

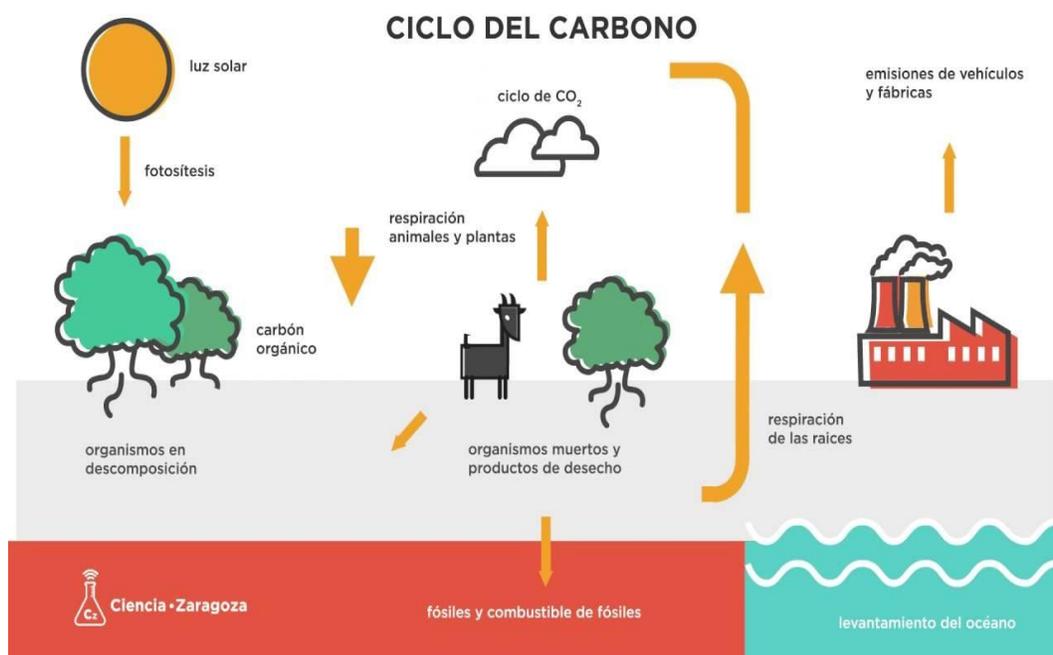


Figura 1. Ciclo del carbono (America-Chemical, 2005).

2.3. Factores que controlan la dinámica de la descomposición de la materia orgánica

La cantidad de material vegetal, su composición y sus propiedades son esenciales, dado que controlan los procesos de descomposición, mineralización y humificación y actúan como la fase de transición entre la biomasa viva y el suelo. Las tasas de descomposición y liberación de los nutrientes están determinadas por la calidad de la materia orgánica, la calidad del material vegetal es definida por los constituyentes orgánicos y los contenidos de nutrientes, la calidad del carbono de un material orgánico depende de las proporciones del carbón soluble, la celulosa (hemicelulosa) y la lignina; en este caso la calidad se refiere a la energía disponible para los organismos descomponedores (Sánchez *et al.*, 2008).

2.4. Mineralización de la materia orgánica

De acuerdo con Alcántar y Trejo-Tellez (2007), la mineralización se conoce como el proceso de descomposición de la materia orgánica del suelo en el cual se libera nitrógeno inorgánico (Figura 2). La mineralización es la

transformación del nitrógeno orgánico en amonio, mediante la acción de microorganismos del suelo.

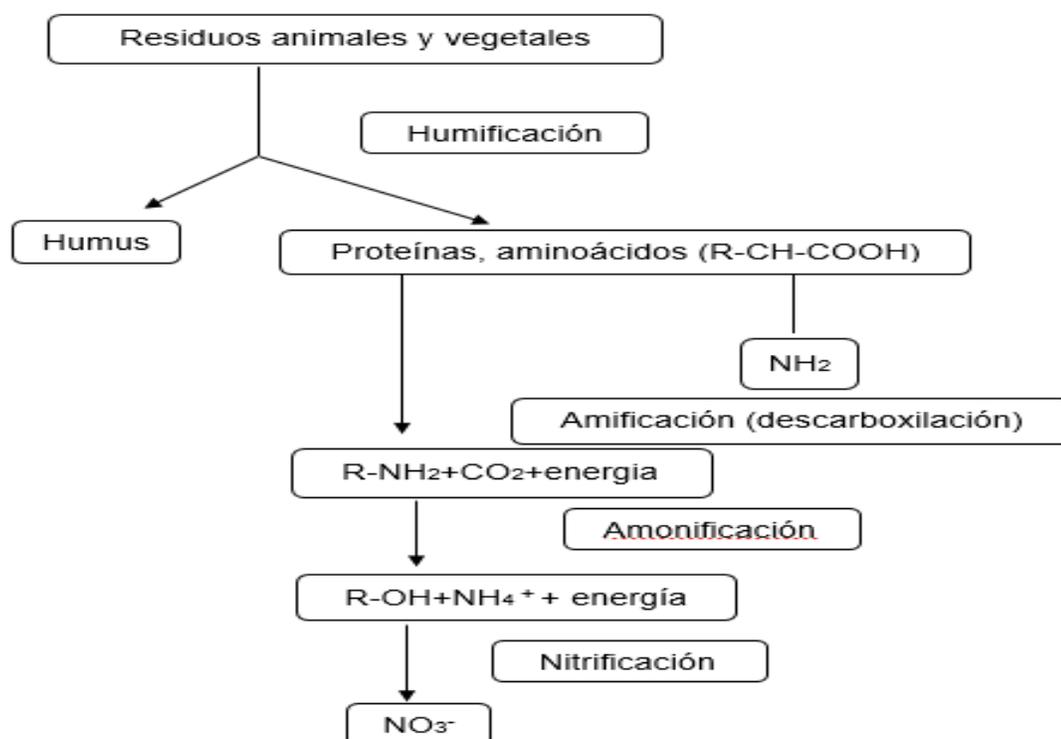


Figura 2. Proceso de descomposición de los compuestos nitrogenados (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007).

En general, el término “mineralización” indica el proceso global de conversión del nitrógeno orgánico en nitrógeno mineral, fundamentalmente nitrato y amonio. Normalmente del 97 al 99% del nitrógeno total del suelo se encuentra en formas orgánicas muy complejas; por ello la materia orgánica al mineralizarse libera nutrientes entre ellos nitrógeno, responsable de la alta correlación comúnmente encontrada

entre el contenido de materia orgánica del suelo y su fertilidad. Por su parte, Regina-Santa *et al.* (1989) mencionan que los factores que influyen en la mineralización de la materia orgánica son muy variados y, a veces no muy bien establecidos; entre los más relevantes encontramos la temperatura y la humedad, como factores limitantes de la descomposición.

2.5. ¿Qué es la cachaza?

Es un subproducto de la industria azucarera, la cachaza es utilizada para el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo (García-Torres *et al.*, 2011). La cachaza como abono orgánico contiene Fósforo, Calcio, Nitrógeno y Potasio en bajas concentraciones. También es una fuente importante de Zinc, Boro y desde luego de Materia Orgánica.

Arreola-Enriquez *et al.* (2004) mencionan que el subproducto (cachaza) representa un abono orgánico con alto contenido nutricional, dependiendo de la zona cañera y del proceso industrial. Se han encontrado que posee en base seca de 46 a 70% de M.O., 2.29% de N, 2.07% de P,

0.56% de K, 13% de Si, 0.68% de SO_3 , 0.11% de Cl, 5.63% de CaO, 0.07% de Na_2O , 0.25% de Fe_2O_3 , 0.47% de MgO y 6.24% de Al_2O_3 .

Al respecto Hernández-Melchor *et al.* (2008) mencionan que la cachaza es un residuo que se obtiene en el proceso de clarificación de los jugos de caña, que incluye materias terrosas e impurezas orgánicas, por cada tonelada de caña procesada se obtienen de 30 a 50 kg de cachaza. Resultados obtenidos indican que la cachaza contiene N, P, K y Ca, y que su uso como abono favorece las propiedades físicas y químicas del suelo; incrementa temporalmente la capacidad de intercambio catiónico del suelo por la producción de humus, aumenta la capacidad de retención de humedad del mismo, y durante su descomposición se produce gran cantidad de CO_2 que al transformarse en H_2CO_3 disuelve, junto con otros ácidos de origen orgánico, los nutrientes insolubles en suelos con pH alcalino.

2.6. Embriones de aves

La embriogénesis en las aves es el conjunto de procesos biológicos que controlan la transformación de una única célula, el cigoto, en un individuo maduro (United States Department of Agriculture USDA, 2014). El

desarrollo embrionario (DE) de las aves domésticas es un proceso dinámico que requiere de un equilibrio entre los factores involucrados; aunque la edad, la genética y la alimentación de los progenitores influyen en el tamaño del huevo, son la viabilidad del embrión, la calidad del cascarón, además de la composición química y física del medio ambiente que rodea al huevo los que determinan, en gran parte, el éxito de su eclosión (Cristancho-Luna, 2014). El intercambio de gases es fundamental para el DE durante la incubación, ya que, si éste no es apropiado, se puede afectar la viabilidad del embrión. Aunque el O₂ es el gas que impulsa la maquinaria metabólica de las células embrionarias con el fin de obtener un desarrollo complejo, la producción y presencia del CO₂ es imprescindible en la generación de la presión interna que favorece el intercambio gaseoso (García-Herrera *et al.*, 2013).

Todos los animales que nacen de un huevo fecundado, atraviesan por varias fases de desarrollo embrionario, que difieren según la especie, aunque el orden cronológico es el mismo (Revidatti *et al.*, 2006).

Alarcón-Alarcón *et al.* (2011) describen que el desarrollo embrionario de las aves comienza en el oviducto, posterior a la fecundación, donde se

originan las primeras segmentaciones celulares en el momento de la formación del huevo. Durante su desarrollo fuera del útero de la madre, el embrión se alimenta del material nutritivo almacenado dentro del huevo, a diferencia de los mamíferos que se alimentan por aporte sanguíneo proveniente de la madre. Realizándose la mayor parte del desarrollo embrionario del huevo fuera del útero y cubierto por una cascara porosa de carbonato de calcio, dentro de la cáscara del huevo, se empieza a desarrollar tres membranas (los anexos embrionarios).

2.6.1. ¿Qué es el huevo?

Es un cuerpo redondo u ovalado, con una membrana o cáscara exterior, que ponen las hembras de algunos animales y que contiene en su interior el embrión de un nuevo ser y el alimento necesario para que crezca. El huevo es uno de los alimentos más completos (Cuadro 1) por la equilibrada proporción de proteínas, hidratos de carbono, grasa, minerales (Cuadro 2) y vitaminas que contiene (Libien-Jiménez, 2017).

Cuadro 1. Composición nutrimental del huevo.

Por cada 100 g	Entero	Clara	Yema
Porción comestible	88	100	100
Agua (g)	74.1	83.3	50
Proteínas (mg)	12.9	11.1	16.1
Lípidos (mg)	11.2	0.2	31.9

Fuente: Astiasarán y Martínez, 1999.

Cuadro 2. Composición mineral del huevo.

Minerales	Entero	Clara	Yema
Calcio (mg)	56	11	140
Fósforo (mg)	210	21	590
Magnesio (mg)	13	12	16
Hierro (mg)	2.1	0.2	7.2
Cinc (mg)	1.4	0.02	3.8
Yodo (μg)	6.8	6.9	7
Selenio (μg)	10.4	7	30

Fuente: Astiasarán y Martínez, 1999.

2.6.2. Cáscara o cascarón

Cubierta calcárea de carácter poroso revestida en su interior por dos membranas, en el polo superior forma la cámara de aire, la cámara de aire de un huevo fresco mide aproximadamente 5 mm, valor que va incrementándose a medida que aumenta su edad. Se compone en su

mayor parte de carbonato de calcio y fibras proteicas (complejo proteína mucopolisacárido), y en menor medida, de fosfatos y carbonato magnésico (Libien-Jiménez, 2017B). Por otra parte, Reyes-Reyes (2015) menciona que el cascarón constituye del 9 al 12% del peso del huevo. Posee un gran porcentaje de carbonato de calcio (94%) como elemento principal, con cantidades mínimas de carbonato de magnesio, fosfato de calcio y otros materiales orgánicos incluyendo proteínas. El calcio está presente en gran cantidad, pero no es tan disponible. Además, sostiene que la cáscara es la principal barrera protectora que posee el huevo. Está recubierta con una película protectora que impide que los microorganismos ingresen. La cáscara es porosa posee aproximadamente (7, 000 a 17, 000 poros), es impenetrable y por eso esta película actúa como un "caparazón".

2.7. Compostaje de residuos orgánicos

El compostaje o composteo se define como la degradación de la materia orgánica, para convertirla en un compuesto bioquímicamente estable llamado compost o composta (Baca-Sánchez, 2009).

Varnero *et al.*, (2007) definen al compostaje como un proceso donde los residuos orgánicos biodegradables se descomponen mediante una oxidación bioquímica, bajo condiciones controladas, generando CO₂ y H₂O, energía calórica y materia orgánica estabilizada o “compost”. Este producto final puede ser utilizado ya sea como acondicionador de suelos, o bien, como componente base para la elaboración de sustratos especializados de uso agrícola. Sin embargo, los mismos autores mencionan que, al emplearlos sin un adecuado grado de madurez, puede provocar efectos negativos en las plantas, debido a la presencia de metabolitos intermediarios fitotóxicos. Los efectos fitotóxicos de un material orgánico inmaduro se deben a diversos factores, entre los cuales destacan los contenidos de amonio, de ácidos volátiles orgánicos, de metales pesados y de sales.

2.7.1. Beneficios del compostaje

La utilización de composta como enmienda orgánica o producto restituidor de materia orgánica en los terrenos de labor tiene un gran potencial, ya que la presencia de materia orgánica en el suelo, en proporciones adecuadas es fundamental para asegurar la fertilidad y evitar la

desertización. Mejora las propiedades físicas del suelo, la materia orgánica contribuye favorablemente a mejorar la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola (serán más permeables los suelos pesados y más compactos los ligeros), aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa, contribuye a aumentar la capacidad de retención hídrica del suelo mediante la formación de agregados. La materia orgánica aporta macronutrientes N, P, K y micronutrientes, y mejora la capacidad de intercambio de cationes del suelo, esta propiedad consiste en absorber los nutrientes catiónicos del suelo, poniéndolos más adelante a disposición de las plantas, evitándose de esta forma la lixiviación (Negro *et al.*, 2000).

Por otra parte, Trinidad-Santos y Velasco-Velasco (2016) mencionan que la aplicación de abonos orgánicos tiene una potencialidad para aumentar los rendimientos de las cosechas mucho mayor que los fertilizantes químicos en cantidades equivalentes de nutrimentos.

2.7.2. Descomposición aerobia y anaerobia de la materia orgánica

Kiss-Köfalusi y Encarnación-Aguilar (2006) mencionan que, en los procesos de descomposición de los residuos orgánicos, su carácter aerobio o anaerobio es determinado por la existencia o falta de oxígeno dentro del interior de la pila de compost. En caso de suficiente oxígeno disponible, los microorganismos presentes en los residuos contribuyen a la descomposición aerobia de la materia orgánica.

El proceso de descomposición anaeróbica está enmarcado en el ciclo anaerobio del C por el cual es posible en ausencia de O_2 transformar la sustancia orgánica en biomasa y compuestos inorgánicos en su mayoría volátiles: CO_2 , NH_3 , H_2S , N_2 y CH_4 . Estos procesos se pueden realizar en sistemas cerrados comúnmente llamados digestores y se utilizan cuando requieren aprovechar todos los productos de la fermentación (Velasco-Velasco, 2002).

2.7.3. Fases del compostaje

Las características que se presentan en cualquier determinada pila de compostaje, independientemente de los diferentes tipos de materiales con

el que se realice, siempre se notaran u observaran ciertas fases. Hay indiferencias entre las fases porque algunos autores consideran que son tres fases y otros consideran cuatro. En esta revisión se consideraron cuatro fases: mesófila inicial, termófila, mesófila final y maduración, estas fases están determinadas medianamente por la temperatura que ésta determinará los grupos microbianos presentes en cada una de las fases. Romero-Yam (2013) menciona que la fase inicial del compostaje es considerada la más dinámica, se caracteriza por un rápido aumento de temperatura, cambios en el pH, y la degradación de componentes orgánicos simples. En la fase termófila se alcanza la temperatura máxima, comienza a disminuir el pH y aumenta la degradación de los componentes más complejos, estas características de temperatura proporcionan la menor diversidad de microorganismos. En la fase mesófila final conocida como la fase de enfriamiento la temperatura es más estable y será la más baja de todo el proceso, esta fase se caracteriza por presentar un pH cercano a la neutralidad y da paso a la última fase que es la maduración, que es el estado deseable al que debe llevarse el proceso de degradación de la materia orgánica.

Por otra parte, Ruiz-Arcos (2014) reporta que el proceso de compostaje se desarrolla en diferentes etapas que se distinguen entre sí, por las variaciones térmicas del material y las reacciones metabólicas predominantes. Así, se reconocen cuatro fases: una fase inicial mesófila en la que el material comienza a calentarse, ascendiendo su temperatura desde los 10 a los 42°C; una segunda fase, denominada fase termófila, en la que se alcanzan rangos de temperaturas entre los 45 y los 70°C; una tercera fase, llamada fase de enfriamiento o segunda fase mesófila, en la que la temperatura vuelve a descender; y una cuarta fase, denominada fase de maduración, en la que la temperatura no varía y el material termina de estabilizarse.

2.7.4. Microbiología del compostaje

El compostaje es un proceso dinámico que involucra la actividad combinada de una mezcla de microorganismos como bacterias, hongos, actinomicetos y otras poblaciones biológicas, que a manera de sucesión degradan la materia orgánica.

La abundancia de los microorganismos dependen de las condiciones nutricionales y ambientales de la pila que se ven modificados por las mismas actividad de los microorganismos (pH, relación C:N, temperatura, oxígeno, entre otro) y dicha actividad permite subdividir el proceso del compostaje en las cuatro etapas que menciona Romero-Yam (2013).

En la fase mesófila inicial los sustratos están a temperatura ambiente y comienzan a actuar bacterias y hongos mesófilos y termotolerantes que utilizan rápidamente sustancias carbonadas solubles y de fácil degradación (azúcares y aminoácidos). Las bacterias con metabolismo oxidativo y fermentativo son las que alcanzan mayores niveles en esta fase, principalmente bacterias Gram negativas y productoras de ácido láctico, que crecen rápido a expensas de compuestos fácilmente degradables (Romero- Yam, 2013 y Ruiz-Arcos, 2014). En la fase termófila proliferan exclusivamente microorganismos termotolerantes y termófilos tales como actinomicetos (*Thermoactinomyces* sp.) diversos *Bacillus* termófilos y bacterias Gram negativas como *Thermus* e *Hydrogenobacter*.

Los microorganismos no termotolerantes, incluyendo patógenos y parásitos, son inhibidos durante esta fase. Los hongos y levaduras son reducidos notablemente desde el inicio de la fase termófila y son eliminados completamente a partir de los 60°C (Moreno y Mormeneo, 2011).

Por su parte Ruiz-Arcos (2014) menciona que, durante esta fase, una vez agotados los nutrientes más simples y de fácil degradación, comienzan a predominar los actinomicetos, en particular estreptomicetos que, junto con algunos *Bacillus*, comienzan a degradar proteínas, incrementando la liberación de amoníaco con la consiguiente alcalinización del medio. Como consecuencia de la degradación de dichos polímeros se liberan nuevas sustancias monoméricas simples que pueden ser utilizadas por otros microorganismos. La actividad microbiana, por lo tanto, sigue incrementándose hasta superar los 60°C. A temperaturas superiores a 60°C, la degradación es realizada exclusivamente por bacterias termófilas. Las bacterias no esporuladas *Hydrogenobacter* y *Thermus* junto con algunas esporuladas pertenecientes al género *Bacillus* predominan a valores térmicos de 70 a 82°C. Por encima de los 60°C, el calor se inhibe a los microorganismos, pero también actúa limitando el suministro de

oxígeno, dado que la solubilidad de éste decrece con el aumento de la temperatura.

Las etapas de enfriamiento y maduración finales están caracterizadas por el crecimiento de una nueva comunidad mesófila diferente a la de la fase mesófila inicial. En esta comunidad predominan hongos y actinomicetos capaces de degradar compuestos complejos. Estos microorganismos recolonizan el material desde el entorno circundante, los bordes de la pila o bien proceden de la germinación de esporas que resistieron la fase termófila. Aunque las bacterias mesófilas se encuentran en bajo número en estas fases, su diversidad es mayor que en las fases anteriores y presentan nuevas actividades importantes para la maduración del compost (Moreno y Mormeneo, 2011).

Conforme avanza la maduración, la comunidad se hace más estable y compleja, y con una composición que se asemeja bastante a la de los suelos, apareciendo microorganismos típicos de dicho hábitat como *Arthrobacter* (Ruiz-Arcos, 2014). A la actividad de hongos y bacterias durante la maduración se suma la de otros organismos como los

protozoos, nemátodos y miriápodos, que contribuyen a la degradación y estabilización final de la materia orgánica.

Los principales microorganismos responsables del proceso de compostaje son hongos, actinomicetos y bacterias. En la cinética que estos microorganismos siguen durante el compostaje, el primer nivel lo ocupan las bacterias, actinomicetos y hongos, estas son los grandes grupos microbianos que realizan la descomposición (Figura 3). El segundo nivel lo ocupan los protozoos y el último nivel de consumidores son macroorganismos tales como: quilópodos y coleópteros (Day y Shaw, 2005).

2.7.5. Temperatura

Bueno-Márquez *et al.*, (2014) definen que la temperatura tiene un amplio rango de variación en función de la fase del proceso, el síntoma más claro de la actividad microbiana es el incremento de la temperatura de la masa que se está compostando, por lo que la temperatura ha sido considerada

tradicionalmente como una variable fundamental en el control del compostaje.

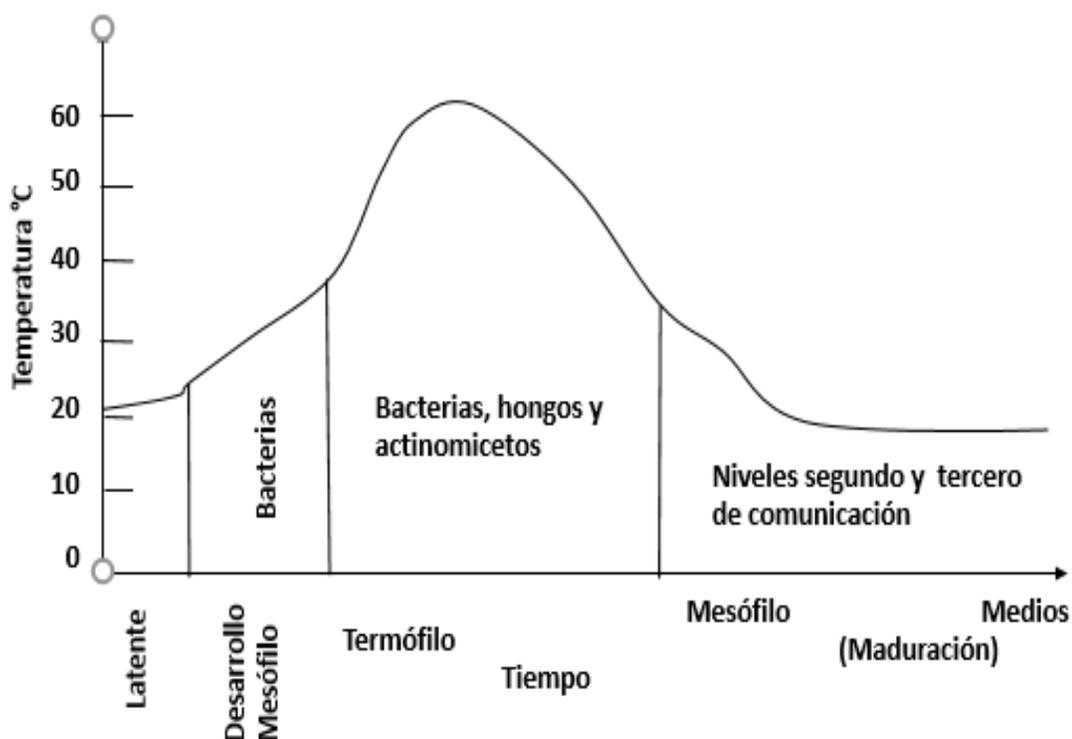


Figura 3. Etapas del proceso de compostaje con base en la temperatura (Day y Shaw, 2005).

Por la evolución de la temperatura se puede juzgar la eficiencia y el grado de estabilización a que ha llegado el proceso, pues se ha comprobado que pequeñas variaciones de temperatura afectan más a la actividad microbiana y pequeños cambios de humedad, pH o C/N (Bueno-Márquez *et al.*, 2014).

El compostaje inicia a temperatura ambiente y puede subir hasta los 65°C sin necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento extremo), para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente. Es deseable que la temperatura no decaiga demasiado rápido, ya que, a mayor temperatura y tiempo, mayor es la velocidad de descomposición y mayor higienización (Mercedes-Martínez *et al.*, 2013).

2.7.6. Humedad

De acuerdo con Mercedes-Martínez *et al.* (2013) menciona que la humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que como todos los seres vivos usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular. La humedad óptima para la composta se sitúa alrededor del 55% al 60%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas. Si la humedad disminuye por debajo del 35% decrece la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Si la humedad es demasiada alta (>70%) el agua saturará los poros e interferirá la oxidación del material. Por otra parte, Miyatake y

Iwabuchi. (2006) comenta, que la humedad de la masa de compostaje debe ser tal que el agua no llegue a ocupar totalmente los poros de dicha masa, para que permita la circulación tanto del oxígeno ya que el proceso debe desarrollarse en condiciones aerobias, como la de otros gases producidos en la reacción.

2.7.7. pH

El pH tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos. En diferentes trabajos se usa esta variable para estudiar la evolución del compostaje, sin embargo, su medida que se realiza en el laboratorio sobre la muestra tomadas en las pilas es sólo una aproximación del pH *in situ*. Mediante el seguimiento del pH se puede obtener una medida indirecta del control de la aireación de la mezcla, ya que si en algún momento se crean condiciones anaeróbicas se liberan ácidos orgánicos que provocan el descenso del pH (Sundberg *et al.*, 2004). Al respecto, Mercedes-Martínez *et al.* (2013) hace referencia que el pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5) en los primeros estadios del proceso el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la

fase termófila debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio para finalmente estabilizarse en valores cercanos a la neutralidad.

2.7.8. Oxígeno

El compostaje es un proceso desarrollado típicamente por microorganismos con metabolismos aerobios, por esta razón es imprescindible permitir el acceso de oxígeno libre a todas las partes del material en tratamiento, de modo que se facilita la proliferación y actividad de microorganismos. La insuficiencia de oxígeno provoca que los microorganismos cambien su tipo de producción de energía hacia procesos fermentativos, mucho menos eficientes energéticamente (menos producción de calor, procesos más lentos) los cuales generan productos secundarios indeseables metano y sustancias productoras de malos olores (Moreno-Casco y Mormeneo-Bernat, 2014).

Sin embargo, Mercedes-Martínez *et al.* (2013) menciona que el compostaje es un proceso aerobio y se debe mantener una aireación adecuada para

permitir la respiración de los microorganismos, liberando a su vez, dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera, así mismos la aireación evita que el material se compacte o se encharque. Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo durante la fase termófila. Por el contrario, una baja aireación impide la suficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis, se producen entonces malos olores y acidez por la presencia de compuestos como el ácido acético, ácido sulfhídrico (H_2S) o metano (CH_4) en exceso.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en la “Planta piloto” del Colegio de Posgraduados, Campus Córdoba, la planta de compostaje se ubica a $18^{\circ} 51' LN$ y $96^{\circ} 51' LW$, a una altitud de 642 metros sobre el nivel del mar (Figura 4). La precipitación media anual es de 1717.3 mm; la temperatura media anual es de $20.2^{\circ} C$. Los tipos de suelo predominantes son andosoles, cambisoles, litosoles y luvisoles, y las pendientes de los terrenos varían entre 0 y 30% (Gabriel-Brigido *et al.*, 2015).



Figura 4. Localización geográfica del área de estudio.

3.1. Materiales

Los materiales que se utilizaran en el presente trabajo de investigación, fueron los siguientes:

1 Pulsing Vortex Mixer modelo
Fisher Scientific.

2 Carretillas.

1 Potenciómetro modelo Eco
Testr pH2 Oakto®.

5 Toneladas de cachaza de caña
de azúcar.

1 Estufa a $70 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

360 Kg de embriones de pollos.

1 Termómetro digital marca
Taylor.

20 Metros de nylon transparente.

15 Tubo Corning o tubos Falcón.

15 Charolas de aluminio.

4 Palas cuadradas.

1 Paquete de bolsas transparente
de $1/2$ kg.

1 Manguera.

4 Vasos de precipitado.

1 Espátula.

1 Pizeta

1 Paquete de toallas sanitas.

1 Balanza analítica.

Los reactivos utilizados fueron:

20 Litros de agua destilada.

Soluciones buffer.

Jabón líquido

3.2. Métodos

3.2.1. Origen del material utilizado

Para la elaboración de los tratamientos, los embriones se obtuvieron de la empresa Grupo Pecuario San Antonio que se encuentra ubicada en Córdoba, Veracruz, México. La cachaza se adquirió del ingenio “Potrero” ubicado en el municipio de Atoyac, Veracruz. La cachaza utilizada tenía ocho años de encontrarse almacenada.

3.2.2. Establecimiento del experimento y manejo de las pilas de compostaje

Se estudiaron cinco tratamientos (Cuadro 3) de 3.0 m de largo por 0.7 m de ancho y 0.5 m de altura bajo techo, con tres repeticiones respectivamente, quedando (T1R1, T1R2, T1R3) y de igual manera para cada uno de los tratamientos restantes (T2, T3, T4, T5) (Figura 5). Los tratamientos se manejaron mediante compostaje aeróbico y anaeróbico utilizando un aproximado de una tonelada por tratamiento.

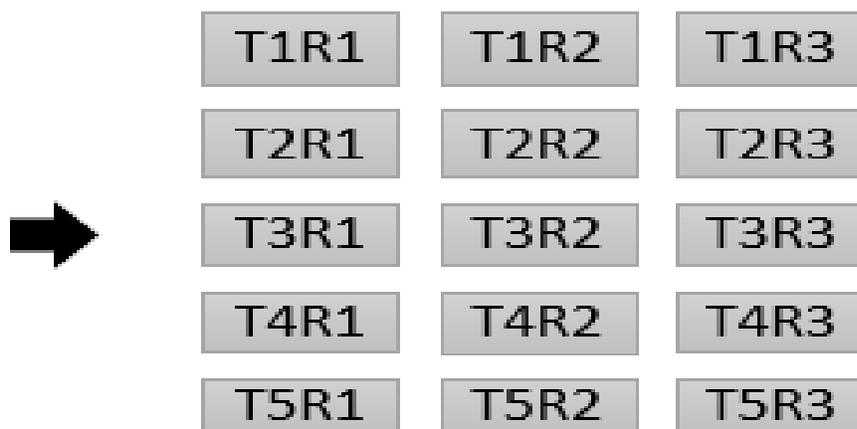


Figura 5. Diseño del experimento.

Cuadro 3. Lista de tratamientos estudiados.

Tratamiento	Descripción	Proporción (v/v)
T1	Cachaza:Embrión (testigo)	100:00
T2	Cachaza:Embrión	95:05
T3	Cachaza:Embrión	90:10
T4	Cachaza:Embrión	85:15
T5	Cachaza:Embrión	80:20

Fuente: creación propia.

Se realizó un solo volteo por semana durante la etapa de compostaje, con ayuda de los trabajadores de campo (Figura 6) y de igual manera se humedeció para hidratar cada una de las pilas, con una humedad aproximadamente de 55% a 60%.

3.3. Muestreo y monitoreo del experimento

3.3.1. Determinación de pH



Figura 6. Volteo e hidratación de los tratamientos.

La determinación de pH se realizó periódicamente de Julio a Octubre de 2018, que tardó el experimento. Se empleó una relación 1:5 sustrato:agua, los días 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63 y 70. Para ello se utilizaron 5 g de muestra diluidos en 25 ml de agua destilada (Figura 7), los cuales se pasaron a un “tubo Corning o tubos Falcón” con capacidad de 50 ml y se agitaron durante 10 s. en el Pulsing Vortex Mixer, marca Fisher Scientific®. Posteriormente se determinó el pH con ayuda de un potenciómetro, modelo ECO Testr pH2 OAKTO®. Para el procedimiento anterior se tomó como referencia la norma mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008.



Figura 7. Peso de la muestra durante la determinación de pH.

3.3.2. Determinación del porcentaje de humedad

El porcentaje de humedad se determinó mediante el método gravimétrico, para el cual se pesaron 25 g de muestra y se llevaron a una estufa a $70 \pm 5^\circ\text{C}$ tal como lo indica la norma mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2008). Para determinar el porcentaje de humedad, los muestreos se realizaron ocho veces durante el tiempo que tardó el experimento, los días 7, 28, 35, 42, 49, 56, 63 y 70 (Figura 8).



Figura 8. Peso de las muestras para la determinación de humedad.

3.3.3. Monitoreo o toma de temperatura

La temperatura en las pilas de compostaje se tomó cada tres días durante el experimento, la temperatura se tomó en la parte superior e inferior de cada pila de composta, para ello se utilizó un termómetro digital de la marca TAYLOR (Figura 9). Se tomaron nueve repeticiones de temperatura en cada una de las pilas.



Figura 9. Toma de temperatura.

3.4. Diseño experimental

El experimento se realizó empleando un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Se evaluaron cinco tratamientos: los cuales se describen en el Cuadro 3. Los datos se analizaron mediante el programa computacional Statistical Analysis System (SAS por sus siglas en inglés) versión 9.4 y comparación de medias por medio de la prueba de Tukey $p = 0.05$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Dinámica de pH durante el proceso de compostaje

Este es un factor muy importante en el proceso de compostaje, en la Figura 10 se muestra el comportamiento que tuvo el pH, desde el inicio hasta los 70 días de transcurrido el proceso, posteriormente se observó que el T5 a los 14 a 21 días tuvo un incremento del pH. Se observaron diferencia estadística significativa entre tratamientos (Tukey $p = 0.05$). El tratamiento cinco (T5) el cual corresponde a la proporción 80:20 v/v superó significativamente a todos los tratamientos incluyendo al testigo (Cuadro 4) mostrando un valor de 7.61 en pH. Por otra parte, el testigo (T1) fue significativamente diferente a los T2, T3 y T4 mostrando un valor de pH 7.01. Por último, T3 y T4 fueron estadísticamente iguales entre ellos mostrando valores de 6.69, 6.63 en pH, pero diferente al T2. A este respecto Velasco-Velasco *et al.*, (2004) menciona que el pH determina el crecimiento de determinados grupos microbianos.

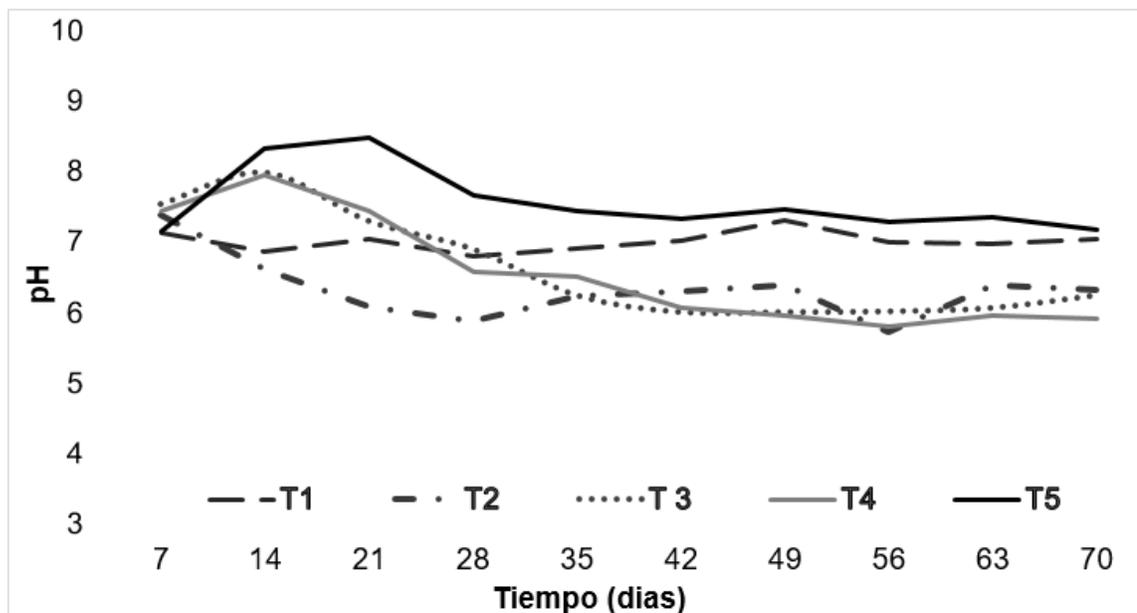


Figura 10. Dinámica de pH durante el proceso de compostaje de cachaza mezclado con embriones de pollo v/v (Cachaza:Embriones). T1 = 100:00, T2 = 95:05, T3 = 90:10, T4 = 85:15 y T5 = 80:20.

Por su parte Mercedes-Martínez *et al.* (2013) hacen referencia que el pH del compostaje depende de los materiales de origen varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5) en los primeros estadios del proceso el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos.

4.2. Dinámica de temperatura

Con respecto a la temperatura registrada en los sustratos de los diferentes tratamientos, se observó que los tratamientos con mayor contenido de embriones: T3, T4 y T5, mostraron mayor temperatura comparado con el testigo y T2. En la Figura 11 se observa que en los días 14 y 20 el T5 mostró una temperatura superior a los demás tratamientos, se hace referencia que en el lapso de esos días el pH del T5 también se mantuvo superior (Figura 10). La temperatura de T5 fue de 54.18 °C como máxima y mínimas de 27 °C; el T1 testigo presentó temperaturas como máxima de 27 °C, mínima de 23.24 °C (Figura 10). De acuerdo con el análisis (Cuadro 4) los T3, T4 y T5 fueron estadísticamente iguales entre ellos (Tukey $\rho = 0.05$) mostrando valores de 31.37 °C, 31.44 °C y 32.40°C, pero diferente al testigo y al T2. El T2 fue estadísticamente diferente al testigo presentando un valor de 28.53°C.

Cuadro 4. Análisis de resultados.

Tratamientos	Temperatura °C	pH	Humedad %
T1	25.40c	7.01b	58.44a
T2	28.53b	6.34d	53.18a
T3	31.37a	6.69c	61.70a
T4	31.44a	6.63c	64.55a
T5	32.40a	7.61a	55.17a

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales entre si (Tukey $\rho = 0.05$).

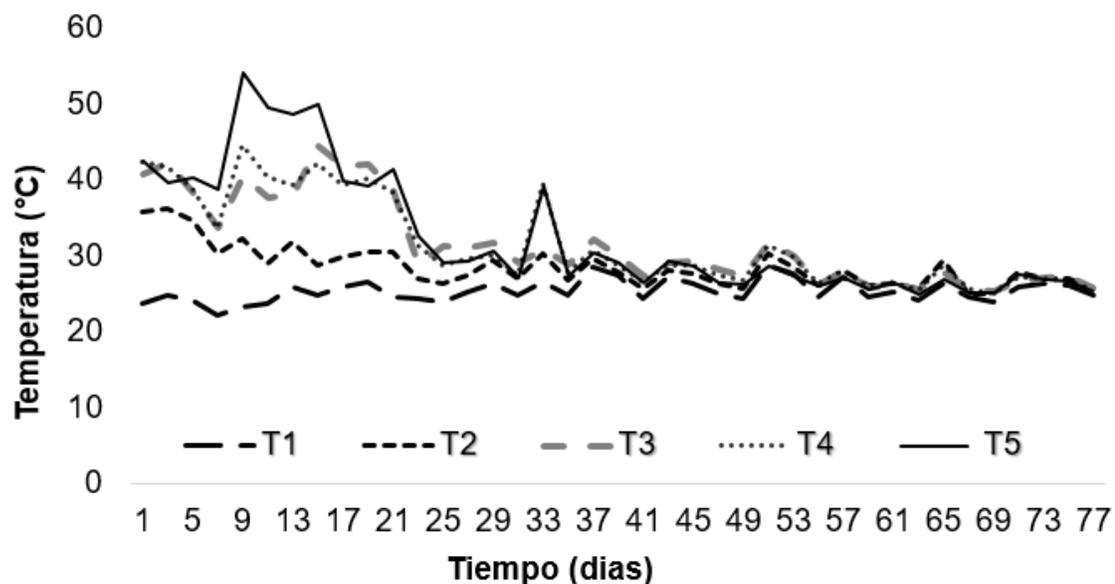


Figura 11. Dinámica de temperatura durante el compostaje de cachaza mezclado con embriones de pollo. v/v (Cachaza:Embriones). T1 = 100:00, T2 = 95:05, T3 = 90:10, T4 = 85:15 y T5 = 80:20.

A este respecto Pérez-Méndez *et al.* (2011) mencionan que al principio de la descomposición de los residuos orgánicos la temperatura se incrementa, mientras que cuando las temperaturas del sustrato descienden a valores próximos a la temperatura ambiente es porque el material se acerca a la madurez, recalca que es necesario considerar los factores como pH, ClC, relación C/N, NH_4^+ y NO_3^- . Por su parte Velasco-Velasco (2002) menciona que el rango de temperaturas para un compostaje óptimo varía de los 45 a los 60 ° C; rango que se mantuvieron algunos de los tratamientos (T3= 90:10 v/v, T4= 85:15 v/v, T5= 80:20 v/v).

4.3. Dinámica de humedad

En la Figura 12 se observa que la evaluación de la humedad, mostró variación en un rango de 47.2 y 83.3% a lo largo del proceso de compostaje, a los 7 y 49 días la humedad de los tratamientos se mantuvo a un rango de 42 a 45.5%, aunque en los 56 y 70 días se observaron valores de 43 a 83 % de humedad, probablemente se deba a que no hubo una buena aireación y en algunos casos, a un exceso de riego en el material, se hace énfasis en que el compostaje se originó bajo techo; pero hubo infiltración de agua por algunas lluvias imprevistas en el lapso de 50 a 70 días que estaba establecido el experimento, por eso la humedad aumentó y alcanzó valores de 83%. De acuerdo con el análisis (Cuadro 4) todos los tratamientos son estadísticamente iguales (Tukey $\rho = 0.05$).

Velasco-Velasco (2002) menciona que el compostaje tradicional necesita un porcentaje de humedad del 40 al 65%. Sin embargo, el porcentaje varía de acuerdo con el tipo de material utilizado. Por otra parte, Acosta *et al.*, (2006) mencionan que en el compostaje es importante que la humedad alcance niveles óptimos de 40 a 60%, si el contenido de humedad es mayor

el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico.

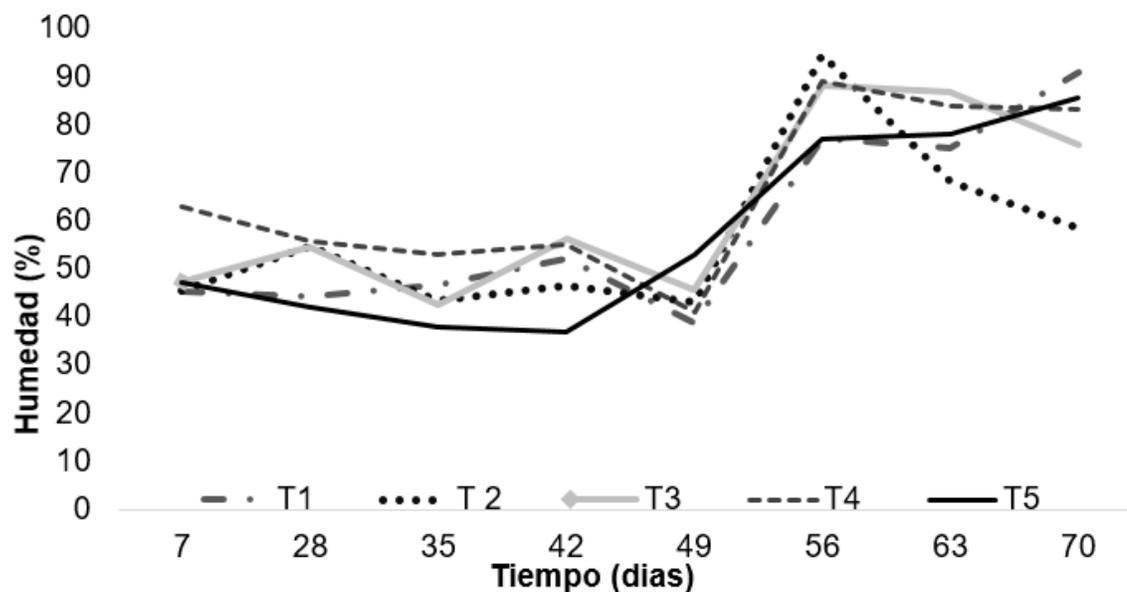


Figura 12. Dinámica de humedad durante el compostaje de cachaza mezclado con embriones de pollo. v/v (Cachaza:Embriones). T1 = 100:00, T2 = 95:05, T3 = 90:10, T4 = 85:15 y T5 = 80:20.

4.4. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) es una medida de la capacidad de un material para transportar la corriente eléctrica, la cual depende de la cantidad de iones positivos y negativos que se encuentran en la solución

del suelo, por eso la CE es un indicador del contenido de sales (Bosch-Mayol *et al.*, 2012).

La conductividad eléctrica (CE) durante el proceso de compostaje fluctuó entre 2.8 a 14.66 dsm^{-1} . En el Cuadro 5 se muestran los valores de CE que tuvieron cada uno de los tratamientos, se observó que los tratamientos T2, T3, T4, T5 mostraron mayor conductividad eléctrica comparado con el testigo (T1). Los tratamientos que tuvieron mayor conductividad eléctrica fueron T5 con 14.66 dsm^{-1} , T4 con 13.56 dsm^{-1} y, T3 con 12.32 dsm^{-1} , mientras que el T2 fue de 8.17 dsm^{-1} y el T1 testigo fue de 2.8 dsm^{-1} . Los valores de CE altos probablemente se deben al porcentaje de embriones agregado a la cachaza y al alto contenido de sodio. Riera *et al.* (2014) observó una CE de 16, 17 y 21 dsm^{-1} en el compostaje de dos mezclas de residuos avícolas, por su parte Acosta *et al.* (2012) expresa que el valor permisible de la CE del sustrato de cultivo debe encontrarse entre valores de 2,0 a 3,5 dsm^{-1} a 25°C, para que éste resulte inofensivo para las plantas. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana para suelos NOM-021-RECNAT-2000 (2002) la interpretación de conductividad eléctrica es <1.0 efectos despreciables de la salinidad, 1.1-2.0 muy ligeramente salino, 2.1- 4.0 moderadamente salino, 4.1- 8.0

suelos salinos, 8.1- 16.0 fuertemente salino y > 16.0 muy fuertemente salino. Con base en la presente investigación se puede sugerir mayor investigación en relación con la CE durante el compostaje de cachaza y embriones, esto para mejor entendimiento del proceso.

Cuadro 5. Análisis químicos de los tratamientos estudiados al final del experimento.

Variables	T1 (100:00 v/v)	T2 (95:05 v/v)	T3 (90:10 v/v)	T4 (85:15 v/v)	T5 (80:20 v/v)
pH	6.5	6	5	5.7	6.3
CE dsm ⁻¹	2.8	8.17	12.32	13.56	14.66
CO %	3.7	3.1	3.6	3.9	4.8
MO %	6.5	5.4	6.2	6.7	8.3
N total %	0.58	0.18	0.26	0.13	0.35
P mgkg ⁻¹	639	635	769	776	1451
CIC <u>cmol(+)kg⁻¹</u>	47.59	38.52	22.25	54.80	43.05
<u>Na cmol(+)kg⁻¹</u>	1.04	1.11	1.52	1.66	4.22
<u>K cmol(+)kg⁻¹</u>	8.07	4.93	6.44	7.19	9.20
<u>Ca cmol(+)kg⁻¹</u>	2.74	18.43	19.46	12.92	23.32
<u>Mg cmol(+)kg⁻¹</u>	37.58	36.51	35.26	33.49	25.89
DA gcm ⁻³	0.90	1.00	1.02	1.00	0.94

Fuente: Creación propia.

4.5. Porcentajes (%) de materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO) y nitrógeno total (Nt)

La materia orgánica está compuesta por todos los materiales orgánicos muertos de origen animal o vegetal y por productos orgánicos producidos en su transformación. Una pequeña fracción de la materia orgánica incluye materiales ligeramente transformados, y otros transformados por completo, de color oscuro y de alto peso molecular, llamados compuestos húmicos (Crespo-G, 2011). Por otra parte el nitrógeno total es un indicador de la disponibilidad del nitrógeno en el suelo para las plantas.

El porcentaje (%) de materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO) y nitrógeno total (Nt) presento valores diferentes entre tratamientos al finalizar el proceso de compostaje. En el Cuadro 5 se muestran los valores finales que obtuvieron cada uno de los tratamientos. Para el T1 testigo, el porcentaje de MO fue de 6.5 % más alto comparado con T2 y T3, el T4 y T5 superaron al testigo con valores de 6.7 % y 8.3%. En relación con el CO el T1 se mostró de nuevo superior mostrando un valor de 3.7 % a los T2 y T3; mientras que el T4 y T5 fueron superiores al testigo teniendo un valor de 3.9 % y 4.8 %. Respectivamente para el Nt el testigo (T1) se mostró superior a los tratamientos restantes (T2, T3, T4, T5) teniendo un porcentaje de 0.58 %; esto se debe probablemente a la proporción de embriones que se suministró a cada uno de los tratamientos. Al respecto Pérez-Méndez *et al.* (2011) mencionan que el contenido nitrógeno total (Nt)

de una composta se debe al contenido de N (nitrógeno) que tiene el residuo del cual proviene. Velasco-Velasco *et al.*, (2004) expresan, que el Nt en composta de residuos orgánicos del campo varían de 1 a 2.4% con media de 1.5. De acuerdo con la norma Norma Oficial Mexicana de suelos NOM-021-RECNAT-2000 (2002) la determinación de materia orgánica del suelo se evalúa a través del contenido de carbono orgánico, el valor de referencia para clasificar la concentración de la materia orgánica es, muy bajo <0.5, bajo 0.6- 1.5, medio 1.6- 3.5, alto 3.6- 6.0, muy alto > 6.0, al respecto todos los tratamientos mostraron valor superior al alto. Mientras que para el nitrógeno total (Nt) se interpreta muy bajo < 0.05, bajo 0.05- 0.10, medio 0.10- 0.15, alto 0.15- 0.25, muy alto > 0.25, de acuerdo con estos datos que menciona la Norma Oficial Mexicana de suelos NOM-021-RECNAT-2000 (2002) el Nt del testigo fue el más alto (T1) respecto a los tratamientos con embriones.

4.6. Fósforo (P)

El fósforo (P) en el suelo no existe en forma elemental, ya que se encuentra combinado con otros elementos, formando complejos minerales (P inorgánico) o en compuestos orgánicos (P orgánico). El contenido total en

la capa superficial del suelo puede variar desde 200 kg ha⁻¹, en los suelos arenosos, hasta más de 3000 kg ha⁻¹, en los de texturas finas (Galantini *et al.*, 2007).

Cada uno de los tratamientos presentó diferente contenido de fósforo (P mgkg⁻¹). En el cuadro 5 se observa que el T1 testigo se mostró superior al T2, obteniendo un valor 639 mgkg⁻¹; por otra parte, el T3 y T4 fueron superiores al testigo y al T2, obteniendo valores similares entre ellos de 769 mgkg⁻¹ y 776 mgkg⁻¹, por último, el T5 se mostró superior obteniendo un valor de 1451 mgkg⁻¹ el doble que el testigo, esto probablemente se deba al porcentaje de embriones que se agregó a cada uno de los tratamientos.

4.7. Capacidad de intercambio catiónico (CIC), sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg)

La capacidad de intercambio de catiónico (CIC) de los suelos depende de las condiciones de su determinación, el intercambio de cationes es

determinante en la nutrición vegetal. Entre los métodos comúnmente utilizados para la medición de la capacidad de intercambio de cationes están los que emplean el acetato de amonio o de sodio (Henríquez-Manuel *et al.*, 2005). El intercambio catiónico es una propiedad química a partir de la cual es posible inferir acerca del tipo de arcilla presente, en la magnitud de la reserva nutrimental y del grado de intemperismo de los suelos. El resultado numérico de la determinación sirve además como base en el cálculo del porcentaje de saturación de bases que es un dato ampliamente usado en los estudios pedológicos y de fertilidad (Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, 2002).

En el Cuadro 5 se muestran los resultados que tuvieron cada uno de los tratamientos en CIC, Na, K, Ca y Mg. Para la capacidad de intercambio catiónico (CIC) se observó que el T4 y T1 (testigo) fueron superiores obteniendo valores de $43.05 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$ y $47.59 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$; posteriormente en sodio (Na) los valores más alto se vieron reflejados en los T4 y T5 obteniendo valores de $1.66 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$ y $4.22 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$; mientras que en potasio (K) el T1 y T5 se mostraron superiores obteniendo valores de $8.07 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$ y $9.20 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$, para los valores en Ca el T2, T3 y T5 se mostraron superiores mostrando valores de $18.43 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$, $19.46 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$ y $23.32 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$; por último en magnesio (Mg) el testigo, T2,

T3 y T4 fueron superiores al T5, mostrando valores de $37.58 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$, $36.51 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$, $35.26 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$ y $33.49 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$. Todos estos valores reflejados probablemente se deban a las diferentes concentraciones de embriones agregados a cada uno de los tratamientos, al riego y al volteo.

4.8. Densidad aparente

En caso de suelos la densidad aparente (DA) se define como la masa de suelo por unidad de volumen. Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso. La DA varía con la textura del suelo y el contenido de materia orgánica; puede variar estacionalmente por efecto de labranzas y con la humedad del suelo sobre todo en los suelos con arcillas (Keller & Håkansson, 2010). Los tratamientos mostraron diferentes valores de DA en el Cuadro 5 se muestran el contenido que tuvo cada uno de los tratamientos. El testigo (T1) presentó un valor de $DA = 0.90 \text{ gcm}^{-3}$, el T2 y T4 mostró un valor similar $DA = 1 \text{ gcm}^{-3}$, para el T3 fue de 1.02 gcm^{-3} y para el T5 se presentó un valor de 0.94 gcm^{-3} . Los resultados de DA variaron; probablemente se deba a la distinta cantidad de embriones que se le agregó a cada uno de los tratamientos.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo con el contenido de nutrientes en el producto final, se concluye que a mayor proporción de embriones de pollo adicionado se obtiene mayor temperatura promedio y un pH cercano a la neutralidad, dentro de las pilas de compostaje.

En la presente investigación del compostaje de cachaza mezclada con embriones se observó que en el análisis químico, a mayor proporción de embriones aumenta el carbono orgánico (CO) a valores de 4.8 %, la materia orgánica (MO) a 8.3 %, el fósforo (P) a 1451 mgkg⁻¹, el potasio (K) a 9.20 cmol₍₊₎kg⁻¹ y el contenido de calcio (Ca) a 23.89 cmol₍₊₎kg⁻¹. Por otra parte, la conductividad eléctrica (CE) aumenta a valores de 14.66 dsm⁻¹, el nitrógeno total (Nt) disminuye a valores de 0.35 %, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) disminuye a valores de 43.05 cmol⁽⁺⁾kg⁻¹, el sodio aumenta (Na) a valores de hasta 4.22 cmol₍₊₎kg⁻¹ y el magnesio (Mg) disminuye a valores de hasta 25.89 cmol₍₊₎kg⁻¹.

Los factores determinantes durante el proceso de compostaje, como el porcentaje de humedad se deben mantener en niveles óptimos, que ayuden a degradar la materia orgánica y a estimular, la población de microorganismos en el proceso del compostaje. Por lo anteriormente expuesto, se acepta la hipótesis planteada.

6. RECOMENDACIÓN

La experiencia obtenida en la presente investigación puede ser retomada en trabajos posteriores. Se recomienda tener especial cuidado en la humedad de las pilas de compostas, probar el compostaje de embriones con otros subproductos o con estiércol ya sea de borrego o de ganado bovino y hacer más de un análisis fisicoquímico.

7. LITERATURA CITADA

- Acosta, Y, Cayama, J, Gómez, E, Reyes, N, Rojas, D, García, H. 2006. Respiración microbiana y prueba de fitotoxicidad en el proceso de compostaje de una mezcla de residuos orgánicos. Multiciencias, vol.6, núm. 3, pp. 220-227.
- Acosta, Y, Zárraga, A, Rodríguez, L, Zauahre, M. 2012. Cambios en las propiedades fisicoquímicas en el proceso de compostaje de lodos residuales. Multiciencias, vol. 12, enero-diciembre, pp. 18-24.
- America-Chemical, S. 2005. Química un proyecto de la ACS: Ditorial Reverté, S.A.
- Alarcón-Alarcón A. L., Contreras-Vega, A. M., Morales-Barragán y V. Peña-Mendoza. 2011. Estado del desarrollo embrionario en un pollo criollo. P 10.
- Alcántar G., G. Trejo-Tellez. L. I. 2007. Nutrición de cultivos. Ediciones MUNDI-PRENSA. MEXICO. pp. 94-101.
- Arreola-Enriquez, J., Palma-López, D, J., Salgado-García, S., Camacho-Chiu, W., Obrador-Olán, J, J., Juárez-López, J, F y Pastrana-Aponte, L. 2004. Evaluación de abono orgánico-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. Terra latinoamericana. Vol. 22, núm. 3, julio-septiembre, 2004, pp. 351-357.

- Astiasarán, I.; Martínez, J.A. 1999. Alimentos: composición y propiedades. McGraw-Hill Interamericana. España. Pp 370.
- Baca-Sánchez., G. R. 2009. Compostaje para el tratamiento de residuos celulósicos derivados de la industria papelera. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. P 85.
- Bosch-Mayol, M, Luís-Costa, J, Néstor-Cabria, F, Carolina-Aparicio, V. 2012. Relación entre la variabilidad espacial de la conductividad eléctrica y el contenido de sodio del suelo. *Cienc. Suelo* vol. 30 no. 2 ciudad autónoma de Buenos Aires ago./dic. 2012.
- Brady-Nyle C., and Weil-Ray R. 2008. The nature and properties of soils. Nyle C. brady, ray r. weil.-14th ed. P 975.
- Bueno-Márquez, P., Diaz-Blanco, M, J., Cbrera-capitan, F. 2014. Factores que afectan al proceso de compostaje. Mundi Prensa, Madrid.
- Crespo-G. 2011. Comportamiento de la materia orgánica del suelo en pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 45, núm. 4, pp. 343-347.
- Cristancho-Luna., C, D. 2014. Comparación de tres protocolos de definición en huevos fértiles, su relación con la disminución en la carga bacteriana y viabilidad del pollo de engorde. Trabajo de grado. Universidad de La Salle. pp 5-40.
- Day, M., K. Shaw, 2005. Procesos biológicos, químicos y físicos del compostaje. In: *Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola*. J. Stoftella, B. Kahn, B. (Eds). Mundi-Prensa, Barcelona, Madrid pp. 18-49.
- Félix-Herrán, J, A., Sañudo-Torres, R, R., Enrique-Rojo, G. 2008, Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai* vol.4. número 1, enero-abril 2008, pp.57-67.

- Gabriel-Brigido, J., Nikolskii, I., Terrazas, L y Santiago-Herrera, S. 2015. Estimación del impacto del cambio climático sobre fertilidad del suelo y productividad de café en Veracruz, México. *Tecnol. Cienc. Agua* vol.6 no.4 Jiutepec jul./ago. 2015.
- Galantini, J, A, Suñer, L,G, Iglesias, J, O. 2007. Sistemas de labranza en el sudoeste bonaerense: efectos de largo plazo sobre las formas de fósforo en el suelo. *Ria*, 36 (1): 63-81. INTA, Argentina.
- García-Herrera., J. Juárez-Estrada., M. A. López-Córdova. 2013. Incremento gradual de CO² en la primera mitad de incubación, con cambio posterior de la presión de O², modifica la trayectoria de incubación del pollo de engorda. *Vet., Mex.*, 44p.
- García-Torres R., Ríos-Leal, L., Martínez-Toledo, A., Ramos-Morales, F, R., Cruz-Sánchez, J, S., Cuevas-Díaz., M. C. 2011. Uso de cachaza y bagazo de caña de azúcar en la remoción de hidrocarburos en suelos contaminados. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 27(1) pp: 31-39.
- Henríquez, M., Pérez, J., Gascó, J. M., y Rodríguez, O. 2005. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico en arena y caolín usando acetato de amonio, acetato de sodio y cloruro de amonio. *Bioagro*, 17(1), 59-62. Recuperado en 20 de febrero de 2019, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S131633612005000100008&lng=es&tlng=es.
- Hernández-Melchor, G, I., Salgado-García, S., Palma-López, D, J., Lagunés-Espinoza, L, C., Castelán-Estrada, M y Ruiz-Rosado, O. 2008. Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de Chiapas, México. *Inci v.33 n.11 Caracas nov.* 2008.
- Juárez-Caratachea, A y Ortiz-Alvarado, M, A. 2001. Estudios de la incubabilidad y crianza en aves criollas de traspatio. *Vet. Méx.*, 32 (1) 2001.

- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florian, L., Blas-sevillano, R., Bello-Amez, S. 2006. La materia organica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. Volumen 24. pp 2-3.
- Keller, T.; Håkansson, I. 2010. Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma* 154: 398-406.
- Kiss-Köfalusi, G y Encarnación-Aguilar, G. 2006. Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. P 41.
- Libien-Jiménez, Y. 2017. Tecnología e industrialización del huevo. pp 35. <https://core.ac.uk/download/pdf/154797565.pdf> (verificado el 12 mar. 19)
- Mercedes-Martínez, M., Ortega-Blu, R., Kiersch, B., Gonzales, M., Carrascal, A, K. 2013. Manual de compostaje del agricultor. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago de Chile.
- Miyatake, F y Iwabuchi, K. 2006. Effect of compost temperatura on oxigen uptake rate, specific growth rate and enzymatic activity of microorganisms in dairy cattle manure. *Biores. Technol.*, 97: pp 961-966.
- Moreno, J y Mormeneo S. 2011. Microbiología y bioquímica del proceso de compostaje. En: *Compostaje* (Moreno J, Moral R, Eds.). Mundi Prensa. Madrid.
- Moreno-Casco, J y Mormeneo-Bernat, S. 2014. Microbiología y bioquímica del proceso de compostaje. Mundif Prensa, Madrid.
- Negro, M, J., Villa, F., Aibar, J., Alarcón, R., Ciria, P., Cristóbal, M, V., Benito, A., García-Martin, A., Garcia-Muriedas, G., Labrador, C., Lacasta, C., Lezaún, J, A., Meco, R., Pardo, G., Solano, M, L., Torner, C y Zaragoza, C.

2000. Producción y gestión del compost. Centro de Técnicas Agrárias. España. <http://hdl.handle.net/10261/16792>. (Verificado 12 mar. 19)
- NMX-FF-109-SCFI-208. Humus de lombriz (lombricomposta) especificación y métodos de prueba.
- NOM-021-RECNAT-2000. 2002. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.
- Pérez-Méndez, Miguel, A, Sánchez, Hernández, Palma-López, R, David, J, García, S. 2011. Caracterización química del compostaje de residuos de caña de azúcar en el sureste de México. *Interciencia*, vol. 36, núm. 1, pp 45-52.
- Porta C, J. M., López-Acevedo, R y Roquero, C, L. 2003. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 3ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. P 929.
- Regina-Santa, I., Gllardo, F,J y San Miguel.,C. 1989. Ciclo biogeoquímico en bosques de la sierra de Béjar (salamanca, España). 3. Descomposición de la hojarasca. *Rev. Ecol. Sol.* 1989. 26 (4): pp 407-416.
- Revidatti, F., Sindik, M., Terraes, J, C., Fernández, R, J y Sandoval, G, L. 2006. Evolución del peso corporal, consumo de alimentos y conversión alimenticia en pollos parrilleros a diferentes edades de faena. *Universidad Nacional del Norte. Resumen: V.022.*
- Reyes-Reyes, R, R. 2015. Diseño, construcción y manejo de una incubadora artesanal de huevos en la comuna San Vicente Cantón Santa Elena. Trabajo de titulación. Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Riera, N, Della-Torres, V, F-Rizzo, P, Butti, M, M-Bressan, F, Zarate, N, Weigandt, C, C-Crespo, E, D. 2014. Evaluación del proceso de compostaje

de dos mezclas de residuos avícolas. Revista de la facultad de ciencias agrarias, vol. 46, núm. 1, pp. 195-203.

Romero-Yam, L, A. 2013. Dinámica microbiana en el compostaje de cachaza reactivada con gallinaza. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados Campus Motecillo. pp 10-11.

Ruiz-Arcos, A. 2014. Producción de lipasas de interés ambiental por microorganismos aislados a partir de material vegetal sometido a compostaje. Trabajo Fin de Grado Ciencias Ambientales. pp 6-13.

Sánchez. S., Crespo, G., Hernández, M, y García, Y. 2008. Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en pastizales. Pastos y forrajes, vol. 31. No 2, 2008.

Sundberg, C., Smars, S y Jonsson, H. 2004. Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. Biores. Technol., 95(2): pp 145-150.

Trinidad-Santos, A y Velasco-Velasco, J. 2016. Importancia de la materia orgánica en el suelo, año 9; vol 9; num 8; agosto 2016: pp 52-58.

United States Department of Agriculture USDA. (Marzo de 2014). A Guide to the Mitigation of Salmonella Contamination at Poultry Hatcheries. Best management Practices Handbook. pp 20- 45.

Varnero, R, M, T, Rojas, A. C., Orellana, R, R, 2007. Índice de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. J. Soil se nutr. 7 (1) pp 28-37.

Velasco-Velasco, J. 2002. Alternativa tecnológica del reciclaje de los desechos orgánicos del colegio de posgraduados. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. P 91.

Velasco-Velasco, J., Figueroa-Sandoval, B., Ferrera-Cerrato, R., Trinidad-Santos, A. Gallegos-Sánchez, J. 2004. CO₂ y dinámica de poblaciones microbianas en composta de estiércol y paja con aireación. *Terra Latinoamericana*. 22:(3). pp 306- 316.