

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE EDAFOLOGIA

**PROPIEDADES NUTRIMENTALES DE ABONOS ORGÁNICOS ELABORADOS CON
GALLINAZA.**

SARAI GUADALUPE VALERIO LUNA

T E S I S

PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2015

La presente tesis titulada: **PROPIEDADES NUTRIMENTALES DE ABONOS ORGÁNICOS ELABORADOS CON GALLINAZA**, realizada por la alumna: **SARAI GUADALUPE VALERIO LUNA** Bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS
EDAFOLOGIA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. Roberto Quintero Lizaola

ASESOR



Dr. Gustavo Adolfo de Jesús Baca Castillo

ASESOR



Dr. Anibal Griceldo Quispe Limaylla

Montecillo, Texcoco, México, 2015

RESUMEN

PROPIEDADES NUTRIMENTALES DE ABONOS ORGÁNICOS ELABORADOS CON GALLINAZA.

Sarai Guadalupe Valerio Luna, MC

Colegio de posgraduados 2015.

La gallinaza es un residuo orgánico que contiene una gran variedad de compuestos con un alto valor de nitrógeno. Cuando no es manejado adecuadamente en su proceso de descomposición, pueden generar malos olores y problemas ambientales. Para lograr un mejor aprovechamiento de estos compuestos nitrogenados, es necesario utilizar prácticas que permitan la estabilización adecuada de estos.

El propósito de este estudio fue entender el efecto de la zeolita en el proceso de compostaje de la gallinaza, para proponer nuevas alternativas de estabilización del nitrógeno obteniendo abonos orgánicos con propiedades nutrimentales óptimas para el cultivo.

Se realizaron pruebas a nivel laboratorio para poder conocer la interacción de la zeolita en su capacidad de intercambio catiónico de NH_4^+ y su adsorción de NH_3 procedente de la gallinaza y se midieron las emisiones de CO_2 como indicadores de la actividad microbiana. Los resultados de laboratorio sugieren que una relación 1:1 y una granulometría de 2 mm es eficiente para obtener mejores resultados en el proceso de transformación de la materia.

A nivel de campo se pudo comprobar la eficiencia de la zeolita clinoptilolita en el proceso de compostaje de la gallinaza y las variables evaluadas fueron comparables con los estudios previos en el laboratorio. Los resultados indican que se tuvo un incremento en las concentraciones de nitrógeno total destacando así la participación de la zeolita en el proceso de compostaje.

Palabras clave: *amoníaco, zeolita, compostaje* .

ABSTRACT

NUTRITIONAL PROPERTIES MADE WITH ORGANIC FERTILIZER MANURE.

Sarai Guadalupe Valerio Luna, MC

Colegio de posgraduados 2015.

The manure is an organic residue containing a variety of compounds with a high nitrogen value. When it is not properly handled in the process of decomposition, can generate odors and ambientale problems. To make better use of these nitrogen compounds, it is necessary to use practices that allow adequate stabilization of these.

The purpose of this study was to understand the effect of zeolite in the process of composting manure, to propose new alternatives nitrogenoobteniendo stabilization of organic fertilizers with optimal nutritional properties for cultivation.

Experiments at laboratory scale to understand the interaction of the zeolite in its cation exchange capacity of NH_4^+ and NH_3 adsorption from manure and CO_2 emissions as indicators of microbial activity were measured were performed. Laboratory results suggest that a 1: 1 and 2 mm grain size is efficient for best results in the transformation of matter.

At the field level could prove the efficiency of clinoptilolite zeolite in the process of composting manure and evaluated variables were comparable with previous studies in the laboratory. The results indicate that an increase taken into total nitrogen concentrations involving highlighting the zeolite in the composting process.

Keywords: *ammonia, zeolite, composting*

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento otorgado para realizar mis Estudios de Posgrado.

Al Colegio de Posgraduados por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría.

A los doctores, Roberto Quintero Lizaola, Gustavo Adolfo de Jesús Baca Castillo, Aníbal Griceldo Quispe Limaylla, por sus consejos, sugerencias y apoyo en la elaboración de este trabajo.

Al Dr. David Espinosa Victoria por su amistad, apoyo y consejos.

Al Ing. Cesar Merino por su amistad y valioso apoyo en la determinación de análisis.

A todas las personas que de manera directa o indirecta hicieron posible la realización de esta tesis.

DEDICATORIA

A mis hijos Gunnar, Vladimir y Karla, Por ser mi mayor inspiración.

A mi amado esposo Víctor por estar con migo en todo momento

A mis padres por contar con su apoyo infinito.

A toda la familia Valerio Luna, a ellos mi respeto, admiración y agradecimiento.

A toda la familia Gaspar Hernández por el apoyo brindado.

A todos mis compañeros del Colegio de Posgraduados por los momentos compartidos.

A mis profesores de los curso por su dedicación y compartir su conocimiento.

Las personas integrantes de mi Consejo Particular por el esfuerzo, la dedicación, el tiempo y el apoyo que me han brindado, pero sobre todo por la infinita paciencia para conmigo.

A todas las personas, quienes de alguna manera me han acompañado hasta hoy, aun en la distancia.

CONTENIDO

RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii

INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
---------------------------	---

OBJETIVOS	4
-----------------	---

HIPÓTESIS.....	4
----------------	---

CAPÍTULO 1.

CAPTACIÓN DE AMONIO EN ZEOLITA AL INCUBAR GALLINAZA O CODORNIZ.....	5
---	---

Resumen	5
---------------	---

Summary	6
---------------	---

1.1.Introducción.....	6
-----------------------	---

1.2. Materiales y métodos.....	8
--------------------------------	---

1.3.Resultados y discusión.....	12
---------------------------------	----

1.4. Conclusiones.....	19
------------------------	----

1.5. Literatura citada.....	19
-----------------------------	----

CAPÍTULO 2.

CAPTACIÓN DE AMONIO EN NIVELES DE GRANULOMETRIA DE ZEOLITA AL INCUBAR	
---	--

GALLINAZA.....	22
----------------	----

Resumen	22
---------------	----

Summary	23
---------------	----

1.1.Introducción.....	23
-----------------------	----

1.2.Materiales y método.....	26
------------------------------	----

1.3.Resultados y discusión.....	28
---------------------------------	----

1.4. Conclusiones.....	35
------------------------	----

1.5. Literatura citada	36
------------------------------	----

CAPÍTULO 3.

ZEOLITA EN EL PROCESO DEL COMPOSTAJE DE GALLINAZA.....	38
Resumen.....	38
Summary.....	38
1.1.Introducción.....	39
1.2.Materiales y métodos.....	41
1.3.Resultados y discusión.....	42
1.4. Conclusiones.....	46
1.4.Literatura citada.....	47
CONCLUSIONES GENERALES.....	49
RECOMENDACIONES.....	50

LISTA DE FIGURAS.

CAPÍTULO 1

Figura 1	Evolución de C-CO ₂ en los dos residuos orgánicos avícolas en 20 días de incubación.....	14
Figura 2	Volatilización del N-NH ₃ en los residuos orgánicos avícolas en 20 días de incubación.....	16
Figura 3	Volatilización de NH ₃ en las diferentes cantidades de zeolita.....	17

CAPÍTULO 2

Figura 1	Efectos de los tratamientos sobre las emisiones de CO ₂ y NH ₃	29
Figura 2	Efectos de la interacción de la variable fija: partículas y aleatoria cantidad de zeolita en CO ₂	30
Figura 3	Adsorción del NH ₄ ⁺ en la estructura de la zeolita.....	31
Figura 4	Efectos de la interacción de la variable fija: partículas y aleatoria cantidad de zeolita en NH ₃	32
Figura 5	Efectos de la interacción de la CE y pH.....	34

CAPÍTULO 3

Figura 1	Figura1. Comportamiento de las temperaturas en los distintos tratamientos.....	43
Figura 2	Figura 2. Contenido de Nitrógeno total al inicio y final del compostaje.....	46

LISTA DE CUADROS

CAPÍTULO 1

Cuadro 1	Tratamiento a evaluar.....	12
Cuadro 2.	Características de los residuos avícolas.....	13
Cuadro 3	Test: Tukey CO ₂ en las diferentes cantidades de zeolita.....	14
Cuadro 4	Test: Tukey NH ₃ en las diferentes cantidades de zeolita.....	16

CAPÍTULO 2

Cuadro 1	Unidades experimentales.....	27
Cuadro 1	Efecto de los factores: partículas, cantidad de zeolita y su interacción, sobre variables de CO ₂ , NH ₃ , CE, pH.....	29

CAPÍTULO 3

Cuadro 1	1. Tratamientos.....	41
Cuadro 2.	Características físico-químicas iniciales de los materiales empleados.....	43
Cuadro 3	Cuadro 3. Efecto de los tratamientos sobre variables de T°, CE, pH , Nt.....	45

INTRODUCCIÓN GENERAL.

La agricultura la podemos definir como la actividad que comprende un conjunto de acciones humana que transforman el ambiente natural, con el fin de satisfacer las necesidades de alimentación del ser humano. Sin embargo la agricultura ha tenido un gran impacto en los recursos naturales, en los últimos años la producción intensiva se ha usado indiscriminadamente el uso de fertilizantes químicos, este tipo de prácticas pueden provocar en un periodo a largo plazo, un deterioro en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo creando un desequilibrio en el potencial productivo, el cual provoca un efecto desastroso sobre el entorno de la agricultura, dejando suelos infértiles, contaminación por nitrógeno, fosforo y magnesio en ríos, lagos y aguas subterráneas, agotamiento de los minerales, salinización entre mucho otros problemas (García y LonWo, 2007). Esto ha obligado a muchos productores a abandonar sus terrenos o modificar sus sistemas de cultivo.

Por lo que es necesario crear sistemas agroecológicos y sustentables que permitan para poder producir de manera saludable y amigable con el ambiente. Abarcando estas problemática tenemos las siguientes preguntas., ¿cómo poder producir con buena calidad?, ¿Cómo poder elaborar un fertilizante que pueda entregar los nutrientes necesarios y así no recurrir a los fertilizantes orgánicos industriales?

La respuesta a estas preguntas las podemos encontrar dentro del agro ecosistema de la granja orgánica, donde la solución para producir se encuentra en residuo orgánico de los animales, a través de un debido proceso que conllevan a la obtención, producción y aplicación de fertilizantes orgánicos de buena calidad.

El buen proceso de estos materiales aportan cantidades significativas de nutrientes para los cultivos, pero a su vez se cuida el ambiente, la salud del ser humano, generando así una satisfacción de entregar productos saludables para la humanidad.

Las granjas avícolas son un sector importante dentro de la producción de alimentos básicos de carne y huevo, los cuales forman parte de la dieta balanceada del ser humano, por lo que su producción es muy importante. Sin embargo el principal problema que presentan recae sobre las concentraciones o grandes volúmenes de residuos que se generan (excretas). Sutton *et al.*, (2002) señala que si las operaciones de producción no se manejan adecuadamente, como la manipulación de los alimentos de las aves, la generación de excretas contendrá una cantidad de materia orgánica rica en nutrientes. Entonces se puede considerar que los residuos de las aves es un problema ambiental cuando no se tiene el procesamiento y la disposición adecuada.

Los principales problemas de estos residuos orgánicos son el mal olor y las malas prácticas de disposición, desaprovechándose gran cantidad de nutrimentos nitrogenados, los cuales se pierden por lixiviación o evaporación provocando de esta manera una contaminación al agua, suelo o aire. (García y LonWo, 2007; Rodríguez, 2006).

Para poder dar solución a este tipo de problemas es necesario incorporar prácticas de estabilización como el proceso de compostaje de la gallinaza., uno de los restos de este proceso ha sido reducir las pérdidas de nitrógeno. Estudios recientes sugieren que el uso de zeolita puede ayudar en la disminución y pérdida de N, dado que algunas de sus propiedades de la zeolita es que sirve como intercambiador de NH_4 y adsorbente de NH_3 (Gracia, 2002).

La aplicación de la zeolita en el proceso de compostaje de la gallinaza, pueden ayudar a reducir la pérdida de nitrógeno. De este modo se obtendrá compostas de calidad con niveles altos de nitrógeno que las plantas o cultivos requieran.

El propósito de este estudio fue entender el efecto de la zeolita en el proceso del compostaje para proponer nuevas alternativas de estabilización del nitrógeno, obteniendo abonos orgánicos con propiedades nutrimentales óptimas para el cultivo.

Para poder lograr los objetivos planteados de la investigación se realizaron dos fases experimentales, la primera consistió en realizar estudios previos de la interacción de la zeolita y la gallinaza en el laboratorio donde, se determinó la capacidad de intercambio iónico de la zeolita por los iones amonio, posteriormente se realizaron pruebas de volatilización de los iones NH_3 y CO_2 a través del método de incubación en un medio cerrado, para evaluar las siguientes variables: cantidad de zeolita y el tipo de granulometría, de los resultados obtenidos en el laboratorio se determinó que una relación 1:1 y una granulometría de 2mm, es eficiente para la estabilización del material orgánico estudiado.

Para poder corroborar, los datos obtenidos en el laboratorio se implementó una segunda fase experimental a nivel de campo, donde se colocaron tres tratamientos de compostaje de gallinaza, con el objetivo de comprobar la eficiencia de la zeolita en el incremento de nitrógeno de la composta.

Los resultados de estos experimentos se presentan en los apartados siguientes en forma de artículos, los cuales contienen los materiales y métodos utilizados, y los resultados obtenidos para cada caso.

OBJETIVOS

Objetivo General.

Determinar los niveles de retención de nitrógeno en el proceso de compostaje de gallinaza, al aplicar diferentes cantidades de zeolita y lograr una mejor calidad de la composta.

Objetivo Específicos

- Conocer las cantidades óptimas de zeolita que aprueben la mejor interacción entre la zeolita y la gallinaza ante la disminución de amoníaco.
- Determinar qué tipo de granulometría de la zeolita es más eficiente en la captación de amoníaco.

HIPÓTESIS.

Hipótesis General

Con la aplicación de niveles de zeolita en el proceso de compostaje de gallinaza, se logra retener un porcentaje importante de nitrógeno con la que se mejora la calidad nutritiva de la composta.

Hipótesis Específica

- La zeolita es un mineral de gran poder de adsorción de NH_3 , por lo tanto al aplicar cantidades altas se obtendrán una mayor concentración de nitrógeno total.
- La granulometría es un factor importante en la cavidad de adsorción de la zeolita; entre más pequeña se ha la granulometría será mayor la eficiencia de adsorción de los iones NH_3 .

CAPÍTULO 1.

CAPTACIÓN DE AMONIO EN ZEOLITA AL INCUBAR GALLINAZA O CODORNIZ.

Ammonium Uptake in Zeolite to Manure or Hatching Quail.

Resumen

Las Zeolitas son aluminosilicatos cristalinos que presentan una estructura tridimensional infinita, a las cuales se les atribuyen numerosas propiedades una de ellas es su capacidad de adsorción de amonio, la cual la convierte en un atractivo para tratar los residuos avícolas. El proyecto consistió en evaluar la participación de la zeolita en la adsorción del amonio y la degradación del material orgánico, los factores evaluados fueron la liberación de dióxido de carbono (CO_2) y la volatilización del amoniaco (NH_3), como indicadores de la mineralización de los residuos orgánicos, El experimento se realizó en un sistema cerrado de incubación que duro 20 días en condiciones controladas de humedad y temperatura. El objetivo del presente estudio fue evaluar la volatilización de NH_3 como un indicador de la adsorción de NH_4 en la estructura de la zeolita así como su participación en la actividad microbiana a través de las emisiones de CO_2 . Se usó un diseño experimental 2^4 con tres repeticiones. No se encontraron efectos significativos en la actividad microbiana, sin embargo las diferentes cantidades de zeolita mostraron efectos significativos en la volatilización de NH_3 , permitiendo expresar que la zeolita sirve como un adsorbente de amonio de los residuos orgánicos avícolas.

Palabras clave: zeolita, CO_2 , NH_3 , microorganismos.

Summary

Zeolites are crystalline aluminosilicates having an infinite three-dimensional structure, to which numerous properties attributed to them one of which is its ammonium adsorption capacity, which makes it attractive to poultry to treat waste. The project was to evaluate the participation of the zeolite in ammonium adsorption and degradation of organic material, the factors evaluated were the release of carbon dioxide (CO₂) and volatilization of ammonia (NH₃), as indicators of mineralization organic waste, the experiment was conducted in a closed incubation system that lasted 20 days under controlled conditions of humidity and temperature. The aim of this study was to evaluate the volatilization of NH₃ as an indicator of the adsorption of NH₄ in the structure of the zeolite and its participation in the microbial activity through CO₂ emissions. 24 experimental design with three replications was used. No significant effects were found in microbial activity, but different amounts of zeolite showed significant effects on NH₃ volatilization, allowing to express that serves as a zeolite adsorbent ammonium organic poultry waste.

Index words: zeolite, CO₂, NH₃, microorganisms.

1.1. Introducción.

Las granjas avícolas son un sector importante dentro de la producción de alimentos básicos de carne y huevo los cuales forman parte de la dieta balanceada del ser humano, por lo que su producción es muy importante, sin embargo el principal problema que presentan recae sobre las concentraciones o grandes volúmenes de residuos orgánicos (excretas), esto debido a que no se tienen las medidas necesarias a la hora de recolectar almacenar y disponer adecuadamente, al realizarse esta malas prácticas se pierde gran cantidad de nutrimentos por lixiviación o

evaporación provocando de esta manera una contaminación al agua, suelo o aire. (García y LonWo, 2007; Rodríguez, 2006; Estrada 2005).

Sutton *et al.*, (2002) planteo que si las operaciones de producción no se manejan adecuadamente, como la manipulación de los alimentos de las aves, la generación de excretas contendrá una cantidad de materia orgánica rica en nutrientes, pero si no se les da el manejo adecuado de disposición puede traer serias consecuencias ambientales. Generan un impacto ambiental negativo por su mala disposición, creando un ambiente apto para las bacterias nitrificantes, dándose el proceso de emisiones gases como el dióxido de carbono (CO₂), amoníaco (NH₃) y sulfuro de hidrogeno (H₂S), (García y LonWo, 2007; Rodríguez, 2006).

El estiércol fresco o reciente de las aves consta de una parte solida (heces) y una parte liquida (orina), en la parte liquida se encuentra el N en forma de ácido úrico el cual se pierde en un 45 % por volatilización (Hernán & castellanos, 2011; Rodríguez, 2006). El proceso de mineralización del ácido úrico de las excretas de aves es la transformación del carbonato de amonio en CO₂ y NH₃, perdiéndose por volatilización (García y LonWo, 2007; Hernández *et al*, 1993).

Para poder tener un mejor proceso de mineralización de estos residuos y que existan menores perdidas de nutrientes es importante adicionar sustancias minerales (zeolita) que ayuden con la adsorción de proteínas y ácidos grasos que son los precursores del amoníaco (Gracia, 2010).

La zeolita es un mineral de origen volcánico, es categorizado como un aluminosilicatos hidratado cristalino (arcilla) con estructura tridimensionales, caracterizado por la habilidad de retener y liberar agua e intercambiar iones sin modificar su estructura atómica, intercambio cationes como Ca⁺, Mg⁺⁺, K⁺, y NH₄⁺, así como diversos componentes fosfatados, amoníaco y componentes de materia orgánica (Toro *et al*, 2006), estas propiedades lo hacen muy importante

en la actualidad para diferentes usos debido a que no se altera, es químicamente inocuo, no contamina y es limpio.

La zeolita natural clinoptilolita tiene características químicas y físicas propias, que incluyen la estructura cristalina, tamaño, forma de cavidades, porosidad (Pizarro, 2008; García, 2003), son adsorbentes naturales, debido a sus propiedades de adsorción y alta afinidad con los iones amoniacales, son capaces de eliminar el amoniaco y olores indeseables del ambiente y, debido a esto, podrían resultar beneficiosos en el tratamiento de excrementos (Valencia, 2011).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el proceso de mineralización de dos residuos avícolas y la participación de la zeolita en el proceso de transformación del ácido úrico en carbonato de amonio en CO_2 y NH_3 .

1.2. Materiales y métodos.

Para el desarrollo de este ensayo se utilizaron dos tipos de residuos avícolas, uno proveniente de la granja de gallinas ponedoras del Colegio de Posgraduados y el segundo procedente de la producción de Codorniz del municipio de San Bernardino, estos residuos fueron mesclado con cuatro cantidades de zeolita, las dosis se establecieron con el fin de conocer qué relación es la más eficiente en la disminución de los gases de CO_2 y NH_3 .

La zeolita a estudiar fue extraída de la Mina de San Francisco es de tipo clinoptilolita, para poder tener un indicador de la capacidad de retención de amonio que presenta esta zeolita se evaluó su capacidad de saturación con cloruro de amonio (NH_4CL) la determinación de amonio intercambiable se determinó por el método Kjeldahl.

Los métodos que se utilizan para evaluar un proceso de mineralización, son indicadores de la cantidad de nitrógeno orgánico que pasas a inorgánico en un periodo de tiempo (Robertson &

Vitousek, 1981 citado por Hernán & Castellanos, 2011). Existen técnicas de laboratorio con incubaciones anaeróbicas las cuales se utilizan para estimar la volatilización presente en el medio. Las incubaciones consisten en un periodo de 10 a 30 días, utilizando de 5 a 20 g de muestra a temperatura ambiente (Binkley & Vitousek, 1989).

EL método utilizado fue un sistema cerrado el cual consiste en colocar la muestra en frascos de polietileno de 500 ml colocando sobre este los álcalis para la determinación de NH_3 y CO_2 . Al inicio del proceso los sustratos fueron humedecidos al 70% de su capacidad de retención hídrica, la incubación se realizó a temperatura ambiente, cada unidad experimental fue replicada 3 veces. El desprendimiento de CO_2 y NH_3 se midió diariamente durante 20 días, se consideraron tres blancos, sin adición de sustrato, para controlar la presencia de CO_2 y NH_3 en los frascos.

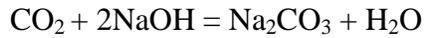
El diseño experimental de este trabajo fue un factorial 2^4 , el análisis de las variables se hizo con base en un modelo lineal completamente aleatorio, para la ensayo de medias se utilizó la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

Determinación de CO_2

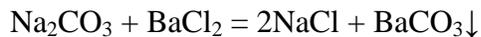
La tasa de producción de CO_2 es científicamente importante debido a que indica la tasa de descomposición de la materia orgánica y por tanto de la cantidad que se pierde de carbono (García & Rivero, 2008). Las medidas de la respiración ayudan a determinar la contribución del CO_2 en la atmósfera.

Para poder determinar esta tasa de respiración se utilizó el método descrito por Anderson (1982) modificado, el cual consistió en colocar un álcali de 3 ml de NaOH 1N, el cual ayuda a determinar el desprendimiento de CO_2 , mediante la titulación con H_2SO_4 0.1N, en presencia de tres gotas de fenoftaleína al 1% y luego de la precipitación de los carbonatos con 2 ml de BaCl_2 al 2%.

El CO₂ liberado durante la respiración aeróbica puede ser adsorbido en solución alcalina y medida como un índice de la tasa de respiración. La reacción en la cual el CO₂ es adsorbido es:



La cantidad de CO₂ adsorbido es equivalente a la cantidad de NaOH consumido. Para determinar esto, se precipita el carbonato (CO₃²⁻) con BaCl₂ y se titula el remanente NaOH con H₂SO₄ estándar. Las reacciones son:



La cantidad de NaOH inicialmente presente, menos la cantidad remanente al final del período de incubación, se utiliza para computar la cantidad de CO₂ involucrado, el cual entra en la solución y reacciona con el NaOH.

De la diferencia entre la cantidad de NaOH presente inicialmente y el remanente después de la exposición al CO₂ se obtiene la cantidad de gas producido por respiración mediante la siguiente fórmula:

$$R = (B-M) NE \text{ _____} (1)$$

Dónde:

R = respiración microbiana en mg CO₂

B = volumen de ácido necesario para titular el NaOH del promedio de los blancos (en ml)

M = cantidad de ácido necesaria para titular el NaOH de la muestra (en ml)

N = normalidad del ácido

E = peso equivalente del CO₂

La acumulación de CO₂ se determinó únicamente sumando los mg de CO₂ que se producían cada día, con los mg de CO₂ de días anteriores.

Determinación de NH₃

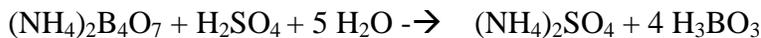
A la zeolita se le realizó una prueba de saturación de amonio con el objetivo de conocer su capacidad de retención de NH₄⁺. Se utilizó el método de saturación con NH₄CL a 3 diferentes concentraciones manteniéndoles en agitación constante de 24 horas una vez transcurridas se determinó el amonio por el método de arrastre vapor.

Después de observar la capacidad de adsorción de la zeolita en concentraciones conocidas de Cloruro de amonio, se procedió a utilizar el método para medir la volatilización de amónico el cual tiene su fundamento en la absorción sobre álcali de 3 ml de H₃BO₃, donde captura el NH₃ desprendido por la muestra y se realiza su valoración colocando 2 gotas de indicadores y se valora con H₂SO₄, hasta que el color cambie de verde a rosa.

La reacción química que se da en la captura del amoníaco volatilizado se muestra a continuación:



Al titular con ácido sulfúrico se obtiene:



La concentración de volatilización se calcula:

$$\text{N- NH}_3 \text{ (mg)} = \text{V} * \text{N} * 14 \text{_____} \text{ (2)}$$

Donde

V= Volumen medio de H₂SO₄ necesario para valorar el NH₃ en cada una de las muestras

N= Normalidad del H₂SO₄

14 = peso de Nitrógeno

1.3. Resultados y discusión

Los valores correspondientes a la saturación de amonio en la zeolita clinoptilolita, se encontraron diferencias significativas, mostrando que la zeolita tiene una capacidad de adsorción de 56%, 43% y 33%, respectivamente, presentando una capacidad de 50 mg g⁻¹. Pizarro, 2008 expresa que la zeolita de tipo clinoptilolita es un adsorbente natural y tienen una alta afinidad con los iones amoniacales, que son capaces de eliminar el amonio. En el pre experimento se observa que en cuanto menor es la cantidad de saturación es más eficiente la adsorción, esto se debe a que existe una mayor zona de contacto entre las moléculas de amonio con la zeolita permitiendo que estas se coloquen en la cavidad del poro (García, 2003).

Después de conocer la capacidad de adsorción de amonio por parte de la zeolita clinoptilolita se procedió a evaluarla cuatro cantidades diferentes en dos tipos de residuos orgánicos avícolas teniendo un total de 8 tratamientos (cuadro 1), se evaluaron la tasa de emisiones de CO₂ y NH₃. El cuadro 2. Muestra las diferencias de los dos residuos avícolas en su contenido de nitrógeno (N) y carbono (C).

Cuadro 1. Tratamiento a evaluar.

Tratamiento	Material orgánico	Contenido de material	
		Sustrato (g)	Zeolita (g)
T1	Gallinaza	20	0
T2		20	10
T3		20	15
T4		20	20
T5	Codorniz	20	0
T6		20	10
T7		20	15
T8		20	20

Cuadro 2. Características de los residuos avícolas.

Residuo	N %	C %
Gallinaza	5.0	32.6
Codorniz	6.9	23.5

Evolución de Bióxido de Carbono.

Las deyecciones avícolas contienen compuestos orgánicos e inorgánicos (Hernán & Castellanos, 2011; Moguel *et al*, 1995; Pacheco *et al*. 2003), una cantidad variable de humedad y una abundante población microbiana (Hernán & Castellanos, 2011; Martin *et al*, 1998), es un material rico en sustancias fácilmente degradables como proteínas y azúcares (Hernán & Castellanos, 2011; Contreras *et al*, 2006). Los tratamientos tuvieron un máximo de 47.67 mg de CO₂ g⁻¹ presentando la mayor actividad de los microorganismos en los día 13 respectivamente, mientras que el menor actividad se presentó en el tratamiento de la codorniz con una cantidad de 19.95 mg de CO₂ g⁻¹.

La figura 1 , se observan las cantidades de emisiones de CO₂ generadas durante los 20 días de incubación, para el caso de la codorniz se observa que ha y un mayor desprendimiento de CO₂ en los primeros días, por lo que se interpreta que hay una gran variación de la actividad de los microorganismos esto está vinculado con la degradación de las fracciones orgánicas (Contreras *et al*, 2006) , mientras que los mayores incrementos comienza a partir del día 12 registrados la mayores actividad de microorganismos. A medida que transcurre la incubación, los sistemas comienzan a entrar en la etapa de estabilidad, el material recientemente añadido de fácil degradación, comienza a agotarse y, por lo tanto, el número de microorganismos disminuye al igual que el desprendimiento de CO₂. No se encontraron diferencias significativas en los dos tipos de residuos orgánicos estudiados.

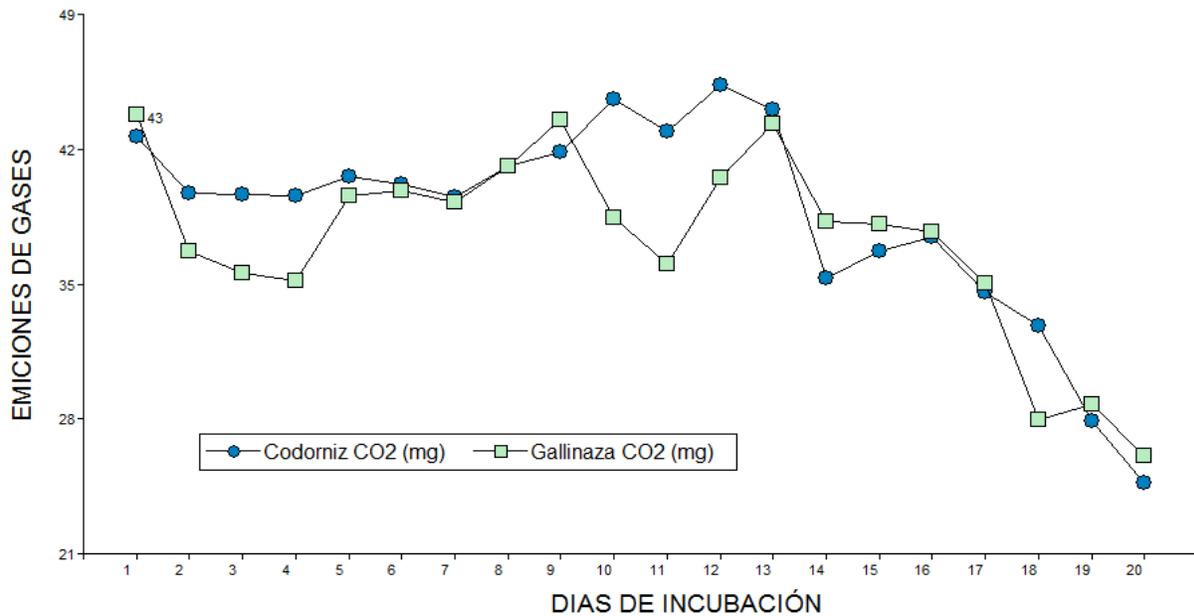


Figura 1. Evolución de C-CO₂ en los dos residuos orgánicos avícolas en 20 días de incubación.

Al analizar los efectos principales de la cantidad de zeolita se encontraron diferencias significativas, se realizó el análisis de medias cantidad de zeolita (cuadro 3).

La cantidad de C-CO₂ acumulado desprendido por la actividad biológica de los tratamientos incubados durante un período de 20 días, fue bastante intenso, aumentando más en los primeros 10 días (781.88 mg de CO₂ g⁻¹).

Cuadro 3. Test: Tukey CO₂ en las diferentes cantidades de zeolita.

Cantidad de zeolita	CO ₂ codorniz		Cantidad de zeolita	CO ₂ gallinaza	
15	40.44	a [§]	15	37.58	a [§]
20	40.15	a	10	37.44	a
10	38.21	a b	20	37.34	a
0	35.52	b	0	36.60	a
DMS	3.82		DMS	3.65	

§ Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente según Tukey ($P \leq 0.05$); ($P \leq 0.05$).

En la interacción de codorniz con cantidad de zeolita se encontraron diferencias significativas en las emisiones de CO₂, mientras que la interacción de gallinaza con zeolita no se presenta diferencias significativas en las emisiones de CO₂, esta diferencia entre los residuos se debe a la cantidad de compuesto orgánicos y una población microbiana constate (Hernán & Castellanos, 2011). Acosta *et al*, (2006) establece que la actividad de los microorganismos que intervienen al inicio del proceso es máxima, como consecuencia de tener a su alcance gran cantidad de compuestos fácilmente biodegradables procedentes de los materiales orgánicos de partida. Por lo que el incremento del contenido de carbono orgánico, nos muestra que el material orgánico suministra la cantidad necesaria para la proliferación de los microorganismos encargados de la descomposición.

Nitrógeno Amoniacal (N-NH₃).

Las diferencias estadísticas en las emisiones de NH₃, se deben a la presencia del contenido de nitrógeno(N) presente en cada residuos orgánico avícolas. El N es considerado como un nutriente esencial para los seres vivos, ya que es uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos (Hernán & Castellanos, 2011; Alexander, 1980), el término volatilización se utiliza para describir el proceso de pérdida de N del en forma de amoníaco (NH₃) (Hernán & Castellanos; 2011).

La figura 2 muestra el comportamiento de los dos residuos orgánicos avícolas en el la volatilización de NH₃, encontrando diferencias significativas, esto se debe por la diferencia del contenido nitrógeno y carbono, la gallinaza tiende más compuesto orgánicos y una población microbiana constate (Hernán & Castellanos).

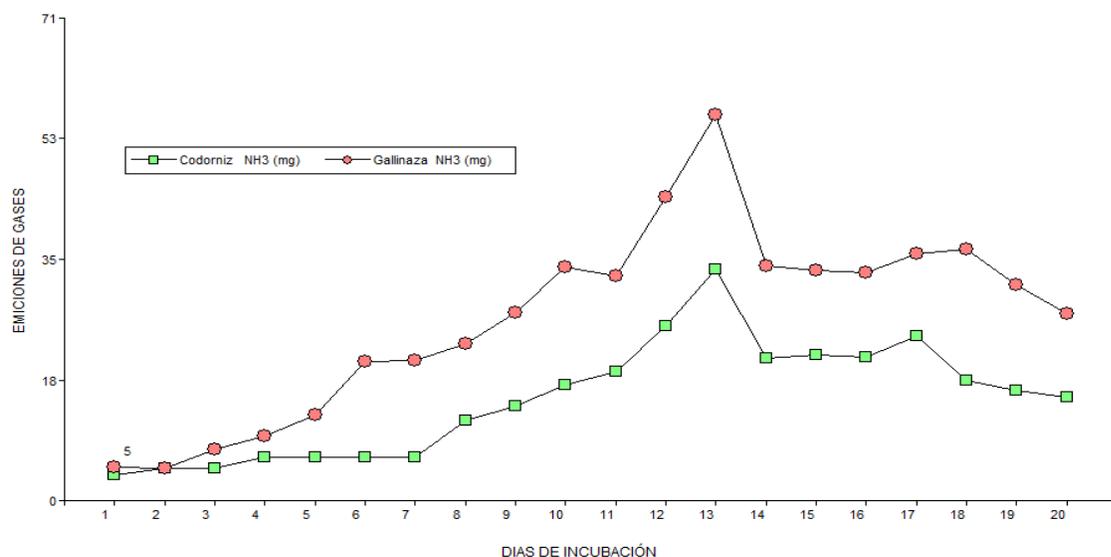


Figura 2. Volatilización del N-NH₃ en los residuos orgánicos avícolas en 20 días de incubación

Se realizó el análisis de medias de cantidad de zeolita (cuadro 4), por el método tucky ($\alpha 0.05$), el cual nos establece que hay diferencias significativas (Cuadro 4), expresando que la zeolita influye en la liberación de la volatilización de amónico en los dos residuos orgánicos avícolas.

Cuadro 4. Test: Tukey NH₃ en las diferentes cantidades de zeolita.

Cantidad de zeolita	NH ₃ (mg) gallinaza	zeolita	NH ₃ (mg) codorniz
0	41.67 a [§]	0	25.09 a [§]
10	27.31 b	10	15.46 b
15	22.13 b c	15	10.23 b c
20	15.25 c	20	7.48 c
DMS	8.53	DMS	6.65

§ Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente según Tukey ($P \leq 0.05$); ($P \leq 0.05$),

La figura 3 muestra la volatilización de NH₃ emitida por los residuos orgánicos avícolas ante las distintas cantidades de zeolita, el error estándar para la gallinaza es de 2.30 y para la codorniz

es de 1.79, se observa que la gallinaza es la que emite mayores cantidades NH_3 que la codorniz, pero la disminución de volatilización se ve influenciado por la cantidad de zeolita.

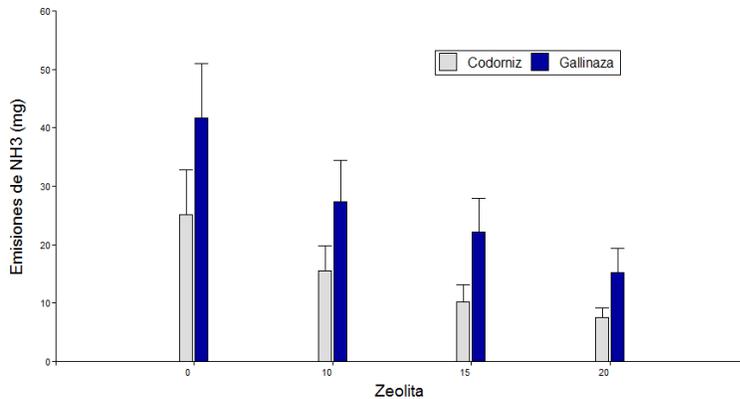


Figura 3. Volatilización de NH_3 en las diferentes cantidades de zeolita.

El proceso de volatilización de NH_3 frecuentemente se expresa de manera simplificada como se indica en la siguiente ecuación: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$. Si todos los otros factores permanecen constantes, se pueden establecer relaciones generales entre algunos factores que afectan las pérdidas y su magnitud (Casanova, 1992), el estudio de muestra que la zeolita influye en la liberación de la volatilización de amónico en los dos residuos orgánicos avícolas.

Se observó que durante las primeras semanas de incubación, la mineralización del nitrógeno fue ascendente, debido a que en este periodo se produce la descomposición de azúcares, proteínas y celulosas, haciéndose más lenta hacia las últimas semanas en donde se están mineralizando aquellos materiales más resistentes y que necesitan más tiempo para descomponerse (Philippot, & Germon, 2005).

La presencia de microorganismos como: amilolíticos, lipolíticos, celulolíticos, ligninolíticos, amonificantes, fijadores de nitrógeno de vida libre, desnitrificantes y nitrificantes, que ayudan a digerir las sustancias que componen la materia orgánica (Quintero, 2014, Hernán & Castellanos, 2011).

El desprendimiento de NH_3 acumulado alcanzó un valor total del 66 % de volatilización en los tratamientos que no contenía zeolita, Lara *et al.*, (1997) señalan que las pérdidas de nitrógeno por volatilización pueden ser superiores al 40% cuando no se tiene algún tratamiento previo.

La descomposición de la materia orgánica está asociada al proceso de volatilización de NH_3 esto se da por la participación de los microorganismos amonificantes. Quintero, (2014) reporta que la presencia de los microorganismos amonificantes son parte del proceso del ciclo del nitrógeno, este grupo de microorganismos probablemente aportan más sustrato para los grupos de microorganismos que se presentaron en las siguientes fases en el proceso de biotransformación.

Los resultados obtenidos de emisiones de CO_2 y NH_3 se realizó la correlación de estos parámetros obteniendo un valor de $r^2 = 0.65$, al interpretar nos permiten suponer que, tanto el CO_2 producido sirve como indicador de la actividad microbiana presente se puede sacar variaciones del proceso de mineralización de N asociadas con las pérdidas de volatilización en forma de NH_3 .

Al observar que los resultados de las emisiones de NH_3 en los dos residuos orgánicos avícolas, reflejan que existen menores emisiones de este gas indicándonos que los efectos de volatilización de amoníaco están relacionados con la adsorción de amonio en la zeolita, esto es debido a que la zeolita adsorbe dentro de sus partículas el NH_4^+ permitiendo menos volatilización de NH_3 . (Bosch & Schifter, 1998). Es decir se ve interferido el proceso de transformación del ácido úrico presente en los residuos avícolas, no permitiendo que se descomponga en carbonato de amonio y que se pierda por volatilización (García y LonWo, 2007; Hernández *et al.*, 1993).

1.4. Conclusiones.

-Al evaluar a la zeolita clinoptilolita para su posible uso en el tratamiento de los residuos avícolas. Se encontró que existen efectos simples en la cantidad de zeolita aplicada reflejando un efecto en la disminución del NH_3 .

-El material que presentó una mayor actividad microbiana (mayor desprendimiento de C-CO_2), fue el la gallinaza. El desprendimiento de CO_2 , puede considerarse como uno de los parámetros sensibles a los cambios que ocurren en la transformación de la materia orgánica.

- La cantidad de zeolita, refleja estadísticamente que la zeolita influye en la liberación de la volatilización de amónico en el residuo orgánico de la gallinaza

-La mejor interacción para la disminución de NH_3 , es la gallinaza con una cantidad de zeolita en una relación 1:1.

-Una de las propiedades interesantes de la zeolita es capacidad de adsorción y alta afinidad con los iones amoniacales, son capaces de eliminar el amoniaco y olores indeseables del ambiente, con el presente estudio se demuestra la eficiencia de adsorción que tienen la zeolita de tipo clinoptilolita en la volatilización del NH_3 presente en los residuos avícolas.

1.5. Literatura citada.

Acosta, Y., J. Cayama, E. Gómez, N. Reyes, D. Rojas y H. García. 2006. Respiración microbiana y prueba de fitotoxicidad en el proceso de compostaje de una mezcla de residuos orgánicos. *Multiciencias* 6: 220-227.

Alexander, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. AGT Editor, S.A.

Binkley, D. and P. Vitousek. 1989. Plant physiological ecology. Field methods and instrumentation. Chapman and Hall. London

Bosch Pedro & Schifter Isaac .1998 La zeolita una piedra que hierve. La ciencia desde México.

Casanova, O. N. 1992. Principales procesos de pérdida de nitrógeno. Cátedra de Fertilidad de suelos y Fertilizantes. Facultad de Agronomía.

- Contreras, F., J. Paolini y C. Rivero. 2006. Efecto de la adición de enmiendas orgánicas sobre la cinética de la mineralización del carbono en suelos del municipio Rivas Dávila, estado Mérida, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 31: 37-52.
- Costa, A. & Urgel, O. 2000. El nuevo reto de los purines. EDIPOR. Junio, 30. p. 24
- Estrada M. 2005. Manejo y procesamiento de la gallinaza.. *Revista Lasallista de Investigación* 2: 46-48-
- García C.H, 2010. La aplicación de zeolita en la producción avícola. *Revista Investigación Agraria y Ambiental RIAA* 1:17-23
- García Yaneisy y LonWo Esmeralda. 2007. Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. Instituto de Ciencia Animal, Cuba.
- García, A. y C. Rivero. 2008. Evaluación del carbono microbiano y la respiración basal en respuesta a la aplicación de lodo papelero en los suelos de la Cuenca del Lago de Valencia, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 34: 215-229.
- García, M.J. 2003. Materiales zeolíticos: síntesis, propiedades y aplicaciones, Universidad de Alicante publicacione, España.
- Guerrero O, P. Quintero L, R; Espinoza H, V; Benedicto V, G; Sánchez C, M. 2012. Respiración de CO₂ como indicador de la actividad microbiana en abonos orgánicos de lupinus. *Terra* 30: 355-362
- Hernán C.M & Castellanos. V,A. 2011. Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas *Terra* 29: 343-356,
- Hernández, J; Cruz, A, 1993. Gallinaza. *Boletín Informativo*. San José. CR. www.infoagro.go.cr. (junio 2013).
- Lara, W. A. R., Korndorfere G. H Y Motta S.A., 1997. Volatilización de N-NH₃. *Revista Brasileña de Ciencias* 21:37-42
- Moguel, Y., Cantón, J.G., Sauri, E. & Castellanos, A.F. 1995. Contenido de algunos macro y micro minerales en las deyecciones avícolas en Yucatán. *Téc. Pec. Méx.* 33:100
- Pacheco, A.J., Rosciano, G.J., Villegas, C.W., Alcocer, V.V. & Castellanos, R.A. 2003. Cuantificación del contenido de cobre y otros minerales en pollinazas producidas en el estado de Yucatán. *Téc. Pecu. Méx.* 41:197
- Philippot, L. and J. C. Germon. 2005 *Microorganisms in soils: roles in genesis and functions*. Soil Biology. Springer-Verlag. Heidelberg, Germany.

- Pizarro, M. 2008. Uso de Zeolitas naturales como mejoradores de las propiedades físicas y químicas del suelo www.zeolitas.blogspot.mx/2008/05/antecedentes-generales.html.
- Quintero L. R. 2014. Poblaciones microbianas, actividad enzimática y sustancias húmicas en la biotransformación de residuos. *Terra* 32:161-172.
- Rodríguez, Marcos, Ana Córdova. 2006. Manual de Compostaje Municipal. Tratamientos de Residuos Sólidos Urbanos, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de ecología.
- Rodríguez, Marcos, Ana Córdova. 2006. Manual de Compostaje Municipal. Tratamientos de Residuos Sólidos Urbanos, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de ecología. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.
- Rodríguez, V. 1999. La problemática de los residuos Ganaderos: el caso de la gallinaza. Disponible en: <http://www.terra.es/personal/forma-xxi/cono2.htm> (15/5/2003)
- Sutton, A.L., Ong, H.K., Zulkifli, I., Tec, T.P. & Liang, J.B. 2002. The role of education and technology transfer in livestock waste management. Global perspective in livestock waste management. Proc. Fourth International Livestock Waste Management Symposium and Technology.
- Toro, F.C, Benitez, L. M, Herrera, A. M. La zeolita en la mitigación ambiental. *Lasallista* 3: 30-34
- Valencia. J. 2011. Zeolita: La piedra Mágica. Congreso Internacional www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2011/07/05/piedra-magica/821710.html

CAPÍTULO 2

CAPTACIÓN DE AMONIO EN NIVELES DE GRANULOMETRIA DE ZEOLITA AL INCUBAR GALLINAZA.

Raising ammonium levels of zeolite granulometry manure to hatching.

Resumen

La zeolita de tipo clinoptilolita presenta un potencial de adsorción de amonio, permitiendo eliminar el amoniaco y los malos olores, por lo que resulta benéfico para el tratamiento de excretas con un alto valor de nitrógeno amoniacal como lo es el residuo orgánico de la gallina. El proyecto consistió en evaluar las excretas de gallina, en diferentes concentraciones de zeolita y granulometría para conocer la eficiencia de adsorción amonio de la zeolita clinoptilolita. Se diseñó un experimento factorial completo de 3x3, los parámetros que se midieron fueron las emisiones de amoniaco (NH_3) como indicador de la capacidad de adsorción de la zeolita con la disminución del NH_3 y como un indicador de la actividad microbiana, se midieron la emisiones de CO_2 , se utilizó un sistema cerrado de incubación que duro 25 días en condiciones controladas de humedad y temperatura. Los resultados obtenidos indicaron que la interacción de granulometría con cantidad de zeolita son eficiente para adsorber el amonio producido por la mineralización del residuo orgánico de la gallina, encontrando una actividad microbiana estable, se encontraron efectos significativos en la interacción de granulometría y contenido de zeolita, consiguiendo que al realizar la interacción de una granulometría 1-2 mm y con una cantidad mayor es decir una relación 1:1 es eficiente para poder adsorber la mayor cantidad de amonio presente en el medio, también se identificó que la granulometría fina es inestable.

Palabras clave: zeolita, granulometría, NH_3 .

Summary

Clinoptilolite type zeolite has an ammonia adsorption potential, allowing remove ammonia and odors, which is beneficial for the treatment of sewage with a high value of ammonia nitrogen as it is the organic residue of the chicken. The project was to assess the chicken manure at different concentrations and particle size of zeolite for ammonium know the efficiency of clinoptilolite zeolite adsorption. A full factorial experiment was designed 3x3, the parameters measured were the emissions of ammonia (NH₃) as an indicator of the adsorption capacity of the zeolite with decreasing NH₃ as an indicator of microbial activity were measured the CO₂ emissions, a closed incubation system that lasted 25 days under controlled conditions of humidity and temperature was used. The results indicated that the interaction of grain size are efficient amount of zeolite to adsorb the ammonium produced by mineralization of organic residue hen, finding microbial activity is stable, significant effects were found in the interaction of particle size and content of zeolite , getting to perform the interaction of a particle size 1.2 mm and with a greater amount is a 1: 1 is effective to adsorb as much ammonium present in the medium, it was identified that the fine grain size is unstable.

***Index words** : zeolite, particle size, NH₃.*

1.1.Introducción.

El término zeolita viene de las palabras griegas zein (hervir) y lithos (piedra) que quiere decir piedra que hierve o piedra efervescente, con lo cual se describe la presencia de moléculas de agua en las cavidades de zeolitas naturales y alude a su peculiar característica de burbujear cuando se calientan (Valencia, 2011; Pizarro, 2008; Cortes, 2009). En 1756, con el descubrimiento de la stilbita por el mineralogista sueco Barón Alex Frederick Consted, las zeolitas fueron reconocidas por la primera vez (Valencia, 2011; Bosch & Schifter, 1998).

Las zeolitas son aluminosilicatos de metales alcalinos predominantemente de sodio y calcio (Pizarro, 2008; Barthomeuf, 1996; Clarke, 1980). Las zeolitas naturales presentan como características relevante, una estructura microporosa caracterizado por la habilidad de retener y liberar agua e intercambiar iones sin modificar su estructura atómica, intercambian cationes como Ca^+ , Mg^{++} , K^+ y NH_4^+ , así como diversos compuestos de fosfatos, amonio y componentes de la materia orgánica (Cortes, 2009; Pizarro, 2008; Chandak & Lin, 1996). Tienen propiedades adsorbentes y una gran capacidad de intercambio catiónico debido a un desequilibrio de cargas que es función de la relación Si y Al, también posee una estructura tridimensional rígida (similar a un panal de abejas) conformado por una red de túneles interconectados creando un amplia área superficial para realizar el intercambio catiónico y la adsorción de humedad. Esta última puede entrar y salir de la armazón tridimensional permitiendo una deshidratación reversible, sin variar su estructura (Cortes 2009; Bosch & Schifter, 1998).

Existen cerca de 50 tipos de zeolita naturales (Clinoptilolita, Mordenita, Chabazita, Fillipsita, Haulandita, etc), en cada una de ellas varían sus propiedades físicas y químicas originando diferentes densidades, selectividad catiónica y tamaño de los poros, actualmente se han creado zeolitas sintéticas, el Comité de Estructura de la Asociación Internacional de Zeolita ha catalogado 118 zeolitas; las cuales tienen estructuras cristalinas similares a las de las zeolitas naturales (pero que utilizan otros elementos), el número aumentaría diariamente., ninguna zeolita es exactamente igual a otra (Valencia, 2011; CATC, 1999).

En México se tienen referencia de yacimientos en varios estados, considerando que la de mayor importancia Clinoptilolita, el deposito más grande se encuentra San Luis potosí, pero también se localiza en Tlaxcala, Veracruz, Guerrero, Michoacán, Guanajuato y Puebla (Urbina *et al.*, 2011; Ostrooumov, 2010).

La Zeolita natural clinoptilolita tiene características químicas y físicas propias, que incluyen la estructura cristalina, tamaño, forma de cavidades, porosidad (Pizarro, 2008; García, 2003), son adsorbentes naturales, debido a sus propiedades de adsorción y alta afinidad con los iones amoniacales, son capaces de eliminar el amoníaco y olores indeseables del ambiente y, debido a esto, podrían resultar beneficiosos en el tratamiento de excrementos (Valencia, 2011), también se ha utilizado para controlar el amoníaco de la orina en camas para gatos y en los establos de caballos. Se utiliza además para adsorber los COV que causa malos olores por humedad y hongos. Se regenera con la luz del sol y el aire limpio. Hay que destacar que la zeolita se puede utilizar también para catalizar la oxidación de hidrocarburos en la presencia de luz. (CATC, 1999)

Tiene una estructura tridimensional tetraédrica altamente estable, similar a una jaula, consistente en tetraedros de SiO_4 (sílice) y AlO_4 (aluminio) unidos por átomos de oxígeno compartidos, Las cargas negativas de la unidades de AlO_4 se equilibran en presencia de cationes intercambiable, notablemente calcio, magnesio, sodio, potasio y hierro (Pizarro, 2008; Yongan 1996)). Debido al origen natural, la composición precisa de la clinoptilolita está sujeta a variaciones sin embargo podemos darle la formula empírica de $\text{Na}_6 (\text{Al}_6\text{Si}_{30} \text{O}_{72}) 24\text{H}_2\text{O}$.

La clinoptilolita está formada por canales y cavidades regulares los cuales forman una red de micro poros con un diámetro que varía desde 2.5 a 5.0 AO (ángstroms) estas medidas son similares a los diámetros cinéticos de una gran cantidad de moléculas. Este tipo de estructura microporosa hace que las zeolitas presenten una superficie interna extremadamente grande en relación a su superficie externa (Cortes, 2009; Luz, 1994).

El Potencial de adsorción de la zeolita se da cuando la distancia entre dos superficies es suficientemente corta, los potenciales de adsorción se suman, de forma que una molécula situada

en el interior del poro se ve atraída por toda la superficie del poro aumentando la fuerza con la que se ve atraída., es decir, a medida que disminuye el tamaño del poro más profundo se hace el pozo de potencial. En el caso de que el poro sea suficientemente ancho las moléculas se irán adsorbiendo formando una monocapa a una distancia determinada de la superficie (distancia de adsorción), y a medida que aumenta la cantidad adsorbida el adsorbato se ordena en capas sucesivas (llenado en multicapas) (Cortes, 2009; Gregg & Sing, 1967).

En otras palabras, el potencial de adsorción origina una fuerza atractiva que provoca el acercamiento de la molécula a la superficie. Cuando la distancia entre la superficie y la molécula libre comienza a disminuir, las fuerzas de repulsión (debidas a la proximidad de las capas de electrones de los átomos de la superficie con los átomos de la molécula libre) comienzan a ser importantes (García, 2003).

La intención de esta investigación fue conocer la influencia de la cantidad y granulometría de la zeolita al mezclarla con los residuos orgánicos de gallinaza, en su capacidad de adsorción por el ion amonio y la influencia en la actividad microbiana.

1.2. Materiales y método

Para el desarrollo de trabajo se utilizó la zeolita de tipo clinoptilolita, proveniente de la mina de San Francisco, localizada en el Estado de San Luis Potosí, se usó un diseño factorial completo de 3 x3 para conocer los efectos principales entre las partículas y la cantidad de zeolita aplicada y su correspondiente interacción formándose 9 unidades experimentales (cuadro 1) fueron replicados 3 veces teniendo un total de 27 unidades experimentales.

Las técnicas que se utilizaron para evaluar el comportamiento de adsorción de la zeolita y su actividad microbiana presente, radican en la medición de gases de NH₃ y CO₂ en un sistema cerrado de incubación el cual consiste en colocar la muestra en frascos de polietileno de 500 ml

colocando sobre este los álcalis para la determinación de NH_3 y CO_2 . Al inicio del proceso los sustratos fueron humedecidos al 70% de su capacidad de retención hídrica, la incubación se realizó a temperatura ambiente. El desprendimiento de CO_2 y NH_3 se midió diariamente durante 25 días, se consideraron tres blancos, sin adición de sustrato, para controlar la presencia de CO_2 y NH_3 en los frascos.

Cuadro 1. Unidades experimentales.

Tratamientos	Contenido de gallinaza (g)	Contenido de zeolita (g)	Partículas Comprendidas (mm)
T1	20	10	0---1
T2	20	15	0---1
T3	20	20	0---1
T4	20	10	1--- 2
T5	20	15	1--- 2
T6	20	20	1--- 2
T7	20	10	2--- 3
T8	20	15	2--- 3
T9	20	20	2--- 3

La metodología de análisis para la determinación del CO_2 , se utilizó el método descrito por Anderson (1982) modificado, el cual consistió en colocar un álcali de 3 mL de NaOH 1N, el cual ayuda a determinar el desprendimiento de CO_2 , mediante la titulación con H_2SO_4 0.1N, en presencia de tres gotas de fenoftaleína al 1% y luego de la precipitación de los carbonatos con 2 mL de BaCl_2 al 2%.

La cantidad de NaOH inicialmente presente, menos la cantidad remanente al final del período de incubación, se utiliza para computar la cantidad de CO_2 involucrado, el cual entra en la solución y reacciona con el NaOH , se obtiene la cantidad de gas producido por respiración

Mientras que para la determinación de NH_3 , se procedió a utilizar el método para medir la volatilización de amónico el cual tiene su fundamento en la absorción sobre álcali de 3 ml de

H₃BO₃, donde captura el NH₃ desprendido por la muestra y se realiza su valoración colocando 2 gotas de indicadores y se valora con H₂SO₄, hasta que el color cambie de verde a rosa

Al final del proceso de incubación se determinó el pH y conductividad eléctrica (CE), como parámetros del proceso de mineralización del material orgánico, se usó la metodología propuesta por el Test Methods for the Examination of Composting and Compost (TMECC, 2001).

El análisis de las variables se hizo con base en un modelo lineal completamente aleatorio para todas las variables evaluadas, para la ensayo de medias se utilizó la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

1.3. Resultados y discusión.

En el cuadro 2 se presenta el efecto de los factores sobre las variables estudiadas, de acuerdo a la interpretación del análisis de varianza se encontraron efectos significativos, la interacción mostró que es altamente significativo, lo cual nos indica que los factores no actúan de forma independiente, por lo que se realizó un análisis de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), encontrando diferencias significativas entre los tratamientos tanto para CO₂ como para NH₃ (Figura1). Estas diferencias se pueden atribuir a las variables orgánicas, esta presenta compuesto orgánico y una población microbiana constante, debido a que es un material rico en sustancias fácilmente degradables como proteínas y azúcares (Hernán & Castellanos, 2011; Pacheco *et al.* 2003).

Las diferencias estadísticas, CO₂, se puede atribuir a que existe mineralización de nitrógeno orgánico disponible (Mazzorin *et al.*, 2004). Quintero 2014, señala que los microorganismos encargados de digerir las sustancias de la materia orgánica son los: amilolíticos, lipolíticos, celulolíticos, ligninolíticos, amonificantes, fijadores de nitrógeno de vida libre, desnitrificantes y nitrificantes, entonces la presencia de estos microorganismos permite liberar la cantidad necesaria

de CO₂, utilizando como un indicador de la actividad microbiana en el proceso de mineralización del material orgánico.

Cuadro 2. Efecto de los factores: partículas, cantidad de zeolita y su interacción, sobre variables de CO₂, NH₃, CE, pH.

Factores	CO ₂ [‡]	NH ₃ [‡]	CE [§]	pH
Cantidad de zeolita (C)	*	*	*	**
10 g	800.05 a	846,09 ^a	15.61 ^a	8.9 ^a
15 g	793.89a	780.18b	14.77 ^a	8.9 ^a
20g	782.42 b	740.56c	11.13b	8.7b
Partículas de la zeolita (P) [‡]	*	*	*	ns
0-1 mm	791.52 a	743.44a	15.66 ^a	8.9a
1-2 mm	803.79b	806.3b	14.08b	8.8b
2-3 mm	781.05c	817.04b	11.79c	8.8b
C * P	**	**	ns	ns
CV ^{††}	0.24	17.06	0.15	0.02

§ Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente según Tukey ($P \leq 0.05$); ns, * y **: no significativo ($P \leq 0.05$), significativo y altamente significativo ($P \leq 0.01$) de acuerdo al análisis de varianza. †† Coeficiente de variación. ‡ Dióxido de carbono, † Amoníaco, # Conductividad Eléctrica.

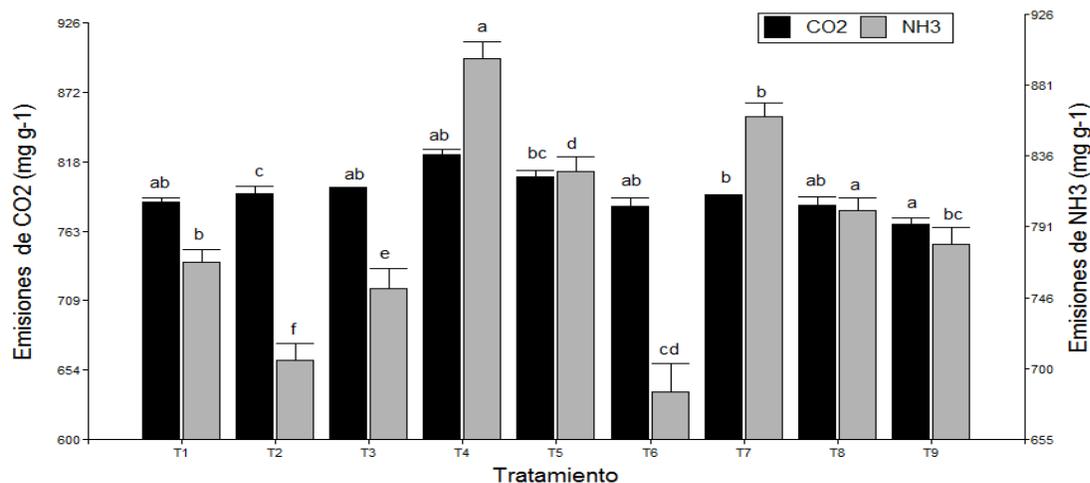


Figura 1. Efectos de los tratamientos sobre las emisiones de CO₂ y NH₃

Para la evolución de CO₂, se encontró un valor máximo de 823.41 mg de CO₂ g⁻¹, y un desprendimiento mínimo de 768.51 mg de CO₂ g. La figura 2 expresa la interacción de la

variable fija: partículas y aleatoria cantidad de zeolita en CO₂ encontrando que las partículas de 0-1 tiende a tener mayor actividad microbiana cuando la cantidad de zeolita va aumentando mientras que los otros dos tipos de granulometría muestra un efecto inverso. Este comportamiento se debe al rompimiento de la estructura de la zeolita cuando presenta una granulometría 0-1, no le permite realizar adecuadamente la función de adsorción e intercambio catiónico, por lo que el proceso de mineralización es más rápido.

El intercambio catiónico de la zeolita, está influenciada por factores como temperatura, tamaño de partícula, concentración de valencias, además presenta una estructura microporoasa que la hace eficiente en retener cierta cantidad de iones y agua haciendo un ambiente apto para los microorganismos. (Ames, 1959),

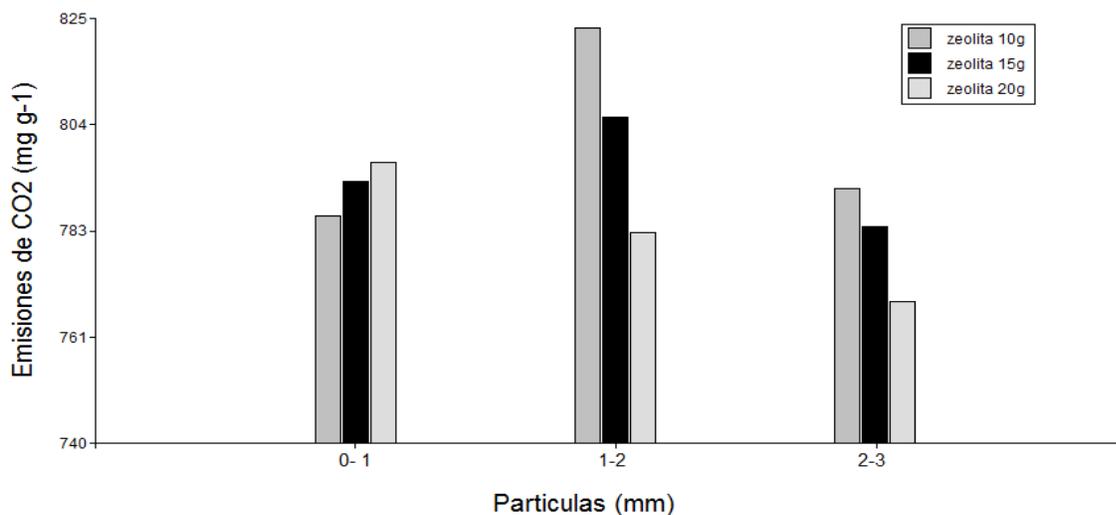


Figura 2. Efectos de la interacción de la variable fija: partículas y aleatoria cantidad de zeolita en CO₂

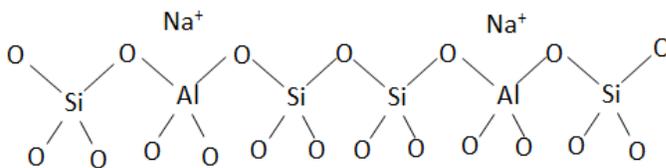
El proceso de mineralización del residuo orgánico no es más que la conversión de amoníaco por las bacterias nitrificantes amoniacales en el ion amonio (NH₄⁺) y el siguiente paso es el amonio convertido en nitrato por baterías nitrificantes, para que exista una buena población microbiana

es necesario tener un pH entre 5 y 7.5 para que puedan tener un ambiente apto para lograr la transformación de la materia (Quintero 2014; Van der Merwe, 1953).

Al realizar su análisis de varianza del Nitrógeno Amoniacal (N-NH₃), se encontraron diferencias significativas entre la interacción, el parámetro de volatilización de amoniaco se relaciona con la adsorción de amonio en la zeolita, esto es debido a que la zeolita adsorbe dentro de sus partículas el NH₄⁺, permitiendo menos volatilización de NH₃. Venglovsky (1999) probó dos tipos de zeolita en purines de cerdos, destacando la efectividad de la clinoptilolita, como un adsorbente naturales de los iones amoniacales.

En la figura 3 se presenta de modo esquemático de la zeolita en su forma de intercambio de iones, es decir las paredes de los canales que forman la superficie interna están tapizada de iones de oxígeno, estos canales contienen un arreglo regular de cationes cuya carga depende de que tan mal sea la coordinación local o el efecto de pantalla debido a los iones de oxigeno de la red (Bosch & Schifter, 1998).

Arreglo regular de cationes en la zeolita.



Adsorción de la zeolita de NH₄⁺, se realiza remplazando los sodios por moléculas de NH₄⁺.

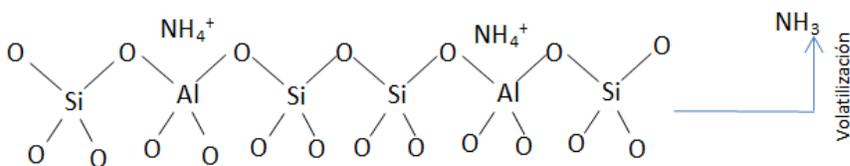


Figura 3. Intercambio del NH₄⁺ en la estructura de la zeolita

Los factores de partículas y cantidad de zeolita, reflejan estadísticamente que la zeolita influye en la liberación de la volatilización de amónico en el residuo orgánico de la gallinaza. El factor de partículas es interesante debido a que está relacionada con la capacidad de adsorción de la zeolita, teniendo una estrecha relación con el tamaño de las partículas y la proporción del tamaño del poro, cuando la partícula es pequeña tiene una mayor capacidad de adsorción (García, 2003), este fenómeno se ve reflejado en la figura 4 donde se puede observar que entre más pequeño es la partícula existen menor emisiones de NH_3 , sin embargo, la partícula fina (0 a 1 mm), presenta un efecto importante ante las diferentes cantidades de zeolita aplicada, este fenómeno se debe al rompimiento de la estructura de la zeolita y por lo tanto se ve afectada su eficiencia de adsorción, cuando se combinan la cantidad y partícula con el residuo orgánico, a pesar de que existe este rompimiento de estructura, la zeolita adsorbe los iones amoniacales, por consiguiente la eficiencia de adsorción depende del tamaño adecuado de partícula (Adilson *et al*, 2006).

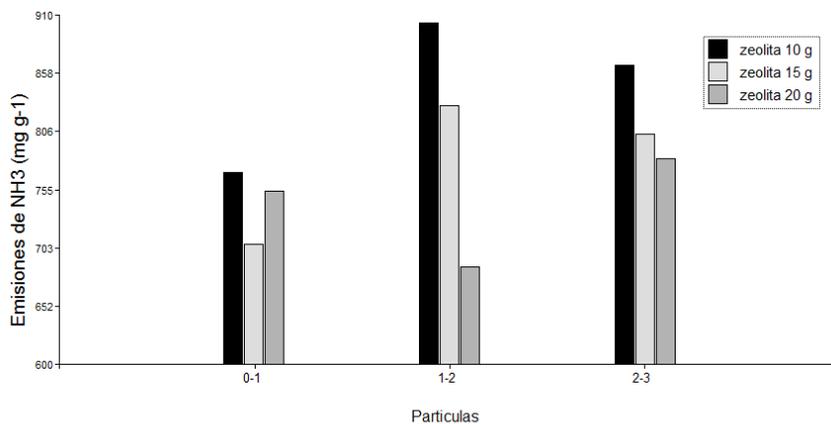


Figura 4. Efectos de la interacción de la variable fija: partículas y aleatoria cantidad de zeolita en NH_3

El efecto de la cantidad de zeolita aplicada refleja menores emisiones de NH_3 esta variable se relaciona con el potencial de adsorción de la zeolita, el cual se describe como una fuerza

atractiva que provoca el acercamiento de la molécula (Adilson *et al.*, 2006), al existir contacto entre la zeolita y el residuo orgánico se está genera este potencial de adsorción y entre más grande sea la zona de contacto esta fuerza disminuirá, estableciendo que la distancia que se generan entre las partículas debe de ser mínima , García (2003) describe que la distancia entre la superficie y la molécula debe de ser mínima para generar una a proximidad de electrones.

El pH es un indicador del proceso terminado de mineralización debe tener un pH entre 7 y 8; valores más bajos a este parámetro son indicativos de fenómenos anaeróbicos y de que el material aún no está maduro. Se ha deducido también que la degradación orgánica se inhibe a pH bajos, por lo que si éste se mantiene por encima de 7.5 durante el proceso continuo de cambios de él, es síntoma de una buena descomposición (Moreno & Moral, 2007).

El análisis de varianza muestras efecto significativo para la variable de cantidad, La figura 5 muestra el efecto de la cantidad de zeolita solo se encontraron que existe diferencias entre la mayor cantidad respecto a las otras dos , mientras, este se debe al poder de adsorción que tienen la zeolitas, el fenómeno de adsorción consiste en la entrada ion de NH_4^+ y se liberan el ion Na, afectando así el valor del pH, García, (1999) estudio el efecto de la zeolita al reemplazar parcialmente el ion sodio por amonio, observaron que se incrementa notablemente la capacidad de intercambio catiónico y tienen una mayor afinidad de intercambio por el ion amonio frente al ion sodio formando amino complejo que actúan sobre el pH.

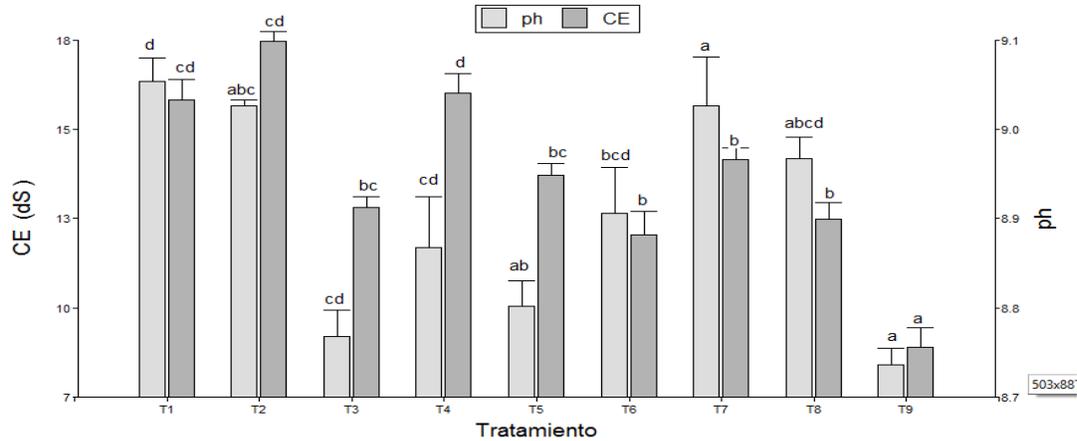


Figura 5. Efectos de la interacción de la CE y pH.

La conductividad eléctrica está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitratos formados durante el proceso (Moreno & Moral, 2007). Al realizar el análisis de medias se encontraron efecto de cantidad, tiene diferencias cuando esta tiende a ser mayor respecto a las otras dos, mientras que los distintos niveles de la partículas hay diferencias entre todas (figura 5).

La investigación refleja que la zeolita natural clinoptilolita tiene la capacidad adsorbente de iones amoniacales, disminuyendo la emisiones de NH_3 los cuales son precursores de los malos olores que se dan ante el proceso de mineralización del residuo orgánico de la gallina, sería recomendable determinar en investigaciones futuras, la respuesta de la zeolita ante diferentes residuos orgánicos que contenga amonio, para conocer los efectos, y utilizar la zeolita como un mejorador de la calidad ambiental en la reducción de emisiones.

1.4. Conclusiones.

-Al evaluar a la zeolita clinoptilolita para su posible uso en el tratamiento de los residuos avícolas. Se encontró que existen efectos simples reflejando en el efecto en la volatilización de NH_3 y CO_2 .

-El desprendimiento de CO_2 , puede considerarse como uno de los parámetros sensibles a los cambios que ocurren en la transformación de la materia orgánica.

- pH tiene influencia en la actividad microbiana, de este factor depende que tipos de microorganismo pueden existir.

- El efecto de la granulometría produce un incremento significativo del potencial de adsorción, la única excepción fue el efecto de la granulometría de 0-1 mm porque presento más versatilidad en las emisiones de amoniaco.

-La mejor interacción para la disminución de NH_3 , es una granulometría de 1 a 2 mm y cantidad de zeolita que contenga una relación 1:1.

-La zeolita de tipo clinoptilolita es eficiente en la adsorción de amonio en los residuos avícolas, podemos esperar que se utilice como un meto para controlar la contaminación ambiental que provocan los residuos orgánicos cuando no son tratados adecuadamente.

-La zeolita es de gran interés por sus propiedades únicas, permitiendo que los investigadores puedan aplicar, descubrir nuevas técnicas y cualidades, para su uso y aplicación en diversas áreas.

1.5. Literatura citada

- Adilson , C, Wilmer J. V. Granda, Hernani M. Lima y Wilson T. 2006, Las Zeolitas y su Aplicación en la Descontaminación de Efluentes Mineros. Información Tecnológica 17:111-118
- Ames, L.L., 1959. Zeolitic extraction of cesium from aqueous solutions, US At. Energy Comm. HW. 62607, 25
- Barthomeuf, D. 1996. Basic Zeolites: Characterization and Uses in Adsorption and Catalysis. Catalysis Reviews, 38, 521.
- Bosch Pedro & Schifter Isaac .1998 La zeolita una piedra que hierve. La ciencia desde México.
- CATC, 1999. Zeolita un adsorbente versátil de contaminantes del aire. <http://www.epa.gov/ttn/catc> (29 Septiembre, 2014)
- Chandak. M. & Lin. S. 1996. Sorption and Diffusion of Volatile Organic Compounds on Hydrophobic Zeolites, AIChE Annual Meeting.
- Clarke, C.1980. Zeolites: Take off for the Tuff Guys; Industrial Mineral.
- Cortes. A. 2009. La importancia de las zeolitas. CT 1:211-227
- García, M.J. 2003. Materiales zeolíticos: síntesis, propiedades y aplicaciones, Universidad de Alicante publicacione, España.
- García, R. Y Arriagada R, 1999, retención de Cr (iii) y Hg (ii) en zeolitas. Influencia de la naturaleza de la zeolita y de variables de proceso. Boletín de la sociedad chilena de química ISSN 0366-1644
- Gregg, S. J. & Sing K.S.W. 1967. Adsorption, Surface Area and Porosity, Academic Press, Londres,
- Hernán C. & Castellanos. V. 2011. Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas Terra 29: 343-356,
- Kithome M, Paul J.W. & Bomke A.1999. Reducing nitrogen losses during stimulated composting of poultry manure using absorbents or chemical amendments Journal of Environ menta Quality 28:194-201
- Luz, A. B. 1994. Zeólitas: Propriedades e Usos Industriais. Série Tecnologia Mineral (numero 60), CETEM, Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro, Brasil.
- Mazzorinol M, Sattil. S y Moyanol. F. 2004. Compost de Biosolidos: Efecto del Tamizado Sobre la Inmovilización de Nitrógeno del Suelo. Ciencia del Suelo 22:1

- Ostrooumov M, 2010. Zeolitas de México: Diversidad Mineralógica y Aplicaciones. Foro de la universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Pacheco,A.J., Rosciano, G.J., Villegas, C.W., Alcocer, V.V. & Castellanos, R. 2003. Cuantificación del contenido de cobre y otros minerales en pollinazas producidas en el estado de Yucatán. *Téc. Pecu. Méx.* 41:197
- Pizarro M. 2008. Uso de Zeolitas naturales como mejoradores de las propiedades físicas y químicas del suelo [www. zeolitas.blogspot.mx/2008/05/antecedentes-generales.html](http://www.zeolitas.blogspot.mx/2008/05/antecedentes-generales.html). (8 Noviembre 2014)
- TMECC, 2001. Test methods for the examination of composting and compost. Department of Agriculture and U.S. Composting Council. <http://compostingcouncil.org/tmecc> (4 Noviembre 2014)
- Urbina E. Baca. C, Núñez. E, R; Colinas. L; Tijerina. C; Tirado, J. 2011. Zeolita como Sustrato en el Cultivo Hidropónico en Garbera. *Terra Latinoamericana*, 29. 387-394,
- Valencia. J. 2011. Zeolita: La piedra Mágica. Congreso Internacional www.levantemv.com/comunitat-valenciana/2011/07/05/piedra-magica/821710.html (15 Noviembre 2014)
- Van der Merwe, A.J. 1953. Nitrogen nutrition of citrus in the nitrate and ammonium form. *S. Afr. Dep. Agric. Sci. Bull.* 299.
- Yongan.Y, S., Caudhuri. R y Sarkar A. 1996. Synthesis of Oriented Zeolit Molecular. *Chem. Mater.* 473-479
- Quintero L. R. 2014. Poblaciones microbianas, actividad enzimática y sustancias húmicas en la biotransformación de residuos. *Terra* 32:161-172.
- Moreno C., J. & Moral, R. 2006. *Compostaje*. Editorial Mundi- Prensa, Madrid, España
- Venglovsky J, Pacajova Z, Sasakova N, Vucemilo M, Tofant A. 1999. Propiedades de adsorción de zeolitas y bentonitas naturales en purines de cerdo *Veterinarni Medicina* 44:339-344.

CAPÍTULO 3

ZEOLITA EN EL PROCESO DEL COMPOSTAJE DE GALLINAZA

ZEOLITE IN THE PROCESS OF MANURE COMPOST

Resumen.

Los residuos del sector avícola, principalmente el excremento de aves ponedoras (gallinaza), pueden generar un impacto negativo en el ambiente contribuyendo a la contaminación de suelo, agua y aire si no son manejados adecuadamente. La estabilización aeróbica a través del compostaje con la incorporación de la zeolita es una alternativa de tratamiento para reducir la contaminación. El objetivo de este trabajo fue evaluar la transformación del residuo orgánico de la gallina con la incorporación de la zeolita en el proceso de compostaje. Se estudiaron tres tratamientos con tres repeticiones. Las variables analizadas fueron: temperatura (T°), pH, conductividad eléctrica (CE) y nitrógeno total (Nt). Las características finales de los compost 1, 2 y 3 fueron: pH 8, 7.4 y 7, CE 12.55, 2.41 y 4.41 ($mS \cdot cm^{-1}$), NT 2.53, 6.86 y 4.85 %, respectivamente. Los resultados del experimento indican que la incorporación de la zeolita en el proceso del compostaje de la gallinaza, puede contribuir a minimizar la generación de amoníaco y contaminación, mejorando la calidad del producto incrementando sus propiedades nutrimentales.

***Palabras clave:** residuos avícolas, transformación del material orgánico, generación de amoníaco.*

Summary.

The residues in the poultry sector, mainly droppings laying birds (chicken), may have a negative impact on the environment contributing to the pollution of soil, water and air if not properly handled. Aerobic stabilization through composting with the addition of the zeolite is an

alternative treatment to reduce pollution. The aim of this study was to evaluate the transformation of organic waste hen with the addition of zeolite in the composting process.

Three treatments with three replications were studied. The variables analyzed were: temperature (T°), pH, electrical conductivity (EC) and total nitrogen (Nt). The final characteristics of the compost 1, 2 and 3 were: pH 8, 7.4 and 7, EC 1255, 2.41 and 4.41 ($mS\ cm^{-1}$), NT 2.53, 6.86 and 4.85%, respectively. The experiment results indicate that incorporation of zeolite in the process of composting manure, can help minimize the generation of ammonia and pollution, improving product quality incrementando their nutritional properties.

Index words: poultry waste, transformation of organic material, ammonia generation.

1.1. Introducción.

México es considerado dentro de los 15 países del mundo en producir alimentos, pero enfrenta grandes retos para satisfacer la demanda interna, por lo que se han considerado estrategias de desarrollo (Castañeda, 2010). Una de las principales actividades económicas del país es la producción avícola con el 24 % de producción de huevo de mesa, el 40 % de pollo para consumo. Los principales productores se encuentran en los estados de Veracruz, Jalisco, Durango, Aguascalientes, Querétaro, Puebla, Guanajuato, Sinaloa, Chiapas y Yucatán, (Castañeda, 2010) pero también existen pequeñas granjas en toda la república, así como la producción de traspatio.

La intensificación del sector avícola, trae como consecuencia la concentración de animales en áreas pequeñas, produciendo la acumulación de grandes cantidades de deyecciones, que generan problemas ambientales como la contaminación del agua, suelos y produciendo malos olores (Han

et al, 2008; García y LonWo, 2007; Rodríguez, 2006), por que no son manejados apropiadamente.

Una producción avícola conformada por 100.000 aves ponedoras, mantenidas en jaulas, produce más de 12 toneladas diarias de deyecciones (Bourbonnais et al 1995). Las mismas contienen compuestos orgánicos e inorgánicos, con contenidos de humedad variable y población microbiana abundante. El valor nutritivo potencial de estos residuos es mayor que el de otros estiércoles animales, debido a que son especialmente ricos en proteínas y minerales (García & Ortiz, 2008, Meléndez, 2003).

A menudo, los residuos avícolas son utilizados como abono y aplicados directamente al suelo, sin ningún tipo de tratamiento previo. Sin embargo, estas prácticas pueden conducir a serios problemas por pérdidas de nutrientes mediante lixiviación y volatilización, como también un efecto patógeno con la posible incorporación de microorganismos como *Salmonella sp* (Ogunwande *et al*, 2008, García y Lon Wo, 2007). Bitzer y Sims (1988) reportaron que la excesiva aplicación de residuos avícolas en los sistemas agrícolas puede causar la contaminación en aguas subterráneas por nitrato, también pueden provocar riesgos en la salud humana y animal.

Dentro de las diferentes alternativas del apropiado tratamiento de los residuos están documentadas el compostaje, vermicompostaje, bocashi, entre otras, las cuales son eficientes para la transformación de la gallinaza, sin embargo se están buscando nuevas opciones que permitan obtener un abono orgánico con mayores características físico – químicas y nutricional que sean de lenta liberación del N. Por lo que la presente investigación tiene como finalidad buscar nuevos materiales que ofrezcan mejores propiedades al transformación de la excretas de gallina, reduciendo la contaminación ambiental, esto se puede lograr mediante la recuperación y captación del amonio producido durante la descomposición de la materia orgánica. Las zeolitas

pueden ser una alternativa para el control de la contaminación producida por la transformación de la materia orgánica, debido a que tienen una gran capacidad de adsorción de NH_4^+ , disminuyendo las emisiones de NH_3 y del H_2S que son los precursores de los malos olores, con la finalidad de lograr que estos tengan una aplicación práctica y tecnológica en nuestro mundo contemporáneo.

1.2. Materiales y métodos.

La investigación se realizó en el Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. El Residuo orgánico avícola fue extraído de los galpones para la producción de huevo, situados en la granja del colegio, mientras que la zeolita clinoptilolita fue proporcionado de la mina de San Francisco, ubicada en San Luis Potosí.

Previo al compostaje de la gallinaza usando zeolita se realizaron análisis en el laboratorio para determinar la eficiencia de adsorción de los iones amonio por la zeolita obteniendo que una relación 1:1 es eficiente para este propósito, sin embargo la literatura menciona una relación 2:1, basados en esta información se propuso evaluar a nivel de campo tres tratamientos (cuadro 1) entre residuo orgánico y la zeolita en el proceso de compostaje con 3 repeticiones cada uno.

Cuadro 1. Tratamientos

Tratamientos	Materiales	Cantidad Gallinaza /zeolita	Relación
T1	Gallinaza	40 KG	Sin relación
T2	Gallinaza /zeolita	20 Kg / 20 Kg	Relación 1:1
T3	Gallinaza /zeolita	20 Kg / 10 Kg	Relación 2:1

Al inicio del ensayo, los residuos fueron mezclados manualmente según la composición de cada mezcla hasta obtener una adecuada homogenización. La aireación se proporcionó mediante

volteos manuales cada 3 - 5 días, la humedad se mantuvo entre 55 - 65 % con riegos cada vez que se requerían.

El ensayo tuvo una duración total de 7 semanas debido a que se analizó solo el proceso de transformación de ácido úrico que es la transformación del carbonato de amonio en CO₂ y NH₃, perdiéndose por volatilización (García y LonWo, 2007). Para conocer si genera mayor contenido de Nitrógeno total en los compost, se realizaron 3 muestreos en las pilas de compostaje, la extracción de las muestras se realizó en tres sectores de las pilas; éstas fueron homogeneizadas y cuarteadas hasta obtener una alícuota representativa (TMECC, 2001)

Mediante la metodología propuesta por el Test Methods for the Examination of Composting and Compost (TMECC, 2001) se cuantificaron cuatro variables: Temperatura (T°), pH, conductividad eléctrica (CE), y nitrógeno total (Nt). La T° se midió diariamente, el pH, CE, cada 15 días y el Nt al final.

Para el análisis estadístico fueron analizadas por la prueba no paramétrica de Kruskal- Wallis, ya que los datos no cumplían con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, analizando cada fecha de muestreo por separado. Se consideraron diferencias significativas cuando el valor p fue menor a 0,05.

1.3. Resultados y discusión.

El cuadro 2 resume los resultados de los análisis físico-químicos de los residuos previos a la mezcla. Las principales limitaciones de la gallinaza fueron: pH ligeramente básico, elevado contenido de sales una relación C/N baja. Rizzo *et al* (2013), encontraron resultados similares en la caracterización del residuo orgánico, donde resaltan que las principales limitaciones que presenta este tipo de residuo para ser compostados, se debe a su escasas de porosidad y el alto

contenido de sales, siendo necesario incorporar al residuo otro tipo de materiales que aporten carbono y estructura porosa. Para favorecer el proceso de transformación aeróbica de la gallinaza se mezcló con zeolita.

Cuadro 2. Características físico-químicas iniciales de los materiales empleados.

Variables	Gallinaza	Zeolita
pH	8.5 ± 0.2	7 ± 0.1
CE (mS cm-1)	20 ± 0.6	0.11±0.2
N total (%)	5± 1.6	--
Carbono	32.6 ± 2	--

La evolución de las variables físico-química, para la T° presentó diferencias significativas en las semanas 1 y 2 entre los diferentes tratamientos, siendo mayor el tratamiento 3, alcanzado el máximo valor (26°C). Los tratamientos mostraron el comportamiento de la fase mesófila (T<45°C), al final de la cual se producen ácidos orgánicos (Cronje, 2003). Todos los tratamientos mostraron T° mayores a las atmosféricas (Figura 1)

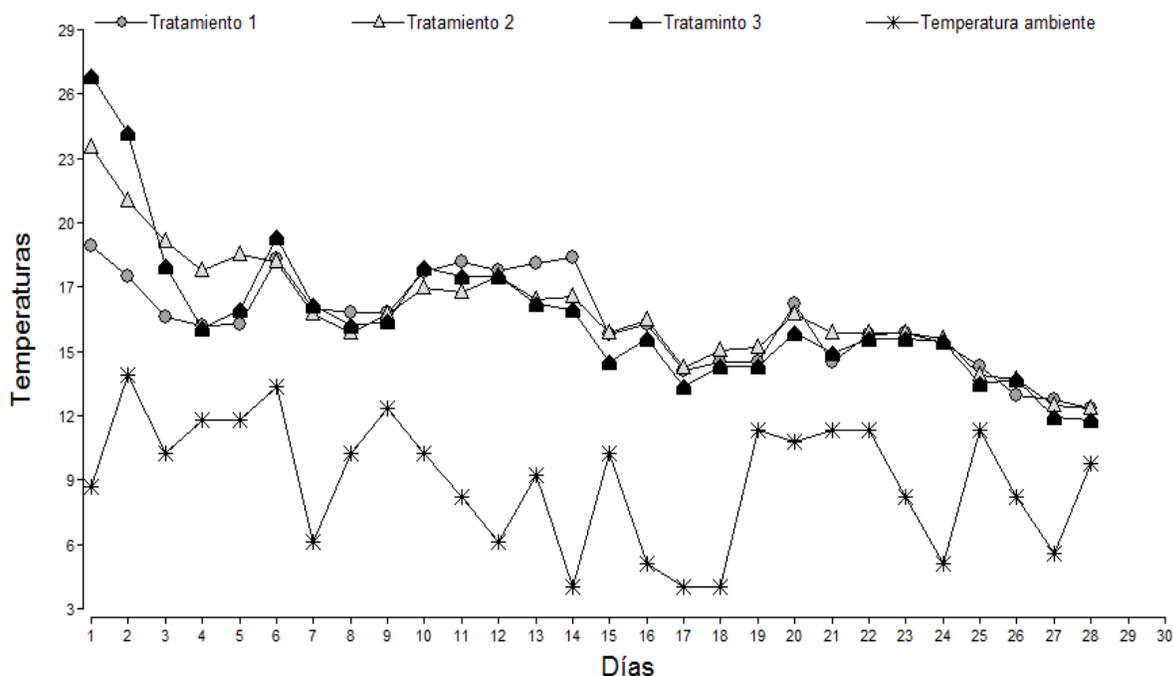


Figura 1. Comportamiento de las temperaturas en los distintos tratamientos.

Los tratamientos 1 y 3 presentaron valores iniciales de pH alcalinos 8.6 y 8 respectivamente mientras que el tratamiento 3 presento valores cercanos a la neutralidad 7.20, manteniendo estos valores hasta la semana 2, en las siguientes semanas presentaron valores de 7.29 (T1), 6.85 (T2) y 7.16 (T3).

Moreno & Moral (2007) describe al pH como un indicador del proceso terminado de mineralización debe tener un pH entre 7 y 8; valores más bajos a este parámetro son indicativos de fenómenos anaeróbicos y de que el material aún no está maduro. Se ha deducido también que la degradación orgánica se inhibe a pH bajos, por lo que si éste se mantiene por encima de 7.5 durante el proceso continuo de cambios de él, es síntoma de una buena descomposición.

Al final del proceso se observan valores pH cercanos a la neutralidad se puede atribuirse a la participación de la capacidad de adsorción de la zeolita por los iones amonio, debido a que no se

presentaron incrementos de pH durante el compostaje. Castrillón Quintana *et al* (2006) encontraron que el aumento de pH podría atribuirse a la mineralización de proteínas, aminoácidos y péptidos produciendo amoníaco (Leconte *et al*, 2009; Bustamante *et al*, 2008 y Sesay *et al*, 1997).

La CE fue alta al inicio del proceso y disminuyó rápidamente a lo largo de este, encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos. La disminución de esta variable puede deberse a la lixiviación de sales durante el proceso (Rizzo *et al* ,2013; Leconte *et al*, 2009 y Laos *et al*, 2002). Finalmente los tratamientos 2 y3 obtuvieron valores más aceptable y recomendables como enmienda de suelos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos sobre variables de T°, CE, pH , Nt.

tratamientos	T ‡ °C	Ta † °C	CE # mS.cm-1	pH	Nt& inicio %	Nt& final
Tratamiento 1	16.34a [§]	8.80a	12.55a	8.0a	5	2.53a
Tratamiento 2	16.13a	8.8a	2.41b	7.4ab	5	6.86b
Tratamiento 3	16.09a	8.8a	4.41b	7.0b	5	4.85c
CV ^{††}	1.08	0.11	0.05	0.02	0	0.05

[§] Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente según Tukey ($P \leq 0.05$). ^{††} Coeficiente de variación. [‡] Temperatura, [†] Temperatura ambiente, [#] Conductividad Eléctrica, [&] Nitrógeno total.

Con respecto al Nitrógeno total , existen diferencias significativas entre los tratamientos, al compararse las concentraciones de Nt, entre los tratamientos al inicio y final del proceso hay un

incremento leve (Figura 2), al relacionarlo con la capacidad de adsorción de los iones amonio por la zeolita se tendría un incremento bajo en la disminución de olores y en la volatilización de amónico (Valencia, 2011), al darse un incremento en el Nt en los tratamiento que tienen zeolita está indicando la participación de esta en el proceso de adsorción.

El tratamiento uno tubo una disminución del 46.4 %. Hansen *et al.* (1989) reportaron una disminución del 33% de Nt durante el proceso de compostaje de estiércol de ave de corral. Moore *et al.* (1997) encontraron que la volatilización del nitrógeno de residuos avícolas aumenta cuando los valores de pH superan a 7. Este tratamiento reportó valores pH por encima de 8, lo cual podría explicar parte de las pérdidas de N, mediante la volatilización como amoníaco.

Esto se comprobó también la determinación de la variable cualitativa en un aprueba de medición de olores durante el proceso encontrando menos percepción del olor conforme avanza el tiempo en los tratamientos 2 y 3, mientras que el tratamiento 1 presento el olor hasta el final.

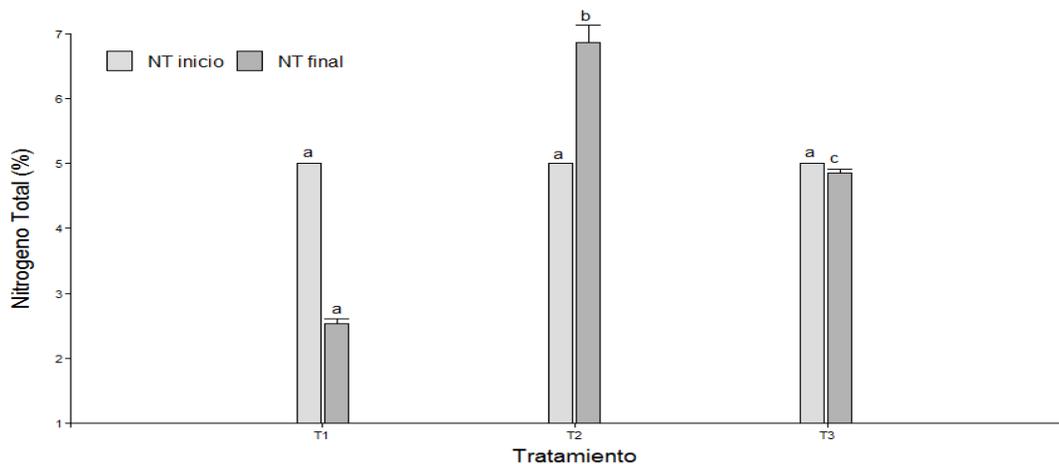


Figura 2. Contenido de Nitrógeno total al inicio y final del compostaje.

1.4. Conclusiones.

El proceso de compostaje de los residuos avícolas con zeolita mostró una disminución de la salinidad, componentes del carbono y un mayor aumento en el contenido de nitrógeno total

complementada con un aumento de la capacidad de retención de nutrientes y humedad. Esta evolución química favoreció la producción de un compost estable, maduro y adecuado para el uso como enmienda orgánica.

Finalmente se puede destacar el uso de la zeolita como adsorbente de los iones NH_4^+ aumentando el contenido de nitrógeno en el proceso de compostaje, considerándose una herramienta útil para estabilizar los residuos avícolas y minimizar su impacto en el ambiente.

1.4.Literatura citada.

- Bitzer, C. C., Sims, J. T., 1988. Estimating the availability of nitrogen in poultry manure through laboratory and field studies. *J. Environ. Qual.* 17: 47-54.
- Bourbonnais, R.; Paice, M. G.; Reid, I. D.; Lanthier, P.; Yaguchi, M. 1995. Lignin oxidation by laccase isozymes from *Trametes versicolor* and role of the mediator 2,2'-azino-bis(ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) in Kraft lignin depolymerization. *Appl. Environ. Microbiol.* 61: 1876-1880.
- Bustamante, M. A.; Paredes, C.; Marhuenda-Egea, F. C.; Pérez-Espinosa, A.; Bernal, M. P.; Moral R. 2008. Co-composting of distillery wastes with animal manures: Carbon and nitrogen transformations in the evaluation of compost stability. *Chemosphere.* 72: 551-557.
- Castrillón Quintana, O. C.; Mejía, B. O.; Martínez, D. V. 2006. Efecto del pH sobre el crecimiento de microorganismos durante la etapa de maduración en pilas estáticas de compost. *Producción + Limpia.* 1(2): 88-97.
- Castañeda, F. J. 2010. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. información del sector agroalimentario.
- Cronje, A., Turner, C., Williams, A. 2003. Composting under controlled conditions. *Environ. Technol.* 24 (10): 1221-1234
- García Yaneisy y LonWo Esmeralda. 2007. Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. pp 1-6. Instituto de Ciencia Animal, Cuba.
- García Yaneisy y LonWo Esmeralda. 2007. Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. pp 1-6. Instituto de Ciencia Animal, Cuba

- García, Y. A.; Ortiz, E. 2008. Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. International Poultry Expo 2008
- Han, J. Ko; Ki Y. Kim, Hyeon T. Kim, Chi N. Kim, M. Umeda 2008. Evaluation of maturity parameters and heavy metal contents in compost made from animal manure. Waste Mangement 28: 813-820.
- Hansen, R. C.; Keener, H. M.; Hoitink, H. A. J. 1989. Poultry manure composting. An exploratory study. ASAE 36: 2151-2157.
- Laos, F.; Mazzarino, M. J.; Walter, I.; Roselli, L.; Satti, P.; Moyano, S. 2002. Composting of fish offal and biosolids in northwestern Patagonia. Bioresour technol. 81: 179-186. 17.
- Leconte, M. C.; Mazzarino, M. J.; Satti, P.; Iglesias, M. C.; Laos, F. 2009. Composting poultry manure with rice hulls and/or sawdust in NE Argentina. Waste Management. 29: 2446-2453.
- Meléndez, G. 2003. Indicadores químicos de calidad de abonos orgánicos. pp. 50-63. En Abonos orgánicos: Principios, características e impacto en la agricultura. Ed Meléndez, G. San José, Costa Rica.
- Moreno C., J. & Moral, R. 2006. Compostaje. Editorial Mundi- Prensa, Madrid, España.
- Moore, P. A.; Huff, Jr. W. E.; Daniel, T. C.; Edward, D. R.; Saucer, T. C. 1997. Effect of aluminum sulfate on ammonia fluxes from poultry litter in commercial broiler houses. In: Proceedings of Fifth International Symposium on Livestock Environment, Transactions of the ASAE 2, pp. 883–891.
- Ogunwande, G. A.; Osunade, J. A.; Ogunjimi, L. A. O. 2008. Effects of carbon to nitrogen ratio and turning frequency on composting chicken litter in turned-windrow piles. Agricultural. 99: 7495-7503.
- Rizzo, P.; Della Torre, V.; Riera, N.; Crespo, D.; Barrera, R.; Sánchez, A. 2013. Co-composting of poultry manure with other wastes from pampean region. ISSN 1438-4957. J Mater Cycles Waste Manag DOI 10.1007/s10163-013-0221-y.
- Rodríguez, Marcos, Ana Córdova. 2006. Manual de Compostaje Municipal. Tratamientos de Residuos Sólidos Urbanos, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de ecología.
- Sesay, A. A.; Lasaridi, K.; Stentifird, E.; Budd, T. 1997. Controlled composting of paper pulp sludge using aerated static pile method. Compost. Sci. Util: 5: 82-96

TMECC, 2001. Test methods for the examination of composting and compost. Department of Agriculture and U.S. Composting Council. <http://compostingcouncil.org/tmecc> (4 Noviembre 2014)

Valencia. J. 2011. Zeolita: La piedra Mágica. Congreso Internacional www.levantemv.com/comunitat-valenciana/2011/07/05/piedra-magica/821710.html (15 Noviembre 2014)

CONCLUSIONES GENERALES

Los compost de gallinaza obtuvieron propiedades nutrimentales altas en el contenido de Nitrógeno, gracias al incorporación de la zeolita y a su capacidad de adsorción por lo iones NH_4^+ .

Se pudieron obtener buenos resultados a los experimentos previos que se realizaron en el laboratorio, donde se estudió la capacidad de adsorción de la zeolita su participación en el proceso de mineralización y la respiración microbiana.

La zeolita natural clinoptilolita actúa como adsorbentes naturales, debido a su potencial de adsorción por los iones amoniacales, son capaces de eliminar el amoniaco y olores indeseables del ambiente, resultando beneficiosos en el tratamiento de excrementos.

El proceso de compostaje ayuda obtener compost inocuos, pero al realizar mezclas entre materiales permite obtener mejores compost con valores nutrimentales altos, al realizar combinaciones de residuos orgánicos de gallina con zeolita se obtiene un compost rico en nitrógeno, debido que la zeolita retiene entre sus partícula los iones de amonio y los libera cuando estos son requeridos.

RECOMENDACIONES

La investigación refleja que la zeolita natural clinoptilolita tiene la capacidad adsorbente de iones amoniacaes, sin embargo se recomienda experimetar con mayor detalle el contenido nutrimental de la composta, también se invita a determinar en investigaciones futuras, la respuesta de la zeolita ante diferentes residuos orgánicos que contenga amonio, para conocer los efectos, y utilizar la zeolita como un mejorador de la calidad ambiental en la reducción de emisiones.