

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



**ZEOLITA EN DIETA DE POLLOS COBB 500: EFECTO EN REDUCCIÓN DE
AMONÍACO, DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y RENTABILIDAD ECONÓMICA.**

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

PRESENTADO POR:

MARTIN GUILLERMO CHAVEZ CABANILLAS

Tingo María – Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
TINGO MARÍA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y TESIS



"Año de la Recuperación y la Consolidación de la Economía Peruana"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

A las 07:00 p.m. del 28 de agosto de 2025, los que suscriben, Miembros del Jurado, se reunieron para calificar la Tesis titulada "EFECTO DE LA ZEOLITA EN LA DIETA DE POLLOS COBB 500 MACHOS: REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR AMONIACO Y SU INFLUENCIA EN EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y ECONÓMICO", presentada por el Bachiller en Ciencias Pecuarias CHÁVEZ CABANILLAS, Martín Guillermo.

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas, el Jurado declara APROBADA LA TESIS con el calificativo de "BUENO".

Tingo María, 07 de noviembre de 2025

PH. D. MEDARDO ANTONIO DÍAZ CÉSPEDES
Presidente

DR. RIZAL ALCIDES ROBLES HUAYNATE
Miembro

ING. M. SC. JUAN LAO GONZÁLES
Miembro

ING. M. SC. JUAN CHOQUE TICACALA
Asesor

ING. M. SC. HUGO SAAVEDRA RODRÍGUEZ
Asesor



UNAS

VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN

INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE SOPORTE
CIENTÍFICO
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 002 - 2026 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% y contenido generado por Inteligencia Artificial menor o igual al 20%. Según establece el Art. 29° y 30° del Acuerdo Nro.017-2025-CIUNAS-VRI-UNAS.

Programa de Estudio:

Zootecnia

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
ZEOLITA EN DIETA DE POLLOS COBB 500: EFECTO EN REDUCCIÓN DE AMONÍACO, DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y RENTABILIDAD ECONÓMICA.	MARTIN GUILLERMO CHAVEZ CABANILLAS	06 % Seis	Menor a 20 %

Tingo María, 07 de enero de 2026.


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO

ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE ZOOTECNIA



ZEOLITA EN DIETA DE POLLOS COBB 500: EFECTO EN REDUCCIÓN DE AMONÍACO, DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y RENTABILIDAD ECONÓMICA.

Autor	:	Chávez Cabanillas, Martin Guillermo
Asesor(es)	:	Dr. Juan Choque Ticacala M.Sc. Hugo Saavedra Rodríguez
Programa de Investigación	:	Producción Animal Sostenible
Línea de investigación	:	Valoración nutricional de alimentos y necesidades nutricionales de alimentos domésticos
Eje temático	:	Nutrición y alimentación en aves
Lugar de ejecución	:	Tingo María
Duración	:	45 días
Financiamiento	:	S/. 4,829.00

Tingo María – Perú

2025

DEDICATORIA

A Dios, por darme sabiduría y fortaleza y
culminar mis estudios

A mis padres: Ricardo Chávez Asencios e
Ytala Cabanillas Santa Cruz, por su apoyo
constante con sus buenos consejos y apoyo
incondicional y hacer de mí, un hombre de
bien.

A mis hermanos: Adrián Chávez Cabanillas
y Mauricio Chávez Cabanillas, por su apoyo
incondicional.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, mi alma mater, en especial a los Catedráticos de la Facultad de Zootecnia, quienes compartieron y contribuyeron sus enseñanzas en mi formación profesional.
- A los asesores de mi tesis Dr. Juan Choque Ticacala, y M.Sc. Hugo Saavedra Rodríguez; mi agradecimiento por su aporte en la ejecución y culminación de mi proyecto de tesis.
- A los miembros del jurado Dr. Medardo Díaz Céspedes, Dr. Rizal Robles Huaynate y M.Sc. Juan Lao Gonzales.
- A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron en la culminación de mi trabajo de investigación.
- A mis compañeros y compañeros de estudio de la Facultad de Zootecnia, por brindarme su amistad y palabras de aliento para lograr mis objetivos como un profesional.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	
I INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Antecedentes.....	3
2.1.1. Experiencias internacionales.....	3-5
2.1.2. Experiencias nacionales.....	5-6
2.1.3. Experiencias locales.....	6
2.2. Bases teóricas	7
2.2.1. Zeolita.....	7
2.2.1.1. Propiedades de la zeolita.....	7
2.2.1.2. Toxicidad de la zeolita.....	7
2.2.2. La zeolita en la alimentación avícola	8
2.2.3. El amoníaco en el ambiente.....	8-9
2.2.5. Efecto del amoníaco en las heces de las aves.....	10
2.2.6. Efecto del amoníaco en la cama de las aves.....	11
III MATERIALES Y METODOS.....	10
3.1. Lugar y fecha de ejecución.....	10
3.2. Tipo de investigación.....	10
3.3. Materiales y equipos.....	10
3.3.1. Instalación y equipos	10
3.3.2. Animales experimentales.....	10-11
3.3.3. Manejo sanitario	11
3.3.4 Variable independiente.....	11
3.3.5 Insumos en estudio.....	11-12
3.4. Dietas experimentales.....	12
3.5. Tratamientos evaluados	15
3.6. Diseño experimental y distribución de tratamientos.....	16
3.7. Variables evaluadas	16
3.7.1. Variables dependientes.....	16

	Página
3.8. Metodología de evaluación.....	17
3.8.1. Calidad de la cama.....	17-18
3.8.2. Desempeño productivo.....	18
3.8.3. Índices económicos.....	19
3.9. Análisis estadístico.....	19-20
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.1. Efecto de la zeolita en la dieta sobre la mitigación de la contaminación ambiental, desempeño productivo y económico en pollos Cobb 500 machos.....	21
4.1.1. Concentración de amoniaco y niveles de pH de la cama de los pollos Cobb.....	21-29
4.1.2. Niveles de humedad, materia seca, nitrógeno y fósforo en la cama de pollos Cobb 500, en fases de crecimiento y acabado.....	29-31
4.2. Desempeño productivo de los pollos Cobb 500 machos.....	31
4.2.1. Fase de inicio.....	31-32
4.2.2. Fase de crecimiento.....	32-33
4.2.3. Fase de acabado.....	33-34
4.2.4. Fase total del ensayo.....	34-35
4.3. Análisis económico de la producción de pollos Cobb: viabilidad financiera y retorno de inversión.....	36
V. CONCLUSIONES.....	37
VI. PROPUESTA A FUTURO.....	38
VII. REFERENCIAS.....	39-41
VIII. ANEXO.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
1 Composición de las dietas experimentales para pollos Cobb 500 machos en la fase de inicio de (1 - 7 días) con inclusión de zeolita.....	13
2 Composición de las dietas experimentales para pollos Cobb 500 machos en la fase de crecimiento de (8 a 21 días) con inclusión de zeolita.....	14
3 Composición de las dietas experimentales para pollos Cobb 500 machos en la fase de acabado de (22-35 días) con inclusión de zeolita.....	15
4 Concentración de amoniaco (ppm) en la cama de pollos Cobb 500, en diferentes horas del día, bajo distintos niveles de inclusión de zeolita en la dieta	21
5 Concentración de amoniaco (ppm) en la cama de pollos Cobb 500, durante cuatro semanas, según niveles de zeolita en la dieta.	22
6 Valores de pH en la cama de pollos Cobb 500 machos, evaluadas a la primera y tercera semana, en función de diferentes niveles de inclusión de zeolita en la dieta	28
7 Concentración de niveles de nitrógeno (N), fósforo (P), humedad y materia seca (MS) en la cama de pollos Cobb 500 durante la fase de crecimiento, en función del nivel de inclusión de zeolita en la dieta.....	29
8 Concentración de nitrógeno (N), fósforo (P), humedad (H) y materia seca (MS) en la cama de la crianza de pollos Cobb 500, durante la fase de acabado en la fase de acabado en función del nivel de inclusión de zeolita en la dieta.	30
9 Parámetros productivos de pollos Cobb 500, en la fase de inicio (1-7 días) según diferentes niveles de inclusión de zeolita en la dieta.....	31
10 Parámetros productivos de pollos Cobb 500, en la fase de crecimiento (8-21 días), según niveles de inclusión de zeolita en la dieta.....	32
11 Parámetros, productivos de pollos Cobb 500, durante la fase de acabado (22-35 días), según niveles de inclusión de zeolita en la dieta.	33
12 Parámetro productivo de pollos Cobb 500 durante todo el ciclo productivo (1-35 días), según niveles de inclusión de zeolita en la dieta.....	35
13 Beneficio neto (BN) y mérito económico (ME) en función de diferentes niveles de inclusión de zeolita en la crianza de pollos Cobb 500.....	36

	Página
14	Análisis de variancia de la concentración de amoniaco en el horario (8.00 am.).. 48
15	Análisis de variancia de la concentración de amoniaco en el horario (12.00 m.).. 48
16	Análisis de variancia de la concentración de amoniaco en el horario (5.00 pm.) 48
17	Análisis de variancia de la concentración de amoniaco en la primera semana de evaluación..... 49
18	Análisis de variancia de la concentración de amoniaco en la segunda semana de evaluación..... 49
19	Análisis de variancia de la concentración de amoniaco en la tercera semana de evaluación..... 49
20	Análisis de variancia de la concentración de amoniaco en la cuarta semana de evaluación..... 49
21	Análisis de variancia de la regresión cuadrática de los niveles de concentración del NH ₄ en la cama de la crianza de pollos Cobb 500, evaluadas a la primera semana 50
22	Análisis de variancia de la regresión cuadrática de los niveles de concentración del NH ₄ en la cama de la crianza de pollos Cobb 500, evaluadas a la segunda semana 50
23	Análisis de variancia de la regresión cuadrática de los niveles de concentración del NH ₄ en la cama de la crianza de pollos Cobb 500, evaluadas a la tercera semana 50
24	Análisis de variancia de la regresión cuadrática de los niveles de concentración del NH ₄ en la cama de la crianza de pollos Cobb 500, evaluadas a la cuarta semana 50
25	Análisis de variancia de niveles pH de la cama de la crianza de pollos Cobb 500, evaluadas a la primera semana a diferentes niveles de zeolita..... 51
26	Análisis de variancia de niveles pH de la cama de la crianza de pollos Cobb 500, evaluadas a la tercera semana a diferentes niveles de zeolita..... 51
27	Análisis de variancia de la humedad (H°), de la cama de la crianza de pollos Cobb 500, con diferentes niveles de zeolita en la fase de crecimiento..... 52
28	Análisis de variancia de la materia seca (MS), de la cama de la crianza de pollos Cobb 500, con diferentes niveles de zeolita en la fase de crecimiento..... 52

	Página
29	Análisis de variancia de la concentración de nitrógeno (N) de la cama de la crianza de pollos Cobb 500, con diferentes niveles de zeolita en la fase de crecimiento..... 52
30	Análisis de variancia de la concentración de fósforo (P) de la cama de la crianza de pollos Cobb 500, con diferentes niveles de zeolita en la fase de crecimiento 52
31	Análisis de variancia de la humedad (H°) de la cama de la crianza de pollos Cobb 500, con diferentes niveles de zeolita en la fase de acabado..... 53
32	Análisis de variancia de la materia seca (MS) de la cama de la crianza de pollos Cobb 500, con diferentes niveles de zeolita en la fase de acabado..... 53
33	Análisis de variancia de la concentración de nitrógeno (N) de la cama de la crianza de pollos Cobb 500, con diferentes niveles de zeolita en la fase de acabado..... 53
34	Análisis de variancia de la concentración de fósforo (P) con diferentes niveles de zeolita en la fase de acabado..... 53
35	Análisis de variancia del CDA en la fase de inicio, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio..... 54
36	Análisis de variancia del GDP en la fase de inicio, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio..... 54
37	Análisis de variancia de la C.A. en la fase inicio, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio..... 54
38	Análisis de variancia del CDA en la fase de crecimiento, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio..... 54
39	Análisis de variancia del GDP en la fase de crecimiento, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio..... 55
40	Análisis de variancia de la C.A. en la fase de crecimiento, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio..... 55
41	Análisis de variancia del CDA en la fase de acabado, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio..... 55
42	Análisis de variancia del GDP en la fase de acabado, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio..... 55
43	Análisis de variancia de la C.A. en la fase de acabado, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio..... 56

	Página
44 Análisis de variancia del CDA en la fase total, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio.....	56
45 Análisis de variancia del GDP en la fase total, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio.....	56
46 Análisis de variancia del C.A. en la fase total, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio.....	56
47 Estructura de costos por rubro.....,,,	59

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
1 Relación entre la concentración de amoníaco en la cama (ppm) y los niveles de inclusión de zeolita (%) en la dieta durante la primera semana de evaluación (15 días)	24
2 Relación entre la concentración de amoníaco en la cama (ppm) y los niveles de inclusión de zeolita (%) en la dieta durante la segunda semana de evaluación (21 días)	25
3 Relación entre la concentración de amoníaco en la cama (ppm) y los niveles de inclusión de zeolita (%) en la dieta durante la tercera semana de evaluación (28 días)	26
4 Relación entre la concentración de amoníaco en la cama (ppm) y los niveles de inclusión de zeolita (%) en la dieta durante la cuarta semana de evaluación (35 días).....	27

RESUMEN

Efecto de la inclusión de zeolita en dietas de pollos Cobb 500: calidad de cama, desempeño productivo y análisis económico en sistemas de producción intensiva

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes niveles de zeolita (0.0 %, 0.4 %, 0.8 % y 1.2 %) como aditivo en la dieta de pollos Cobb 500 machos, sobre la calidad de la cama, el desempeño productivo y la rentabilidad económica. Se utilizaron 160 aves distribuidas en un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Se midieron variables ambientales (amoníaco, nitrógeno, fósforo, humedad, pH), productivas (ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, mortalidad) y económicas (beneficio neto y mérito económico). Los resultados indicaron que la inclusión de 0.8 % de zeolita redujo significativamente ($p < 0.05$) los niveles de amoníaco y mejoró las condiciones de la cama. En cuanto al desempeño productivo, el nivel de 0.4 % mostró la mejor conversión alimenticia y la mayor eficiencia económica, con un beneficio neto de S/. 3.64/ave y un mérito económico del 32.17 %. En contraste, el nivel de 1.2 % redujo el rendimiento zootécnico y generó pérdidas económicas. Se concluye que la zeolita es un aditivo eficaz en producción avícola intensiva, con efectos positivos cuando se incluye hasta un máximo de 0.8%, siendo 0.4 % el nivel óptimo para maximizar beneficios productivos y económicos.

Palabras clave:

Zeolita, amoníaco, pollos de engorde, eficiencia alimenticia, rentabilidad, sostenibilidad.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of different levels of zeolite (0.0%, 0.4%, 0.8%, and 1.2%) as a dietary additive on litter quality, productive performance, and economic profitability in male Cobb 500 broilers. A total of 160 birds were randomly assigned to a completely randomized design with four treatments and four replicates. Environmental variables (ammonia, nitrogen, phosphorus, moisture, pH), productive parameters (daily weight gain, feed intake, feed conversion ratio, mortality), and economic indicators (net profit and economic merit) were measured. Results showed that the inclusion of 0.8% zeolite significantly ($p < 0.05$) reduced ammonia levels and improved litter conditions. Regarding productive performance, the 0.4% inclusion level exhibited the best feed conversion ratio and the highest economic efficiency, with a net profit of S/. 3.64 per bird and an economic merit of 32.17 %. In contrast, the 1.2% level negatively affected zootechnical performance and resulted in economic losses. It is concluded that zeolite is an effective additive in intensive poultry production, with positive effects when included up to 0.8%, and 0.4% being the optimal level to maximize both productive and economic outcomes.

Keywords

Zeolite, ammonia, broiler chickens, feed efficiency, profitability, sustainability

I. INTRODUCCIÓN

En la última década, los sistemas de producción avícola han experimentado una transformación significativa, caracterizada por el aumento de la densidad animal por unidad de superficie y la intensificación de las prácticas de confinamiento. Si bien estas estrategias han permitido mejorar la eficiencia y el rendimiento en la producción de carne de pollo, huevos y aves ponedoras, también han generado nuevos desafíos ambientales y sanitarios. Entre los principales impactos se encuentran la emisión de olores desagradables, la acumulación de residuos con alta carga orgánica, la contaminación de suelos y cuerpos de agua, así como posibles afectaciones a la salud pública en comunidades cercanas a las granjas (**Melser y Timmerman, 2009**).

La producción intensiva de pollos de engorde, particularmente en líneas genéticas como Cobb 500, genera grandes volúmenes de excretas con altos contenidos de nitrógeno (N) y fósforo (P), lo que representa un riesgo ambiental si no se manejan adecuadamente. Uno de los principales gases liberados a partir de estas excretas es el amoníaco (NH_3), cuya emisión al ambiente se asocia con efectos tóxicos, deterioro de la calidad del aire, afectación del bienestar animal y riesgos para la salud ocupacional de los trabajadores (**Alberdi, 2013**).

Diversas estrategias de mitigación han sido evaluadas para reducir la emisión de gases contaminantes en la producción avícola, tales como la disminución del contenido proteico en la dieta, el uso de enzimas digestivas y la aplicación de desodorizantes. Sin embargo, estos métodos presentan limitaciones en cuanto a eficacia, viabilidad económica y adaptabilidad a

Una alternativa emergente es el uso de zeolita como aditivo alimenticio. Las zeolitas son minerales aluminosilicatos microporosos con alta capacidad de intercambio iónico y propiedades adsorbentes, que les permiten captar moléculas de amoníaco, reducir su volatilización y mejorar las condiciones ambientales en los galpones avícolas. Además, se ha reportado que su inclusión en la dieta mejora la digestibilidad de los nutrientes, optimiza el equilibrio electrolítico, aumenta la absorción de minerales y puede mejorar el rendimiento productivo y la eficiencia alimenticia de las aves (**Zeolitemin, 2022**).

No obstante, la evidencia científica disponible sobre los efectos específicos del uso de zeolita en pollos Cobb 500 machos es aún limitada, especialmente en lo referente a su impacto sobre la reducción del amoníaco en la cama, así como en los indicadores productivos y económicos. Por ello, resulta necesario generar información técnica y científica que permita validar su eficacia en sistemas de producción intensiva.

A partir de esta necesidad, se plantea la siguiente pregunta de investigación: **¿Cuál es el efecto de la inclusión de zeolita como aditivo en la dieta de pollos Cobb 500 machos sobre la emisión de amoníaco en la cama, el desempeño productivo y la viabilidad económica?**

En respuesta, se formula la siguiente hipótesis de trabajo: La inclusión de zeolita en la dieta de pollos Cobb 500 machos reduce significativamente la emisión de amoníaco en la cama, lo que se traduce en una mejora del desempeño productivo y de la rentabilidad económica del sistema de producción.

Objetivo general:

Determinar el efecto de la inclusión de zeolita en la dieta de pollos Cobb 500 machos sobre la mitigación de amoníaco en la cama, el desempeño zootécnico y la rentabilidad económica del sistema de producción.

Objetivo específico

1. Determinar la concentración de amoníaco y el pH de la cama de los pollos en función de la fase de crianza y el tratamiento dietario.
2. Analizar el contenido final de nitrógeno, fósforo y humedad en la cama de los pollos, como indicadores del efecto de la zeolita en la calidad del efluente
3. Evaluar el desempeño zootécnico (ganancia diaria de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia) en las diferentes fases productivas de los pollos.
4. Estimar la rentabilidad económica del sistema, mediante el cálculo de los costos de producción, el beneficio neto y el mérito económico asociado a la inclusión de zeolita.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Más de un centenar de especies de zeolita, tanto naturales como sintéticas, son ampliamente aceptadas en la nutrición animal, especialmente en la avicultura. Esta preferencia se debe a sus propiedades fisicoquímicas

únicas, destacando su eficaz capacidad de intercambio catiónico, la adsorción de iones y su alta absorción de agua. La aplicación de zeolitas como aditivo dietético o en la cama de las aves ha demostrado beneficios significativos, incluyendo la mejora de la calidad de la canal, el tratamiento de residuos y una notable reducción de la contaminación ambiental (**Ciencia Rural, 2017**).

2.1.1. Experiencias internacionales

Camacho y Darce (2021) investigaron la inclusión de zeolita en dietas para pollos de engorde con el fin de mejorar la ganancia de peso, el aprovechamiento de nutrientes y la reducción del impacto ambiental. Bajo un diseño completamente aleatorizado que incluyó concentraciones de zeolita de 0% (T1), 1% (T2), 2% (T3) y 3% (T4), los autores determinaron que las dietas suplementadas con 2% y 3% de zeolita incrementaron significativamente el peso vivo y el rendimiento de pechuga. Además, estas concentraciones disminuyeron los niveles de humedad, nitrógeno, fósforo y la volatilización de amoníaco (NH₃) en la cama y heces. También se reportó una mejora en el contenido proteico y la pigmentación de la pechuga. Sin embargo, aunque el tratamiento con 3% de zeolita obtuvo los mejores resultados en peso vivo, se asoció con un aumento en la mortalidad.

Ordoñez y Ortiz (2007) evaluaron el impacto de la zeolita en 1000 pollos de engorde, probando niveles de 0%, 2%, 4% y 6%. Sus resultados mostraron que, si bien el consumo de alimento fue mayor en el grupo control, la zeolita mejoró significativamente la conversión alimenticia en las concentraciones del 2% y 6%. No se observaron diferencias en el peso o mortalidad, pero sí se registró una mayor longitud relativa del intestino en los grupos con zeolita, además de una mejora cualitativa en el manejo de la cama y la reducción del olor a amoníaco en las heces. Económicamente, la adición de zeolita al 2% y 4% incrementó los ingresos por la venta de los pollos.

Maradiaga y Yanchapaxi (2021) examinaron el impacto de la zeolita en interacción con diferentes densidades poblacionales (12 y 14 aves/m²) durante 35 días. Sus hallazgos indican que la combinación de la densidad más alta (14 aves/m²) con la adición de

zeolita mejoró el peso vivo. No obstante, la zeolita no tuvo un efecto significativo en las características de la canal, excepto por una disminución en la grasa abdominal. Específicamente, en los machos la zeolita incrementó el peso relativo del timo, mientras que en las hembras lo redujo. Con respecto al ambiente, la zeolita disminuyó la humedad y el nitrógeno en la cama, aunque, de manera atípica, incrementó la concentración de fósforo.

Valles y González (2015) centraron su estudio en el efecto de la adición de zeolita en la dieta de pollos sobre la concentración de amoníaco en las heces. Encontraron que un tratamiento con 2% de zeolita (T1) mostró una reducción significativa en la concentración de amoníaco fecal, registrando valores más bajos que el grupo control durante las tres primeras semanas de vida. Los autores concluyeron que la inclusión de zeolita redujo los olores desagradables, mejoró la calidad del aire y ayudó a mantener niveles óptimos de humedad en la cama.

Gaibor (2012) evaluó el efecto de la inclusión de zeolita en dietas de 400 pollos *broilers* Hubart durante seis semanas, probando cuatro niveles (0%, 2, 4 y 6 kg/Tonelada Métrica - TM). Al finalizar la crianza (42 días), el tratamiento con 6 kg de zeolita/TM (T3) demostró el mejor desempeño productivo con diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.01$). Este grupo registró un peso promedio de 2110.14 g/ave, una ganancia de peso de 2078.49 g/ave y una Conversión Alimenticia de 1.62. Además, los tratamientos con zeolita presentaron mortalidad nula (frente al 4% del control). Desde la perspectiva económica, la inclusión de zeolita fue favorable y rentable, reportando un retorno de 1.33 dólares.

Lema (2008) investigó el uso de zeolitas naturales (0%, 2% y 4%) en dietas con contenido proteico reducido en pollos parrilleros, utilizando 360 aves en tres fases de crecimiento. Los mejores resultados productivos se obtuvieron con la adición de 4% de zeolita, alcanzando un peso promedio de 3044.17 g/ave, una Conversión Alimenticia de 2.06 y un Índice de Eficiencia Europea de 393.70. La inclusión de zeolita también mejoró el rendimiento a la canal (71.65%) y la rentabilidad económica (20%, lo que representó cinco puntos porcentuales por encima del control). Finalmente, se observó una reducción en la presencia de amoníaco en el ambiente de crianza, recomendando el autor el uso del 4% por los beneficios en productividad y bienestar animal.

Biesek et al. (2022) evaluaron el impacto del uso combinado de halloysita y zeolita, aplicadas tanto en la dieta como en el material de la cama, sobre el rendimiento productivo, las características intestinales y la estructura ósea de pollos de engorde. Los grupos experimentales recibieron mezclas de aluminosilicatos al 0.5% en la dieta (fases inicial y crecimiento) y al 1% (fase final), además de distintas aplicaciones en la cama de turba. Los

resultados mostraron una mejor Conversión Alimenticia en los grupos suplementados entre los días 23 y 35, así como una mayor resistencia ósea, especialmente en el grupo que recibió zeolita al 100% en la cama. No se registraron efectos adversos en los órganos internos, concluyendo que la zeolita y la halloysita pueden mejorar el rendimiento y la calidad estructural ósea sin comprometer la salud de las aves.

Eleroğlu y Yalçın (2005) investigaron el efecto de la zeolita natural (clinoptilolita y mordenita) utilizada como componente del material de cama sobre el comportamiento y rendimiento de pollos de engorde. El estudio comparó cuatro tratamientos, sustituyendo la arena de la cama con zeolita en proporciones de 0% (control), 25%, 50% y 75% (manteniendo una densidad de 15 aves/m²). Los resultados indicaron que, aunque el consumo de alimento no varió significativamente, el peso vivo final fue mayor y la Conversión Alimenticia mejoró de manera significativa en los tratamientos con zeolita en comparación con el grupo control. El resultado más notable se dio en la calidad ambiental de la cama: la zeolita produjo una disminución considerable en el contenido de humedad, pasando del 36.2% en el control a valores de 21.8% y 25.2% en los tratamientos con zeolita. Se concluyeron que la zeolita mejoró el rendimiento productivo y las condiciones ambientales del galpón, recomendando su inclusión hasta en un 25% del volumen de la cama.

2.1.2 Experiencias nacionales

Pérez (2015) investigó en la ciudad de Lambayeque el efecto de un aluminosilicato como captador de micotoxinas y su impacto en el rendimiento de 60 pollos Cobb de un día de edad. Se evaluaron tres tratamientos: T1 (control), T2 (0.15%), y T3 (0.30%) de aluminosilicato en la dieta. El análisis estadístico mostró que la inclusión de 0.15% del aluminosilicato produjo los mejores incrementos en peso vivo y peso de carcasa. Además, la Conversión Alimenticia y el Mérito Económico fueron un 6% más eficientes que el grupo testigo. El estudio concluyó que la dosis de 0.15% de aluminosilicatos es la más recomendable para la dieta de pollos de carne.

Sánchez (2023) abordó la emisión de amoníaco (NH₃) como indicador de pérdida de nitrógeno esencial, proponiendo el uso de zeolita para estabilizar y recuperar nitrógeno, reduciendo la volatilización del NH₃ en la cama. El estudio comparó dos tratamientos en la cama: T0 (sin zeolita) y T1 (0.5 kg de zeolita/m²) con aplicaciones semanales. Se encontraron diferencias significativas al día 45 en el porcentaje de humedad (T0 : 35.85% vs T1: 29.67%) y en el pH de la cama (T0: 7.31 vs T1: 6.48). Lo más relevante fue la reducción significativa en la volatilización de NH₃ al día 45 (T0: 11.57 ppm vs T1: 6.27 ppm),

un resultado atribuido al efecto acumulativo de las aplicaciones de zeolita. No se registraron diferencias significativas en el contenido de nitrógeno de la cama.

Valentín (2019) evaluó el efecto de distintas dosis de zeolita en las propiedades del suelo y el crecimiento de plántones de *Theobroma cacao L.*, proporcionando datos sobre la capacidad de la zeolita como mejorador químico y físico. La adición al sustrato resultó en un aumento del pH (de 7.4 a 8.2) y del contenido de calcio (de 3.7 a 4.1 meq/100 g). Físicamente, la zeolita disminuyó la densidad aparente (de 1.10 a 0.94 t/m³), incrementó la porosidad (de 48% a 57%) y mejoró la capacidad de campo (de 25% a 32%). Con respecto a la biología, se observó una disminución de la respiración microbiana. Aunque dosis bajas mejoraron el peso del follaje del cacao, dosis superiores al 5% tuvieron un efecto negativo, lo que subraya la importancia de optimizar la dosis para maximizar los beneficios de la zeolita.

2.1.3. Experiencias locales

Rojas (2021), en Tingo María, Huánuco, analizó la influencia de la zeolita (tectosilicato) en la retención de nitrógeno (N) y la producción de CO₂ (respiración microbiana) durante la preparación de abono orgánico. El estudio reveló que la aplicación de 5% de zeolita no produjo efectos significativos en la retención de nitrógeno amoniacal ni nitratos. Sin embargo, sí incrementó notablemente el pH del compost a 9.28, y la mezcla de zeolita (5%) y compost (95%) mostró el nivel más alto de respiración microbiana, con diferencias estadísticamente significativas. Se observó una correlación negativa, donde mayores niveles de zeolita reducían la producción de CO₂, mientras que el incremento de la proporción de compost combinado con zeolita aumentaba la actividad metabólica, reflejando una mayor descomposición de materia orgánica.

Ruiz (2017) evaluó los efectos de la adición de microorganismos eficientes (ME) en la dieta de pollos sobre parámetros zootécnicos y la concentración de nitrógeno (N) en excretas y camas a lo largo de las fases de inicio, crecimiento y acabado. El ensayo se distribuyó en cinco tratamientos, variando la dosis de ME (T3: 0.2%; T4: 0.4%; T5: 0.6%). El tratamiento T4 (0.4% ME) logró consistentemente las menores concentraciones de nitrógeno en las excretas a través de las fases. Respecto al desempeño zootécnico en la fase de acabado, el T4 obtuvo los mejores resultados en consumo diario de alimento (81.22 g), ganancia de peso (49.23 g) y Conversión Alimenticia (1.64). En conclusión, el estudio validó que la adición de 0.4% de ME puede mejorar el rendimiento productivo y reducir el nitrógeno en las excretas y camas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Zeolita

La palabra "zeolita" proviene del griego "zeo" (hervir) y "lithos" (piedra), haciendo referencia a su capacidad de liberar agua, o "piedra que hierve" (Zeolitamin, 2022). Son minerales aluminosilicatos hidratados que poseen una estructura abierta tridimensional de tetraedros de silicio, aluminio y oxígeno, y contienen cationes alcalinos y alcalinotérreos. Estas características les permiten comportarse como filtros moleculares que atraen pequeñas moléculas como H₂O, CO₂, y NH₃ (Castro, 2002).

Esta funcionalidad única permite que la zeolita optimice la utilización de nutrientes, controle problemas entéricos (como diarreas y úlceras) y reduzca los malos olores en instalaciones avícolas. Augustyn (2010) destaca que las zeolitas son materiales volcánicos de origen natural con diversas aplicaciones en ganadería y acuicultura, favoreciendo el rendimiento animal y la producción sostenible.

2.2.1.1 Propiedades de la zeolita

Las zeolitas poseen propiedades fisicoquímicas únicas que las hacen versátiles en la ganadería. Estas incluyen su alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) y su capacidad para adsorber compuestos orgánicos e inorgánicos. Esto permite su uso en la reducción de contaminantes en desechos animales (Zhu *et al.*, 2020) y le otorga una alta resistencia mecánica, garantizando su estabilidad estructural durante el manejo (Zeolitamin, 2022).

2.2.1.2 Toxicidad de la zeolita

Una propiedad clave de la zeolita es su capacidad para reducir la toxicidad generada por metales pesados y neutralizar aflatoxinas presentes en el alimento, lo que reduce costos asociados a enfermedades digestivas y la dependencia de antibióticos (Zeolitamin, 2021; Kim *et al.*, 2017).

Sin embargo, Elliot y Edwards (1991) advierten sobre la posibilidad de que el aluminio presente en zeolitas naturales con altos niveles pueda solubilizarse en el tracto gastrointestinal de aves, generando toxicidad en ciertos casos. Por otra parte, estudios sobre la efectividad productiva varían; aunque Shariatmadari (2008) plantea dudas sobre su efecto consistente en el crecimiento y producción de huevos, Kim *et al.* (2017) sostiene su eficacia para aglutinar micotoxinas y mejorar la salud animal.

2.2.2. La zeolita en la alimentación avícola

La adición de zeolita en la alimentación animal ha demostrado beneficios significativos, como la mejora de la absorción de nutrientes, la promoción de la salud intestinal y un mejor rendimiento productivo. La clinoptilolita es un tipo de zeolita aprobado por la Unión Europea (E568) como aglutinante en piensos para diversas especies, incluyendo pollos y pavos. La inclusión de zeolita en proporciones del 2% al 5% en la dieta ha demostrado incrementar la eficiencia de conversión alimenticia, reducir la mortalidad y mejorar el crecimiento (Kim et al., 2017).

En avicultura, la zeolita optimiza el consumo de alimento y agua, y potencia el crecimiento (Zeolitamin, 2021). Khademi (2003) demostró que las zeolitas naturales son seguras y mejoran el consumo y rendimiento hasta un nivel del 7%, mientras que niveles superiores pueden tener resultados negativos. Un beneficio importante es su capacidad de mayor retención de nitrógeno (N), lo que optimiza su aprovechamiento y mejora la digestión de proteínas (Schneider et al., 2017). Adicionalmente, se ha comprobado que la zeolita es eficaz en la reducción de la emisión de gases provenientes del estiércol, como el amoníaco (NH_3) (Chen et al., 2019).

2.2.3. El amoníaco en el ambiente avícola

El amoníaco (NH_3) es un gas incoloro, de olor penetrante, que se genera principalmente por la descomposición del ácido úrico presente en las excretas animales, un proceso que inicia la enzima ureasa. Este gas se origina cuando el nitrógeno proteico del alimento se transforma en urea y amoníaco durante el metabolismo. El NH_3 se volatiliza rápidamente, generando un impacto negativo en la calidad del aire de las instalaciones (Biovet, 2021).

La acumulación de amoníaco en ambientes con ventilación inadecuada y dietas ricas en proteínas afecta la productividad y el bienestar animal, causando daños en las vías respiratorias y reduciendo la eficiencia alimenticia (Biovet, 2021). Las concentraciones elevadas de NH_3 (50-100 ppm) pueden provocar conjuntivitis, daño ocular, congestión pulmonar, disminución del consumo de alimento e incluso la muerte (Arrieta, 2013). La legislación europea, por ejemplo, recomienda que las concentraciones no superen las 20 ppm para evitar problemas de salud significativos (AviNews, 2021).

La generación de amoníaco (NH_3) en los galpones avícolas es un proceso multifactorial influenciado directamente por la composición de la dieta (especialmente los niveles de proteína), la humedad de la cama (donde valores superiores al 35% favorecen la

descomposición bacteriana del ácido úrico), el pH de la cama (ya que un pH alto, cercano a 11, incrementa la producción de NH_3 volátil), y las prácticas de manejo y ventilación (AviNews, 2021; Gonzalo, 2014; Arrieta, 2013).

Para mitigar este problema, la zeolita actúa mediante dos mecanismos clave: primero, a través de la captura de contaminantes directamente en la cama/excretas, donde su capacidad de intercambio catiónico y estructura porosa le permiten atrapar el ion amonio (NH_4^+) (Schneider *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2017); y segundo, por la mejora de la digestión de proteínas en la dieta, lo cual limita la cantidad de nitrógeno que llega a las excretas y, por ende, reduce la potencial volatilización de NH_3 (Zeolitamin, 2022). En resumen, la zeolita contribuye a la sostenibilidad ambiental al reducir la emisión de gases contaminantes provenientes del estiércol (Chen *et al.*, 2019), haciendo crucial su control para el bienestar animal y la productividad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y fecha de ejecución

El presente estudio se llevó a cabo en la Unidad de Avicultura del Laboratorio Granja Zootécnica, perteneciente a la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria de Selva (UNAS). Esta unidad está ubicada en la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco; Perú; cuyas coordenadas geográficas de 76° 01' 07" de longitud oeste 09°17'24" de latitud sur a una altitud de 660 m.s.n.m. El clima de la zona corresponde a un bosque húmedo premontano tropical (bh-pmt), con una humedad relativa anual de 84,09%, temperatura media anual de 25,5 °C, y una precipitación pluvial anual aproximada de 3100 mm, distribuidos a lo largo del año (SENAMHI, 2021). El experimento se desarrolló durante los meses de agosto y setiembre del 2024.

3.2. Tipo de investigación

El estudio se clasificó como una investigación de tipo experimental, con enfoque cuantitativo y diseño completamente aleatorizado.

3.3. Materiales y equipos

3.3.1 Instalaciones y equipos

El experimento se realizó en un galpón perteneciente al Centro de Capacitación e Investigación de la Granja Zootécnica. El galpón presenta una estructura de 20 m de largo, 12 m de ancho y 3,2 m de altura, con piso de concreto inclinado al 3% para facilitar el drenaje. La estructura está conformada por vigas y postes de madera, techo de calamina a dos aguas con claraboya, y paredes de malla metálica tipo gallinero. La altura máxima del techo alcanza los 4,2 m, mientras y la claraboya cuenta con una apertura de 0,6 m de ancho por 26 m de largo.

El área de alojamiento fue equipada con todos los implementos necesarios para la crianza: comederos, bebederos, mantas térmicas, y focos de iluminación. Se utilizaron 16 cubículos de dimensiones homogéneas (1 m x 1 m x 0,9 m de alto), con una densidad poblacional de diez aves por metro cuadrado.

3.3.2 Animales experimentales

Se utilizaron 160 pollos de engorde de la línea Cobb500 machos, de un día de edad y peso inicial promedio entre 40 a 45 g. Las aves fueron adquiridas en Lima y distribuidas aleatorias en los 16 cubículos, considerando cada uno como una unidad experimental con diez

aves. Se evaluaron cuatro tratamientos, con cuatro repeticiones por tratamiento.

Las fases de crianza consideradas fueron:

Inicio: días 1 al 7

Crecimiento: días 8 al 21

Acabado: días 22 al 35.

Total: días 1 al 35

(Rostagno et al., 2017).

3.3.3 Manejo sanitario

Previo al inicio del experimento:

- Se realizó una limpieza profunda y la desinfección del área experimental.
- Se utilizó cal viva para desinfectar el piso, el techo y las paredes, mientras que los equipos y divisiones fueron lavados con detergente y desinfectados con una solución de lejía.
- Se aplicó un desinfectante a base de yodo al 25% mediante aspersion, a una dosis de 20 cm³ por litro de agua.
- Se estableció un programa de vacunación para el control de enfermedades comunes.

Durante el experimento:

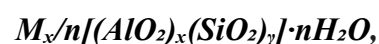
- A los siete días de edad se administró la vacuna contra la triple aviar por vía ocular, repitiéndose a los 18 días por la misma vía.
- Se utilizó un pediluvio a la entrada del galpón para prevenir la introducción de patógenos externos.

3.3.4 Variable independiente

La variable independiente correspondió a los niveles de inclusión de zeolita comercial en la dieta de pollos de engorde.

3.3.5 Insumo en estudio

Se empleó un aluminosilicato comercial denominado QUITAFLEXZEO, registrado en la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA) bajo el número A-7853-004. Este producto actúa como secuestrante de micotoxinas y está formulado a base de clinoptilolita activada.



Según su ficha técnica, la composición química del producto es la siguiente:

- Sílice (SiO_2): 66.00 % (máx.)
- Óxido de sodio (Na_2O): 0.24% (mín.)
- Óxido de calcio (CaO): 4.20% (máx.)
- Óxido de aluminio (Al_2O_3): 6.90% (mín.)

El producto se presenta en sacos de 25 kg, tiene sabor amargo y está aprobado para su uso en diversas especies animales (aves, cerdos, rumiantes y mascotas). En este experimento se administró de forma continua durante todo el ciclo productivo de tres concentraciones 400, 800 y 1,200 g por cada 100 kg de alimento. las aves. El producto fue suministrado por la empresa BATTILANA, con sede en Lima.

3.4. Dietas experimentales

Se formularon cuatro dietas experimentales para cumplir con los requerimientos nutricionales específicos para pollos de engorde según Rostagno et al. (2017), garantizando una adecuada relación energía-proteína para cada fase. Las raciones fueron preparadas en la Planta Procesadora de Alimentos Balanceados "El Granjero" de la UNAS, utilizando una mezcladora horizontal de hélices y fajas con capacidad para 80 kg.

La zeolita (QUITAFLEXZEO) fue incluida en tres niveles (0,4 %, 0,8%, y 1.2%) en sustentación parcial de los ingredientes energéticos, sin alterar la equivalencia nutricional entre tratamientos. La composición nutricional y los ingredientes utilizados en cada fase (inicio, crecimiento y acabado) se presentan en las Tablas 1, 2, y 3 respectivamente.

Tabla 1. Composición de las dietas experimentales para pollos Cobb 500 machos en la fase de inicio de (1-7 días) con inclusión de zeolita.

Ingredientes	Inclusión de zeolita %			
	Zeolita 0%	Zeolita 0.4%	Zeolita 0.8%	Zeolita 1.2%
Maíz (x)	61.856	60.952	60.049	59.145
Torta de soya (y)	28.368	28.538	28.707	28.877
Aceite Palma (z)	.....	0.135	0.469	0.803
Harina de pescado	7.000	7.000	7.000	7.000
Soya integral	.....	.....	.....	.....
Kompett AVES	0.100	0.100	0.100	0.100
Sal	0.300	0.300	0.300	0.300
Cloruro de Colina	0.025	0.025	0.025	0.025
Fungiban 50%	0.100	0.100	0.100	0.100
Glopidol coccidiostato	0.050	0.050	0.050	0.050
Carbonato Ca	0.770	0.770	0.770	0.770
Phosbic 18.5%	1.300	1.300	1.300	1.300
Lisina HCl	0.140	0.140	0.140	0.140
Metionina	0.190	0.190	0.190	0.190
Zeolita	---	0.400	0.800	1.200
TOTAL :	100.00	100.00	100.00	100.00
Precio S/. Kg.	2.608	2.628	2.659	2.685
Valor nutricional				
PB (%)	22.00			
EM (kcal/kg)	2,925.00			
Ca (%)	0.97			
P Disp. (%)	0.50			
Lis (%)	1.35			
Met (%)	0.59			
Trip (%)	0.26			
Met + Cis	0.93			

Fuente: Rostagno et al., (2017)

Tabla 2. Composición de las dietas experimentales para pollos Cobb 500 machos en la fase de crecimiento (8 - 21 días) con inclusión de zeolita.

Ingredientes	Inclusión de zeolita %			
	0	1	2	3
Maíz (x)	56.853	55.949	55.046	54.142
Torta de soya (y)	29.202	29.372	29.541	29.711
Aceite Palma (z)	1.490	1.824	2.158	2.492
Harina de pescado	1.000	1.000	1.000	1.000
Soya integral	5.000	5.000	5.000	5.000
P-7 ^a	0.100	0.100	0.100	0.100
Sal	0.300	0.300	0.300	0.300
Cloruro de Colina	0.025	0.025	0.025	0.025
Metionina	0.140	0.140	0.140	0.140
Lisina HCl	0.090	0.090	0.090	0.090
Carbonato Ca	1.100	1.100	1.100	1.100
Monofatos 21	1.600	1.600	1.600	1.600
Fungiban 50%	0.100	0.100	0.100	0.100
Zeolita	.....	0.400	0.800	1.200
Afrecho de trigo	3.000	3.000	3.000	3.000
TOTAL :	100.00	100.00	100.00	100.00
Precio S/. Kg.	2.400	2.406	2.414	2.421
Valor nutricional				
PB (%)	20.60			
EM (kcal/kg)	2,980.00			
Ca (%)	0.91			
P Disp. (%)	0.46			
Lis (%)	1.20			
Met (%)	0.46			
Trip (%)	0.25			
Met + Cis	0.78			

Fuente: Rostagno et al., (2017)

Tabla 3. Composición de las dietas experimentales para pollos Cobb 500 machos en la fase de **acabado (22- 35 días)** con inclusión de zeolita.

Ingredientes	Inclusión de zeolita %			
	0	1	2	3
Maíz (x)	57.390	56.487	55.583	54.679
Torta de soya (y)	25.534	25.704	25.873	26.043
Aceite Palma (z)	2.661	2.995	3.329	3.663
Soya integral	6.000	6.000	6.000	6.000
Afrecho de trigo	5.000	5.000	5.000	5.000
Metionina	0.130	0.130	0.130	0.130
Lisina HCI	0.060	0.060	0.060	0.060
Carbonato Ca	1.100	1.100	1.100	1.100
Monofatos 21	1.600	1.600	1.600	1.600
Cloruro de colina	0.025	0.025	0.025	0.025
Proapak - aves	0.100	0.100	0.100	0.100
Fungiban 50%	0.100	0.100	0.100	0.100
Sal	0.300	0.300	0.300	0.300
Zeolita	.....	0.400	0.800	1.200
TOTAL :	100.00	100.00	100.00	100.00
Precio S/. Kg.	2.331	2.338	2.344	2.351
Valor nutricional				
PB (%)	19.10			
EM (kcal/kg)	3,050.00			
Ca (%)	0.83			
P Disp. (%)	0.43			
Lis (%)	1.06			
Met (%)	0.42			
Trip (%)	0.16			
Met + Cis	0.72			

Fuente: Rostagno et al., (2017).

3.5. Tratamientos evaluados

Los tratamientos se definieron según el nivel de inclusión de zeolita (QUITAFLEXZEO) en la dieta basal de los pollos de engorde:

T0: (Control) dieta basal sin inclusión de zeolita (0.0 %).

T1: dieta con inclusión de 0.4 % de zeolita.

T2: dieta con inclusión de 0.8 % de zeolita

T3: dieta con inclusión de 1.2 % de zeolita

3.6. Diseño experimental y distribución de tratamientos

El experimento se estructuró bajo un diseño completamente al azar (DCA), compuesto por cuatro tratamientos (T0, T1, T2, T3) cada repetición uno con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada por diez pollos Cobb 500 machos.

El esquema de distribución aleatoria de tratamientos es el siguiente:

Fila 1	Fila 2	Fila 3	Fila 4
T ₀ R ₁	T ₂ R ₄	T ₃ R ₃	T ₁ R ₁
T ₂ R ₃	T ₃ R ₄	T ₁ R ₃	T ₀ R ₃
T ₃ R ₁	T ₀ R ₂	T ₁ R ₄	T ₂ R ₁
T ₁ R ₂	T ₃ R ₂	T ₀ R ₄	T ₂ R ₂

La asignación aleatoria de tratamientos buscó asegurar la validez estadística del ensayo y minimizar posibles sesgos.

3.7. Variables evaluadas

3.7.1. Variables dependientes

a) Calidad de la cama

- Concentración de amoníaco (ppm)
- Contenido de nitrógeno total (%)
- Contenido de fósforo total (%)
- pH de la cama
- Porcentaje de humedad

b) Parámetros productivos

- Ganancia diaria de peso (GDP) (kg/ave/día)
- Conversión alimenticia (CA)
- Consumo de alimento (CDA) (kg/ave)

c) Indicadores económicos:

- Beneficio neto, S/.
- Mérito económico (%)

3.8. Metodología de evaluación

3.8.1. Calidad de la cama:

a) Medición de amoníaco en cama

La concentración de amoníaco sobre la cama de los pollos Cobb 500, fueron medidos con un detector digital Monogas BH-90A. Dichas mediciones se realizaron a 10 cm de altura sobre la cama, en tres puntos representativos por unidad experimental, usando una vara graduada. Se tomaron lecturas los días 15, 21, 28 y 35 de la crianza en tres horarios (8:00, 12:00 y 17:00 h). El valor diario fue el promedio de esas tres mediciones y los semanales se calcularon como el promedio de los valores diarios. Se recolectaron muestras semanales de cama (una por repetición) desde el día 15 para análisis de la concentración de amoníaco laboratorio y determinar su efecto contaminante en el ambiente.

b) Determinación de nitrógeno en la cama

Se tomaron tres submuestras por unidad experimental (evitando áreas cercanas a comederos/bebederos), y se mezclaron para obtener una muestra compuesta. Las muestras fueron recolectadas los días 0, 14 y 35, empleando el método de la doble “W” y almacenadas en bolsas Whirl-Pak para su traslado al laboratorio de suelos de la UNAS.

El análisis de nitrógeno total se realizó mediante el método de Kjeldahl, utilizando digestión con ácido sulfúrico concentrado y sulfato de cobre como catalizador a 350 °C (Valerio et al., 2016).

c) Determinación de fósforo en la cama

Se recolectaron muestras de cama antes del inicio del ensayo y posteriormente los días 14 y 28. Las muestras se secaron en estufa (55 °C, 72 h), se trituraron y se sometieron a digestión en seco. El fósforo total se determinó mediante el método colorimétrico de Murphy y Riley (1962), complementado con la técnica de Sandoval (1994), usando un espectrofotómetro UV-visible (Genesys S10, THERMO, USA).

d) Porcentaje de humedad de la cama

Se evaluó los días 0, 14 y 32. Se tomaron diez gramos de muestra, colocadas en una placa Petri y secados en estufa a 110 °C por dos horas. Luego se enfriaron en un desecador y se pesaron nuevamente. El porcentaje de humedad se calculó mediante la fórmula:

$$\% \text{ de humedad} = \left(\frac{(W2 + W1) - W3}{W2} \right) \times 100$$

Donde:

- W1 = Peso de la placa Petri
- W2 = Peso de la muestra húmeda
- W3 = Peso de la muestra seca + placa

(Método adaptado de Smith, 2005)

e) Medición del pH de la cama

Se utilizó un peachímetro digital modelo cuatro en Dos Soil Survey Instrument, calibrado con soluciones tampón de pH 4, 7 y 10. Las lecturas se realizaron en tres puntos por cubículo, a una profundidad de cinco centímetros, los días 0, 14 y 28, a las 9:00 h. Cada lectura fue duplicada y se calculó el promedio. El electrodo fue enjuagado con agua destilada tras cada medición, siguiendo recomendaciones técnicas de Lage (2018) que garantice un proceso veraz, realizando una calibración y limpieza adecuado del instrumento.

3.8.2. Desempeño productivo

a) Ganancia diaria de peso (GDP)

Se calculó mediante la fórmula

$$GDP = \text{Peso final} - \text{Peso inicial} / N^{\circ} \text{ de días evaluados}$$

b) Consumo diario de alimento (Co.A)

El alimento ofrecido fue pesado diariamente. Se calculó el consumo por diferencia entre la cantidad ofrecida y la remanente. El resultado se dividió entre el número de aves y días evaluados para obtener el consumo por ave.

c) Conversión alimenticia (CA)

La CA se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$CA = \text{Consumo total de alimento (g)} / \text{Ganancia total de peso (g)}$$

3.8.3. Índices económicos

a) Beneficio neto (BN)

Se determinó considerando los ingresos por venta de las aves y los costos de producción.

$$BNI = PYi - (CFi + CVi)$$

Donde:

- **BNi**: Beneficio neto por ave (S/).
- **PYi**: Ingreso bruto por ave (S/).
- **CFi**: Costos fijos por ave
- **CVi**: Costo variable por ave

b) Mérito económico (ME)

Se calculó mediante:

$$ME = (BNCT) \times 100$$

Donde:

- **ME**: Merito económico (%)
- **BN**: Beneficio neto
- **CT**: Costo total

3.9. Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó bajo un **diseño completamente al azar (DCA)**, evaluando cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- **Y_{ij}** : Observación de la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento evaluado
- **μ** : Media general y representa estimador de la media de la población
- **T_i** : Efecto del i-és
- **ϵ_{ij}** : Error aleatorio asociado a cada unidad experimental

Se estableció un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, siguiendo los criterios de Ostle (1979) y Scheffler (1982). La homogeneidad de varianzas fue verificada previamente. Cuando el análisis de varianza (ANOVA) indicó diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha=0.05$) para identificar tratamientos estadísticamente diferentes.

El procesamiento estadístico se realizó con el software INFOSTAT versión 2020, ampliamente utilizado en investigaciones agronómicas y zootécnicas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de la zeolita en la dieta sobre la mitigación de la contaminación ambiental, desempeño productivo y económico en pollos Cobb 500 machos

4.1.1. Concentración de amoníaco y niveles de pH de la cama de los pollos Cobb

a. Concentración de amoníaco en la cama en diferentes horarios

Los resultados Tabla 4, indican que las concentraciones de amoníaco en el ambiente del galpón varían en función del tratamiento y del horario de evaluación. El Tratamiento T2(0.8% de zeolita) presentó las menores concentraciones de amoníaco en todos los horarios, significativamente inferior a los demás tratamientos en el horario de 5.00 pm ($p=0.05$), con valor de 1.77 ppm. Esta reducción sugiere una mayor eficiencia de la zeolita en este nivel de inclusión, probablemente debido a una mayor capacidad de adsorción del NH_3 en la cama en concordancia con lo reportado por (Chen et al, 2019).

Tabla 4. Concentración de amoníaco (ppm) en la cama de pollos Cobb 500, en diferentes horas del día, bajo distintos niveles de inclusión de zeolita en la dieta.

Tratamientos	HORARIOS		
	8:00 am.	12.0 m.	5.00 pm
T0 (control)	2.17 ppm	2.10	2.00
T1 (0.4% de zeolita)	2.23 ppm	2.23	2.47
T2 (0.8% de zeolita)	2.12 ppm	1.93	1.77
T3 (1.2% de zeolita)	2.67 ppm	2.43	2.60
p- valor	0.42	0.36	0.05
C.V. (%)	18.23	15.25	15.3

Nota: Diferencias significativas se presentan cuando $p<0.05$ (95% de confianza).

En contraste, el tratamiento T3(1.2% de zeolita) mostró las concentraciones más elevadas del amoníaco, especialmente a las 8:00 a.m. (2.67 ppm) y a las 5.00 p.m. (2.60 ppm), lo que podría indicar una saturación del efecto adsorbente de la zeolita a dosis más altas o una posible alteración del equilibrio microbiológico de la cama. Esta tendencia también fue observada por Valles y González (2015), quienes reportaron que la efectividad de aditivos adsorbentes puede disminuir cuando se sobrepasa ciertos umbrales.

En todos los tratamientos, las concentraciones de NH_3 fueron más altas durante las primeras horas del día, disminuyendo hacia la tarde. Este patrón puede estar asociado a variaciones de temperatura, humedad relativa y ventilación dentro del galpón,

factores que influyen directamente en la volatilización del NH₃.

b. Concentración del amoníaco durante cuatro semanas

La Tabla 5, muestran que las concentraciones de amoníaco variaron significativamente a lo largo del periodo experimental y entre tratamientos. En la tercera semana, el tratamiento T2 (0.8% de zeolita) registró la mayor concentración de NH₃, (6.01 ppm) seguido de T3 (5.08 ppm), lo que sugiere una acumulación progresiva de amoníaco en esas condiciones. Mientras el tratamiento T0 (control) mostró valores más estables y bajos, en las semanas uno, dos y cuatro, sin llegar a ser estadísticamente superiores en eficiencia.

Tabla 5. Concentración de amoníaco (ppm) en la cama de pollos Cobb 500, durante cuatro semanas, según niveles de zeolita en la dieta.

Tratamiento	1ra semana (15 días)	2da Semana (21 días)	3ra semana (28 días)	4ta semana (35 días)
T0 (testigo)	2.43 ^b	1.43 ^c	2.48 ^c	2.09 ^b
T1 (0.4 % zeolita)	2.73 ^b	1.78 ^b	4.71 ^b	2.31 ^{ab}
T2 (0.8 % de zeolita)	3.29 ^a	2.12 ^a	6.01 ^a	1.94 ^b
T3 (1.2 % de zeolita)	1.81 ^c	1.68 ^b	5.08 ^b	2.57 ^a
p-valor	0.0001	0.0001	0.0001	0.007
C.V. (%)	13.23	12.07	9.23	16.39
R ²	0.77	0.88	0.99	0.43
p-del R ²	0.047	0.0065	<0.0001	0.1237

Notas: Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas (prueba de Duncan, $p < 0.05$).

Sorprendentemente, el tratamiento T3(1.2 %) que inicialmente presentó la menor concentración (1.81 ppm en la semana uno), incrementó sus valores de forma significativa en la semana tres, lo que indicaría que un exceso de zeolita podría estar asociado a una menor eficiencia de adsorción a largo plazo, posiblemente por saturación de los sitios activos o acumulación de excretas en la cama.

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos en todas las semanas evaluadas ($p < 0.01$). Además, el coeficiente de determinación (R²) fue especialmente alto en la tercera semana (0.99), lo que indica una fuerte relación entre los tratamientos y los niveles de NH₃ acumulado.

Estos resultados refuerzan la hipótesis de que el uso de zeolita como aditivo dietético puede contribuir a reducir la emisión de amoníaco. Una dosis moderada (0.8

%) parece ser más efectiva en las primeras semanas, mientras que niveles superiores pueden perder eficiencia por saturación o acumulación.

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas en la concentración de amoníaco entre los tratamientos a lo largo de todo el periodo experimental ($p < 0.01$). El elevado Coeficiente de Determinación ($R^2 = 0.99$) en la tercera semana subraya una relación extremadamente fuerte entre las diferentes dosis de zeolita y los niveles de NH_3 acumulado.

Contrario a la expectativa de una mejora lineal, las concentraciones de amoníaco variaron de forma significativa con la dosis y el tiempo. En la tercera semana, el tratamiento T_2 (0.8% de zeolita) registró la mayor concentración de NH_3 (6.01 ppm), seguido por T_3 (5.08 ppm). Sorprendentemente, el tratamiento T_0 (control) mostró valores más estables y bajos durante las semanas uno, dos y cuatro, aunque sin alcanzar una superioridad estadística consistente.

Este comportamiento sugiere un efecto dependiente de la dosis y el tiempo de exposición. El tratamiento T_3 (1.2% de zeolita), que inicialmente presentó la concentración más baja (1.81 ppm en la semana uno), incrementó sus valores de forma significativa para la tercera semana. Este comportamiento indica una posible saturación de los sitios activos de la zeolita dentro del tracto gastrointestinal y/o en la cama.

Fisiológicamente, la zeolita atrapa el ion amonio (NH_4^+) en el intestino y las excretas a través de su capacidad de intercambio catiónico, reduciendo el nitrógeno disponible para la volatilización de NH_3 . Sin embargo, a medida que la zeolita se expone progresivamente a altas cargas de NH_4^+ a lo largo de las semanas, su CIC se satura. Un posible exceso de zeolita (como en T_3) puede llevar a una menor eficiencia relativa o, en el caso de T_2 , a que la dosis no sea suficiente para manejar la creciente producción de NH_3 generada por el mayor consumo de alimento y el crecimiento del ave. Esto refuerza la idea de que una dosis óptima y moderada (0.8% o menos) es más efectiva en las fases iniciales, pero pierde eficiencia a largo plazo por la saturación o la acumulación de excretas en la cama.

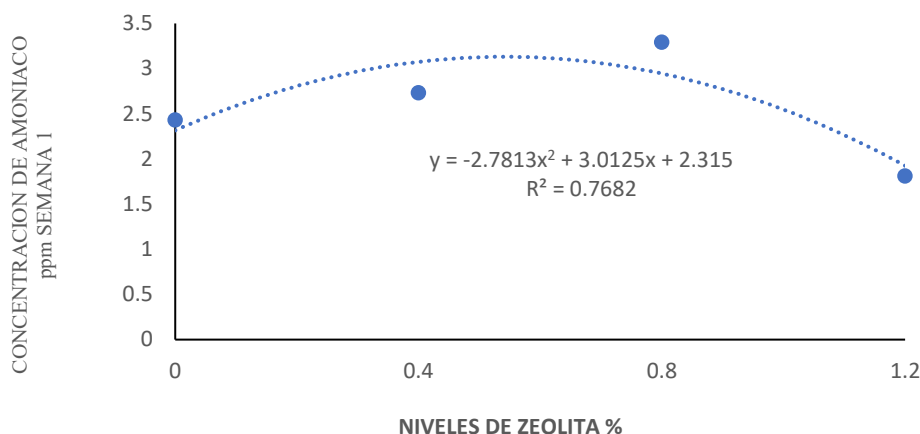


Gráfico 1. Relación entre la concentración de amoníaco en la cama (ppm) y los niveles de inclusión de zeolita (%) en la dieta durante la primera semana de evaluación (15 días).

El Gráfico 1, revela una relación no lineal entre la dosis de zeolita en la dieta y la concentración de amoníaco (NH_3) en el ambiente, con un patrón de aumento inicial seguido de una notable disminución. Se observó un incremento progresivo en la concentración de NH_3 al subir la dosis de 0% (control) a 0.8%, seguido de un descenso significativo al alcanzar la dosis de 1.2%. La tendencia se ajusta a una función cuadrática dada por la ecuación $y = -2.7813x^2 + 3.0125x + 2.315$, la cual sugiere la existencia de un pico máximo de emisión de amoníaco en un punto cercano a la inclusión del 0.8% de zeolita.

Este hallazgo es paradójico a la hipótesis de reducción constante y puede interpretarse como una saturación temprana de la capacidad adsorbente de la zeolita a ese nivel de inclusión. Es decir, a la dosis de 0.8%, el material podría estar capturando NH_3 , pero la tasa de producción de amoníaco por el crecimiento de las aves y el pH de la cama supera temporalmente la capacidad del aditivo para mitigar la volatilización. La posterior disminución notable en NH_3 al 1.2% indica que solo esta dosis más alta logra una cantidad suficiente de sitios de intercambio catiónico para superar la tasa de producción de amonio (NH_4^+), expresando finalmente el efecto de reducción esperado.

El coeficiente de determinación ($R^2=0.7682$) indica que el 76.82% de la variación total en la concentración de amoníaco puede ser explicada por la dosis de zeolita incluida en la dieta. Este ajuste se considera moderadamente fuerte para una variable biológica y ambiental, validando la influencia del aditivo en los niveles de NH_3 .

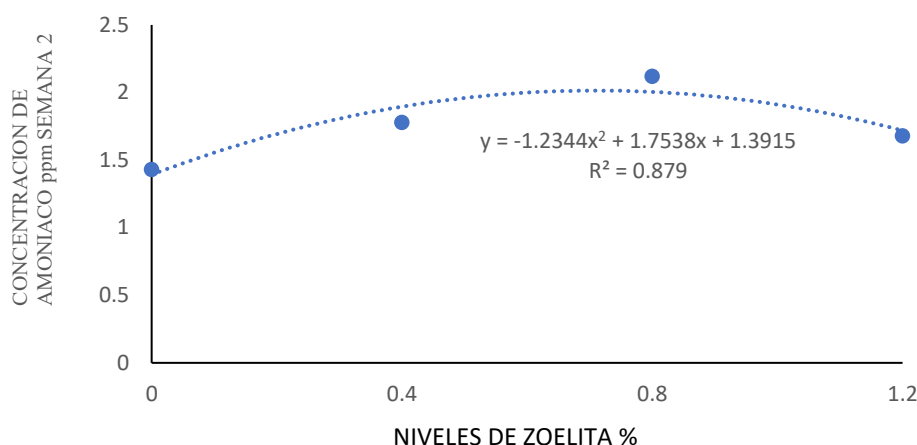


Gráfico 2. Relación entre la concentración de amoníaco en la cama (ppm) y los niveles de inclusión de zeolita (%) en la dieta durante la segunda semana de evaluación (21 días).

El Gráfico 2, muestra la evolución de la concentración de amoníaco (NH_3) en la cama en la segunda semana de crianza en función de la dosis de zeolita. Al igual que en la primera semana, se observó una respuesta cuadrática que se ajusta a la ecuación $y = -1.2344x^2 + 1.7538x + 1.3915$. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0.879$) es estadísticamente sólido, indicando que el 87.9% de la variación en la concentración de NH_3 es explicada por el nivel de inclusión de zeolita en la dieta.

El comportamiento observado persiste: a medida que la dosis de zeolita aumenta de 0% a aproximadamente 0.8%, la concentración de amoníaco también aumenta, alcanzando su punto máximo de emisión, para luego disminuir significativamente al llegar al 1.2%.

Este patrón cuadrático sugiere que las dosis moderadas de zeolita (0.4%–0.8%) son insuficientes para manejar la carga de nitrógeno generada por las aves durante esta fase de crecimiento metabólicamente activa. En este periodo, la mayor producción de excretas y la liberación de compuestos nitrogenados superan la capacidad de adsorción de la dosis moderada. En contraste, el nivel de 1.2% de zeolita demuestra una mayor capacidad de intercambio catiónico, lo que permite una retención efectiva del ion amonio (NH_4^+) y, por lo tanto, reduce la volatilización de NH_3 en la cama de forma eficiente.

Estos hallazgos, consistentes con la tendencia observada en la Tabla 5 y los resultados de la primera semana, refuerzan la hipótesis de que la zeolita es un mejorador ambiental efectivo. Sin embargo, su efecto óptimo está condicionado por la dosis y debe considerar el momento fisiológico del ave, ya que la necesidad de capacidad adsorbente

aumenta drásticamente con la edad y el crecimiento. La dosis de 1.2% se posiciona como el nivel mínimo necesario para mitigar la acumulación de amoníaco durante la fase inicial-crecimiento.

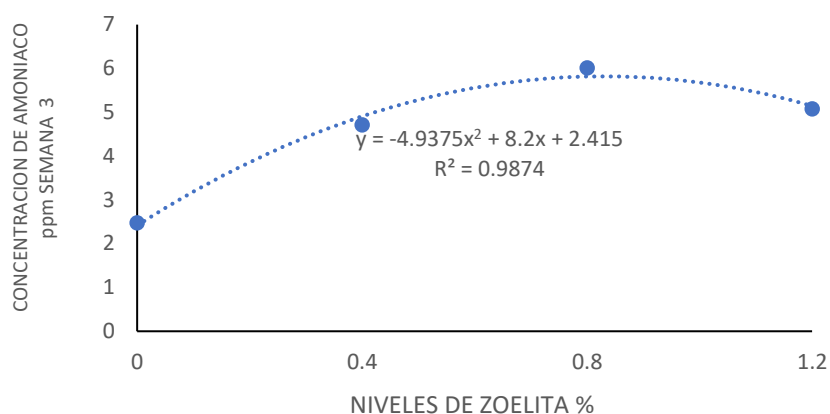


Gráfico 3. Relación entre la concentración de amoníaco en la cama (ppm) y los niveles de inclusión de zeolita (%) en la dieta durante la tercera semana de evaluación (28 días).

El Gráfico 3, muestra el comportamiento de la concentración de amoníaco (NH_3) en la cama de los pollos durante la tercera semana, en función de los niveles crecientes de inclusión de zeolita en la dieta (0.4, 0.8 y 1.2%). La relación $y = -4.9375x^2 + 8.2x + 2.415$ ($R^2 = 0.9874$), indica un excelente grado de correlación entre los niveles de zeolita y la concentración de amoníaco ($R^2 = 0.9874$), explicando el 98.74 % de la variación observada.

La concentración de amoníaco aumenta progresivamente desde el tratamiento control, hasta alcanzar un valor máximo en el tratamiento T2 (0.8 %), valor de 6.01 ppm. A partir de ese punto, la concentración disminuye en el tratamiento T3 (1.2 %), lo que sugiere una respuesta parabólica típica en procesos donde existe saturación de capacidad adsorbente. Es posible que a niveles moderados (0.4–0.8 %), la producción de excretas, combinada con la actividad microbiana y las condiciones de la cama, supere la capacidad de retención del NH_3 , lo que explica el aumento observado.

Por otro lado, el descenso observado en el tratamiento con 1.2 % de zeolita podría atribuirse a una mayor disponibilidad de adsorción, lo que mitiga la acumulación de amoníaco. Este resultado coincide con estudios de Valentín (2019), quien señala que niveles superiores al uno por ciento pueden resultar más eficientes en condiciones de alta carga nitrogenada, al mejorar la retención de gases y modificar la estructura fisicoquímica de la cama.

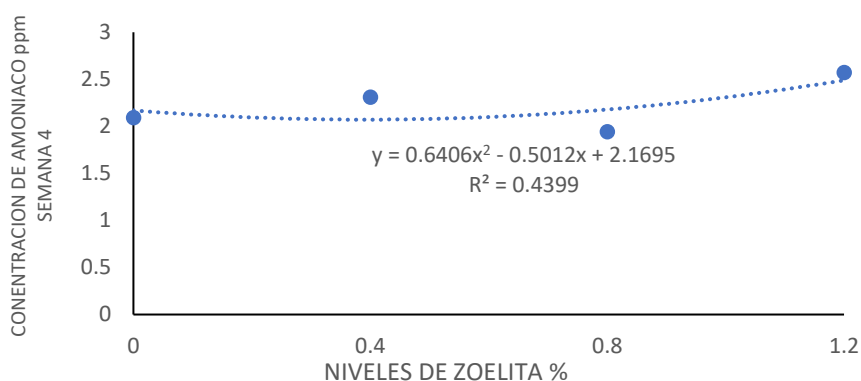


Gráfico 4. Relación entre la concentración de amoníaco en la cama (ppm) y los niveles de inclusión de zeolita (%) en la dieta durante la cuarta semana de evaluación (35 días).

Al finalizar la semana cuatro del ensayo, se observó una disminución significativa en la concentración de amoníaco (NH_3) en los tratamientos que incluyeron zeolita. En particular, el tratamiento T2 (0.8% de zeolita) registró el valor más bajo de amoníaco en la cama, con 1.94 ppm, siendo estadísticamente inferior ($p < 0.05$) a valores obtenidos en T3 (1.2%) y T (0.4%), que alcanzaron concentraciones de 2.57 ppm y 2.31 ppm, respectivamente. Estos resultados sugieren que una inclusión de 0.8% de zeolita en la dieta optimiza la capacidad adsorbente del aditivo, reduciendo la volatilización de amoníaco en esta fase final.

Estos hallazgos coinciden con los reportes de Valles y González (2015) quienes documentaron que la inclusión de zeolita al 0.8% en dieta animales reduce significativamente la emisión de NH_3 , mejorando las condiciones ambientales en los galpones en comparación con dietas sin aditivos. Asimismo, Valentín (2019) encontró que niveles superiores de zeolita (5 %) pueden beneficiar propiedades fisicoquímicas del suelo, como la porosidad y la activación de nutrientes, aunque niveles moderados (2 % o menos) demostraron ser más eficientes en sistemas avícolas para el control del amoníaco, evitando efectos contraproducentes por sobresaturación o interferencia microbiológica.

En este contexto, los datos obtenidos en la cuarta semana respaldan la idea de que la eficacia de la zeolita como mitigante del amoníaco no es lineal, y que dosis moderadas, como el 0.8 %, representan un punto óptimo de inclusión en la dieta de pollos de engorde bajo condiciones de producción intensiva.

c. Niveles del pH evaluadas en la primera y tercera semana de la cama de pollos Cobb en horario determinado 9.00 a.m.

Los resultados de la Tabla 6, muestran que los valores de pH de la cama de pollos Cobb 500 son datos casi homogéneos con pequeñas variaciones decimales ($p_v=0.0001$) entre tratamientos, tanto en la primera como en la tercera semana del experimento. Valores que oscilaron entre 8.01 y 8.68, reflejando un entorno moderadamente alcalino, típico de camas con acumulación de excretas ricas en ácido úrico y compuestos nitrogenados.

Tabla 6. Valores de pH en la cama de pollos Cobb 500 machos, evaluadas a la primera y tercera semana, en función de diferentes niveles de inclusión de zeolita en la dieta.

Tratamientos	pH 1ra semana (hora: 9.00 am)	pH 3ra semana (hora: 9.00 am.)
T0 (control)	8.05 ^d	8.10 ^c
T1 (0.4% de zeolita)	8.49 ^a	8.68 ^{abcd}
T2 (0.8% de zeolita)	8.22 ^c	8.01 ^d
T3 (1.2% de zeolita)	8.36 ^b	8.59 ^b
p- valor	<0.0001	< 0.0001
C. V. (%)	0.26	0.29

Nota: Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$) según la prueba de Duncan (95 %).

Durante la primera semana, el tratamiento T1(0.4 % de zeolita) presentó el valor más elevado de pH (8.49), significativamente mayor que el tratamiento control T0(8.05) y que T2(8.22). En la tercera semana, el tratamiento T2(0.8 %) mostró el valor más bajo (8.01), mientras que el pH más alto fue registrado en T1 (8.68), seguido de T3 (1.2 %, 8.59).

Esta reducción significativa del pH en T2 entre la primera y tercera semana sugiere una acción acidificante progresiva atribuible a la zeolita en este nivel de inclusión, probablemente como resultado de su capacidad de adsorción de iones amonio y control del equilibrio iónico en la cama. Por el contrario, las dosis más altas (T3) no lograron mantener este efecto, lo que podría estar relacionado con una saturación de capacidad de intercambio o alteraciones en la microbiota de la cama.

Según Gonzalo (2014), mantener el pH de la cama por debajo de 9.0 es crucial para evitar la activación de enzimas como la ureasa, responsables de generar compuestos tóxicos como el amoníaco libre, que pueden provocar lesiones en patas, tarsos y pechugas de las aves. Además, valores de pH superiores a 12 crean un entorno propicio para el crecimiento

de bacterias patógenas, elevando los riesgos sanitarios.

Por tanto, la capacidad del tratamiento T2 (0.8 % de zeolita) para mantener el pH en niveles más estables y moderados (alrededor de 8.0) indica un potencial beneficio ambiental y sanitario, contribuyendo a un ambiente más saludable dentro del galpón y favoreciendo el bienestar animal.

Estos hallazgos coinciden con investigaciones previas que destacan el papel de la zeolita como regulador del pH en camas avícolas y como agente mitigante del amoníaco, (Zeolitenim, 2021; Valentín, 2019) posesionándola como una herramienta efectiva para la mejora de las condiciones higiénicas en sistemas de producción avícola. Consideramos importante un buen calibrado, limpieza del pHmetro, y otras recomendaciones durante la ejecución del proceso de toma del pH, como lo sostiene (Lage, 2018).

4.1.2. Niveles de humedad, materia seca, nitrógeno y fósforo en la cama de pollos Cobb 500 en fases de crecimiento y acabado

a) Fase de crecimiento

Durante la fase de crecimiento, se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos en los valores de humedad, materia seca y fósforo en la cama **Tabla 7**. El tratamiento T1 (0.4% de zeolita presentó el menor contenido de humedad (30.77%) y mayor contenido de materia seca (69.23%) en comparación con el tratamiento T2 (0.8%) que registró el mayor porcentaje de humedad (49.68%) y menor contenido de materia seca (50.32%)

Tabla 7. Concentración de nitrógeno (N), fósforo (P), humedad (H), y materia seca (MS) en la cama de pollos Cobb 500 durante la fase de crecimiento, en función del nivel de inclusión de zeolita en la dieta.

Tratamientos	H° %	MS %	Al 100% de M.S.	
			N%	P%
T0 (testigo)	36.92 ^{ab}	63.08 ^{ab}	3.37	1.46 ^b
T1 (0.4 % zeolita)	30.77 ^b	69.23 ^a	2.30	1.18 ^b
T2 (0.8 % de zeolita)	49.68 ^a	50.32 ^b	3.27	2.80 ^a
T3 (1.2 % de zeolita)	41.68 ^{ab}	58.32 ^{ab}	2.69	1.46 ^b
p-valor	0.033	0.003	0.054	0.012
C.V. (%)	15.82	10.44	14.99	27.55

Notas: Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Duncan ($p < 0.05$)

En cuanto a los minerales, el tratamiento T2 presentó la mayor concentración de fósforo (2.80%), mientras que el tratamiento T1 mostró los niveles más bajos de nitrógeno (2.30%) y fósforo (1.18%). Aunque las diferencias en nitrógeno no fueron estadísticamente significativas ($p>0.05$), se evidencia una tendencia hacia la reducción de este elemento en presencia de zeolita al 0.4%.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Schneider et al. (2017); Camacho y Darce (2021), quienes demostraron que la inclusión de zeolita en la dieta de aves mejora la retención de nitrógeno, reduciendo la concentración de NH_3 en las excretas y en la cama. Asimismo, Ruiz (2017) encontró que el uso de un suplemento mineral equivalente al 0.4%, tuvo un efecto positivo en la reducción del contenido del nitrógeno en sistemas avícolas.

En relación a la humedad, los niveles más bajos obtenidos con el tratamiento T1 (0.4% de zeolita) son consistentes con los estándares recomendados por Avinew (2021), los cuales establecen que mantener la cama con humedad inferior al 35 % ayuda a controlar la volatilización de amoníaco y mejora la calidad ambiental del galpón. Factores como la edad de las aves, el tiempo de uso de la cama y el sistema de ventilación también influyen en estos parámetros (Wikipedia, 2015; Camacho y Darce, 2021).

b) Fase de acabado

Durante la fase de acabado, se observaron diferencias significativas únicamente en la concentración de nitrógeno ($p=0.03$). El tratamiento T2 (0.8% de zeolita) presentó el valor más bajo de nitrógeno (2.89%) seguido por T1 (0.4% de zeolita, 3.14%) ambos inferiores al tratamiento control (T0: 4.44%) y al tratamiento T3(1.2% de zeolita, 4.48%).

Tabla 8. Concentración de nitrógeno (N), fósforo (P), humedad (H) y materia seca (MS) en la cama de pollos Cobb 500 durante la fase de acabado, según niveles de inclusión de zeolita en la dieta.

Tratamientos	H° %	MS %	N %	P %
T0 (control)	41.18	58.82	4.44	1.73
T1 (0.4% de zeolita)	34.96	65.04	3.14	1.59
T2 (0.8% de zeolita)	30.49	69.51	2.89	1.45
T3 (1.2% de zeolita)	35.83	64.17	4.48	1.57
p< valor	0.6	0.6	0.03	0.62
C.V. (%)	26.38	14.59	17.40	15.67

Los datos de la Tabla 8, reafirman el efecto positivamente adsorbente de la zeolita sobre compuestos nitrogenados, como ha sido señalado en estudios previos (Schneider et al., 2017; Camacho y Darce, 2021; Ruiz, 2017). La reducción de nitrógeno en la cama sugiere un menor potencial de liberación de amoníaco, lo que repercute favorablemente en la calidad ambiental del galpón.

En cuanto a los valores de humedad, aunque no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$), el tratamiento T2 registró la menor humedad (30.49 %), valor que se encuentra dentro de los rangos óptimos recomendados para evitar la acumulación excesiva de NH_3 . Por el contrario, el tratamiento control presentó el mayor porcentaje de humedad (41.18 %), lo cual puede favorecer condiciones indeseables para la salud de las aves.

Estos resultados concuerdan parcialmente con los hallazgos de Camacho y Darce (2012), quienes documentaron mejoras en la calidad de la cama al incluir zeolita en niveles del 2 % al 3 % en dietas avícolas.

La inclusión de zeolita, en la dieta de pollos Cobb 500, especialmente en niveles de 0.4% y 0.8, mostró efectos positivos en la reducción de la humedad, nitrógeno y fósforo en la cama, tanto en la fase de crecimiento y acabado.

4.2. Desempeño productivo de los pollos Cobb 500 machos

4.2.1. Fase de inicio

Tabla 9. Parámetros productivos de pollos Cobb 500 en la fase de inicio (1-7 días) según diferentes niveles de inclusión de zeolita en la dieta.

Tratamientos	Consumo diario de alimento (g/ave/día)	Ganancia diaria de peso (g/ave/día)	Conversión alimenticia
T0 (control)	22.15	19.33	1.15
T1 (0.4% de zeolita)	22.15	20.08	1.10
T2 (0.8% de zeolita)	22.15	20.68	1.07
T3 (1.2% de zeolita)	22.35	20.18	1.11
p-valor	0.217	0.868	0.836
C.V. %	0.69	8.18	8.26

Nota: No se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$)

Durante la fase de inicio, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en ninguno de los parámetros productivos evaluados (Tabla 9). Sin embargo, se observaron tendencias numéricas relevantes. El tratamiento T2 (0.8% de zeolita) presentó la mayor

ganancia diaria de peso (20.68 g/día), y la mejor conversión alimenticia (1.07), lo que sugiere una mayor eficiencia en la utilización del alimento.

Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Pérez (2015), quien reportó mejoras en el peso corporal y la conversión alimenticia al incluir zeolita en la dieta avícola en niveles de 0.15 % a 0.30 %. Dichos efectos se atribuyen a las propiedades adsorbentes de la zeolita, las cuales favorecen la eliminación de compuestos tóxicos y mejoran el ambiente intestinal de las aves.

Si bien las diferencias encontradas no fueron estadísticamente significativas, la tendencia positiva observada en el tratamiento T2 (0.8 % de zeolita) respalda la necesidad de profundizar en la investigación sobre su utilización como aditivo funcional en dietas de inicio. Se recomienda realizar estudios con mayor tamaño muestral y condiciones ambientales más controladas, a fin de confirmar los efectos observados y optimizar su aplicación en sistemas de producción avícola.

4.2.2. Fase de crecimiento

El tratamiento T1 (0.4 % de zeolita) registró la mayor ganancia diaria de peso (44.22 g/día) y la mejor conversión alimenticia (1.45), lo que evidencia una mayor eficiencia en la utilización del alimento. En contraste, los tratamientos T2 y T3 (0.8 % y 1.2 %, respectivamente) mostraron ganancias de peso inferiores (34.64 y 33.88 g/día) y una conversión alimenticia menos eficiente (1.86 y 1.90). Estos resultados sugieren que niveles excesivos de zeolita pueden ejercer un efecto adverso sobre el desempeño productivo de las aves durante esta fase.

Tabla 10. Parámetros productivos de pollos Cobb 500, en la fase de crecimiento (8-21 días), según niveles de inclusión de zeolita en la dieta.

Tratamientos	Consumo diario de alimento (g/ave/día)	Ganancia diaria de peso (g/ave/día)	Conversión alimenticia (CA)
T0 (control)	64.20	42.80	1.50
T1 (0.4% de zeolita)	64.20	44.22	1.45
T2 (0.8% de zeolita)	64.40	34.64	1.86
T3 (1.2% de zeolita)	64.50	33.88	1.90
p-valor	0.134	0.042	0.067
C.V. %	0.31	14.33	18.17

Nota: No se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$)

Estos resultados concuerdan parcialmente con los reportados por Ruiz (2017), quien, aunque no encontró diferencias estadísticamente significativas, observó mejoras numéricas al suplementar la dieta con un aditivo mineral enzimático al 0.4 %. De manera similar, Pérez (2015) y Maradiaga y Yanchapaxi (2021) informaron mejoras en el crecimiento al incluir zeolita en la alimentación avícola, aunque con variaciones en las dosis empleadas, alcanzando hasta un 25 % en este último estudio.

En conjunto, los resultados del presente trabajo indican que la inclusión de zeolita al 0.4 % (T1) promovió el mejor desempeño productivo durante la fase de crecimiento, mientras que el nivel de 0.8 % (T2) resultó más favorable en la fase de inicio. Aunque no todas las diferencias fueron estadísticamente significativas, las tendencias positivas observadas respaldan el potencial de la zeolita como aditivo funcional en la nutrición avícola, especialmente cuando se emplea en niveles moderados que optimicen el rendimiento sin comprometer la eficiencia alimenticia.

4.2.3. Fase de acabado

Durante la fase de acabado se observó una diferencia significativa en el consumo diario de alimento entre tratamientos ($p < 0.0001$), aunque no se detectaron diferencias en la ganancia diaria de peso ni en la conversión alimenticia ($p > 0.05$).

Tabla 11. Parámetros productivos de pollos Cobb 500, durante la fase de acabado (22-35 días), según niveles de inclusión de zeolita en la dieta.

Tratamientos	Consumo diario de alimento (CDA)/g	Ganancia diaria de peso (GDP)/g	Conversión alimenticia (CA)
T0 (control)	152.90	66.07	2.32
T1 (0.4% de zeolita)	152.80	65.66	2.32
T2 (0.8% de zeolita)	152.65	67.47	2.27
T3 (1.2% de zeolita)	152.63	61.08	2.50
p<valor	0.1195	0.8	0.836
C.V. (%)	0.11	14.72	14.69

Nota: No se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$).

El tratamiento T0 (control) registró el mayor consumo diario de alimento (152.98 g), mientras que T1 y T3 mostraron consumos inferiores, aunque estadísticamente diferentes entre sí. A pesar de que el consumo de alimento fue similar entre tratamientos, el tratamiento T2(0.8 % de zeolita) presentó la mejor conversión alimenticia (2.27) y la mayor

ganancia diaria de peso (67.47 g), lo que sugiere una mayor eficiencia en la utilización del alimento durante esta fase.

Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Maradiaga y Yanchapaxi (2021), quienes evidenciaron mejoras en la eficiencia productiva con la incorporación de zeolita en la dieta avícola. De igual forma, coinciden con los resultados descritos por Pérez (2015) y Ruiz (2017), quienes destacaron efectos positivos de este aditivo sobre la ganancia de peso y la conversión alimenticia, atribuidos a sus propiedades adsorbentes de toxinas y su capacidad para regular el ambiente intestinal.

En este contexto, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas en todos los parámetros evaluados, la inclusión de zeolita al 0.8 % mostró resultados numéricamente superiores, lo que respalda su potencial como aditivo funcional durante esta fase crítica del crecimiento.

4.2.4. Fase total del ensayo

Durante la evaluación del ciclo total de crianza, no se observaron diferencias estadísticas significativas en los parámetros productivos analizados ($p > 0.05$); sin embargo, se identificaron tendencias relevantes en la conversión alimenticia y la ganancia de peso.

El tratamiento T1 (0.4 % de zeolita) registró la mejor conversión alimenticia (1.71) y la mayor ganancia diaria de peso (46.46 g), lo que evidencia una mayor eficiencia en la utilización del alimento en comparación con los demás tratamientos. En contraste, el tratamiento T3 (1.2 % de zeolita) presentó el peor desempeño productivo (CA: 1.95; GDP: 40.84 g), lo que sugiere que niveles elevados de inclusión podrían afectar negativamente el aprovechamiento nutricional.

Estos resultados concuerdan con lo señalado por Shariatmadari (2008), quien indicó que la zeolita, debido a su estructura porosa y propiedades físico-químicas, favorece la digestión y reduce la incidencia de enfermedades, contribuyendo así a un mejor rendimiento productivo. De manera complementaria, Khademi (2003) reportó que dosis moderadas a elevadas (hasta 7 %) pueden generar efectos positivos, aunque el presente estudio evidencia que niveles excesivos, como el 1.2 %, podrían inducir estrés digestivo o interferir con la absorción de nutrientes, comprometiendo la eficiencia alimenticia.

Tabla 12. Parámetro productivo de pollos Cobb 500 durante todo el ciclo productivo (1-35 días), según niveles de inclusión de zeolita en la dieta.

Tratamientos	Consumo diario de alimento (CDA)/g	Ganancia diaria de peso (GDP)/g	Conversión alimenticia (CA)
T0 (control)	79.78	45.90	1.74
T1 (0.4% de zeolita)	79.65	46.46	1.71
T2 (0.8% de zeolita)	79.79	43.52	1.83
T3 (1.2% de zeolita)	79.82	40.84	1.95
p<valor	0.06	0.133	0.106
C.V. (%)	0.1	7.72	7.36

Notas: No se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p>0.05$).

A pesar de las limitaciones relacionadas a la inclusión de nuevos ingredientes en la dieta, como posibles adaptaciones fisiológicas o alteraciones digestivas transitorias, la zeolita se mantiene como una alternativa prometedora en la nutrición avícola. Su aplicación no se limita únicamente al ámbito animal; investigaciones como las de Valentín (2019) también destacan su eficacia en sistemas agrícolas, donde mejora las propiedades del sustrato y promueve el crecimiento vegetal, evidenciando su versatilidad y potencial multifuncional.

En la fase de acabado, el tratamiento T2 (0.8 % de zeolita) registró la mejor conversión alimenticia, aunque sin diferencias significativas en la ganancia de peso, lo que sugiere una optimización del uso del alimento en esta fase. Por su parte, en el ciclo total de crianza, el tratamiento T1 (0.4 %) demostró la mayor eficiencia alimentaria, con valores superiores tanto en ganancia diaria de peso como en conversión alimenticia. En contraste, los niveles más altos de inclusión (1.2 %) tendieron a mostrar rendimientos inferiores, lo que indica que dosis elevadas de zeolita pueden resultar contraproducentes, posiblemente debido a interferencias digestivas o limitaciones en la absorción de nutrientes.

En conjunto, los resultados confirman que la inclusión moderada de zeolita (0.4–0.8 %) puede mejorar la eficiencia productiva y alimentaria sin afectar el desempeño general de las aves, constituyéndose en un aditivo funcional viable dentro de los sistemas modernos de producción avícola.

4.3. Análisis económico de la producción de pollos Cobb 500: viabilidad financiera y retorno de inversión

En la Tabla 13, se presentan los indicadores económicos asociados a la inclusión de zeolita en la dieta de pollos Cobb 500, con el propósito de evaluar su viabilidad financiera y rentabilidad.

Los resultados económicos respaldan los hallazgos obtenidos en los parámetros productivos: el nivel óptimo de inclusión de zeolita en este estudio fue 0.4 %, al maximizar el beneficio neto y el mérito económico sin afectar el crecimiento de las aves. En contraste, los niveles superiores, especialmente el 1.2 %, resultaron antieconómicos y contraproducentes.

Por lo tanto, el uso de zeolita como aditivo en sistemas avícolas debe considerar tanto el impacto productivo como el financiero, y ajustarse a niveles de inclusión determinados mediante un análisis costo-beneficio.

Tabla 13. Beneficio neto (BN) y mérito económico (ME) en función de diferentes niveles de inclusión de zeolita en la dieta de pollos Cobb 500.

Tratamientos	P (g)	Y. S/.	PY. (S/.)	C.F. (S/.)	C.V. (S/.)	C.T. (S/.)	B.N. (S/.)	M.E. %
T0 (control)	1.74	8.5	14.79	3.75	7.55	11.30	3.49	30.85
T1 (0.4% de zeolita)	1.76	8.5	14.96	3.75	7.57	11.32	3.64	32.17
T2 (0.8% de zeolita)	1.65	8.5	14.05	3.75	7.60	11.35	2.70	23.75
T3 (1.2% de zeolita)	1.55	8.5	13.20	3.75	7.63	11.38	1.82	16.03

Nota: P: Peso final por ave; Y: Precio por kg de pollo en pie; PY: Ingreso bruto por ave; CF: Costo fijo por ave; CV: Costo variable por ave; CT: Costo total; BN: Beneficio neto (BN); y el Mérito económico (ME) (%)

Estos resultados coinciden con lo reportado por Shariatmadari (2008), quien señala que la zeolita puede ejercer un efecto positivo sobre el rendimiento animal, siempre que se utilice en niveles adecuados. En cambio, una inclusión excesiva puede interferir con los procesos de digestión, la absorción de minerales esenciales y el balance osmótico, afectando negativamente tanto la salud como la eficiencia alimenticia de las aves.

Asimismo, es importante destacar que la eficiencia económica no depende únicamente del rendimiento productivo, sino también del control de los costos variables, entre los que se incluyen el precio del insumo, el costo del alimento balanceado y los gastos de manejo. En este sentido, en los tratamientos con niveles crecientes de zeolita, los costos variables se incrementaron mínimamente de manera descendiente resultados en desmedro, a su pesar el T1(0.4% de zeolita) obtiene S/. 3.64 de utilidad/pollo beneficiado y 32% de rentabilidad.

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye lo siguiente:

1. **Efecto ambiental:** La inclusión de 0.8 % de zeolita (T2) en la dieta de pollos Cobb 500 machos produjo una reducción significativa ($p < 0.05$) en la concentración de amoníaco en la cama, así como menores niveles de pH, humedad, nitrógeno (N) y fósforo (P). Estos resultados evidencian que la zeolita, en niveles moderados, mejora la calidad ambiental del galpón, favoreciendo un sistema de producción más sostenible y con menor impacto contaminante.
2. **Desempeño productivo:** El tratamiento con 0.4 % de zeolita (T1) presentó el mejor desempeño zootécnico, con resultados consistentes en ganancia diaria de peso (GDP), consumo diario de alimento (CDA) y conversión alimenticia (CA) durante todas las fases de crecimiento. Además, este tratamiento registró una baja tasa de mortalidad, lo que refleja un entorno favorable para la salud y el bienestar de las aves.
3. **Rentabilidad económica:** Desde el punto de vista financiero, el tratamiento T1 (0.4 % de zeolita) fue el más rentable, al alcanzar un beneficio neto de S/. 4.44 por ave y un mérito económico del 42.22 %. En contraste, el tratamiento T3 (1.2 %) mostró una rentabilidad negativa, atribuida al incremento de los costos variables y a la disminución del rendimiento productivo.
4. **Consideraciones generales:** En conjunto, los resultados confirman que la zeolita constituye una herramienta tecnológica promisoría en la nutrición avícola, con potencial para mejorar el ambiente interno del galpón, reducir las emisiones contaminantes y optimizar la eficiencia productiva y económica. No obstante, para evitar efectos contraproducentes, se recomienda limitar su inclusión dietaria a un máximo de 0.8 %, siendo 0.4 % el nivel óptimo en términos integrales de rendimiento, sostenibilidad y viabilidad económica.

VI. PROPUESTAS AL FUTURO

1. Ampliar la investigación con mayor número de aves y réplicas, así como su aplicación en diferentes unidades de producción comercial, utilizando los niveles de inclusión de 0.4 % y 0.8 %. Esto permitirá validar la reproducibilidad de los resultados, así como su aplicación en condiciones reales de producción intensiva.
2. Desarrollar estudios enfocados en el uso de zeolita como acondicionador de cama, evaluando distintas dosis por metro cuadrado. Se sugiere analizar su efecto sobre la retención de nitrógeno, la reducción del amoníaco y las propiedades fisicoquímicas de la cama, con el objetivo de optimizar su uso en sistemas de manejo de residuos avícolas.
3. Incorporar nuevos parámetros de evaluación, como la época del año, el tipo de ventilación del galpón, el origen geológico y la granulometría de la zeolita, así como el momento de aplicación (fase específica de crecimiento). Estos estudios permitirán una comprensión más profunda de las interacciones entre la zeolita, el ambiente productivo y la fisiología del ave, contribuyendo a establecer protocolos de uso más precisos y efectivos.

VII. REFERENCIAS

- Alberdi, O. (2013). Emisión de gases de efecto invernadero y amoníaco en una explotación de gallinas ponedoras en Bizkaia [Tesis de Pregrado, Universidad Pública de Navarra].
- Antillón, C. (2011). Pollinaza: recurso nutricional y amenaza sanitaria.
- Arrieta, O. (2013). Emisión de gases de efecto invernadero y amoníaco en una explotación de gallinas ponedoras en Bizkaia [Tesis de pregrado, Universidad Pública de Navarra].
- Augustyn, A. (2010). Artículos extraídos y revisado por Adam Augustyn de la Enciclopedia británica.
- AviNews (2021). Importancia de la cama en la salud intestinal de las aves. Gerardo Villalobos Saume. Revista sobre Nutrición y Salud animal.
- Biesek J, Banaszak M, Kądziołka K, Wlazlak S, Adamski M. Growth of broiler chickens, and physical features of the digestive system, and leg bones after aluminosilicates used. *Sci Rep.* 2022 Nov 28;12(1):20425. doi: 10.1038/s41598-022-25003-w. PMID: 36443386; PMCID: PMC9702739.
- Biovet S.A. (2021). Claves para reducir los niveles de amoníaco en la granja y mejorar el bienestar y rendimiento animal. Artículos/avicultura, desodorizante, porcicultura. Veterinaria digital.
- Camacho y Darce (2021). Efecto dietético de la zeolita en los indicadores biológicos de pollos de engorde. Proyecto Especial de Graduación. Ingeniería agronómica. Escuela agrícola Panamericana, Zamorano. Departamento de Ciencia t Producción Agropecuaria. Honduras.
- Castelo, J. M. (2023). Efecto de tres programas de alimentación balanceada en el rendimiento productivo de pollos de engorde [Tesis Doctoral, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión El Carmen].
- Castro, M. (2002). Mineral of the century has promosing properties. *Feed Tech.* 6:26.
- Ciencia Rural (2017). Zeolitas en la producción avícola y porcina. *Producción Animal. Ciencia rural* 47 (8). 1017. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160344>.
- Chen et al (2019). "La eficacia de la zeolita en la reducción de la emisión de gases contaminantes en el estiércol de pollo: Un análisis de Chen et al. (2019).
- Eleroğlu, H., & Yalçın, H. (2005). Use of natural zeolite-supplemented litter increased broiler production. *South African Journal of Animal Science*, 35(2), 90-97.
- Elliot, M. A., and Edwards, H. M. (1991). The effect of silicon on the growth and skeletal development of chickens. *J. Nutr.* 121:201-207.

- Gaibor, P. (2012). Evaluación de los niveles de zeolita en la alimentación de pollos broiler y su efecto en la conversión alimenticia en el Cantón San Miguel de Bolívar. Tesis de grado, Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Guaranda, Ecuador.
- Gonzalo, P. (2014). Conservación y calidad de la cama o Yacija en naves de pollos. Sitio Argentino de Producción Animal. www.produccion_animal.com.ar.
- Gutarowska, B., Matusiak, K., Borowski, S., Aleksandra, R., & Brycki B. (2014). Removal of odorous compounds from poultry manure by microorganisms on perlite bentonite carrier. *Journal of Environmental Management*, 141, 70-76.
- Khademi, S. (2003). The effect of processing, level and type of natural Zeolite on broiler performances. Msc Thesis. Tarbiat Modares University. Irán.
- Kim, S., Kim, W., Kim, Y., Kim, J., y Kim, H. (2017). Uso de zeolita en granjas de cerdos y pollos: mitigación de olores y mejora del rendimiento animal.
- Lage, M. (2018). Medición de pH in situ. Planta de tratamiento de efluentes. Instituto de la Calidad Industrial. Universidad Nacional San Martín.
- Lema, J. (2008). Utilización de zeolitas naturales y esquema de alimentación con ahorro de proteína para la alimentación de pollos de ceba con impacto ambiental favorable. Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Maradiaga y Yanchapaxi (2021). Efecto de la densidad y la zeolita en la productividad y características de los pollos de engorde. Proyecto de graduación, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Ingeniería Agronómica. Honduras
- Melser, R., & Timmerman, M. (2009) Sustainable intensive livestock production demands manure and exhaust air treatment technologies. *Biosource Technology*, 100, 5506-5511.
- Ordoñez, L. A., y Ortiz, R. A. (2007). Evaluación productiva y fisiológica de la adición de zeolita en dietas para pollo de engorde. Universidad de Nariño.
- Pérez; J. (2015). Aluminosilicatos hidratados en la dieta de pollos de carne. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque.
- Rojas, J. (2021). Influencia del tectosilicato-zeolita en la retención del nitrógeno durante la preparación de compost en Tingo María. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú.
- Ruiz, E. (2017). Evaluación de nitrógeno en excretas y camas de pollos machos COBB 500 alimentados con niveles de microorganismos eficientes. Para optar el Título de Ing. Zootecnista. Universidad Nacional Agraria de la Delva UNAS- Perú.

- Rostagno, H., Texeira, L, Izabel, M., y López, J. (2017). Tablas brasileras para aves y cerdos: composición de alimentos y requerimientos nutricionales (4ª ed.). USV; Departamento de Zootecnia.
- Sánchez Lara, N. R. (2023). Evaluación del efecto de la aplicación de zeolita en la retención de nitrógeno y la volatilización del amoniaco en camas de granjas avícolas. Tesis de Grado, Universidad Científica. Facultad de Ciencias Ambientales. Lima Perú.
- Schneider, A.; Zimmermann, O.; Gewehr, C. (2017). Zeolites in poultry and swine production. Departamento de Produção Animal e Alimentos, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, SC, Brasil.
- Shariatmadari (2008). The application pf Zeolite in poultry production. *World's Poultry Science Journal*. 64:76-84
- Sheppard, L. J., Leith, I. D., Mizunuma, T., y Cape, J. N. (2015). Impactos ambientales del amoniaco: implicaciones para la biodiversidad, calidad del aire y salud humana.
- Teixeira, D. L., Kessler, R. E., & Cole, D. J. A. (2016). El impacto de los altos niveles de amoniaco en las casas avícolas en el medio ambiente y en la salud de las aves.
- Valerio, M. A., Rodriguez, N., Winkler, P., Lopez, J., Dennison, M., Liang, Y., & Turner, B. J. (2016). Comparing two sampling methods to engage hard-to-reach communities in research priority setting. *BMC medical research methodology*,16, 1-11.
- Valles, M. A., y Gonzales, L. O. C. (2015). Reducción de amoniaco de la pollinaza mediante la adición de Zeolita en la alimentación de pollos Broilers - 2015.
- Valentín, K. (2019) Efecto de la dosis de zeolita en el cultivo de Teobroma cacao L. var. Criollo en Satipo. Para optar el título de Ing. Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias, UNCP.
- Wikipedia. (2015). Producción de amonio en aves de corral: factores influyentes y consideraciones ambientales.
- Zhu, J., Wang, Z., Zhang, Y., Wang, C., y Zhu, X. (2020). Tecnología de zeolita en la agricultura y la ganadería: potencialidades y aplicaciones.
- Zeolitamin (2021). Efecto de la zeolita natural en la absorción de metales pesados Como se compara la zeolita en las mezclas de alimentos para animales. <https://www.zeonatec.com/post/descubriendo-los-diversos-usos-de-la-zeolita>.
- Zeolitamin (2022). Como se compara la zeolita en las mezclas de alimentos para animales. <https://www.zeonatec.com/post/descubriendo-los-diversos-usos-de-la-zeolita>.

VIII. ANEXOS

Anexo 1.

Método de Kjeldahl para la determinación de nitrógeno total en camas de pollos.

Procedimiento:

1. **Preparación de la muestra:**

Se pesará aproximadamente 1 g de cada muestra seca de la cama de pollos.

Equipo necesario: matraz Kjeldahl, balanza analítica y sistema de digestión Kjeldahl.

2. **Adición de reactivos:**

Se añadirán 10-20 ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) a cada matraz que contenga la muestra.

Como catalizador se utilizará sulfato de cobre ($CuSO_4$).

3. **Digestión:**

La mezcla se calentará gradualmente a $350^\circ C$ hasta que la solución se vuelva clara, indicando la conversión completa del nitrógeno orgánico en amoníaco. Este proceso puede durar varias horas.

4. **Enfriamiento:**

Se permitirá que la solución digerida se enfríe a temperatura ambiente.

5. **Neutralización y destilación:**

La solución será neutralizada con hidróxido de sodio ($NaOH$), liberando amoníaco (NH_3).

El NH_3 se destilará y se capturará en una solución de ácido bórico (H_3BO_3).

6. **Titulación:**

El NH_3 capturado será valorado mediante titulación con una solución estándar de ácido sulfúrico (H_2SO_4), utilizando rojo de metilo como indicador para determinar el punto final.

7. **Cálculo del nitrógeno total:**

El contenido total de nitrógeno se calculará con base en el volumen de titulante utilizado.

Fuente: Jones, J. B. (2001). Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press.

Anexo 2.

Determinación de fósforo mediante digestión ácida

Procedimiento:

1. Preparación de la muestra:

Se pesará 1 g de muestra de cama de pollos para asegurar representatividad.

2. Digestión ácida:

Las muestras serán digeridas utilizando una mezcla de ácidos fuertes: ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido nítrico (HNO_3) y ácido perclórico (HClO_4), que descomponen la materia orgánica y liberan el fósforo en forma de ortofosfato (PO_4^{3-}).

La digestión se realizará a 350°C hasta obtener una solución clara, lo cual puede requerir varias horas.

3. Colorimetría (Método de Murphy y Riley):

Se añadirá una solución de molibdato de amonio ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$) y antimonio a la muestra digerida, formando un complejo fosfomolibdato.

Este complejo será reducido con ácido ascórbico, produciendo un color azul intenso cuya intensidad será medida con un espectrofotómetro UV-Vis a 880 nm.

4. Equipos utilizados:

Espectrofotómetro UV-Vis para la medición de absorbancia.

Balanza analítica para el pesado preciso de las muestras.

Equipo de digestión ácida con control de temperatura.

Fuente: Murphy, J., & Riley, J. P. (1962). *Analytica Chimica Acta*, 27, 31-36.

Anexo 3.

Determinación del pH de la cama de pollos

Procedimiento:

1. **Preparación del equipo:**

El pH-metro digital será calibrado previamente con soluciones tampón de pH 4, 7 y 10, siguiendo las instrucciones del fabricante.

2. **Selección de puntos de medición:**

Se seleccionarán tres puntos representativos dentro de cada cubículo, considerando áreas cercanas a comederos, bebederos y zonas de descanso.

3. **Medición del pH:**

El electrodo se insertará directamente en la cama a una profundidad de 5 cm, asegurando contacto firme con el material.

La lectura se registrará una vez estabilizada.

4. **Repetición y promedio:**

Cada punto será medido por duplicado y se calculará el promedio para obtener un valor final representativo.

5. **Cronograma:**

Las mediciones se realizarán al día 0 (antes de introducir a las aves) y posteriormente a los 14 y 28 días de crianza, a las 9:00 a.m.

6. **Limpieza del equipo:**

El electrodo será enjuagado con agua destilada después de cada medición y almacenado según las recomendaciones del fabricante.

Fuente: Thomas, G. W. (1996). Methods of Soil Analysis. Soil Science Society of America.

Anexo 4:**Determinación de Humedad mediante Secado en Estufa****Procedimiento:****1. Preparación de muestras:**

Se seleccionarán muestras representativas de la cama de pollos en días específicos.

Cada muestra, de 10 a 15 g, será colocada en placas Petri.

2. Secado:

Las muestras serán introducidas en un horno precalentado a 110°C durante 2 horas para eliminar la humedad.

3. Enfriamiento y pesaje:

Tras el secado, las muestras se enfriarán en un desecador y luego serán pesadas nuevamente para determinar su peso seco final.

4. Cálculo del porcentaje de humedad:

El porcentaje de humedad se calculará utilizando la fórmula:

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso seco})}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

Fuente: Smith, J. D. (2005). Methods for Determining Moisture Content. Academic Press.

Anexo 5.

Detector portátil monogas BH-90A para determinar amoníaco.



Detector portátil monogas BH-90A

El BH-90A es un detector mono-gas económico portable que puede detectar gases combustibles y tóxicos. Adecuado para detección de fugas de gases tóxicos y combustibles en tuberías subterráneas o minas, para mantener a salvo a los trabajadores y prevenir daños en los alrededores.

El detector posee un sensor de excelente calidad el cual hace la detección por difusión natural. Tiene buena sensibilidad y reproducibilidad. El detector adopta un controlador MCU integrado que lo hace fácil de operar.

Detector portátil monogas BH-90A para determinar amoníaco.

Ficha técnica



Incluye:

Maleta de transporte, Cargador + Cable,
Funda de calibración, Clip de cintura + tirante,
Manual de usuario

Modelo	BH-90A
Método de detección	Tipo difusión (bomba de muestreo opcional)
Pantalla	LCD Amplia
Método de alarma	Sonora, visual LED y vibratoria
Ambiente de trabajo	-20~50°C 0-95%RH (sin condensación)
Precisión	±5% F.S.
Tiempo de respuesta	30s
Fuente de poder	Batería recargable de litio 3.7V
Vida útil del sensor	2 años
Tiempo de recarga de batería	Menos de 5 horas
Guardado de datos	1000 datos de almacenamiento
Tiempo de trabajo	8h continuamente
Protección por contraseña	Protección por contraseña y modificación de contraseña
Grado de prueba de explosión	Exib IIB T3 Gb
Grado de protección	IP65
Principio de detección	Sensor electromecánico y catalítico
Función adicional	Linterna
Material de la carcasa	ABS
Dimensiones	134x61x32mm

Anexo 6.

Análisis de variancia de la concentración del amoniaco en diferentes horarios y por semana en la cama de la crianza de pollos Cobb 500.

Tabla 14. Análisis de variancia de la concentración de amoniaco en el horario (8.00 am.)

Fuente de Varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	0.55	3	0.18	1.05	0.42
Error	1.41	8	0.18		
Total	1.96	11			

Tabla 15. Análisis de variancia de la concentración de amoniaco en el horario (12.00 m.)

Fuente de Varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	0.40	3	1.13	1.22	0.36
Error	0.88	8	0.11		
Total	1.28	11			

Tabla 16. Análisis de variancia de la concentración de amoniaco en el horario (5.00 pm.)

Fuente de Varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	1.38	3	0.46	4.02	0.0514
Error	0.91	8	0.11		
Total	2.29	11			

Anexo 7.

Análisis de variancia de la concentración del amoniaco en diferentes horarios y por semana en la cama de la crianza de pollos Cobb 500.

Tabla 17. Análisis de variancia de la concentración de amoniaco en la primera semana de evaluación (a los 15 días)

Fuente de Varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Hora.	20.76	2	10.38	90.05	0.0001
Tratam.	10.24	3	3.41	29.62	0.0001
Horaxnivelesxtrat.	29.27	6	4.88	42.32	0.0001
Error	2.77	24	0.12		
Total	63.04	35			

Tabla 18. Análisis de variancia de la concentración de amoniaco en la segunda semana de evaluación (a los 22 días)

Fuente de Varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Hora.	0.34	2	0.17	3.81	0.0366
Tratam.	2.20	3	0.73	16.42	0.0001
Horaxnivelesxtrat.	3.77	6	0.63	14.06	0.0001
Error	1.07	24	0.04		
Total	7.39	35			

Tabla 19. Análisis de variancia de la concentración de amoniaco en la tercera semana de evaluación (a los 29 días)

Fuente de Varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Hora.	0.94	2	0.47	2.64	0.0923
Tratam.	60.59	3	20.20	113.60	0.0001
Horaxnivelesxtrat.	1.47	6	0.24	1.37	0.2653
Error	4.27	24	0.18		
Total	67.26	35			

Tabla 20. Análisis de variancia de la concentración de amoniaco en la cuarta semana de evaluación (a los 35 días)

Fuente de Varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Hora.	0.10	2	0.05	0.38	0.6899
Tratam.	1.99	3	0.66	4.98	0.0079
Horaxnivelesxtrat.	0.34	6	0.06	0.42	0.8554
Error	3.20	24	0.13		
Total	5.63	35			

Anexo 8.

Análisis de variancia de la regresión cuadrática de los niveles de concentración del amoniaco (NH₄) en la cama de la crianza de pollos Cobb 500 durante las cuatro semanas de evaluación

Tabla 21. Análisis de variancia de la regresión cuadrática de los niveles de concentración del NH₄ en la cama de la crianza de pollos Cobb 500, evaluadas a la primera semana

Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Modelo	7.88	2	3.94	2.36	0.1103
X	0.77	1	0.77	0.46	0.5011
X 2	7.11	1	7.11	4.25	0.0
Error	55.16	33	1.67		
Total	63.04	35			

Tabla 22. Análisis de variancia de la regresión cuadrática de los niveles de concentración del NH₄ en la cama de la crianza de pollos Cobb 500, evaluadas a la segunda semana

Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Modelo	1.92	2	0.96	5.80	0.0069
X	0.52	1	0.52	3.16	0.0849
X 2	1.40	1	1.40	8.45	0.0065
Error	5.47	33	0.17		
Total	7.39	35			

Tabla 23. Análisis de variancia de la regresión cuadrática de los niveles de concentración del NH₄ en la cama de la crianza de pollos Cobb 500, evaluadas a la tercera semana

Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Modelo	59.83	2	29.91	132.87	<0.0001
X	37.26	1	37.26	165.52	<0.0001
X 2	22.56	1	22.56	100.22	<0.0001
Error	7.43	33	0.23		
Total	67.26	35			

Tabla 24. Análisis de variancia de la regresión cuadrática de los niveles de concentración del NH₄ en la cama de la crianza de pollos Cobb 500, evaluadas a la cuarta semana

Fuente de varianza (FV)	Suma de Cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Modelo.	0.87	2	0.44	3.02	0.0623
X	0.51	1	0.51	3.55	0.0684
X 2	0.36	1	0.36	2.50	0.1237
Error	4.76	33	0.14		
Total	5.63	35			

Anexo 9.

Análisis de variancia de niveles del pH durante la primera y tercera semana en la cama de la crianza de pollos Cobb 500.

Tabla 25: Análisis de variancia de niveles pH de la cama de la crianza de pollos Cobb 500, evaluadas a la primera semana a diferentes niveles de zeolita

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	0.33	3	0.11	240.91	0.0001
Error	0.00036	8	0.00045		
Total	0.33	11			

Tabla 26. Análisis de variancia de niveles pH de la cama de la crianza de pollos Cobb 500, evaluadas a la tercera semana a diferentes niveles de zeolita

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	1.03	3	0.34	606.90	0.0001
Error	0.00045	8	0.0057		
Total	0.33	11			

Anexo 10.

Análisis de variancia de la concentración de la humedad (H°), materia seca (MS), nitrógeno (N) y fósforo (P) en la crianza de los pollos Cobb 500, durante la fase de crecimiento y acabado

Tabla 27. Análisis de variancia de la humedad (H°), de la cama de la crianza de pollos Cobb 500, con diferentes niveles de zeolita en la fase de crecimiento

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	573.02	3	191.01	4.83	0.0333
Error	316.46	8	39.56		
Total	889.48	11			

Tabla 28. Análisis de variancia de la materia seca (MS) de la cama de la crianza de pollos Cobb 500, con diferentes niveles de zeolita en la fase de crecimiento

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	573.02	3	191.01	4.83	0.0333
Error	316.46	8	39.56		
Total	889.48	11			

Tabla 29. Análisis de variancia de la concentración de nitrógeno (N) de la cama de la crianza de pollos Cobb 500, con diferentes niveles de zeolita en la fase de crecimiento

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	0.67	3	0.22	3.80	0.0581
Error	0.47	8	0.06		
Total	1.14	11			

Tabla 30. Análisis de variancia de la concentración de fósforo (P) de la cama de la crianza de pollos Cobb 500, con diferentes niveles de zeolita en la fase de crecimiento

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	0.63	3	0.21	2.79	0.1091
Error	0.60	8	0.07		
Total	1.22	11			

Tabla 31. Análisis de variancia de la humedad (H°) de la cama de la crianza de pollos Cobb 500, con diferentes niveles de zeolita en la fase de acabado

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	173.11	3	57.70	0.65	0.6028
Error	706.23	8	88.28		
Total	879.34	11			

Tabla 32. Análisis de variancia de la materia seca (MS) de la cama de la crianza de pollos Cobb 500, con diferentes niveles de zeolita en la fase de acabado

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	173.11	3	57.70	0.65	0.6028
Error	706.23	8	88.28		
Total	879.34	11			

Tabla 33. Análisis de variancia de la concentración de nitrógeno (N) de la cama de la crianza de pollos Cobb 500, con diferentes niveles de zeolita en la fase de acabado

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	1.56	3	0.52	74.53	0.0001
Error	0.06	8	0.01		
Total	1.62	11			

Tabla 34. Análisis de variancia de la concentración de fósforo (P) con diferentes niveles de zeolita en la fase de acabado

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	0.000754	3	0.000254	0.21	0.8898
Error	0.01	8	0.000123		
Total	0.01	11			

Anexo 11.

Análisis de variancia productivo de los pollos Cobb 500 machos, del consumo diario de alimento (CDA), ganancia diaria de peso (GDP), y la conversión alimenticia (CA) en las diferentes fases (inicio, crecimiento, acabado y total)

Tabla 35. Análisis de variancia del CDA en la fase de inicio, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio.

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	0.12	3	0.04	1.71	0.2170
Error	0.28	12	0.02		
Total	0.40	15			

Tabla 36. Análisis de variancia del GDP en la fase de inicio, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio.

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	99.99	3	33.33	0.87	0.4846
Error	461.00	12	38.42		
Total	560.99	15			

Tabla 37. Análisis de variancia de la C.A. en la fase inicio, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio.

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	0.08	3	0.03	0.79	0.5212
Error	0.40	12	0.03		
Total	0.48	15			

Tabla 38. Análisis de variancia del CDA en la fase de crecimiento, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio.

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	0.27	3	0.09	2.25	0.1349
Error	0.48	12	0.04		
Total	0.75	15			

Tabla 39. Análisis de variancia del GDP en la fase de crecimiento, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio.

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	242.36	3	80.79	1.61	0.2392
Error	602.67	12	50.22		
Total	845.03	15			

Tabla 40. Análisis de variancia de la C.A. en la fase de crecimiento, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio.

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	0.67	3	0.22	1.40	0.2896
Error	1.92	12	0.16		
Total	2.59	15			

Tabla 41. Análisis de variancia del CDA en la fase de acabado, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio.

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	0.20	3	0.07	2.39	0.1195
Error	0.34	12	0.03		
Total	0.54	15			

Tabla 42. Análisis de variancia del GDP en la fase de acabado, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio.

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	91.99	3	30.66	0.33	0.8008
Error	1100.76	12	91.73		
Total	1192.75	15			

Tabla 43. Análisis de variancia de la C.A. en la fase de acabado, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio.

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	0.10	3	0.03	0.28	0.8364
Error	1.48	12	0.12		
Total	1.58	15			

Tabla 44. Análisis de variancia del CDA en la fase total, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio.

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	0.07	3	0.02	3.15	0.0646
Error	0.08	12	0.01		
Total	0.15	15			

Tabla 45. Análisis de variancia del GDP en la fase total, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio.

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	78.95	3	26.32	2.26	0.1334
Error	139.56	12	11.63		
Total	218.51	15			

Tabla 46. Análisis de variancia del C.A. en la fase total, con diferentes niveles de zeolita de los tratamientos en estudio.

Fuente de varianza (FV)	Suma de cuadrado (SC)	Grados Libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	F calculado (FC)	p-valor
Tratam.	0.14	3	0.05	2.53	0.1065
Error	0.21	12	0.02		
Total	0.35	15			

Anexo 12.

Calculo económico por cada tratamiento

T0 (control)

$$PY = 14.78$$

$$C - T = C. F. + C. V = 3.75 + 7.49 = 11.24$$

Beneficio neto (BN):}

$$BN = PY - C - T = 14.78 - 11.24 = 3.55$$

Mérito económico (ME):

$$ME = \left(\frac{BN}{C - T} \right) \times 100 = \left(\frac{3.55}{11.24} \right) \times 100 = 31.55\%$$

T1 (1%):

$$PY = 14.96$$

$$C - T = C.F + C.V = 3.75 + 6.44 = 10.19$$

Beneficio neto (BN):

$$BN = PY - C - T = 14.78 - 10.96 = 4.77$$

Mérito económico (ME):

$$ME = \left(\frac{BN}{C - T} \right) \times 100 = \left(\frac{4.77}{10.19} \right) \times 100 = 46.81\%$$

T2 (2%):

$$PY = 14.04$$

$$C - T = C.F + C.V = 3.75 + 7.19 = 10.94$$

Beneficio neto (BN):

$$BN = PY - C - T = 14.04 - 10.94 = 3.10$$

Mérito económico (ME):

$$ME = \left(\frac{BN}{C - T} \right) \times 100 = \left(\frac{3.10}{10.94} \right) \times 100 = 28.33\%$$

T3 (3%):

$$PY = 13.20$$

$$C - T = C.F + C.V = 3.75 + 10.23 = 13.98$$

Beneficio neto (BN):

$$BN = PY - C - T = 13.20 - 13.98 = -0.78$$

Mérito económico (ME):

$$ME = \left(\frac{BN}{C - T} \right) \times 100 = \left(\frac{-0.78}{13.98} \right) \times 100 = -5.57\%$$

1. P (Peso en kg):

Representa el peso promedio final de los pollos en cada tratamiento.

Este dato suele obtenerse de las pesas al final del ensayo, promediando el peso de todos los pollos de cada grupo.

2. Y (Precio por kg en S/):

Es el precio de venta por kilogramo de peso vivo del pollo

Este precio generalmente se establece con base en el mercado local o regional.

3. PY (Producción total en S/.):

Se calcula como:

$$PY = P \times Y$$

Es el ingreso bruto que genera cada tratamiento al multiplicar el peso promedio de los pollos (P) por el precio de venta por kilogramo (Y)

4. CF (Costo fijo en S/.):

Incluye los costos que no cambian con el número de pollos o tratamientos como:

- Mano de obra
- Depreciación de instalaciones
- Equipos

Para este caso, este valor es constante para todos los tratamientos (3.75).

5. CV (Costo variable, en S/.):

Representa los costos que varían según el número de pollos o el tratamiento como:

- Alimento
- Medicamentos
- Zeolita (ensayo)

Este valor puede variar según los insumos utilizados en cada tratamiento.

6. CT (Costo total, en S/.):

Es la suma del costo fijo (CF) y el costo variable (CV):

$$CT = CF + CV$$

Anexo 13.
Estructura de costos por rubro

Tabla 47. Estructura de costos por rubro

RUBRO	UND. MEDIDA	CANT.	P. UNID S/.	P. TOTAL S/.
BIENES				3,619.00
Costo de pollitos bebes	Unidad	100	3.50	350.00
Alimentación	Kg	450	2.20	990.00
Zeolita	Saco de 25 kg	1	98.00	98.00
Detector portátil monogas BH-90A	Equipo	1	1,950.00	1,950.00
Balanza gramera	Unidad	1	25.00	25.00
Balanza digital tipo romana de 50 kg	Unidad	1	30.00	30.00
Viruta	Saco	8	4.00	32.00
Escobas	Unidad	2	8.00	16.00
Detergente	Bolsa	6	6.00	36.00
Lejía	Botella	6	2.00	12.00
Cal	Kg	20	2.50	50.00
Vacunas	Unidad	2	15.00	30.00
SERVICIOS				1,210.00
Mano de obra	Jornal	5	20.00	100.00
Elaboración de cubículos	Unidad	16	15.00	240.00
Análisis de laboratorio	Unidad	12	35.00	420.00
Impresión y empastado	Unidad	5	30.00	150.00
Imprevistos	Global	1	300.00	300.00
TOTAL S/.				4,829.00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 14

Análisis realizado de los componentes químicos de la zeolita, utilizado como aditivo en la dieta alimentarias pollos Cobb 500.

Componente minerales de la zeolita: CaO, MgO, Na₂O K₂O, Fe, y nivel de pH.

 **ANALISIS ESPECIAL** 

1. DATOS

SOLICITANTE:	CHAVEZ CABANILLAS MARTIN GUILLE	MUESTREADO POR:	El solicitante
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE REPORTE:	16/05/2025
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	RECIBO O FACTURA:	56452691
DISTRITO:	RUPA RUPA	MUESTRA:	ZEOLITA

2. RESULTADOS DEL ANALISIS SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA	RESULTADOS						
	Código	Dato	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	Fe (%)
E25-0128	ZEOLITA	7,51	0,099	0,064	0,335	1,002	0,307

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras entregadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE. Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo Maria

Dr. Hugo ALFONSO RAMÍREZ YIPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología





ANÁLISIS ESPECIAL



1. DATOS

SOLICITANTE:	CHAVEZ CABANILLAS MARTIN GUILLERMO	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	22/08/2024
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	22/08/2024
DISTRITO:	RUPA RUPA	FECHA DE REPORTE:	4/9/2024
PROCEDENCIA:	GALPON DE POLLOS DE ZOOTECNIA - UNAS	RECIBO O FACTURA:	49436082
MUESTRA:	CAMAS DE POLLOS	OBSERVACION:	

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA					
Código	Dato	Humedad Hd (%)	Materia Seca (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)
E24-119	T0 R4	30.44	69.56	2.5200	0.822
E24-120	T0 R4	38.45	61.55	2.0160	1.032
E24-121	T0 R4	41.88	58.12	1.8480	0.889
E24-122	T1 R3	30.10	69.90	1.3440	1.263
E24-123	T1 R3	26.14	73.86	1.6800	0.406
E24-124	T1 R3	36.06	63.94	1.7360	0.758
E24-125	T2 R2	46.85	53.15	1.5120	1.592
E24-126	T2 R2	43.83	56.17	1.7920	1.192
E24-127	T2 R2	58.36	41.64	1.5680	1.361
E24-128	T3 R1	45.28	54.72	1.4560	0.845
E24-129	T3 R1	34.37	65.63	1.4000	1.116
E24-130	T3 R1	45.38	54.62	1.7920	0.621

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

Dr. HUGO J. HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología





ANÁLISIS ESPECIAL



1. DATOS

SOLICITANTE:	CHAVEZ CABANILLAS MARTIN GUILLERMO	MUESTREADO POR:	EL SOLICITANTE
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCION:	10/9/2024
PROVINCIA:	LEONCIO PRADO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	10/9/2024
DISTRITO:	RUPA RUPA	FECHA DE REPORTE:	14/10/2024
PROCEDENCIA:	GALPON DE POLLOS DE ZOOTECNIA - UNAS	RECIBO O FACTURA:	40655627
MUESTRA:	CAMAS DE POLLOS	OBSERVACION:	

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

DATOS DE LA MUESTRA					
Código	Dato	Humedad Hd (%)	Materia Seca (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)
E24-138	T0 R4	30.93	69.07	2.6320	0.994
E24-139	T0 R4	51.31	48.69	2.6040	0.994
E24-140	T0 R4	41.30	58.70	2.4472	1.002
E24-141	T1 R3	27.85	72.15	1.9040	1.012
E24-142	T1 R3	29.50	70.50	2.0720	1.027
E24-143	T1 R3	47.54	52.46	2.0160	0.995
E24-144	T2 R2	38.03	61.97	2.0104	0.987
E24-145	T2 R2	27.92	72.08	1.9208	0.952
E24-146	T2 R2	25.52	74.48	2.0664	1.081
E24-147	T3 R1	32.49	67.51	2.7440	1.001
E24-148	T3 R1	46.30	53.70	2.8672	0.995
E24-149	T3 R1	28.69	71.31	2.8728	0.978

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.
Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María


Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología



Anexo 15

PANEL FOTOGRÁFICO



Vista panorámica del galpón



Limpieza de cubículos



Recepción de pollos bb



Primeros días uso de focos en las jaulas de pollos bb



Pesaje de pollitos bb



Pollos en fase de crecimiento

Pollos en fase de acabado





Vacunación de pollos

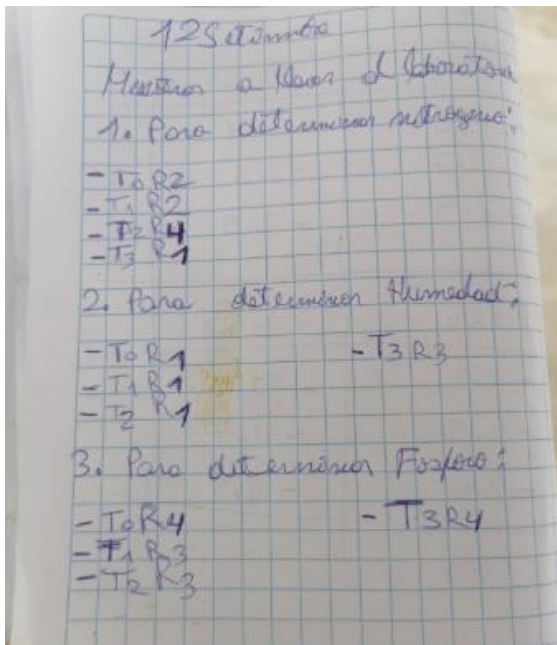


Equipos de medición utilizados:

Ph metro y Detector portátil monogas BH-90A para determinar amoniaco.



Pesado de alimento de los pollos



Muestras de cama de los pollos para llevar al laboratorio de suelos para determinar nitrógeno, fosforo y humedad y apuntes de que tratamientos se sacó