



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ZEOLITA
EN LA RETENCIÓN DE NITRÓGENO Y LA VOLATILIZACIÓN
DEL AMONIACO EN CAMAS DE GRANJAS AVÍCOLAS”**

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:

Natalia Rosmery Sánchez Lara (0000-0003-1537-733X)

Asesor:

Luis Abraham Gomero Osorio (0000-0002-4739-2094)

Lima – Perú

2023

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 05 de diciembre del 2023.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dra. Llerme Navarro Vásquez
Miembro: Mg. Cecilia Cermeño Castromonte
Miembro: Mg. Jennifer Villavicencio Huamani

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ZEOLITA EN LA RETENCIÓN DE NITRÓGENO Y LA VOLATILIZACIÓN DEL AMONIACO EN CAMAS DE GRANJAS AVÍCOLAS”

Presentada por la/el estudiante/bachiller:

- **NATALIA ROSMERY SÁNCHEZ LARA**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Ing. Luis Abraham Gomero Osorio

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del tesista de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime () por mayoría simple () calificar a:

Tesis: NATALIA ROSMERY SÁNCHEZ LARA		Nota (en letras): 16 (Dieciséis)	
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (x)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

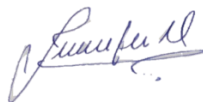
Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Dra. Llerme Navarro Vásquez
Presidente



Mg. Cecilia Cermeño Castromonte
Miembro 1



Mg. Jennifer Villavicencio Huamani
Miembro 2



Ing. Luis Abraham Gomero Osorio
Asesor

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN¹

Lima, 05 de enero del 2024

Señor,
Carlos Zavalaga Reyes

**Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente. –**

De nuestra consideración,

Yo: (Natalia Rosmery Sánchez Lara), estudiante/egresado de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor/la asesora de tesis (Luis Abraham Gomero Osorio), declaramos que este informe final de tesis/trabajo de investigación titulado: "Evaluación del efecto de la aplicación de zeolita en la retención de nitrógeno y la volatilización del amoníaco en camas de granjas avícolas", sustentado para obtener el título/grado de Ingeniero Ambiental es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos ², que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,



Firma tesista
DNI: 72809768



Firma del asesor de tesis
DNI: 10681962

¹ En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD

² Los documentos están en: <https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/>

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Evaluación del efecto de la aplicación de zeolita en la retención de nitrógeno y la volatilización del amoníaco en camas de granjas avícolas

Autores. Natalia Rosmery Sanchez Lara

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2337192972).

Resultado de la evaluación. 5%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



I. DEDICATORIA

Dedico el esfuerzo de toda esta etapa de investigación a mi familia por su apoyo y soporte incondicional y especial mi madre por ser mi guía y modelo sobre todo en lo profesional.

A todas las personas que participaron y contribuyeron para poder continuar con mi desarrollo profesional y personal.

II. AGRADECIMIENTOS

A mi familia, amigos y a todas las personas que participaron y me apoyaron directa e indirectamente en el desarrollo de esta investigación y en general en mi desarrollo profesional y personal.

De igual manera, al Ing. Gomero por su motivación, enseñanzas compartidas y guía durante la etapa universitaria y en el desarrollo de la presente investigación y a la Universidad Científica del Sur, donde inicié mi formación académica.

III. ÍNDICE GENERAL	
I. DEDICATORIA.....	1
II. AGRADECIMIENTOS	3
III. ÍNDICE GENERAL.....	4
IV. ÍNDICE DE FIGURAS	7
V. ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE ANEXOS.....	10
VI. RESUMEN	11
VII. ABSTRACT	12
VIII. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
IX. MARCO TEÓRICO	15
1. Nitrógeno	15
2. Amoníaco, características e impacto	16
3. Producción de amoníaco en galpones	17
4. Cama de aves de crianza	18
5. Factores relacionados a la volatilización del amoníaco en la crianza de aves en galpones.....	19
5.1 Ventilación del galpón	20
5.2 Humedad y temperatura ambiental	20
5.3 Reúsos de cama y material	21
5.4 pH de la cama	21
5.5 Humedad de la cama	22
6. Zeolitas	22
X. OBJETIVOS / HIPÓTESIS.....	25

1. Objetivo general.....	25
2. Objetivos específicos	25
3. Hipótesis alternativa.....	26
4. Hipótesis nula	26
XI. METODOLOGÍA	26
1. Materiales	26
1.1 <i>Camas de crianza</i>	26
1.2 <i>Producto para el tratamiento de la cama</i>	26
1.3 <i>Equipos</i>	27
2. Métodos.....	27
2.1 <i>Lugar de estudio</i>	27
2.2 <i>Diseño experimental</i>	28
2.3 <i>Características y delimitación de la unidad experimental</i>	28
2.4 <i>Tratamiento de la cama</i>	29
2.5 <i>Parámetros de Evaluación</i>	32
2.6 <i>Manejo de Residuos</i>	34
2.7 <i>Aspectos Éticos</i>	35
3. Análisis de datos.....	35
XII. RESULTADOS.....	36
1. pH de cama	36
2. Comportamiento de la volatilización del amoníaco y nitrógeno total con el pH de la cama	37
3. Porcentaje (%) de humedad de la cama	38
4. Comportamiento de la volatilización del amoníaco y nitrógeno total con la humedad de la cama.....	40

5.	Cantidad de nitrógeno total en las camas.....	41
6.	Comportamiento de la volatilización del amoníaco y el nitrógeno total de la cama.....	43
7.	Volatilización de amoníaco en las camas.....	44
XIII.	DISCUSIÓN	46
1.	pH de cama	46
2.	Comportamiento de la volatilización del amoníaco y nitrógeno total con el pH de la cama	47
3.	Porcentaje (%) de humedad de la cama	49
4.	Comportamiento de la volatilización del amoníaco y nitrógeno total con la humedad de la cama.....	50
5.	Cantidad de nitrógeno total en las camas.....	52
6.	Comportamiento de la volatilización del amoníaco y el nitrógeno total de la cama	53
7.	Volatilización de amoníaco en las camas.....	54
XIV.	CONCLUSIÓN	57
XV.	RECOMENDACIONES	58
XVI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
XVII.	ABREVIATURAS	71
XVIII.	ANEXOS.....	72
1.	ANEXO1: Resultados	72

IV. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Transformación del nitrógeno en el excremento avícola.....	17
Figura 2. Estructura típica de las zeolitas. A. Atómica, B. Tetraédrica y C Cristalina	22
Figura 3. Ubicación de los galpones en Calle1, Cooperativa las Vertientes, Villa El Salvador... ..	27
Figura 4. Esquema de la distribución de los tratamientos del proyecto	30
Figura 5. Comportamiento semanal de pH según el Tratamiento.....	36
Figura 6. Comportamiento semanal del % Humedad según el Tratamiento	38
Figura 7. Comportamiento semanal del % Nitrógeno según el Tratamiento.....	41
Figura 8. Comportamiento semanal de la volatilización de Amoniac según el Tratamiento	44
Figura 9. Pila de aserrín para el armado de las camas.....	78
Figura 10. Infraestructura del galpón antes de acondicionamiento para la crianza.....	78
Figura 11. Acondicionamiento de los galpones con bebederos, comederos, cortinas y divisiones.	79
Figura 12. Galpones de crianza de pollos. Tratamientos T1 (arriba) y T0 (abajo).....	79
Figura 13. Medición de emisión de amoniaco en los tratamientos.....	80

Figura 14. Medición del porcentaje de humedad de las muestras de cama.....	81
Figura 15. Medición de pH de las muestras de cama	82
Figura 16. Distribución del galpón	83
Figura 17. Ventilación del galpón.....	83
Figura 18. Volteo de las camas.....	84
Figura 19. Aplicación de zeolita y homogenización en la cama	85
Figura 20. Encostramiento de las camas húmedas	86

V. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad y día de aplicación de zeolita en kg/m ² de cama por tratamiento	29
Tabla 2. pH semanales de la cama según el Tratamiento	71
Tabla 3. Porcentaje de Humedad semanal de la cama según el Tratamiento .	71
Tabla 4. Porcentaje de Nitrógeno semanal de la cama según el Tratamiento.	72
Tabla 5. Cantidad de amoniaco volatilizado (ppm) semanal de la cama según el Tratamiento	72
Tabla 6. Prueba T-Student para el pH de la cama	73
Tabla 7. Prueba T-Student para el pH de la cama en el día 45	73
Tabla 8. Correlación de Pearson entre la volatilización del amoniaco y el pH de la cama.....	73
Tabla 9. Correlación de Pearson entre el porcentaje de nitrógeno total y el pH de la cama	74
Tabla 10. Prueba T-Student para el porcentaje de humedad de la cama	74
Tabla 11. Correlación de Pearson para la volatilización del amaoniaco y el porcentaje de nitrógeno total.....	74
Tabla 12. Correlación de Pearson entre la volatilización del amoniaco y el porcentaje de humedad de la cama	75
Tabla 13. Prueba T-Student para el nitrógeno total.....	75
Tabla 14. Prueba T-Student para el nitrógeno total de la cama en el día 45.....	75
Tabla 15. Prueba T-Student para la volatilización del amoniaco	76
Tabla 16. Prueba T-Student para la volatilización del amoniaco.en el día 45....	76
Tabla 17. Correlación de Pearson entre la volatilización del amoniaco y el porcentaje de nitrógeno de la cama	77

Tabla 18. Prueba T-Student para la volatilización del amoniaco en el día 45. . 77

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO1: Resultados	71
ANEXO 2: Cuadros estadístico.....	73
ANEXO 3: Registro fotográfico	78

VI. RESUMEN

La problemática respecto a la producción avícola en la etapa de crianza de pollos se centra en la emisión de gases contaminantes, como el amoníaco (NH_3) el cual es altamente irritante y nocivo para los animales y humanos, y evidencia la pérdida de nitrógeno, un elemento esencial para los seres vivos. En este contexto, se plantea la posibilidad de utilizar la zeolita, un aluminosilicato que mediante la recuperación y estabilización del nitrógeno reduce la volatilización del amoníaco durante la crianza de pollos. Con el fin de conocer el efecto de la zeolita en la retención de nitrógeno y amoníaco en camas de pollos se estableció un ensayo con dos tratamientos, donde T0 fue la cama sin ninguna aplicación y T1 la cama donde al día 24 se aplicó 0.5 kg de zeolita / m^2 de cama, ambos con tres repeticiones y manejados en las mismas condiciones. Los tratamientos se evaluaron semanalmente y los resultados obtenidos indicaron que, el porcentaje de humedad presentó diferencias significativas entre T0 y T1, sin embargo, la temperatura de la cama y el porcentaje de nitrógeno total no presentaron diferencias significativas entre ambos tratamientos, mientras que el pH de la cama y la volatilización del amoníaco solo presentaron diferencias significativas en el día 45 de crianza. Asimismo, se obtuvieron correlaciones entre la temperatura, pH y porcentaje de humedad de la cama con la volatilización del amoníaco y el nitrógeno total de la cama, obteniendo cambios en el comportamiento en T1 por efecto de la zeolita.

Palabras Claves: gases contaminantes, aluminosilicato, tratamiento, crianza de pollos, pH, humedad, temperatura.

VII. ABSTRACT

The issue regarding poultry production during the chicken rearing stage revolves around the emission of pollutant gases, such as ammonia (NH_3), which is highly irritating and harmful to both animals and humans, and signifies the loss of nitrogen, an essential element for living organisms. In this context, the possibility of using zeolite, an aluminosilicate that, through the recovery and stabilization of nitrogen, diminishes the volatilization of ammonia during chicken rearing, is being considered. To understand the effect of zeolite on nitrogen and ammonia retention in chicken bedding, an experiment was established with two treatments. T0 represented the bedding with no application, and T1 represented the bedding where 0.5 kg of zeolite/m² of bedding was applied on day 24. Both had three replications and were managed under the same conditions. The treatments were assessed weekly, and the results indicated that the moisture percentage showed significant differences between T0 and T1. However, the bedding temperature and total nitrogen percentage did not exhibit significant differences between the two treatments. In contrast, the bedding pH and ammonia volatilization only showed significant differences on day 45 of rearing. Likewise, correlations were obtained between litter temperature, pH and humidity percentage with ammonia volatilization and total nitrogen in the litter, obtaining changes in the behavior at T1 due to the effect of zeolite.

Keywords: polluting gases, aluminosilicate, treatment, chicken breeding, pH, humidity, temperature.

VIII. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2022), durante los últimos años, el sector avícola peruano ha crecido continuamente durante los últimos años, orientado a la producción de carne de pollo y huevo de gallina siendo un significativo proveedor de proteína animal en el país, impulsado por la producción principalmente de carne de pollo.

Es así como, al acrecentar la producción del sector avícola se ha incrementado la cantidad de subproductos y desechos generados en la actividad, así como, los residuos derivados de la crianza, entre ellos, la pollinaza, la cama de los pollos y las aves muertas (Maisonnave et al., 2015)

Se sabe que, los pollos de engorde durante su crianza producen pollinaza, compuesta por heces, orina, material de cama, alimento, y plumas (Spyridonidis et al., 2022), que aproximadamente equivale entre 1 a 2 t de pollinaza por cada 1000 pollos cuando llegan a los 45 días de edad (Jaramillo, 2017), Así mismo, sus excretas poseen importantes cantidades de macro-nutrientes como el Nitrógeno (N), Potasio (K), Fósforo (P), Magnesio (Mg), Calcio (Ca), y Azufre (S) y un alto contenido de bacterias (De Oliveira et al., 2020), que inciden en la degradación de estos elementos y pueden generar problemas a nivel productivo y ambiental, por la emisión de gases como el amoníaco, sulfuro de hidrógeno y compuestos volátiles de azufre los cuales causan malos olores por consecuencia de la degradación de las heces y orina (Ruíz et al., 2019).

En la producción avícola, el NH_3 proviene de la hidrólisis de la úrea

que se encuentra en la orina del pollo y principalmente de la degradación microbiana del ácido úrico de las excretas de los pollos y el cuál puede verse influenciada por la temperatura ambiental, humedad de la cama, pH de la cama, manejo de la cama, ventilación del galpón, entre otros (Cascante, 2019)

El amoníaco es uno de los gases que genera mayor interés ya que, repercute en la calidad ambiental, siendo precursor del óxido nitroso, el cual se vincula a una disminución del ozono atmosférico, además actúa como precursor de material particulado de características ácidas que lo vincula a problemas como la acidificación de los suelos y lluvias ácidas conllevando daño en cultivos, bosques y eutrofización en cuerpos de agua (De Oliveira et al., 2020), por otro lado, tiene impactos negativos en la salud animal y de los trabajadores ya que al ser un gas altamente irritante (Bastidas, 2020), dependiendo de su concentración y tiempo de exposición a concentraciones desde 25 ppm puede generar afecciones respiratorias en las aves (Bastidas, 2020), así como favorecer el desarrollo de infecciones bacterianas y virales, influyendo negativamente en sus parámetros productivos como en el peso corporal y el índice de conversión alimenticia (Dias et al., 2021), mientras que en el caso de las personas, después de los 20 ppm se pueden producir irritaciones nasales y otras afecciones (Bastidas, 2020).

Estos impactos negativos en la salud animal y humana, junto con sus consecuencias en la producción avícola y el entorno, enfatizan la importancia de evaluar y proponer alternativas eficaces para reducir la emisión de amoníaco al ambiente y mejorar la retención de nitrógeno en las camas de pollos, lo que proporciona un valor adicional al final de su

ciclo de producción en la avicultura.

IX. MARCO TEÓRICO

1. Nitrógeno

Uno de los nutrientes esenciales para el desarrollo de los seres vivos es el nitrógeno, puesto que, constituye aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos (De Oliveira et al., 2020). En el ambiente, representa el 78 % del volumen de la atmósfera, mientras que, en el suelo aproximadamente el 0.02 % está disponible para su aprovechamiento por las plantas, es así como, las rutas para la transformación del nitrógeno incluyen procesos como la nitrificación, desnitrificación, lixiviación de nitratos, formación del óxido nítrico y la volatilización del amoníaco (De Oliveira et al., 2020).

En la crianza de pollos, el nitrógeno ingresa al sistema mediante la alimentación de las aves, ya que su dieta principalmente consta de proteínas con un porcentaje superior al necesario de este elemento, es así como, al no ser metabolizado por el animal es excretado y expuesto a la actividad microbiana, generando gases como el amoníaco que resultan potencialmente nocivos (Cascante, 2019).

El nitrógeno que se encuentra en las excretas de los pollos se encuentra como ácido úrico siendo el 50 % aproximadamente, además, las aves muertas también son consideradas fuente de nitrógeno perdido, encontrándose en los galpones principalmente como nitratos y su degradación en la principal fuente de emisión de amoníaco en la etapa de crianza (Bastidas, 2020).

2. Amoníaco, características e impacto

Es un compuesto químico compuesto molecularmente por un átomo de nitrógeno y tres de hidrógeno siendo su fórmula NH_3 , además la molécula tiene forma de tetraedro con un vértice vacante (Coveña y Montesdeoca, 2021), y en disolución acuosa puede comportarse como una base y formar amonio (NH_4^+) con un átomo de hidrógeno en cada vértice del tetraedro (De Oliveira et al., 2020).

El amoníaco es un gas incoloro, más liviano que el aire, que posee un olor muy fuerte y penetrante; altamente irritante y en la producción avícola es el gas principal en los galpones ya que está presente en una proporción mayor que el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de carbono (CO_2) (Dias et al., 2021) y proviene de la descomposición microbiana de compuestos nitrogenados, principalmente del ácido úrico presente en las heces de las aves (De Oliveira et al., 2020), es así que el nitrógeno excretado por los pollos es mineralizado por bacterias, liberando iones NH_4^+ el cual, por factores de humedad, pH, temperatura ambiental, ventilación, humedad, reúsos de la cama, edad de las aves, cantidad de material fecal o población microbiana puede generar amoníaco.

Este gas es una importante vía por la cual el nitrógeno se pierde en el ambiente y que a altas concentraciones y en combinación con gases como sulfuros de hidrógeno, dióxido de carbono y metano pueden afectar a los pollos generando infecciones en el tracto respiratorio, reducción del consumo del alimento, ceguera y disminución de la productividad en general (Ezenwosu et al., 2022), mientras que, en las personas si el nivel de amoníaco supera los 20 ppm puede generar irritaciones en mucosas

nasales, después de 50 ppm puede producir cefaleas y cuando las concentraciones son mayores a 500 ppm puede tener consecuencias letales (Bastidas, 2020).

A nivel ambiental, las emisiones de NH_3 pueden favorecer la formación de óxido de nitrógeno, un gas de efecto invernadero, además al reaccionar con compuesto ácidos de la atmósfera y luego precipitar en el suelo contribuyen con la acidificación y eutrofización de suelos y ríos (Ishchenko et al., 2019).

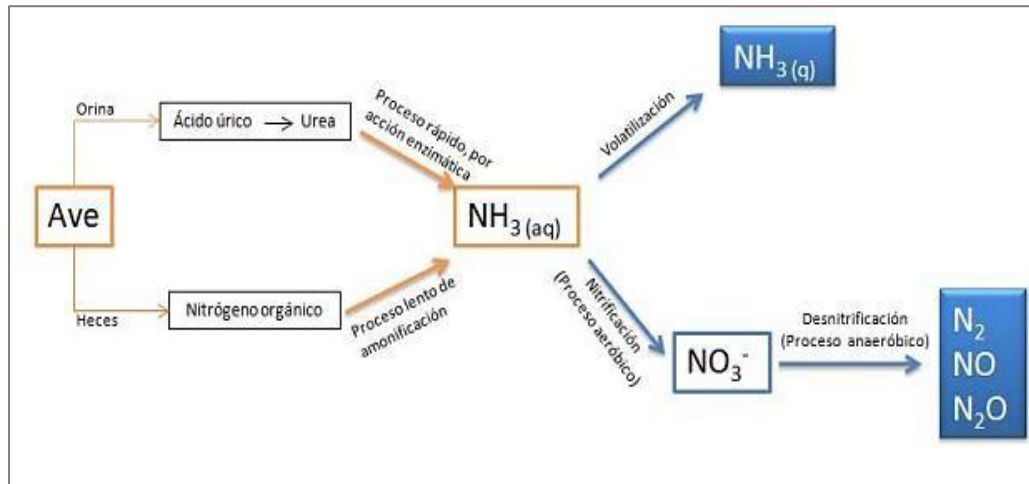
3. Producción de amoníaco en galpones

La principal fuente para la emisión de gas amoníaco en los galpones deriva del nitrógeno que se encuentran presentes en la úrea, el ácido úrico y las proteínas, las cuales el organismo del pollo no ha asimilado de su alimento y se eliminan junto con las excretas (De Oliveira et al., 2020).

Como se visualiza en la Figura 1, el nitrógeno excretado por las aves pasa por un proceso de mineralización por bacterias liberando iones amonio los cuales, por condiciones de humedad y oxígeno forman amoníaco (De Oliveira et al., 2020), en este proceso hay una transición del amoníaco de fase sólida a fase gaseosa y esta tasa de volatilización está ligada con el amoníaco disuelto en la cama (Burguet, 2015).

Figura 1

Transformación del nitrógeno en el excremento avícola



Nota. El gráfico representa el proceso de transformación del nitrógeno excretado por las aves. Tomado de *Valorización energética del residuo avícola. Impacto económico-ambiental y análisis experimental, en Europa, de la reducción de amoníaco en explotaciones avícolas, mediante compuesto enzimático* (p.59), por G. Burguet, 2015, Universidad de Oviedo.

Entre los parámetros que influyen en la emisión y concentración de amoníaco en los galpones se encuentran las características del animal, género y edad, las condiciones ambientales y nutricionales la densidad poblacional, el tipo de alimentación, la ventilación del galpón, la temperatura y humedad relativa del aire, entre otros (De Oliveira et al., 2020).

4. Cama de aves de crianza

Es el material encargado de recubrir el suelo de los galpones donde se realiza la crianza, esto con el fin de evitar que exista contacto directo del ave con el piso así como ayudar en la absorción de la humedad (Ospina-Barrero et al., 2021) y las excretas de las aves, y reducir las variaciones de temperatura de los galpones (Huillca, 2019), por otro lado,

Brito et al. (2016) indicaron que los materiales que deben conformar la cama deben ser buenos aislantes térmicos, presentar una alta capacidad de absorción y filtración de la humedad, no liberar mucho polvo, ser de bajo costo y fácil adquisición obtención, siendo la viruta de madera y la cascarilla de arroz los materiales comúnmente utilizados, sin embargo la viruta de madera se considera como el material más adecuado por el tamaño de su partícula, densidad, velocidad de secado, conductividad térmica, mientras que la cascarilla de arroz presenta baja absorción y sus partículas son más pequeñas pudiendo ser perjudiciales para los pollos (Huillca, 2019).

La composición de las camas de las aves de crianza en galpones la conforman principalmente restos de plumas, excretas, el material de la cama y restos de alimento (Spyridonidis et al., 2022). En la investigación de Bolan et al. (2010) se indica que la cama de aves al finalizar la etapa de crianza es una fuente de nutrientes esenciales como el nitrógeno, potasio y fósforo, de nutrientes secundarios como el calcio, magnesio y azufre, y de elementos trazas, además, presenta restos de fármacos y microorganismos, que, si no reciben una adecuada disposición final o tratamiento se vuelven agentes de contaminación ambiental (Zubkova et al., 2021; Riera et al. (2014).

5. Factores relacionados a la volatilización del amoníaco en la crianza de aves en galpones

Entre los factores que más influyen en el comportamiento de la producción de amoníaco son la ventilación del galpón, la temperatura y humedad ambiental, humedad de la cama, el pH de la cama, cantidad de

reúso de la cama, material usado en la cama, edad y densidad de las aves (De Oliveira et al., 2020).

5.1 Ventilación del galpón

La renovación del aire de los galpones mediante la ventilación disminuye la cantidad de microorganismos patógenos y contribuye con la mejora de la salud de las aves, así mismo, se busca evitar que se acumulen gases tóxicos producto de la crianza, reducir la cantidad de polvo en el ambiente, regular la humedad ambiental y el calor dentro del galpón (Pizarro, 2006).

La ventilación de los galpones tiene incidencia importante en el control del amoníaco ya que si no se realiza adecuadamente este gas puede alcanzar niveles altos dentro del galpón, además la ventilación permite reducir el exceso de humedad de la cama (De Oliveira, 2020) dado que, cuando llega a niveles mayores a 35 % tienden a proliferar mayor cantidad de microorganismos que favorecen la liberación del gas amoníaco (Ruiz et al., 2019).

5.2 Humedad y temperatura ambiental

En el ambiente, los parámetros de humedad y la temperatura están relacionados con la concentración de amoníaco ya que, influyen en la humedad de la cama y por ende en la producción de amoníaco (AL- Homidan et al., 2003) y la temperatura, ya que un incremento en este parámetro conlleva un incremento en la actividad microbiana y favorece el flujo de los gases entre la cama y el ambiente (Pizarro, 2006).

5.3 Reúsos de cama y material

Entre las funciones que cumple la cama de las aves está la de absorber la humedad, ya que absorbe y diluye las heces de las aves y las aísla del efecto enfriante que tiene el suelo (Pizarro, 2006). Con respecto al material para la cama, este debe ser barato, no tóxico, absorbente, resistente a la compactación, liviano y útil como fertilizante, por lo que el material más eficaz para la avicultura es la viruta de madera (Cascante, 2019).

Algunas prácticas ligadas a las camas de las aves está el reúso de estas para otras compañías de crianza en la cual se ha demostrado que hay una mayor concentración de NH_3 en camas reusadas respecto a camas nuevas, siendo complicado que los niveles sean menores a 50 ppm (Oladeinde et al., 2023).

5.4 pH de la cama

El potencial de hidrógeno es un indicador de las condiciones biológicas y químicas que tienen las camas de los pollos y varía, por lo general, en el rango de 6 a 9, lo cual contribuye con la proliferación de patógenos y microorganismos que se encargan de la degradación de la materia orgánica produciendo gas amoniacado (Cascante, 2019).

Investigaciones han determinado que los niveles de amoniacado incrementan cuando se eleva el pH (Ezenwosu et al., 2022), esto se debe a que la uricasa, que es la enzima que cataliza la descomposición del ácido úrico, tiene una actividad

máxima a un pH de 9, con un decrecimiento lineal del ácido úrico cuando hay valores más alcalinos. Por otro lado, una de las principales bacterias ureolíticas es el *Bacillus pasteurii* que no puede crecer a un pH neutro si no que, presenta un mejor desarrollo a un pH de 8.5 (Pizarro, 2006).

5.5 Humedad de la cama

Según investigaciones, el porcentaje de humedad que deben tener las camas de las aves no debe sobrepasar del 35 %, si no que, debe oscilar, preferentemente, entre 25 % y 35 % (Vejarano, 2005), y en los alrededores de los puntos donde se ubican los bebederos se puede tener hasta un 70 % de humedad (Nevárez y Moreira 2021).

Cuando la humedad de la cama se encuentra por encima del 40 % esta se endurece o aprieta y los microorganismos proliferan con mayor rapidez (Bastidas, 2020), por lo cual un porcentaje alto de humedad favorece la liberación de amoníaco (De Oliveira et al., 2020).

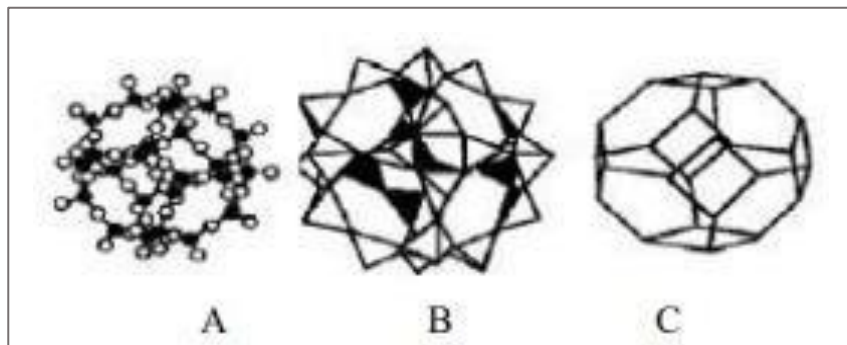
6. Zeolitas

Están constituidas por una familia de cerca 40 minerales de aluminosilicatos donde la Clinoptilolita es de los más utilizados ya que se encuentra en su mayoría en rocas zeolíticas que han sido formadas por la desvitrificación de ceniza volcánica en cuerpos de agua dulce o aguas marinas hace millones de años (Suin, 2014).

La estructura de estos aluminosilicatos consiste en tetraedros (Figura 2) de $(\text{SiO}_4)^{4-}$ y $(\text{AlO}_4)^{5-}$ conectado por átomos de oxígeno en sus esquinas presentando canales y cavidades donde albergan cationes de compensación, moléculas de H_2O y sales, mientras que su porosidad al ser abierta le permite transferir materia entre su espacio intercrystalino y su medio, siendo limitada por el diámetro de los poros de la zeolita (Rodríguez, 2016).

Figura 2

Estructuras típicas de las zeolitas. A. Atómica, B. Tetraédrica y C. Cristalina.



Nota. El gráfico representa las estructuras de las zeolitas que consisten en tetraedros de $(\text{SiO}_4)^{4-}$ y $(\text{AlO}_4)^{5-}$ conectados en los vértices por medio de átomos de oxígeno. Tomado de *Evaluación de la capacidad de adsorción de HN_4 y metales pesados Pb_2 , CD_2 , Cu_2^+ , Zn_2 y Mn_2^+ empleando zeolitas naturales y sintéticas* (p.29), por M. Rodríguez, 2016, Universidad San Agustín.

Esta zeolita ha sido utilizada, debido a sus propiedades, de capacidad para retener y perder agua (Kahraman et al., 2021), a su capacidad de intercambio catiónico (CIC) selectivo para diversos cationes como el NH_4^+ sin modificar significativamente su estructura básica (Osorio et al., 2011), reducen la volatilización del NH_3 y favorecen a la

retención del nitrógeno (Pizarro, 2006) se han incorporado en la formulación de fertilizantes minerales, con el objetivo de favorecer la retención del NH_4^+ ya que pueden actuar como abonos de lenta liberación del N o como enmiendas al aumentar la capacidad de retención de humedad en el suelo, así mismo, se han reportado resultados beneficiosos en la reducción de la volatilización del N hasta en un 47 % en combinación con fertilizantes nitrogenados (Rojas, 2021).

El uso de la zeolita se ha diversificado aplicándose en la agricultura, acuicultura, absorción de olores, para el tratamiento de aguas residuales, etc. (Nuñez, 2009) y en durante los últimos años, también se realizaron estudios para evaluar la aplicación de la zeolita en la mejora de las condiciones de las camas de aves (Banaszak et al., 2020). Investigaciones como las de Pizarro (2006) que aplicó 1 kg de zeolita / m^2 de camas de pollo y la de Karamanlis et al. (2008) que emplearon 2 kg de zeolita / m^2 de cama y obtuvieron parámetros ambientales con óptimos niveles, concordando con lo reportado por Zambrano en el 2012 y la investigación de Jaramillo en el 2017, donde compararon el uso de zeolita en camas de pollos a razón de 250 gr / m^2 y 30 gr / m^2 con otros agentes, obteniendo para el tratamiento con zeolita una disminución en concentración de amoníaco con respecto al testigo.

Por otro lado, Schneider et al. (2016), adicionaron la zeolita en la alimentación de aves y en sus camas a razón de 100 g / kg cama, consiguiendo una disminución en la humedad (Ezenwosu et al., 2022) y el amoníaco. Asimismo, investigaciones como la de Valerio et al. (2016) incubaron zeolita con gallinaza y residuos de codorniz, logrando una

menor emisión de NH_3 cuando mayor fue la cantidad de zeolita concluyendo que, este aluminosilicato por su alta capacidad de intercambio catiónico atrapa iones de NH_4^+ en su estructura (de Oliveira y Rosa, 2010) no impidiendo la conversión del ácido úrico, sino reteniéndolo y reduciendo su volatilización como NH_3 (de Oliveira et al., 2015).

Collazos (2010) también reportó que la zeolita controla la humedad y el olor en los galpones de las aves (Shariatmadari, 2008) por medio de la captura del NH_4^+ que actúa como agente reductor de las pérdidas de nitrógeno (Lon-Wo et al., 2010) favoreciendo que permanezca en el residuo (Schneider et al., 2017) para que, de esta forma, pueda ser utilizado posteriormente como abono (Valerio et al., 2016), obteniendo un mayor porcentaje de nitrógeno disponible para el desarrollo de las plantas.

X. OBJETIVOS / HIPÓTESIS

1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de zeolita en la retención de nitrógeno y emisión de gas amoniacado en las camas de una granja avícola

2. Objetivos específicos

- Cuantificar la retención del nitrógeno para evaluar el efecto de la aplicación de zeolita en las camas de una granja avícola.
- Cuantificar la emisión de gas amoniacado para evaluar el efecto de la aplicación de zeolita en las camas de una granja avícola.

3. Hipótesis alternativa

- La cantidad de zeolita aplicada influye en la retención de nitrógeno en las camas.
- La cantidad de zeolita aplicada influye en la reducción de emisión de gas amoniaco en las camas.

4. Hipótesis nula

- La cantidad de zeolita aplicada no influye en la retención de nitrógeno en las camas.
- La cantidad de zeolita aplicada no influye en la reducción de emisión de gas amoniaco en las camas.

XI. METODOLOGÍA

1. Materiales

1.1 *Camas de crianza*

Las camas de crianza se armaron empleando viruta de madera, obteniendo un espesor entre 8 cm a 10 cm.

Respecto a las aves, se trabajaron con 7 000 pollos de carne de la línea genética Cobb desde el día 1 de edad.

1.2 *Producto para el tratamiento de la cama*

El tipo de zeolita utilizada fue de clinoptilolita (aluminosilicato comercial de malla 100).

1.3 Equipos

Para la experimentación se utilizaron un termómetro ambiental, un equipo multiparámetro para la medición del pH y la conductividad eléctrica, una estufa, balanza digital, un desecador, analizador Kjeldahl, vasos beaker, placas Petri, cooler, hielo, bolsas Whirl-Pak (19x30 cm) y un detector de gas amoníaco (NH₃).

2. Métodos

2.1 Lugar de estudio

El tratamiento de las camas de las aves se realizó entre los meses de enero, febrero y marzo en una granja, con la cual se coordinó durante toda la etapa del desarrollo de la investigación, ya que, facilitaron las instalaciones y datos de la actividad de crianza de las aves.

Esta granja se encuentra ubicada en el distrito de Villa el Salvador (Figura 3) en la ciudad de Lima. Este distrito se encuentra a una altitud media de 143 m.s.n.m., su temperatura media anual fluctúa entre 15 °C a 27 °C, tiene una alta humedad relativa, donde la neblina predomina en los meses de junio a diciembre y el promedio anual de precipitación fue de 7.8 milímetros.

Figura 3

Ubicación de los galpones en Calle1, Cooperativa las Vertientes, Villa El Salvador



Fuente. Elaborada en el Programa Google Earth -Versión 2021.

2.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente aleatorizados. Se realizaron dos tratamientos, uno sin zeolita (T0) y el otro con zeolita (T1: 0.5 kg). Cada galpón contó con 3500 aves y el tiempo de experimentación tuvo una duración de 48 días aproximadamente por el tiempo de crianza de los pollos de engorde.

2.3 Características y delimitación de la unidad experimental

Los dos galpones donde se llevó a cabo la experimentación estuvieron ubicados a una distancia de 10 m entre sí, cada uno de 90 m x 12 m con un área total de 1080 m², una altura máxima de 2.5 m y se dividió en tres partes, que correspondieron a las unidades experimentales como se ilustra en la Figura 4.

Los galpones fueron de diseño abierto, el suelo era de material de concreto sobre el cual se habilitaron las camas de los pollos y los comederos se distribuyeron a lo largo de 13 filas, con separaciones de 1 m entre sí, mientras que los bebederos se colocaron en 3 filas con separaciones de 3 m.

2.4 Tratamiento de la cama

Se tuvieron dos tratamientos siendo el grupo control T0 y el grupo con tratamiento, T1. A T0 no se le adicionó zeolita, mientras que al grupo T1 se le agregó 0.5 kg zeolita / m² de la cama. La zeolita se aplicó la tercera semana de vida de las aves (día 24) (Tabla 1) debido a que, a partir de esa fecha, se empezó a utilizar toda el área disponible de los galpones (Jaramillo, 2017). Para la aplicación de la zeolita se utilizó el método del voleo, que consistió en rociarla sobre la superficie de la cama (Jaramillo, 2017). Toda la etapa experimental tuvo una duración aproximada de 48 días, ya que, ese fue el tiempo total de crianza de los pollos.

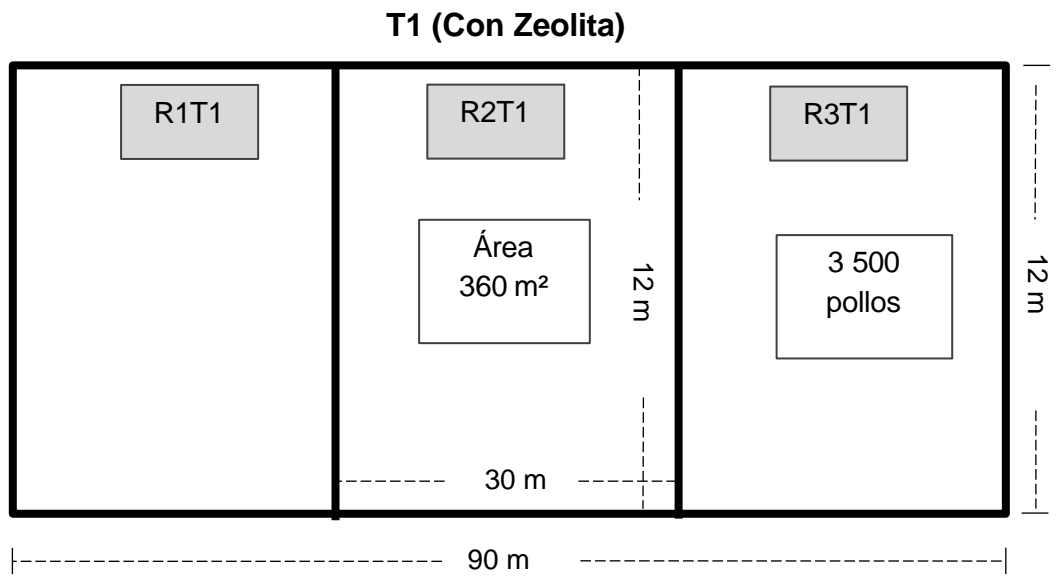
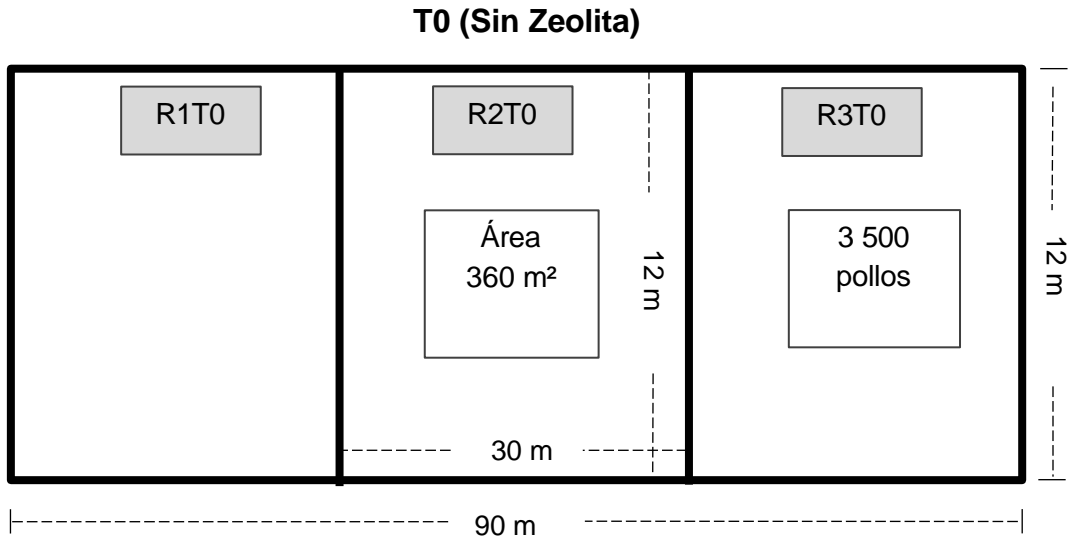
Tabla 1

Cantidad y día de aplicación de zeolita en kg/m² de cama por tratamiento

Tratamiento	Unidad experimental	Cantidad de zeolita (kg / m²)	Día de aplicación
	R1T0		
T0	R2 T0	0	0
	R3 T0		
	R1T1		
T1	R2T1	0.5	24
	R3T1		

Figura 4

Esquema de distribución de los tratamientos en los galpones..



2.5 Parámetros de Evaluación

a. Toma de muestras de las camas

Dentro de cada unidad experimental se determinaron cinco puntos diferentes denominados sub-muestras, de los cuales se extrajeron las muestras para los distintos análisis. Para la selección de los puntos de las submuestras se evitaron áreas cercanas y debajo de los bebederos y comederos de las aves.

Para obtener los valores finales en los análisis se promediaron las mediciones de cada submuestra obteniendo un valor final por cada unidad experimental, o de lo contrario, se combinaron las sub-muestras para obtener una muestra final a la que se le realizarían los análisis. Las submuestras se transportaron a los Laboratorios de la Universidad Científica del Sur o al Laboratorio de la Universidad Agraria La Molina según el tipo de análisis (Valerio et al., 2016).

Las muestras fueron envasadas en bolsas Whirl-Pack y selladas y rotuladas de forma inmediata. La realización de los análisis se llevó a cabo el mismo día que la toma de muestra, previa coordinación de la disposición de los Laboratorios, por lo que estas fueron almacenadas de forma temporal en un cooler rotulado sellado.

Durante los análisis se trabajaron con las medidas de bioseguridad asignadas al tipo de análisis a realizar y acorde a las normas establecidas en los Laboratorios de la Universidad Científica del Sur.

b. pH de cama

Se recolectaron 50 g de muestra final de cama en un beaker y se le agregaron 50 ml de agua destilada, se agitó y luego se dejó reposar por 30 min. El pH de la solución final se midió utilizando un equipo multiparámetro.

Se midió semanalmente cada repetición de ambos grupos experimentales.

c. Porcentaje (%) de humedad de la cama

Se pesaron 100 g de una muestra final de cama y se llevó por 2 h a la estufa a una temperatura de 110°C. Posteriormente, se retiraron y se llevaron para ser enfriada en un desecador.

Finalizando se pesaron las muestras para que, a través de la diferencia de los pesos entre la muestra seca y la húmeda se obtenga la cantidad inicial de agua que tuvo la muestra (Pizarro, 2006).

Se midió cada repetición de ambos grupos experimentales semanalmente.

$$\% \text{ Humedad} = \left(\frac{W_1 - W_2}{W_2} \right) \times 100$$

W_1 = peso de la muestra húmeda

W_2 = peso de la muestra seca

d. Cantidad de nitrógeno total en las camas

Se realizó el muestreo final de la cama de cada unidad experimentos para lo cual se tomaron 5 g que se analizaron mediante el método Kjeldahl.

Posteriormente, cada semana, se midió cada repetición de ambos grupos experimentales.

e. Volatilización de amoniaco en las camas

Por medio de un detector de gas amoniaco se realizó su medición *in situ* sobre la superficie de la cama a una altura no mayor a 1 m de esta.

Posteriormente, cada semana, se midió cada repetición de ambos grupos experimentales.

2.6 Manejo de Residuos

Durante el proceso de Investigación, se generaron residuos no aprovechables, producto del manejo de materiales, cuáles fueron segregados y dispuestos en contenedores de acuerdo con su clasificación (Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2017).

Así mismo, la generación de residuos peligrosos fue producto de los análisis realizados en los Laboratorios, los cuales estarán clasificados como Clase B, según el Manual para el Manejo y Eliminación de Residuos Químicos y Biológicos de la Universidad Científica del Sur, estos residuos fueron dispuestos en los

contenedores correspondientes para su posterior disposición final (Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2017).

2.7 Aspectos Éticos

El presente proyecto trabajó exclusivamente con las camas de las granjas avícolas durante la etapa de crianza de las aves. El producto utilizado se aplicó solo a las camas por lo que, no tuvo contacto directo con los animales. Asimismo, los parámetros a medir fueron referidos a muestras de las camas y evaluación de gases a través de un detector digital.

Como se explica anteriormente, esta investigación pretende evaluar la disminución del gas amoníaco producto de la crianza avícola y la mejora de la cantidad de nitrógeno retenido en las camas, conllevando así, un aumento en desempeño a nivel productivo y la posibilidad de plantear alternativas de valorización de las camas como su reaprovechamiento en la generación de abonos orgánicos o como parte de la alimentación de animales rumiantes.

3. **Análisis de datos**

La investigación fue de carácter experimental y se realizó un modelo de bloques completamente al azar que constó de dos tratamientos con tres repeticiones cada uno.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante varianzas aceptando o descartando la hipótesis propuesta, estimando así, la

existencia de diferencias de variabilidad entre los tratamientos realizados, estos cálculos se realizaron a partir del día 24 en el que se realizó la aplicación de la zeolita hacia el día 45, último día de crianza, de forma complementaria se realizaron pruebas solo para los días 45 en caso previamente no hay existido diferencia significativa.

Complementariamente, para determinar la relación entre los parámetros; se efectuó un análisis de correlación de Pearson con el intervalo del 95 % de confianza, donde si $p < 0.05$ los valores fueron considerados como significativos y, por lo tanto, existiría una relación entre los parámetros.

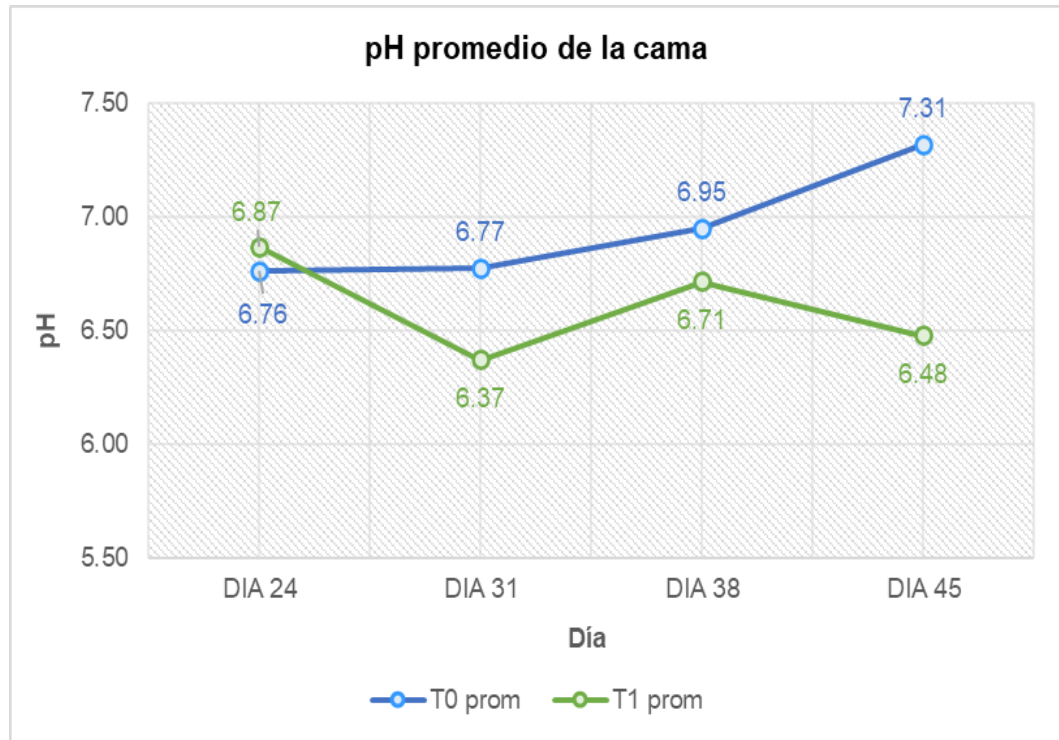
XII. RESULTADOS

1. pH de cama

El pH semanal obtenido a partir de las camas de ambos tratamientos se detalla en la Tabla 2 donde entre los días 24, estos valores variarán en ambos tratamientos, T0 y T1 entre 6.76 y 6.97, respectivamente. El comportamiento posterior al día 24 en el cual se aplica la zeolita, el comportamiento del pH ya no es similar en ambos tratamientos, ya que mientras en T0 el pH va en aumento, en T1 los valores tienden a disminuir e incrementar para finalmente en el día 45 terminar con un pH de 6.48 y en T0 valores de pH de 7.31. En ambos tratamientos se observa un aumento de pH en la medición del día 45 respecto al día 3 (Figura 5).

Figura 5

Comportamiento semanal de pH según el tratamiento.



Así mismo se realizó la prueba de T-Student para ambos tratamientos y se obtuvo un $p > 0.05$ ($p = 0.102$), por lo cual se asume que no hay diferencias significativas entre ambos tratamientos respecto al pH de la cama. Por lo que se decidió realizar la prueba para comparar el día 45 en ambos tratamientos, donde se obtuvo un p valor menor a 0.05 ($p = 0.036$), por lo cual se asume que si existen diferencias significativas entre ambos tratamientos respecto al pH en el día 45.

2. **Comportamiento de la volatilización del amoníaco y nitrógeno total con el pH de la cama**

Respecto al comportamiento del pH y del amoníaco, en ambas camas se vio una tendencia similar en los valores, se elevaban respecto

a su medición anterior, hasta el día 24 y posterior a ese día, para T0 se vio que mientras el pH iba en aumento también lo hacía el amoniaco, mientras que para T1 el pH disminuyó e incrementó ligeramente sin sobrepasar el valor del día 24 mientras el amoniaco también aumentaba siendo estos valores de T1, menores a T0 (Tabla 3 y Tabla 6).

Respecto a estas comparaciones, se realizaron pruebas de correlación de Pearson, obteniendo que, para las muestras de volatilización de amoniaco y pH de la cama, en el T0 la correlación fue positiva muy alta ($r = 0.964$) estadísticamente significativa ($p = 0.036$) y para T1 la correlación fue negativa moderada ($r = -0.455$) estadísticamente no significativa ($p = 0.545$). Mientras que, respecto al nitrógeno total de la cama y el pH de la cama, se obtuvo para T0 una correlación fue negativa muy alta ($r = -0.891$) estadísticamente no significativa ($p = 0.109$) y para T1 la correlación fue negativa baja ($r = -0.360$) estadísticamente no significativa ($p = 0.640$).

Es decir que, respecto a la volatilización del amoniaco, una disminución del pH de la cama conllevaría una disminución del amoniaco en T0, y en T1 la relación sería opuesta pero estadísticamente no significativa, mientras que para el nitrógeno total la relación sería que a menor pH habría mayor porcentaje de nitrógeno total en la cama tanto para T0 como para T1.

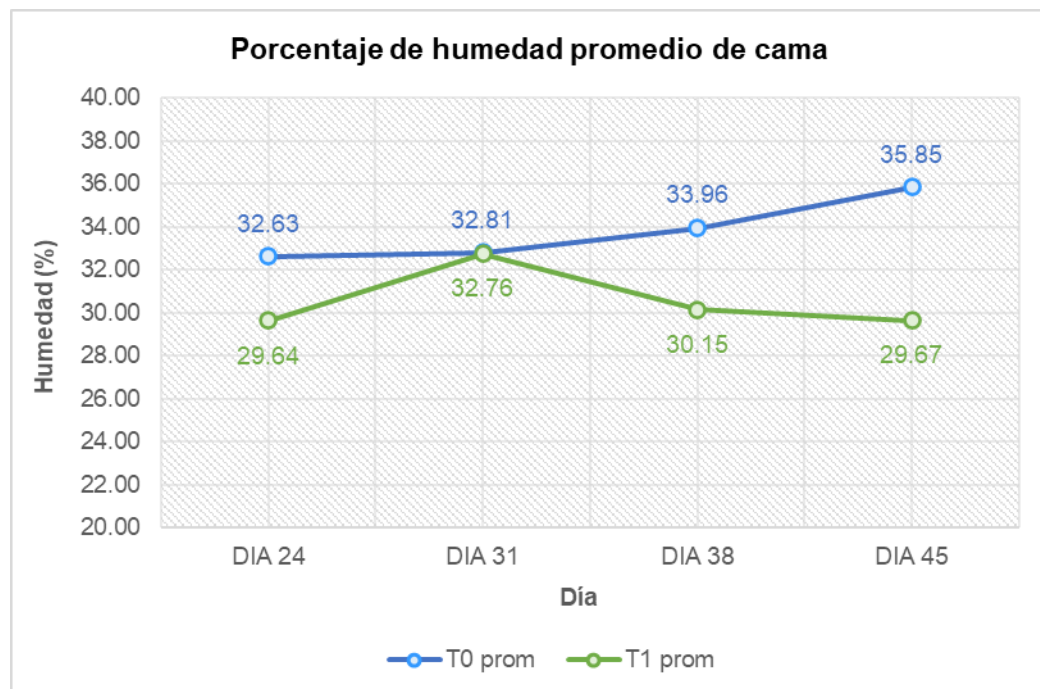
3. Porcentaje (%) de humedad de la cama

El resultado en ambos tratamientos con sus respectivas repeticiones se detalla en la Tabla 3. Se evidencia que los valores

obtenidos al inicio de la investigación son muy similares en ambos tratamientos, puesto que están en las mismas condiciones hasta el día 24 en que se aplica la zeolita en T1, el comportamiento en ambas camas hasta ese momento es de crecimiento semanalmente, posteriormente al día 31, los valores del porcentaje de humedad tienden a presentar una mayor variación entre ambos tratamientos, habiendo en el día 38 en T0 un 33.96 % de humedad y en T1 un 30.15% de humedad y terminando en el día 45 en T0 con una humedad del 35.85 % y en T1 con una humedad del 29.67 % (Figura 6).

Figura 6

Comportamiento semanal del porcentaje de humedad según el Tratamiento.



Así mismo, se realizó la prueba de T-Student para ambos tratamientos y se obtuvo un p valor menor a 0.05 ($p = 0.027$), por lo cual

se asume que existen diferencias significativas entre ambos tratamientos respecto al porcentaje de humedad de la cama.

4. **Comportamiento de la volatilización del amoníaco y nitrógeno total con la humedad de la cama**

Con relación al comportamiento de la volatilización del amoníaco y la humedad en las camas de las aves, la relación hasta el día 24 en ambos tratamientos es muy similar, posteriormente en T0 se ve que el porcentaje de humedad sigue aumentando y el amoníaco también lo hace, mientras que para T1 el porcentaje de humedad tiende a disminuir ligeramente y el amoníaco sigue aumentando sin llegar a los valores de T0 (Tabla 4 y Tabla 5).

Por otro lado, respecto a la relación del porcentaje de nitrógeno total con el porcentaje de humedad de la cama se observaron variaciones a partir del día 24, siendo que en T0 la humedad aumentaba hacia el día 45 y el nitrógeno total tuvo tendencia a disminuir, mientras que para T1 la humedad aumentó y disminuyó del día 31 al 45 mientras que el nitrógeno disminuyó y solo aumentó el día 45.

Sobre estas comparaciones, se realizaron pruebas de correlación de Pearson, obteniendo que, para las muestras de volatilización de amoníaco y porcentaje de humedad de la cama, en el T0 la correlación fue positiva muy alta ($r = 0.974$) estadísticamente significativa ($p = 0.026$) y para T1 la correlación fue negativa baja ($r = -0.289$) estadísticamente no significativa ($p = 0.711$) (Tabla 15) Mientras que, respecto al nitrógeno

total de la cama y el pH de la cama, se obtuvo para que para T0 la correlación fue negativa muy alta ($r = -0.920$) estadísticamente no significativa ($p = 0.080$) y para T1 la correlación fue negativa baja ($r = -0.352$) estadísticamente no significativa ($p = 0.648$).

Es decir que, respecto a la volatilización del amoníaco y el porcentaje de humedad, un aumento de este parámetro conllevaría un aumento del amoníaco en el ambiente en T0, mientras que para T1 la relación sería opuesta pero estadísticamente no significativa. De la misma manera, para el nitrógeno total de la cama la relación indicaría que a mayor porcentaje de humedad menor porcentaje de nitrógeno total en la cama en T0 y T1.

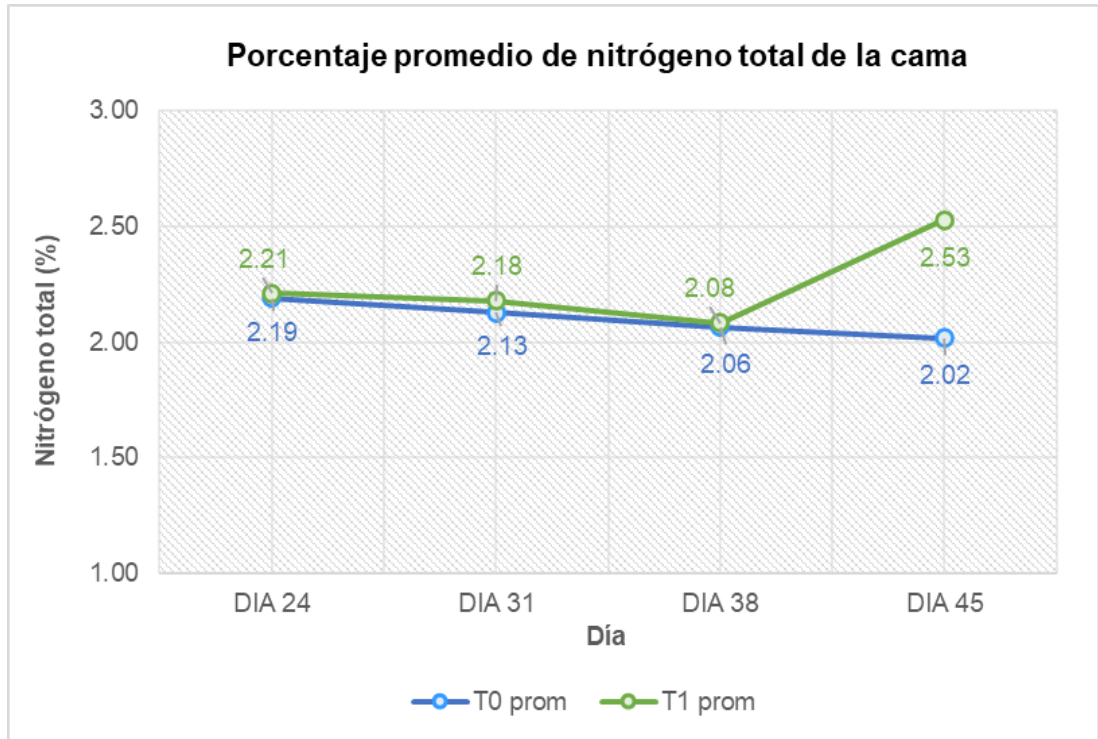
5. Cantidad de nitrógeno total en las camas

La cantidad de nitrógeno (N) de las camas en ambos tratamientos fue obtenida en forma porcentual y los datos se registran en la Tabla 4. Se evidencian los menores valores en el día 3 en ambos tratamientos los cuales estuvieron entre 0.90 % y 1.22 % para T0 y entre 0.89 % y 1.10 % para T1, estos valores son altamente similares entre ambos tratamientos, lo cual se ve hasta el día 24 en que se aplica la zeolita.

Posterior al día 24, los valores en ambos tratamientos y en sus repeticiones presentan mayor variación y es al día 45 en que se ve que los valores de T1 tienden a ser mayores respecto a T0 (Figura 7).

Figura 7

Comportamiento semanal del porcentaje promedio del nitrógeno total de la cama. según el tratamiento.



Así mismo se realizó la prueba de T-Student para ambos tratamientos y se obtuvo un p valor mayor a 0.05 ($p = 0.244$), por lo cual se asume que no hay diferencias significativas entre ambos tratamientos respecto al porcentaje de nitrógeno total de la cama. Por lo que se decidió realizar la prueba para comparar el día 45 en ambos tratamientos, donde se obtuvo un p valor mayor a 0.05 ($p = 0.194$), por lo cual se asume que no existen diferencias significativas entre ambos tratamientos respecto al porcentaje de nitrógeno total en el día 45.

6. **Comportamiento de la volatilización del amoniaco y el nitrógeno total de la cama**

Respecto al nitrógeno contenido en las camas de las aves y la volatilización del amoniaco, en ambos tratamientos se puede ver un comportamiento similar para ambos parámetros hasta el día 24 (Tabla 5 y Tabla 6) ya que se presentan valores cercanos entre sí y no hay influencia de la zeolita aún.

Posteriormente, en el día 38 para T1 y T0 se evidenció que el nitrógeno tiende a bajar ligeramente mientras que el amoniaco se fue incrementando y en el día 45, para T0 el nitrógeno tendió a mantenerse y el amoniaco siguió incrementándose, mientras que para T1 en el día 45 el nitrógeno tiende a incrementarse y el amoniaco también pero no cerca de los valores de T0.

Sobre estas comparaciones, se realizaron pruebas de correlación de Pearson, obteniendo que, para las muestras de volatilización de amoniaco y porcentaje de nitrógeno total de la cama, en el T0 la correlación fue negativa muy alta ($r = -0.965$) estadísticamente significativa ($p = 0.035$) y para T1 la correlación fue positiva alta ($r = 0.685$) estadísticamente no significativa ($p = 0.315$).

Es decir que, respecto a la volatilización del amoniaco y el porcentaje de nitrógeno total, un aumento de este parámetro conllevaría una disminución del amoniaco en el ambiente en T0, mientras que para T1 la relación sería opuesta y estadísticamente no significativa.

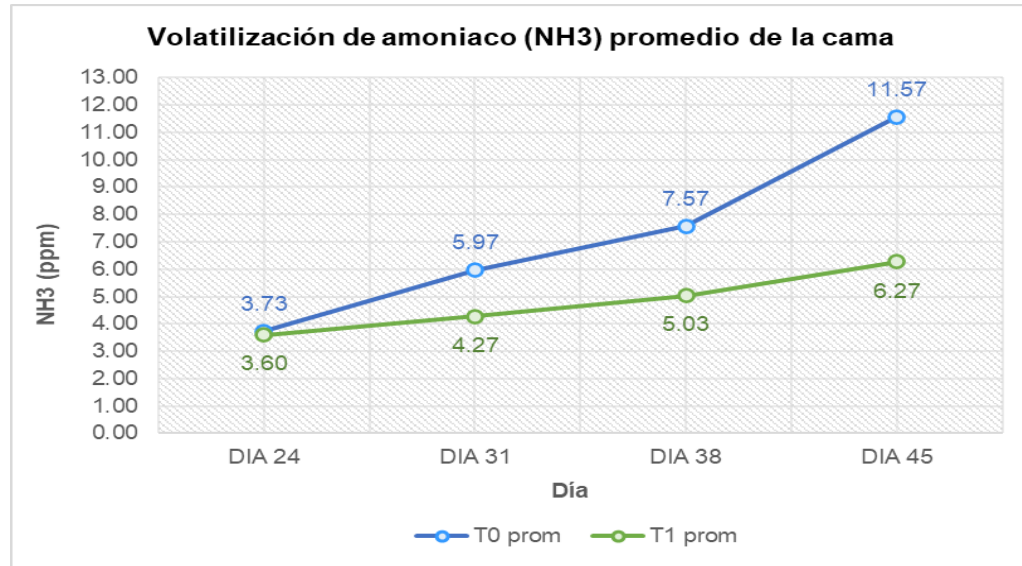
7. Volatilización de amoniaco en las camas

Respecto a la volatilización del gas amoniaco se determinó que, en ambos tratamientos el valor inicial de amoniaco detectado fue de 0 ppm, sin embargo, en los días subsiguientes conforme las aves iban creciendo este valor también iba en aumento. En el caso T0 los valores promedio fueron de 0.4 en el día 10; 0.73 ppm en el día 17; 3.73 ppm en el día 24, aumentando a 5.97 ppm en el día 31, 7.57 ppm en el día 38 y por último teniendo los valores más altos en el día 45 donde su promedio fue de 11.57 ppm. Mientras que para T1 los valores promedio fueron de 0.43 ppm en el día 10, 0.73 ppm en el día 17, 3.60 ppm en el día 24, a partir de esa fecha se mostró una variación puesto que se dio la aplicación de la zeolita y los resultados fueron de 4.27 ppm en el día 31, de 5.03 ppm en el día 38 y el último día el valor promedio fue de 6.27 ppm.

En ambos tratamientos se ve un aumento de emisión de gas amoniaco a partir del día 24, siendo mayor para T0 que para T1.

Figura 8

Comportamiento semanal de la volatilización de amoniaco promedio de la cama según el tratamiento.



Así mismo se realizó la prueba de T-Student para ambos tratamientos y se obtuvo un $p > 0.05$ ($p = 0.261$), por lo cual se asume que no hay diferencias significativas entre ambos tratamientos respecto a la volatilización del amoniaco de la cama (Tabla 20). Por lo que se decidió realizar la prueba para comparar el día 45 en ambos tratamientos, donde se obtuvo un $p < 0.05$ ($p = 0.00$), por lo cual se asume que si existen diferencias significativas entre ambos tratamientos respecto a la volatilización del amoniaco en el día 45 (Tabla 21).

XIII. DISCUSIÓN

1. pH de cama

En relación con el pH de la cama, este parámetro normalmente puede oscilar entre 6 a 9 tendiendo a ser alcalino (Cascante, 2019) sobre lo cual T0 y T1 reportaron valores dentro del rango indicado.

Para T0 se tuvo un incremento semanal que osciló de 6.76 en el día 24 a 6.77 en el día 31, luego fue de 6.95 en el día 38 y 7.31 en el día 45, este comportamiento fue similar al obtenido por Pizarro (2006) y donde el pH de la cama no tratada fue en aumento respecto a su medición anterior en la etapa de crianza siendo reportado también por Jaramillo (2017), siendo uno de los factores influyentes en este comportamiento la edad del pollo por el aporte principalmente de excretas (Arellano, 2014)

Por otro lado, T1 presentó valores de pH de 6.81 en el día 24, 6.37 en el día 31, 6.71 en el día 38 y 6.48 en el día 45, siendo en su mayoría menores cantidades a las de T0, estos valores y la tendencia del comportamiento del pH se acercan a lo reportado en la investigación de Pizarro (2006) que aplicó 0.45 kg de zeolita / m² a la cama de pollos en el día 35 de crianza obteniendo valores de pH de 8.4 en el día 35, 7.6 en el día 39, 7.8 en el día 42 y volvió a bajar a 7.6 en el día 44.

Si bien existieron diferencias en los valores de pH entre ambos tratamientos donde T1 presentó menores valores que T0,

estos no fueron significativos a lo largo del tratamiento, coincidiendo con lo reportado por Jaramillo (2017) que obtuvo también menores valores en la cama tratada con zeolita respecto de la cama no tratada desde el día 28 de tratamiento. Por otro lado, en el día 45 si se presentaron diferencias significativas para el pH entre ambos tratamientos siendo los valores promedio de 6.48 para T1 y 7.31 para T0, coincidiendo con la investigación de Pizarro (2006) que obtuvo valores de 7.6 para T1 y 8.7 para T0.

2. Comportamiento de la volatilización del amoníaco y nitrógeno total con el pH de la cama

Los resultados obtenidos en la correlación entre el pH con el amoníaco y el nitrógeno indicaron que para T0 se presentó una tendencia positiva donde a mayor pH fue mayor la cantidad de amoníaco en el ambiente, sin embargo, en T1 este comportamiento se alteraría, por efecto de la zeolita que además de haber actuado como acidificante del medio, el tipo de zeolita usado, clinoptilolita, se presentaría más estable en las camas a valores de pH bajos (López et al., 2010) conllevando una mayor eficiencia en la retención del nitrógeno en la cama y menor volatilización del amoníaco.

Estas correlaciones se sustentarían con investigaciones como la de Merchán y Quezada en el 2013 y la de Rojas y Gonzáles en el 2019 donde indicaron que el pH es de los parámetros principales relacionados a la volatilización del amoníaco en los galpones de crianza de aves, siendo que, cuando la cama presenta

un pH ligeramente ácido o neutro la emisión de amoniaco es ligeramente baja, mientras que, si el pH de la cama tiende a ser más alcalino la producción de amoniaco se incrementa, información que concuerda con lo reportado por Pizarro (2006) ya que, en su investigación se obtuvieron valores de pH por encima de los 8 presentaron una mayor concentración de amoniaco en ambos tratamientos (sin zeolita y con zeolita), además, Ezenwosu et al. (2022) indicaron que cuando el pH y la humedad de la cama son altos hay una mayor emisión de gas amoniaco ya que ambos parámetros fomentan la proliferación microbiana y la degradación de la cama.

En otras publicaciones como las de Osorio et al. en el 2011 donde investigaron acerca del control de emisión de gases y olores en la industria avícola, indican que, a un pH bajo se favorece la formación de amonio reduciendo la potencial volatilización del amoniaco, ya que, el pH básico favorece el crecimiento de microorganismos que tienen la capacidad de descomposición del ácido úrico y formación de amoniaco (Pizarro, 2006) como la enzima uricasa que es la encargada de catalizar la ruptura del ácido úrico (Merchán y Quezada, 2013) y es la primera enzima del proceso siendo su pH óptimo de 9 mayormente, es así que, el pH es una de las propiedades importantes a tener en cuenta debido a que determina la presencia de microorganismos de alta importancia (Paterlini et al., 2017).

3. Porcentaje (%) de humedad de la cama

Los resultados obtenidos para el porcentaje de humedad en T0 y T1 fueron de 34.37 % y 31.18 % respectivamente en el día 24, valores que estarían cercanos al rango entre 25 % y 35 % de humedad que debería mantener la cama de los pollos (Vejarano, 2005), posterior a ello, en el día 45 para T0 se reportaron valores de 32.81 %, 33.96 % y 35.85 %, lo cuales concordarían con lo reportado por Pizarro en el 2006 donde sus valores para T0 variaron de 52.2 % a 51.9 % y 52.3 %, sin embargo, los valores de su tratamiento con zeolita fueron muy similares a su tratamiento control, obteniendo en el día 44 un 52.7 % mientras que en la presente investigación en el día 45 se tuvo un 29.67 % con diferencias significativas entre T0 y T1.

El comportamiento de la humedad de la cama de pollos en general tiende a aumentar con el paso del tiempo ya que, a medida que las aves van creciendo van aportando más humedad a la cama a través de sus excretas, además este parámetro puede variar en relación al tipo de material usado, siendo en esta investigación viruta de madera (Vejarano, 2005) que se presenta como una de las alternativas más eficiente para absorber la humedad, diluir las heces y aislar a la aves (Pizarro, 2006), así mismo, otro de los factores determinantes es el manejo de la ventilación dentro del galpón donde para esta investigación la ventilación fue natural, manteniendo las cortinas elevadas en la mañana durante el volteo de las camas para evitar que se torne apelmazada generando un

nivel de humedad menor a 40 % además que la experimentación se realizó en época de verano que favoreció una baja humedad .

4. **Comportamiento de la volatilización del amoníaco y nitrógeno total con la humedad de la cama**

Respecto al comportamiento de la humedad de las camas con el amoníaco y el nitrógeno total en T0 se obtuvo una correlación positiva que indica que a mayor humedad de la cama habría una mayor volatilización del amoníaco y menor cantidad de nitrógeno total retenido, mientras que para T1, se alteró este comportamiento debido a la adición de zeolita que se presenta como una alternativa para el control de este gas y de malos olores en la avicultura por su cantidad elevada de calcio, sílice y propiedad absorbentes que evitan el intercambio de cationes con el NH_3 disminuyendo la volatilización de amoníaco y la humedad de las camas de las aves (Curi et al., 2006).

Sin embargo, esta relación no concordaría con la investigación de Pizarro (2006) donde, si bien el nivel de amoníaco fue menor en la cama tratada respecto a la cama sin tratamiento los porcentajes de humedad en las camas se mantuvieron constantes y con diferencias mínimas entre ambos tratamientos por lo que, no presentaron diferencia estadísticamente significativa, atribuyendo dicho resultado a la deficiente ventilación en los galpones, al tipo de bebederos usados y a la época de crianza puesto que en invierno por la baja ventilación la cama tiende a tornarse a apelmazada y mojada conllevando mayor volatilización

del amoníaco, pudiendo llegar a niveles tóxico (entre 50 ppm a 100 ppm) perjudiciales para el desarrollo de las aves e incluso de las personas (Al- Homidan et al., 2003).

Así mismo, en la investigación de Jaramillo (2017), se reportó que la cama tratada al finalizar la etapa de crianza presentó menor valor de amoníaco respecto a la cama no tratada, mientras que la humedad presentó valores iguales o cercanos entre ambos tratamientos, por lo cual, la investigación concluyó que la zeolita tenía un efecto en la reducción de emisión de gas amoníaco en las camas de los pollos, pero la humedad no fue un factor influyente.

Por otro lado, de forma visual se observaron que las camas de las aves fueron tornándose más duras y compactas conforme pasaban las semanas y las aves crecían, lo cual fue de la mano con el olor percibido en los galpones el cual era más intenso en el transcurrir de las semanas, esto concordaría con lo reportado por Pizarro en el 2006 que indicó que, cuando hay un valor cercano o mayor a 40 % de humedad de la cama esta tiende a endurecerse o apretarse favoreciendo que los microorganismos que forman parte de las camas de crianza de las aves se multipliquen y generen la formación y volatilización del amoníaco (Al- Homidan et al., 2003), por la descomposición microbiana del ácido úrico (Pizarro, 2006). De igual manera, se indica que donde los niveles de humedad sean más altos se limita la difusión del oxígeno aumentando la volatilización del amoníaco puesto que, hay

un incremento de la tasa de mineralización del nitrógeno y de la disolución del amonio de la cama de las aves (Bastidas, 2020).

5. Cantidad de nitrógeno total en las camas

Respecto a la cantidad de nitrógeno total de las camas, los resultados indicaron valores promedio en T0, entre 1.08 % (día 3) hasta 2.02 % (día 45) y para T1, entre 1.01 % (día 3) y 2.53 % (día 45) siendo los valores muy cercanos entre ambos tratamientos, sin embargo, los valores para el T1 fueron ligeramente mayores respecto a T0.

Investigaciones como la de Gange en el 2016 han reportado que el promedio de nitrógeno en la cama de pollos es de 2.81 % al finalizar la etapa de crianza, así mismo Paterlini et al. en el 2017 indicaron un 28.3 g / kg como promedio para nitrógeno total en la cama, mientras que Riera et al. en el 2014 reportaron un valor de 2.2 % de nitrógeno total en la cama de pollos parrilleros al finalizar su etapa de crianza, siendo este último dato el que más se acerca a lo reportado en la presente investigación donde en el día 45 los porcentajes de nitrógeno para T0 variaron entre 1.58 % y 2.21 % y para T1 entre 2.10 % y 2.77 %, por otro lado, en ambos tratamiento los valores fueron menores a 2.8 %, lo cual puede deberse a las condiciones de manejo del galpón y el manejo de las aves, ya que, por ejemplo, según Pizarro (2006) las dietas que contienen altos niveles de proteína pueden generar un incremento en la cantidad de nitrógeno de las heces.

Respecto a la eficiencia de la zeolita en T1, esta no fue significativamente alta respecto a la retención del nitrógeno total en la cama pudiendo atribuirse a la cantidad de zeolita aplicada en la cama, a una posible pérdida de nitrógeno por otros medios como la lixiviación o por volatilización como óxido nitroso, óxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno (Larios-González et al., 2021) por su interacción con otros elementos que componen las excretas de los pollos, ya que como se indicó, la zeolita posee una capacidad y selectividad al intercambio iónico también con preferencia hacia los nutrientes como el potasio, calcio, hierro, sodio, etc., además que también puede retener agua en su estructura (Rodríguez, 2016).

6. **Comportamiento de la volatilización del amoníaco y el nitrógeno total de la cama**

El resultado obtenido para la relación del comportamiento entre la volatilización del amoníaco y el nitrógeno total fue negativo, indicando que mientras mayor fue la emisión de amoníaco el porcentaje de nitrógeno total retenido en la cama fue menor. Esta relación concuerda con lo indicado por Santos (2021) que establece que la pérdida de nitrógeno por las excretas de los pollos aumenta la volatilización del amoníaco en los galpones de pollos pudiendo deberse a la propiedad de intercambio catiónico de la zeolita que retiene el nitrógeno total en la cama atrapando en su estructura el NH_4 y otros iones, por lo que la volatilización del amoníaco tiende a disminuir (Mohammed y ElBably, 2020). Así mismo, se sabe que el amoníaco es generado por la

descomposición de compuestos nitrogenados orgánicos de las excretas y orín, ya que al ser ricas en ácido úrico pueden ser transformadas y volatilizadas en amoníaco y dióxido de carbono fácilmente (Santos, 2021).

Esta información se relaciona con lo reportado en el 2021 por Gómez-Rosales et al. donde realizaron un balance de nitrógeno en pollos indicando que, teóricamente, en el proceso de crianza donde se esperaba una recuperación del 59 % de nitrógeno en las excretas de los pollos, solo se recuperó el 28 % de nitrógeno en las camas por lo que el 31 % de nitrógeno restante se habría volatilizado de la cama en el interior del galpón a causa de la mineralización por acción de microorganismos de la urea y el ácido úrico, los cuales representaron hasta el 80 % de nitrógeno total excretado por las aves (Zhang et al., 2015).

Por otro lado, la tasa de formación de NH_3 en la cama de las aves depende principalmente de la humedad y temperatura ambiental, mientras que la tasa de acumulación del amoníaco dentro del galpón dependería del tamaño del galpón, cantidad de animales y el grado de ventilación (Feng-Xian et al., 2012; Wei et al., 2015).

7. Volatilización de amoníaco en las camas

Respecto a la volatilización del amoníaco su comportamiento los resultados obtenidos para T0 y T1 presentaron valores entre 0 ppm (día 3) y 3.73 ppm (día 24), posterior a esta

fecha donde se aplicó la zeolita, los valores en aumento, siendo para T0, 11.57 ppm (día 45) y para T1, 6.27 ppm (día 45) mostrando Estos resultados concordaron con la investigación de Pizarro (2006) que obtuvo una mayor cantidad de amoniaco en la cama sin tratamiento respecto de la cama con tratamiento. Así mismo, Jaramillo (2017) aplicó zeolita en la cama a razón de 30 gr/ m², obteniendo menor concentración de amoniaco en la cama tratada debido a la capacidad de absorción de humedad que tiene la zeolita reduciendo la volatilización del NH₃, donde sus resultados fueron en la cama tratada con zeolita en el día 35 de 14 ppm y en el día 42 de 18 ppm y en la cama no tratada en el día 35 de 21 ppm y en el día 42 de 24 ppm coincidiendo con Zambrano en el 2012 que aplicó zeolita (250 gr/ m²) en la cama de las aves obteniendo en la cama tratada como resultados promedio en la sexta semana de 11 ppm y en la séptima semana un valor de 17.6 ppm, mientras que en la cama no tratada los resultados promedio fueron en la sexta semana de 11.66 ppm y en la séptima semana un valor de 23 ppm.

Por otro lado, los valores de amoniaco obtenidos son menores que los de las investigaciones citadas anteriormente, lo cual pudo deberse a diversos factores como la cantidad de aves, el tipo de cama, el manejo de la ventilación, el clima, la proporción y el tipo de zeolita, tal como lo menciona Collazos en el 2010 donde además indicó que, la zeolita favorece el control de la humedad y los olores en los galpones a través de la captura del amonio reduciendo así, las pérdidas de nitrógeno. Además, estudios

indican que el tamaño de la partícula de la zeolita también influiría significativamente en la reducción de la volatilización donde las partículas que se encuentren entre 3 a 5 mm podrían ser las más efectivas (Soca y Daza, 2015).

Así mismo, estudios como el de Valerio et al. (2016), donde se incubaron residuos de gallinaza y codorniz adicionando zeolita y obtuvieron que mientras mayor era la dosis empleada en el tratamiento, menor era la emisión de gas amoníaco, concluyendo de esta forma que, la zeolita por su alta capacidad de intercambio catiónica atrapa el amonio en su estructura y retiene el ácido úrico reduciendo su volatilización como amoníaco (De Oliveira et al., 2015).

XIV. CONCLUSIÓN

La aplicación de la zeolita no produjo efectos significativos en la retención del nitrógeno en las camas de las granjas avícolas, a pesar de que este parámetro tuvo valores ligeramente mayores en T1 (2.21 % en el día 24, 2.18 % en el día 31, 2.08 % en el día 38 y 2.53 % en el día 45) respecto de T0 (2.19 % en el día 24, 2.13 % en el día 31, 2.06 % en el día 38 y 2.02 % en el día 45). Por otro lado, en relación a la reducción de gas amoníaco se generó una tendencia a la reducción en las camas de T1 (3.60 ppm en el día 24, 4.27 ppm en el día 31, 5.03 ppm en el día 38 y 6.27 ppm en el día 45) respecto de T0, (3.73 ppm en el día 24, 5.97 ppm en el día 31, 7.57 ppm en el día 38 y 11.57 ppm en el día 45), que no fue estadísticamente significativa, sin embargo, en el último día de crianza (día 45) T1 presentó diferencia significativa respecto de T0, donde los valores promedio fueron de 11.57 ppm y 6.27 ppm respectivamente.

XV. RECOMENDACIONES

- Ejecutar una mayor cantidad de ensayos que permitan obtener más información acerca del comportamiento del nitrógeno bajo influencia de la zeolita en la cama pollos en granjas avícolas.
- Ejecutar ensayos con distintas proporciones de zeolita por área de cama de manera que se pueda evaluar este factor en el comportamiento del nitrógeno en la cama de los pollos.
- Evaluar nuevos parámetros ligados a la dinámica del nitrógeno y su comportamiento con la aplicación de la zeolita en la cama de los pollos, tales como la época del año, ventilación del galpón, tipo de zeolita, tiempo de adición de la zeolita según la etapa de crianza, entre otras.

XVI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL- Homidan, A., Robertson, J., & Petchey, A. (2003). Review of the effect of ammonia and dust concentrations on broiler performance. *World's Poultry Science Journal*, 59(3), 340-349. <https://doi.org/10.1079/WPS20030021>

Arellano Peche, G. (2014). Conservación y calidad de la cama o yacija en nave de pollos. En *Sitio Argentino de Producción Animal*. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_aves/produccion_avicola/101-conservacion_cama.pdf

Banaszak, M., Biesek, J., Bogucka, J., Dankowiakowska, A., Olszewski, D., Bigorowski, B., Adamski, M. (2020). Impact of aluminosilicates on productivity, carcass traits, meat quality, and jejunum morphology of broiler chickens. *Poultry Science*, 99(12), 7169-7177. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.073>

Bastidas, J. (2020). *Estimación de las emisiones de amoníaco en galpones avícolas, usando un modelo neuronal artificial*. Palmira, Colombia [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia] Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Colombia. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80440/1113645258_2021.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Bolan, N., Szogi, A., Chuasavathi, T., Seshadri, B., Rothrock Jr, M., & Panneerselvam, P. (2010). Uses and management of poultry litter. *World's Poultry Science Journal*, 66(4), 673-698.

https://www.cambridge.org/core/journals/world-s-poultry-science-journal/article/abs/uses-and-management-of-poultry-litter/FC7FE34B6394A550AC88F6EF40DF7E54?utm_campaign=shareaholic&utm_medium=copy_link&utm_source=bookmark

Brito, D., Brito, D., Gomes, A., Wedge, A., Silva, U., y Pinheiro, A. (2016). Rendimiento productivo y año de carcasa de raza de pollo en diferentes materiales de cama aviar. *Revista Ciencia Animal Brasileña.*, 17(2), 192-197. <https://doi.org/10.1017/S0043933910000656>

Burguet, G. (2015). *Valorización energética del residuo avícola. Impacto económico-ambiental y análisis experimental en Europa, de la reducción de amoníaco en explotaciones avícolas, mediante compuesto enzimático.* Oviedo, España [Tesis doctoral, Universidad de Oviedo] Repositorio Institucional de la Universidad de Oviedo <http://hdl.handle.net/10651/38420>

Cascante, J. (2019). *Tratamiento térmico para la reducción de la carga microbiológica en las camas reutilizadas de cascarilla de arroz y evaluación del comportamiento productivo de las camas de arena como alternativa para su uso en pollo de engorde.* Costa Rica [Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica] Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica. <https://zootecnia.ucr.ac.cr/images/tesis/pdfs/cascante-barboza-jairo-andres.pdf>

- Collazos, H. (2010). La aplicación de Zeolita en la producción avícola: Revisión. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 1(1), 17-23. <https://doi.org/10.22490/21456453.904>
- Coveña, W., y Montesdeoca, M. (2021). *Influencia de diferentes tipos de cama y espesores en los niveles de amoniaco en la crinaza de pollos broiler Coob 500*. Calceta, Ecuador [Informe de trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1614/1/TTMV31D.pdf>
- De Oliveira, M., y Rosa, C. (2010). Tratamento da cama de frango sobre o desempenho das aves e qualidade da carcaça e da cama – Revisão de literatura. *PUBVET*, 4(7). <https://www.pubvet.com.br/uploads/d0db5e10ae8e4c668c935d971f8ccdf4.pdf>
- De Oliveira, M., Gonçalves, B., Pádua, G., da Silva, V., da Silva, D., & Freitas, A. (2015). Treatment of poultry litter does not improve performance or carcass lesions in broilers. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 28(4), 331-338. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v28n4a05>
- Dias Oliveira, M., Campos Sousa, F., Osorio Saraz, J., Arlindo Calderano, A., Ferreira Tinôco, I. F., & Souza Carneiro, A. P. (2021). Ammonia Emission in Poultry Facilities: A Review for Tropical Climate Areas. *Atmosphere*, 12(9), 1091. <https://doi.org/10.3390/ATMOS12091091>
- Ezenwosu, C., Anizoba, N., Udeh, V., Nwoga, C., Onodugo, M., Onochie, C., & Onyimony, A. (2022). Litter Treatment Using Zeolite as a Management

Protocol to Enhance Broiler Performance and Control Ammonia Emission in Broiler Production in the Humid Tropics.: at Research Square
<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1307938/v1>

Feng-Xian, W., Bin, X., Xiao-Fei, H., Shao-Yu, L., Fu-Zhu, L., Quan-You, S. & Lin-Yi, W. (2012). The Effect of Ammonia and Humidity in Poultry Houses on Intestinal Morphology and Function of Broilers. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11(19), 3641-3646.
<https://dx.doi.org/10.3923/javaa.2012.3641.3646>

Gange, J. M. (2016). Aproximación al valor potencial de la cama de pollo como fertilizante en el centro este de Entre Ríos. *Cama de pollo en Entre Ríos- Aportes para su uso y manejo*, (pp. 48-60). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria <https://docplayer.es/51045192-Cama-de-pollo-en-entre-rios-aportes-para-su-uso-y-manejo.html>

Gómez-Rosales, S., Angeles, M., y Maguey-González, J. (2021). Respuesta productiva y balance de nitrógeno en pollos adicionados con sustancias húmicas en el agua de bebida. *Abanico Veterinario*, 11, 1-15.
<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2021.30>

Huillca, M. (2019). *Efecto del uso de viruta, cascarilla de arroz y arena como materiales de cama sobre los parámetros productivos de pollos parrilleros*. Cusco, Perú: [Tesis de titulación, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/4749/2_53T20190680_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ishchenko, K., Pali, A., Kis, V., Petrov, R., Nagorna, L., Dolbanosova, R., & Paily, A. (2019). Investigation of microclimate parameters for the content of toxic gases in poultry houses during air treatment in the scrubber with the use of various fillers. *Ukrainian Jurnal of Ecology*, 9(2), 74-80.
<https://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/7400/1/investigation-of-microclimate.pdf>

Jaramillo, C. (2017). *Alternativas orgánicas para la reduccián de amoniaco en la cama para la crianza de pollo de engorde*. Santo Domingo, Ecuador [Tesis de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas]. Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas.
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14237/1/T-ESPESD-002122.pdf>

Kahraman, M., Daş, A., Güngören, G., Doğan, D. B., Yiğın, A., & Boyraz, M. (2021). The Effect of Using Zeolite (Clinoptilolite) as a Litter on Some Milk Yield and Welfare Parameters in Tent-Type Sheep Shelters. *Revista: Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi*, 691-698.
<https://vetdergikafkas.org/pdf.php?id=2859>

Karamanlis, X., Fortomaris, P., Arsenos, G., Dosis, I., Papaioannou, D., Batzios, C., & Kamarianos, A. (2008). The effect of a natural zeolite (clinoptilolite) on the performance of broiler chickens and the quality of their litter. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 21(11), 1642-1650.
<https://doi.org/10.5713/ajas.2008.70652>

Larios-González, R., García, L., Jerónimo, M., Avalos, C., y Castro, J. (2021). Pérdidas de nitrógeno por volatilización a partir de dos fuentes

nitrogenadas y dos métodos de aplicación. *Siembra*, 8(2).

<https://doi.org/10.29166/siembra.v8i2.2475>

Lon-Wo, E., Acosta, A., y Cárdenas, M. (2010). Efecto de la zeolita natural (Clinoptilolita) en la dieta de la gallina ponedora. Su influencia en la liberación de amoníaco por las deyecciones. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 44(4), 389-392.

<https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017783010.pdf>

Maisonave, R., Lamelas, K., y Mair, G. (2015). *Buenas prácticas de manejo y utilización de cama de pollo y guano*. Buenos Aires: Ministerio de agroindustria.

https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/aves/informes/otros/_archivos/151216_Buenas%20Practicas%20de%20Manejo%20y%20Utilizacion%20de%20Cama%20de%20Pollo%20y%20Guano%20de%20Gallina.pdf

Merchán, I., y Quezada, J. (2013). *Reducción de amoníaco de la pollinaza de pollos broiler mediante la adición de zeolita en la ración alimenticia durante el periodo de crianza en la parroquia Paccha del Cantón Cuenca, provincia del Azuay*. Cuenca, Ecuador [Tesis de titulación, Univerisdad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de la Univerisdad Politécnica Salesiana <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3399>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2022). *Producción y Comercialización de Productos Avícolas*.

<http://repositorio.midagri.gob.pe/jspui/handle/20.500.13036/1186>

Mohammed, A. N., & EIBably, M. A. (2020). Mitigation of Air Gas Emission, and Litter Microbial Quality in Muscovy Duck Pens: The Effectiveness of

adding Clinoptilolite Zeolite as a Litter Amendment. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 10(4), 219-225.

<https://advetresearch.com/index.php/AVR/article/view/550/437>

Mumptom, F. (1999). La roca mágica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(7), 3463-3470. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.7.3463>

Nevárez, A, y Moreira, G. (2022). *Diagnóstico de los niveles de emisión de amoníaco en granjas de pollos broiler del Cantón Bolívar, Manabí – 2021*. Calceta, Ecuador [Informe de trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1764/1/TIC_MV03D.pdf

f

Núñez, A. (2009). *Turba y zeolita como soportes de inoculantes microbianos con acción fertilizante ICIDCA sobre derivados de la caña de azúcar* (Vol. 43). La Habana, Cuba: Instituto cubano de Investigaciones de los derivados de la Caña de Azúcar, 43(3), 22-27.

<https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=223120660004>

Oladeinde, A., Awosile, B., Woyda, R., Abdo, Z., Endale, D., Strickland, T., Cook, K. (2023). Management and environmental factors influence the prevalence and abundance of food-borne pathogens and commensal bacteria in peanut hull-based broiler litter. *Poultry Science*, 102(2).

<https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102313>

Osorio, J. A., Garcia, A., Alves, F., Ferreira, I., & Zapata, O. (2011). Controle de emissão de gases e odores na indústria avícola: Caso amônia. *PUBVET*, 5(32). <http://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v5n32.1205>

Osorio, J., Zapata, O., Arango, J., Márquez, C., Hernández, R., & Damasceno, F. (2017). *An Approach to the Ammonia Inventory in the Poultry Production in Colombia: Antioquia Case* (Vol. 58). Brasil: Chemical Engineering Transactions. <https://doi.org/10.3303/CET1758134>

Ospina-Barrero, M., Borsoi, A., Peñuela-Sierra, L.-M., y Varon-Lopez, M. (2021). Cama de aves de corral un factor importante en la seguridad alimentaria. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(2), 234-250. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n2.2021.1451>

Paterlini, H., González, M., y Picone, L. (2017). Comparación de técnicas para compostar cama de pollo. *Ciencia del Suelo*, 25(1), 69-78. https://www.researchgate.net/publication/323109909_Comparacion_de_tecnicas_para_compostar_cama_de_pollo

Pizarro, N. M. (2006). *Efecto del tratamiento de la cama con un aluminosilicato en pollos de carne*. Lima, Perú [Tesis de título, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.] Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/739/Pizarro_mn.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Decreto Legislativo N° 1278, Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (21 de diciembre del 2017).

<https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/1599663-10.pdf>

Riera, N., Della Torre, V., Rizzo, P., Butti, M., Bressan, F., Zarate, N., Crespo, D. (2014). Evaluación del proceso de compostaje de dos mezclas de residuos avícolas. *Universidad Nacional de Cuyo*(46), 195-203.

<https://revistas.uncu.edu.ar/ojs/index.php/RFCA/article/view/5638/4350>

Rodriguez, M. (2016). *Evaluación de la capacidad de adsorción de HN4 y metales pesados Pb₂, Cd₂, Cu₂⁺, Zn₂ y Mn₂⁺ empleando zeolitas naturales y sintéticas*. Arequipa, Perú: Universidad San Agustín.

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4515>

Rojas, J. (2021). *Influencia del tectosilicato-zeolita en la retención del nitrógeno durante la preparación de compost en Tingo María*. Tingo María, Perú [Tesis de titulación, Universidad Nacional Agraria de la Selva] Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1866/TS_JLRA_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rojas, M., y Gonzáles, E. (2019). *Utilización de microorganismos eficientes (EM) como probióticos en la crianza de pollos broiler para reducir el amoníaco de la pollinaza*. Pucallpa, Perú [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Ucayali] Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali

http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4043/000003708T_A_MBIENTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ruíz, K., Trilleras, J. M., y Sanjuanelo, D. (2019). Dispersión del amoníaco proveniente de una granja avícola en Santa Bárbara (Cundinamarca,

Colombia) y su valoración cualitativa. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(4), 1443-1455.

<https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i4.15521>

Santos, G. (2021). *Evaluación de impacto ambiental en la producción de pollos de engorde en la unidad avícola de Zamorano: Efecto de uso de dietas nutraceuticas*. Honduras [Tesis de titulación, Universidad Zamorano]

Repositorio Institucional de la Universidad Zamorano

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/5f3e11c2-7d3d-4ca9-b73f-e28a417d0e5a/content>

Schneider, A. F., De Almeida, D. S., Yuri, F. M., Zimmermann, O. F., Gerber, M. W., & Gewehr, C. E. (2016). Natural zeolites in diet or litter of broilers.

British Poultry Science, 57(2), 257-263

<https://doi.org/10.1080/00071668.2016.1150962>

Schneider, A. F., Zimmermann, O. F., & Gewehr, C. E. (2017). Zeolites in poultry and swine production. *Ciência Rural*, 47(8).

<http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20160344>

Shariatmadari, F. (2008). The application of zeolite in poultry production. *World's Poultry Science Journal*, 83-92.

Poultry Science Journal, 83-92.

<https://doi.org/10.1017/S0043933907001730>

Soca, M., y Daza, M. (2015). La zeolita y su efecto en la eficiencia del nitrógeno en arroz y maíz. *Revista de Cinecias Agrícolas*, 32(2), 46-55.

<http://dx.doi.org/10.22267/rcia.153202.12>

- Spyridonidis, A., Vasiliadou, I., & Stamatelatou, K. (2022). Effect of Zeolite on the Methane Production from Chicken Manure Leachate. *Revista Sustainability*, 14(4), 2207. <https://doi.org/10.3390/su14042207>
- Suin, A. (2014). "Evaluación de la influencia físico-química en la aplicación de un abono orgánico-mineral de liberación controlada en el desempeño productivo de una mezcla forrajera". Cuenca, Ecuador [Tesis de titulación, Universidad de Cuenca] Repositorio Institucional de la Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/5541>
- Valerio, S., Quintero, R., Baca, G., y Quispe, A. (2016). Captación de amonio en zeolita al incubar gallinaza y residuos de codorniz. *Terra Latinoamericana*, 34(2), 201-206. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792016000200201&lng=es&tlng=es.
- Vejarano, Ma. Del P. (2005). Evaluación de los parámetros productivos de pollos de carne criados sobre cama reusada por cinco campañas vs cama nueva. Lima, Perú [Tesis de titulación, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.] Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/712/Vejarano_rm.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Villa, A. (2010). La primera semana de vida del pollo. *Selecciones Avícolas*, 7-12. <https://seleccionesavicolas.com/pdf-files/2010/3/5186-la-primerasemana-de-vida-del-pollo.pdf>

Wei, F., Hu, X., Xu, B., Zhang, M., Li, S., Sun, Q., & Lin, P. (2015). Ammonia concentration and relative humidity in poultry houses affect the immune response of broilers. *Genetics and Molecular Research*, 14(2), 3160-3169.

<http://dx.doi.org/10.4238/2015.April.10.27>

Zambrano, J. (2012). *Alternativas para disminuir la emisión de Amoniaco en granjas avícolas en el Cantón Balsas*. Guayaquil, Ecuador [Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil] Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil. [http://dx.doi.org/10.1016/S1002-](http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0160(13)60042-9)

[0160\(13\)60042-9](http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0160(13)60042-9)

Zhang, W., Chen, X., Zhou, J., Liu, D., Wang, H., & Du, C. (2015). Influence of Humic Acid on Interaction of Ammonium and Potassium Ions on Clay Minerals. *Pedosphere*, 23(4), 493-502. [https://doi.org/10.1016/S1002-](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(13)60042-9)

[0160\(13\)60042-9](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(13)60042-9)

Zubkova, T., Motyleva, S., & Dubrovina, O. (2021). Chemical and analytical properties of zeolite-containing rocks, poultry farm waste and their composite mixtures. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/677/5/052031/pdf>

XVII. ABREVIATURAS

%: Porcentaje

°C: Grados centígrados

G: Gramos

g: Gramos

kg: Kilogramos

mg: Miligramos

ml: Mililitros

N: Nitrógeno

NH₃: Amoniaco

NH₄⁺: Amonio

pH: potencial de hidrógeno

ppm: Partes por millón

T: Temperatura

XVIII. ANEXOS

1. ANEXO 1: Resultados

Tabla 2

pH semanales de la cama según el Tratamiento

Tratamiento	DIA 3	DIA 10	DIA 17	DIA 24	DIA 31	DIA 38	DIA 45
T0 R1	5.6	5.9	6.71	6.78	6.86	6.93	7.31
T0 R2	5.5	6.2	6.45	6.83	6.78	7.00	7.21
T0 R3	6	6.1	6.52	6.67	6.68	6.91	7.42
T1 R1	5.8	6.4	6.6	6.85	6.40	6.67	6.20
T1 R2	5.9	6	6.53	6.98	6.71	6.95	6.72
T1 R3	5.7	6.3	6.59	6.77	6.00	6.52	6.51

Tabla 3

Porcentaje de Humedad semanal de la cama según el Tratamiento.

Tratamiento	DIA 3	DIA 10	DIA 17	DIA 24	DIA 31	DIA 38	DIA 45
T0 R1	10.2	18.9	21.87	34.37	30.07	30.16	33.41
T0 R2	11.3	17.4	26.42	30.92	34.94	35.56	33.24
T0 R3	9.2	15.6	26.04	32.60	33.43	36.17	40.91
T1 R1	10.4	16.4	24	31.18	36.51	32.77	28.03
T1 R2	9.12	16.1	25.68	28.31	30.46	25.43	29.11
T1 R3	10.1	18.2	22.1	29.43	31.30	32.26	31.86

Tabla 4

Porcentaje de Nitrógeno semanal de la cama según el Tratamiento.

Tratamiento	DIA 3	DIA 10	DIA 17	DIA 24	DIA 31	DIA 38	DIA 45
T0 R1	1.22	2.03	2.30	1.86	2.10	1.99	1.58
T0 R2	0.90	1.86	2.34	2.31	2.20	2.20	2.28
T0 R3	1.11	2.00	2.38	2.40	2.08	2.01	2.21
T1 R1	1.03	2.06	2.28	2.28	1.90	2.39	2.71
T1 R2	1.10	1.29	2.11	2.15	2.23	2.07	2.77
T1 R3	0.89	1.67	2.17	2.20	2.40	1.73	2.10

Tabla 5

Cantidad de amoniaco volatilizado (ppm) semanal de la cama según el tratamiento.

Tratamiento	DIA 3	DIA 10	DIA 17	DIA 24	DIA 31	DIA 38	DIA 45
T0 R1	0	0.3	0.9	3.7	5.9	7.8	11.7
T0 R2	0	0.6	0.8	3.7	6	7.5	11.4
T0 R3	0	0.3	0.5	3.8	6	7.4	11.6
T1 R1	0	0.6	1.1	3.5	4.4	5.1	6.1
T1 R2	0	0.5	0.6	3.5	4.2	5	6.2
T1 R3	0	0.2	0.5	3.8	4.2	5	6.5

2. ANEXO 2: Cuadros estadístico

Tabla 6

Prueba T-Student para el pH de la cama.

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
pH-T0 prom	4	6.948	0.258	0.13
pH-T1 prom	4	6.607	0.225	0.11

Valor T	GL	Valor p
2	5	0.102

Tabla 7

Prueba T-Student para el pH de la cama solo en el día 45.

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
T0-DIA 45	3	7.313	0.105	0.061
T1-DIA 45	3	6.477	0.262	0.15

Valor T	GL	Valor p
5.14	2	0.036

Tabla 8

Correlación de Pearson entre la volatilización del amoníaco y el pH de la cama.

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95 % para ρ	Valor p
NH3 T0 prom	pH-T0 prom	4	0.964	(0.036; 0.999)	0.036
NH3 T1prom	pH-T1 prom	4	-0.455	(-0.985; 0.899)	0.545

Correlación de Pearson entre el nitrógeno total de la cama y el pH de la cama.

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95 % para ρ	Valor p
Ntotal T0 prom	pH-T0 prom	4	-0.891	(-0.998; 0.489)	0.109
Ntotal T1 prom	pH-T1 prom	4	-0.360	(-0.982; 0.919)	0.640

Tabla 10

Prueba T-Student para el porcentaje de humedad de la cama.

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Humedad T0 prom	4	33.81	1.48	0.74
Humedad T1 prom	4	30.55	1.49	0.74

Valor T	GL	Valor p
3.11	5	0.027

Tabla 11

Correlación de Pearson entre la volatilización del amoníaco y el porcentaje de humedad de la cama.

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95 % para ρ	Valor p
NH3 T0 prom	Humedad T0 prom	4	0.974	(0.199; 0.999)	0.026
NH3 T1 prom	Humedad T1 prom	4	-0.289	(-0.978; 0.931)	0.711

Correlación de Pearson entre el porcentaje de nitrógeno total de la cama y el porcentaje de humedad la cama.

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95 % para p	Valor p
Ntotal T0 prom	Humedad T0 prom	4	-0.92	(-0.998; 0.353)	0.08
Ntotal T1 prom	Humedad T1 prom	4	-0.352	(-0.981; 0.920)	0.648

Tabla 13

Prueba T-Student para el nitrógeno total de la cama.

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Ntotal T0 prom-día 24	4	2.0991	0.0754	0.038
Ntotal T1 prom-día 45	4	2.249	0.193	0.096

Valor T	GL	Valor p
-1.45	3	0.244

Tabla 14

Prueba T-Student para el nitrógeno total de la cama solo en el día 45.

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Nt T0 prom-día 45	3	2.017	0.379	0.22
Nt T1 prom-día 45	3	2.527	0.371	0.21

Valor T	GL	Valor p
-1.67	3	0.194

Prueba T-Student para la volatilización del amoniaco.

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
NH3 T0 prom-día 45	3	11.567	0.153	0.088
NH3 T1 prom-día 45	3	6.267	0.208	0.12

Valor T	GL	Valor p
35.55	3	0

Tabla 16

Prueba T-Student para la volatilización del amoniaco solo en el día 45.

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
NH3 T0 prom-día 24	4	7.21	3.3	1.7
NH3 T1 prom-día 45	4	4.79	1.14	0.57

Valor T	GL	Valor p
1.38	3	0.261

Correlación de Pearson entre la volatilización del amoníaco y el porcentaje de nitrógeno de la cama.

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95 % para p	Valor p
NH3 T0 prom	Ntotal T0 prom	4	-0.965	(-0.999; 0.060)	0.035
NH3 T1prom	Ntotal T1prom	4	0.685	(-0.808; 0.993)	0.315

Tabla 18

Prueba T-Student para la volatilización del amoníaco en el día 45.

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
NH3 T0 prom	4	7.21	3.3	1.7
NH3T1 prom	4	4.79	1.14	0.57

Valor T	GL	Valor p
1.38	3	0.261

3. ANEXO 3: Registro fotográfico

Figura 9

Pila de aserrín para el armado de las camas



Figura 10

Infraestructura del galpón antes de acondicionamiento para la crianza



Figura 11

Acondicionamiento de los galpones con bebederos, comederos, cortinas y divisiones.



Figura 12

Galpones de crianza de pollos. Tratamiento T1 (arriba) y T0 (abajo).



Figura 13

Medición de emisión de amoniaco en los tratamientos.



Medición del porcentaje de humedad de las muestras de cama.



Figura 15

Medición de pH de las muestras de cama.



Figura 16

Distribución del galpón



Figura 17

Ventilación del galpón



Figura 17

Volteo de las camas.



Aplicación de zeolita y homogenización en la cama



Encostramiento de las camas húmedas.

