UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Efecto del uso de zeolita en el pienso y la cama sobre el pH y concentración de amoníaco en excretas y peso de pollitas, criadas en piso

Por:
Samantha Patricia Díaz Fierro

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Efecto del uso de zeolita en el pienso y la cama sobre el pH y concentración de amoníaco en excretas y peso de pollitas, criadas en piso

Por:

Samantha Patricia Díaz Fierro

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

Dra. Julieta Ziomara Ordoñez Morales
Presidente

Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno
Vocal

Dr. Fernando Arellano Rodríguez
Vocal

Ing. Gabriela Abigail Flores Martínez
Vocal suplente externo

MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Efecto del uso de zeolita en el pienso y la cama sobre el pH y concentración de amoníaco en excretas y peso de pollitas, criadas en piso

Por:

Samantha Patricia Díaz Fierro

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dra. Julieta Ziomara Ordoñez Morales
Asesor Principal

Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno
Coasesor

Dr. Fernando Arellano Rodríguez
Coasesor

MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2026

DEDICATORIAS

A mi **madre** quien siempre me animaba en las noches de desvelo y siempre estuvo ahí para brindarme su ayuda, quien no dudo en cuidarme cuando me accidente y siempre me alentó a terminar la carrera a pesar de mis circunstancias, gracias a ella es que logre este gran sueño de ser MVZ.

A mis **hermanos** a los cuales quiero y aprecio mucho, a pesar de las peleas y diferencias que hemos tenido, siempre han estado ahí para darme ánimos y regalarme sonrisas sin condición alguna.

A mi **Dios** por demostrarme que las segundas oportunidades existen, por colocarme en donde me encuentro hoy en día y quien a pesar de todo me ha dado las fuerzas para seguir adelante.

A mi amiga **Jazmin** y a mi amigo **Saul**, quienes desde prepa me han apoyado y comprendido, de igual forma me animaron a cumplir mis sueños a pesar de todas las dudas que surgían en mi mente y aun estando distanciados me han brindado su ayuda incondicionalmente.

A mis mascotas (**Homero, Deysi, Bella y Pinto**) por su amor incondicional, por ser la alegría en mi día a día y gracias a ellos es que le haya podido dar sentido a esta hermosa carrera de medicina veterinaria.

AGRADECIMIENTOS

A mi **madre** por sus consejos, su actitud motivadora y su alegría, gracias a ella por convertir mis días malos en días buenos, porque al final me daba las fuerzas para mantener viva la esperanza.

A mi **padre** quien me estuvo apoyando y dando consejos para seguir trabajando duro y echarle ganas a la carrera y ayudarme a comprender que todo en la vida es un proceso de aprendizaje.

A mi amiga **Yolis** por ser una increíble persona llena de gracias y tranquilidad, además gracias a ella es que pude estar dentro de este gran proyecto, me acerco con la persona indicada para lograr lo que es este tema de tesis.

A mi amigo **Saul** quien siempre me ha enseñado a ver con humor las cosas, quien me ha escuchado hablar mis penas, quien a pesar de no estar cerca siempre tiene un espacio para realizar una videollamada y escucharme hasta que me calme.

A mi grupito de amigas **Yos, Fer, Jaz, Dani y Mari**, quienes hicieron la uni menos pesadas, quienes me consolaban cuando estaba triste y con quienes compartí mis mejores risas, ellas son el verdadero ejemplo de que la uni se saca adelante con un buen grupo de amigas que te apoya y te alientan a ser mejor persona.

A la doctora **Julieta Ziomara** quien me permitió formar parte de este proyecto de pollitas y quien siempre tuvo la disposición de ayudarme y aconsejarme en este proceso de la carrera, gracias por brindarme el apoyo y la paciencia para terminar este trabajo.

A mis **pollitas** quienes fueron tratadas de la mejor manera, gracias por permitirme practicar con ustedes y poder realizar el proyecto.

Al **Team pollitas** y en especial a **Gaby Flores** gracias al team aprendí lo que es el trabajo en equipo y todo este proyecto se saco adelante gracias a la organización y trabajo de cada una de nosotras.

A mis compañeros y al entrenador de **Básquet** quienes me alegraban el día con sus ocurrencias y hacían que cada entrenamiento se sintiera como una familia.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS v
INDICE DE SÍMBOLOS O ABREVIATURA vii
RESUMEN ix
ABSTRACT x
I. INTRODUCCIÓN 1
II. REVISIÓN DE LITERATURA 4
2.1 Función de la digestión en aves 4
2.1.1 Pico y esófago 4
2.1.2 Buche (Ingluvis) 5
2.1.3 Proventrículo (Estomago glandular) y Molleja (Muscular) 5
2.1.4 Intestino delgado 5
2.1.5 Duodeno 6
2.1.6 Yeyuno 6
2.1.7 Íleon 6
2.1.8 Intestino grueso 7
2.1.9 Ciego 7
2.1.10 Colon 8
2.1.11 Recto y Cloaca 8
2.2 Microbiota Intestinal 9
2.2.1 Función del microbiota intestinal 9
2.3 Alimentación en aves de postura 10
2.3.1 Proteínas 11
2.3.2 Aminoácidos (aa) 11
2.3.3 Consumo de agua 12
2.4 Eficiencia alimentaria 12
2.5 Metabolización de proteínas. 12
2.6 Formación de ácido úrico 13
2.7 Generación de NH_3 13
2.8 Aditivos en el alimento 14
2.9 Aditivos en cama 15
2.10 Zeolita 15

2.10.1 Formula de la zeolita 16
2.10.2 Características de la zeolita 16
2.10.3 Propiedades de la zeolita 17
2.10.4 Los diferentes usos de la zeolita 17
2.10.5 Tipos de zeolita 17
2.10.6 Clinoptilolita 18
2.11 Características físico-químicas de las heces 18
2.12 pH en excretas y temperatura en cloaca 19
2.13 Signos por intoxicación de NH_3 19
2.14 Problemáticas en presencia del NH_3 20
2.15 Bienestar animal con relación a la producción de NH_3 20
III. MATERIALES Y MÉTODOS 22
3.1 Ubicación 22
3.2 Manejo de animales 22
3.3 Variables 22
3.3.1 Peso de aves 22
3.3.2 Amoniaco en excreta 22
3.3.3 pH en excreta 23
3.3.4 Temperatura en excreta 23
3.4 Análisis estadístico 23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 24
4.1 Peso de aves 24
4.2 Amoniaco en excreta 24
4.4 pH en excreta 27
4.5 Temperatura en excreta 28
V. CONCLUSIÓN 30
VI. REVISIÓN DE LITERATURA 31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema digestivo de las aves 4
Figura 2. Zeolita natural (Clinoptilolita) 16
Figura 3. Estructura de la clinoptilolita 16
Figura 4. Excreta normal del ave 19
Figura 5. Comportamiento del peso de las aves 24
Figura 6. Concentración de NH_3 en los diferentes tratamientos durante un periodo de 12 semanas. NS: No significativo, * Indica diferencias significativas (prueba de Kruskal Wallis p=0.046) 25
Figura 7. Temperatura de excretas incubadas en los diferentes tratamientos durante un periodo de 12 semanas. NS: No significativo (prueba de Kruskal Wallis p=0.47) 29

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Tratamientos y diferentes inclusiones de zeolita en alimento y cama, en pollitas Novogen Brown 22
Cuadro 2 Valor del pH en excretas de aves bajo diferentes tratamientos durante un periodo de 12 semanas 27

INDICE DE SÍMBOLOS O ABREVIATURA

Símbolo/Abreviatura	Español
Aa	Aminoácidos
Al	Aluminio
Si	Silicio
ID	Intestino delgado
Ba	Bario
Ca	Calcio
CO_2	Dióxido de carbono
Fe	Hierro
H	Hidrogeno
HCL	Ácido clorhídrico
IG	Intestino grueso
K	Potasio
Na	Sodio
NH_3	Amoniaco
N_2	Nitrógeno
NH4	Amonio
ppm	Partículas por millón
pH	Potencial de hidrogeno
H_2SO_4	Ácido sulfúrico
P	Fosforo

SiO_2	Dióxido de silicio o sílice
Zn	Zinc

RESUMEN

Efecto del uso de zeolita en el pienso y la cama sobre el pH y concentración de amoníaco en excretas y peso de pollitas, criadas en piso

Samantha Patricia Díaz Fierro

Para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dra. Julieta Ziomara Ordoñez Morales

En la actualidad el sector avícola se ha visto en la necesidad de aumentar la producción, con el objetivo de abastecer los requerimientos de la población, sin embargo, las altas demandas han ocasionado que aumenten las emisiones de NH_3, y con ello se presente un impacto negativo en la producción. El objetivo de este experimento es evaluar el efecto de la zeolita en pienso y cama en pollitas de la línea Novagen Brown (n=240) en relación a su ganancia de peso, pH y cantidad de amoniaco en excretas, estas variables se medirán a partir de la semana 5 hasta la semana 17, teniendo 4 tratamientos (n=60) con cuatro repeticiones cada uno (n=15), en donde, al primer tratamiento se le administrara zeolita en pienso y cama, al segundo tratamiento zeolita en cama, al tercer tratamiento zeolita en pienso y el tratamiento 4 será el grupo testigo. La implementación de zeolita mostro ($p=\leq 0.05$) en el tratamiento 3, reduciendo la cantidad de NH_3 en las excretas de las aves, por lo que se concluye que las propiedades de la zeolita es un buen estabilizador de gases amoniacales, sin embargo, no parece tener propiedades para modificar las variables del pH y de la temperatura en excretas, ni peso de las aves.

Palabras clave: Bienestar, Clinoptilolita, Aditivos, Aves, Inclusión

ABSTRACT

Effect of zeolite use in feed and litter on pH and ammonia concentration in excreta and on the weight of floor-reared pullets.

Samantha Patricia Díaz Fierro

Para obtener el título de Médico Veterinario Zootecnista

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dra. Julieta Ziomara Ordoñez Morales

The poultry sector has recently faced the need to increase production to meet population demands; however, high production levels have led to increased NH3 emissions, resulting in a negative impact on production. The objective of this experiment is to evaluate the effect of zeolite—administered via feed and litter—on Novagen Brown pullets (n=240) regarding weight gain, pH, and ammonia levels in excreta. These variables were measured from week 5 through week 17 across four treatments (n=60), each with four replicates (n=15): Treatment 1 received zeolite in both feed and litter; Treatment 2 received zeolite in the litter; Treatment 3 received zeolite in the feed; and Treatment 4 served as the control group. The use of zeolite in Treatment 3 resulted in a statistically significant reduction ($p \leq 0.05$) in NH3 levels in the birds' excreta, leading to the conclusion that zeolite is an effective stabilizer for ammonia gases; however, it does not appear to alter excreta pH or temperature, nor does it affect bird weight.

Keywords: Welfare, Clinoptilolite, Additives, Poultry, Inclusion

I. INTRODUCCIÓN

La población mundial ha aumentado con el paso de los años y con ello se estima que para el año 2050 habrá un aproximado de 9.600 millones de personas (Borda-Molina et al., 2018). México alcanza 140 millones de unidades al día, siendo un 1.8% superior a la cifra obtenida en el 2023, por lo que en la actualidad, México ocupa el cuarto lugar en la producción de huevo a nivel global, entre los cuales, los estados más participativos son Jalisco con una producción del 51% ocupando el primer lugar en producción total, en segundo lugar se encuentra Puebla con 14%, Sonora tiene el 8% por lo que se encuentra en tercer lugar y en cuarto lugar se tiene a La Laguna con un 5% de producción (UNA, 2025). Por lo cual, el sector avícola se ha visto en la necesidad de aumentar su producción con el objetivo de abastecer los requerimientos de la población, pero por otro lado empieza a crear problemas en el sector avícola (Bist et al., 2023), ya que, la alta demanda ha ocasionado que aumenten las emisiones de NH_3, lo cual es preocupante para la industria avícola, ya que desata enfermedades virales, trayendo así problemas respiratorios en estas mismas y a su vez ocasionando que haya una disminución en la producción y aumenten los casos de mortalidad, si bien, es sabido que el NH_3 se origina principalmente por la formación del N_2, misma que se encuentra en la urea, en el ácido úrico y proteínas que no fueron digeridas, dichos componentes se encontraran en las heces de las aves (Such et al., 2023). Si bien, el amoniaco (NH_3) se caracteriza principalmente por provocar tanto en aves como en trabajadores problemas hacia a la salud, por lo que se puede observar una disminución en la eficiencia alimentaria de las aves (Nürnberg et al., 2016). Otras investigaciones afirman que el NH_3 puede generar un gran impacto negativo en la producción avícola, ya que su alto almacenamiento produce bajo crecimiento en los pollos, así como una disminución en relación al tamaño de los huevos (Poudel et al., 2024), por lo cual, la Unión Europea busca constantemente reducir estas emisiones de amoniaco de las granjas, es por eso que su principal objetivo es mejorar la eficiencia alimentaria de las aves y a su vez, reducir el impacto ambiental que la producción de aves origina (Sell-Kubiak et al., 2017).

De tal modo que una de las estrategias que se ha implementado ha sido la modificación de la dieta, añadiendo algún tipo de aditivos ya sea en el alimento o en la cama con la finalidad de reducir el NH_3 que se encuentra en el hábitat del ave (Bist et al., 2023), por lo tanto, se ha estado explorando suplementos dietéticos como lo son los aceites esenciales de orégano y laurel, que gracias a sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas, mejoran la digestibilidad, ya que ayudan a la estimular enzimas endógenas y con todo esto beneficia la absorción de N_2, la inhibición del olor y el NH_3 (Borda-Molina et al., 2018). También se ha suplementado materiales porosos inorgánicos convencionales como lo es el carbón activado, zeolita, haluros metálicos y silice/alumina mesoporosa, gracias a su estructura porosa ayuda a la captura de partículas de NH_3 (Jiang et al., 2024).

La importancia de la utilización de aditivos es ayudar a la salud intestinal, ya que algunos de ellos son capaces de contribuir al transporte de nutrientes (Toschi et al., 2024), de igual modo, la implementación estos mismos es mejorar la ingesta del alimento y dar un resultado favorable en cuanto al crecimiento y la producción del animal, cumpliendo con el objetivo de brindar una eficiencia alimentaria (Adedokun y Olojede, 2019) y así lograr mejorar el bienestar físico, metabólico y obteniendo resultados como una alta productividad (Elsherbeni et al., 2024).

Hipótesis

La adición de zeolita en pienso y cama influirá sobre la ganancia de peso, además de la disminución de amoniaco (NH_3) en excretas.

Objetivo general

Evaluar el efecto del uso de zeolita en pienso y cama en pollitas sobre la, cantidad de amoniaco y pH en excretas.

Objetivos específicos.

- Analizar la cantidad promedio de NH_3 en los tratamientos y grupo testigo.
- Comparar la zeolita en cama y pienso sobre el pH en las excretas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Función de la digestión en aves

A diferencia de los mamíferos los pollos se les caracteriza por tener un tránsito digestivo mucho más rápido ya que su digestión dura alrededor de 3 a 4 h (Bindari y Gerber, 2022), por lo tanto, el sistema digestivo tiene como objetivo brindar protección contra agresiones, transportar el alimento ingerido, mismo que será digerido durante su paso en el tracto digestivo, con el propósito de absorber los nutrientes proporcionados por el alimento y así brindar una energía al organismo del animal, además, ayuda a mantener en homeostasis la microbiota y por ultimo también ayuda a la excreción del alimento no digerido , así como sus desechos metabólicos (Adedokun y Olojede, 2019).

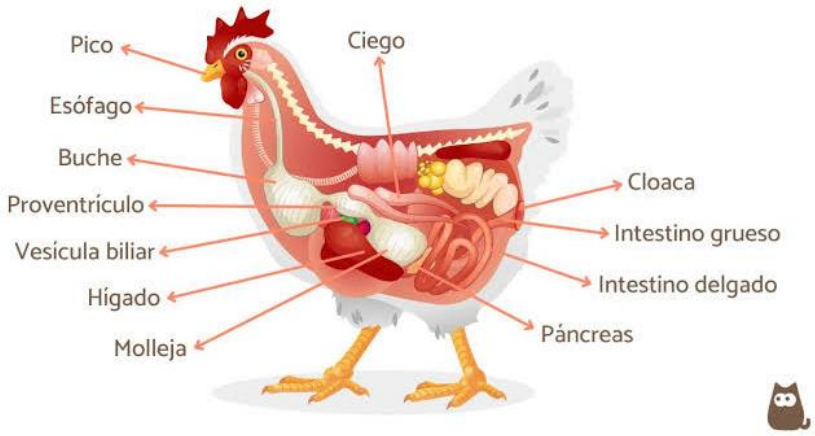


Figura 1. Sistema digestivo de las aves

2.1.1 Pico y esófago

La principal función del pico es recolectar el alimento y posterior a eso deglutirlo, aquí no se tritura ningún alimento, sin embargo, el alimento ingerido se humedece con un poco de moco que secreta en las glándulas salivales del ave (Rodrigues y Choct, 2018).

El esófago por su parte se encarga de recibir el alimento que se deglutió anteriormente y gracias a la secreción de moco que se produjo en el pico, más la

peristalsis que realiza el esófago, facilita el transporte del alimento hacia el buche o directamente hacia el estómago, cabe destacar que el moco no tiene ninguna función de digestión química, pero favorece el tránsito del alimento, además de que brinda una protección antiviral y antibacteriana a la mucosa (Bindari y Gerber, 2022).

2.1.2 Buche (Ingluvis)

Se caracteriza por ser un saco ventral y que tiene la capacidad de distenderse, por lo que (Rodrigues y Choct, 2018), es una porción agrandada el cual tiene como función almacenar los alimentos con el objetivo de humedecerlos (Huang et al., 2022), se cree que esta humectación sirve para facilitar la molienda de los alimentos y con ello tener una mejor digestibilidad de los nutrientes (Svihus, 2014).

2.1.3 Proventrículo (Estomago glandular) y Molleja (Muscular)

Estos dos órganos son considerados el estómago verdadero del ave y son los que menos albergan bacterias, ya que su ambiente es acido (Feye et al., 2020).
El principal trabajo del proventrículo es la producción de moco, pepsina y ácido clorhídrico, estos componentes buscan hacer una mezcla con el quimo (Huang et al., 2022). En cuanto a la molleja se encarga de la descomposición mecánica de los alimentos (Feye et al., 2020), y además tiene la capacidad de almacenar entre 5 a 10g de alimento, la molleja está estructurada por músculos gruesos y una capa koilin, estos músculos se contraen después de la contracción duodenal, lo que permite empujar el con contenido hacia el duodeno y pueda seguir su tránsito en el tracto digestivo. Una vez que los musculo estén relajados, el proventrículo se contrae para pasar el contenido alimenticio que se encuentra dentro de este mismo, este proceso puede ocurrir 4 veces por minuto aproximadamente (Svihus, 2014).

2.1.4 Intestino delgado

Al igual que otros animales, el ave tiene al intestino delgado (ID) dividido en tres secciones conocidas como duodeno, yeyuno (secciones proximales) e íleon (sección distal), de manera general esta porción del tracto digestivo se caracteriza por la absorción de nutrientes desde aminoácidos (aa), hasta carbohidratos y vitaminas, en donde tanto la microbiota como el huésped van a competir por los aa

de la dieta (Apajalahti y Vienola, 2016), de tal manera que se facilite la digestión a los ciegos, gracias a que el mismo ID se encargó de reducir la actividad enzimática de los ciegos (Burrows et al., 2025), en donde principalmente la absorción de aa será en la parte del íleon y del yeyuno (Toschi et al., 2024).

2.1.5 Duodeno

En esta sección del ID principalmente se encarga de neutralizar el ácido estomacal, emulsionar grasas y digerir los alimentos en nutrientes para que posterior a eso sean absorbibles para el organismo (Elsabbgh et al., 2026), los principales nutrientes que absorben en el duodeno son la glucosa y las vitaminas (Simon et al., 2019).

El alimento que llega a esta parte pasa a ser mezclado con bilis y luego entra la participación de enzimas pancreáticas, para facilitar su próxima absorción (Ducatelle et al., 2023). Las enzimas pancreáticas que participan son la tripsina, quimotripsina, carboxipeptidasa, elastasa, ayudando a convertir los polipéptidos en peptídicos cortos (selle et al., 2023).

2.1.6 Yeyuno

El quimo llega al yeyuno con un pH de 6.5 a 7.0 y dura aproximadamente 25 minutos para ser digerido (He et al., 2021). En esta sección del ID se le da continuación a la digestión y es donde principalmente se da la mayor absorción de nutrientes (Salem et al., 2023), principalmente los aa y en la parte más distal se absorben los ácidos grasos (Simon et al., 2019), preparando las moléculas de los alimentos para que su próxima entrada sea hacia el torrente sanguíneo (Elsabbgh et al., 2026).

2.1.7 Íleon

Además de seguir absorbiendo los nutrientes que no fueron absorbidos por las otras dos secciones del ID, también se encarga de absorber agua y minerales (Salem et al., 2023). Se ha evidenciado que el íleon participa en la digestión de grasas y almidón, sin embargo, su principal función es ser un reservorio de aa (Richards-Rios et al., 2020).

2.1.8 Intestino grueso

De manera general el intestino grueso (IG), tiene un tiempo corto en la digestión, ya que la mayor parte donde se absorben los nutrientes es en el intestino delgado (Burrows et al., 2025). Su función va a depender principalmente de los microbios que se encuentren en este mismo para que fermenten la indigestión con el objetivo de recuperar los nutrientes disponibles principalmente la energía, siento representativo entre un 5% a un 15% los requerimientos para el mantenimiento (Moran y Bedford, 2022). También se encarga de absorber el agua y los nutrientes que no pudo digerir en el ID como lo son los polisacáridos no amiláceos (Clavijo y Flórez, 2018). Dado a las funciones que realiza el IG y su manera de involucrarse en el cambio de composiciones finales tanto del quimo como el de la orina se le ha denominado ´´segmento integrador´´ (Fatahian Dehkordi y Shakaram, 2018).

2.1.9 Ciego

En las aves se consta de dos ciegos largos en las cuales se encuentran unidos al colon y se debe principalmente por la dieta que consumen (Moran y Bedford, 2022). El Ciego se caracteriza por ser el sitio donde más tiempo se retienen los alimentos, además de contener una alta tasa de bacterias anaerobias (Salem et al., 2023), su estructura está compuesta por una red interdigitante de vellosidades y una musculatura que le permite actuar como filtro (Apajalahti y Vienola, 2016), por lo que, aquí se absorber la mayor parte del agua y también realiza la fermentación de carbohidratos, así como también es la encargada de regular la urea (Clavijo y Flórez, 2018). La proteína, péptidos y aa que no fueron utilizados en el íleon llegaran a esta parte del tracto digestivo, en donde estos nutrientes funcionaran como un sustrato para ser fermentados, estimulando el crecimiento de la microbiota que utiliza el nitrógeno molecular (N_2) (Qaisrani et al., 2020), por lo que, una de las funciones del ciego es el reciclaje del N_2 (Burrows et al., 2025), y la proteína que entre aquí será objetivo de las bacterias que realizan la fermentación (Apajalahti y Vienola, 2016), también las bacterias pueden seguir fermentando el N_2, debido a un efecto conocido como antiperistalsis, en donde se encarga de hacerle llegar a los ciegos ácido úrico por medio de la orina que fue excretada en el colon, si bien es

sabido que el ácido úrico es una fuente de N_2 y con ello favorece el crecimiento microbiano (Elling-Staats et al., 2022), sin embargo, esto puede ser perjudicial ya que puede ocasionar un aumento de los ácidos grasos de cadena ramificada y con ello elevar los niveles de amoniaco (NH_3) por gramo de polisacáridos no amiláceos (Qaisrani et al., 2020).

2.1.10 Colon

En pollos adultos este tramo del tracto digestivo suele medir alrededor de unos 10 cm, por lo que no retiene mucha digestión (Rychlik, 2020), se estima que retienen en un tiempo de 4min a 56 min, siendo el promedio a 30 min (Elling-Staats et al., 2022), además, debido a su aproximación con la cloaca esta parte tiene la capacidad de absorber pocos nutrientes (Wen et al., 2019).

Una vez que los nutrientes terminen su paso por el íleon, el colon será el encargado de recibir los nutrientes restantes y por un movimiento antiperistáltico empujara estos nutrientes hacia el ciego (Elling-Staats et al., 2022).

2.1.11 Recto y Cloaca

La cloaca no solo está conectada al final del sistema digestivos, sino que también se encuentra unida al sistema urinario y al sistema reproductivo (Lee et al., 2020), por lo cual, la orina puede llegar a la cloaca, sin embargo, dicha orina puede entrar al IG por medio de la peristalsis retrograda, ocasionando que esta orina se pueda encontrar en colon superior o bien en ciegos (Fatahian Dehkordi y Shakaram, 2018). La cloaca se encarga de recibir aquellas partículas insolubles de mayor tamaño que no tuvieron entrada en el ciego (Apajalahti y Vienola, 2016). En el caso del recto, se caracteriza por tener similitud con el ID en cuanto a su forma histológica, sin embargo, cuenta con vellosidades más cortas y los folículos linfoides más rico (Salem et al., 2023), en esta área es donde más se presenta la absorción agua y cloruro de sodio (Fatahian Dehkordi y Shakaram, 2018).

2.2 Microbiota Intestinal

En términos generales la microbiota son aquellos microorganismos que se encuentran dentro de un área delimitada del intestino, por lo cual en esta misma participan bacterias, hongos, virus, arqueas y protozoarios (Shang et al., 2018).

En el microbiota de las aves vamos a encontrar que participan principalmente las bacterias, en el cual se encuentran alrededor de 17 filos *siendo Firmicutes, Cyanobacteria, Actinobacteria, Proteobacteria* y *Bacterioidetes* como los principales que actúan en el duodeno e íleon (Alvarado-López y Hernández, 2024). De tal modo la microbiota puede relacionarse entre la dieta y la salud, ya que ayuda a procesar nutrientes y con ello ayuda a la producción de vitaminas y aminoácidos (aa), estudios afirman la importancia de esta misma, ya que ayuda al reciclaje de N_2 por su capacidad de descomponer el ácido úrico, por lo cual, la utilización de NH_3 es posible gracias a su transformación en proteína bacteriana (Sell-Kubiak et al., 2017), por lo tanto, la microbiota juega un papel importante para degradar proteínas no digeribles produciendo NH_3 (Chalvon-Demersay et al., 2021).

2.2.1 Función del microbiota intestinal

Se caracteriza principalmente por participar en la regulación del metabolismo nutricional del huésped, así como la absorción de energía de los nutrientes (Hou et al., 2016), ya que parte de ella contribuye al desarrollo de la estructura y morfología intestinal, ayudando a tener una digestión activa (Yadav y Jha, 2019). La microbiota comensal es la encargada principalmente de brindar protección, evitando la colonización de patógenos, de tal modo que sean reconocidos y controlados y tener una homeostasis en el organismo del animal, por otro lado contribuye al desarrollo de moco y la monocapa epitelial con la finalidad de favorecer el aumento de la superficie de absorción epitelial (Shang et al., 2018).

En cuanto a la microbiota del ciego este ayuda en parte a metabolizar el N_2 que es benéfico sobre todo en aves de engorda, para extraer energía del alimento, de igual modo la combinación de heces y ácido úrico pueden regresar al ciego por una peristalsis retrograda, aquí las bacterias transforman el ácido úrico en amoniaco y este mismo es utilizado por el organismo para sintetizar aa (Bindari y Gerber, 2022).

Sin embargo, puede llegar a tener efectos negativos como lo es la producción de metabolitos tóxicos a partir de la fermentación proteica, provocando con ello un crecimiento deficiente (Yadav y Jha, 2019).

2.3 Alimentación en aves de postura

Los alimentos de las aves deben ser formulados principalmente a base de ingredientes energéticos, proteicos, minerales, vitaminas, aditivos, entre otros (Cao et al., 2024), por lo que, la industria avícola tiene por objetivo establecer en las aves una eficiencia alimentaria, de tal modo, que buscan proporcionar dietas de alta calidad con el fin de brindar una buena salud a las aves, es por eso que los alimentos son principalmente a base de maíz y harina de soya (Yadav y Jha, 2019).

Hoy en día las aves necesitan un aporte rico en nutrientes en las dietas con la finalidad de favorecer el crecimiento y la función inmunitaria de estas mismas (Toschi et al., 2024), por lo cual, la proteína es fundamental en la alimentación, ya que la escasez de este mismo podría traer consecuencias en la digestibilidad de nutrientes e incluso de minerales (David et al., 2020), por lo tanto, los alimentos de las aves deben cumplir con los requerimientos en fuente de energía y proteína con la finalidad de tener una mejor producción de huevo y en el caso de aves de engorda una eficiente producción en carne (Borda-Molina et al., 2018), sin embargo, las dietas altamente en proteínas son un factor perjudicial en las aves, ya que el exceso de esta misma en el intestino pueden favorecer la producción de NH_3 y con ello se ven involucradas las bacterias de crecimiento, ocasionado que estas mismas no puedan asimilar la acumulación de NH_3 (Apajalahti y Vienola, 2016), llevando consigo mismo la afección de los ciegos, ya que el aumento de proteínas puede ocasionar un cambio en la microbiota y esta alteración trae como consecuencia una inflamación epitelial y la excreción de moco (Gilbert et al., 2018) . En aves de postura su alimentación oscila alrededor del 65% y 75% en relación al gasto-producción, mientras que el N_2 consumido lo retienen alrededor del 40% y 50% (Barzegar et al., 2020).

2.3.1 Proteínas

La proteína es de los segundos ingredientes más importantes a implementar en la dieta de las aves para abastecer los requerimientos de aa del organismo del ave (Song et al., 2023), por lo tanto, la proteína está compuesta de aa que se unen por medio de enlaces peptídicos, dicha proteína se hidroliza dentro del tracto digestivo para convertirse en aa y pasar a ser absorbidos (Beski et al., 2015).

Se estima que las aves solo ingieren 1/3 de proteínas para incorporarlo a tejidos y huevos, los otros 2/3 pasa a ser proteína no digerible (Ritz et al., 2004). Una cantidad adecuada de proteína ayuda tanto en aves de engorde como en ponedoras a la estructura de tejidos blandos (piel, plumas, matriz ósea, ligamentos, músculos), ayudando a mejorar la eficacia (Afolabi et al., 2021), estudios afirman que se ha visto mejores efectos en la masa de huevo y peso cuando se les ofrece una dieta rica en proteínas en la etapa de crecimiento (Alagawany et al., 2021).

2.3.2 Aminoácidos (aa)

Los aa son moléculas de señalización celular que regulan la expresión génica, por lo que, son fundamentales para la síntesis de hormonas (Qaid y Al-Garadi, 2021). De tal modo, los aa han sido clasificados como esenciales y no esenciales y son de gran importancia ya que contribuyen al crecimiento, la reproducción y a la salud general, por lo que los aa como metionina, triptófano, lisina, treonina, glicina y prolina se han relacionado con la calidad de huevo, el crecimiento y una mejor función inmunológica (Alabi y Adedokun, 2025). Sin embargo, los aa que no son absorbidos en el intestino delgado pasan al intestino posterior donde se convierten estos aa en productos tóxicos y con ello incrementa la eliminación de N_2 en las heces, perjudicando la salud de las aves y del medio ambiente (Woyengo et al., 2023). Además, los metabolitos derivados por la administración excesiva de aa (como el NH_3), puede originar un estrés oxidativo en el ave y causando enfermedades, trastornos cardiovasculares y neurológicos (Qaid y Al-Garadi, 2021).

2.3.3 Consumo de agua

Es muy importante brindarle al ave un agua limpia y de buena calidad, al igual, el agua deberá estar disponible a todas horas con el propósito de obtener un mejor rendimiento en el pollo, ya que el 70% de su composición corporal está a base de agua (Raut et al., 2025), es por ello, que el agua es fundamental en las aves, ya que regular la temperatura corporal, ayuda a tener un mejor desarrollo del tracto digestivo y así, brindar mantenimiento y salud al sistema urinario (Huang et al., 2023).

Se estima que por cada kg de alimento ingerido las aves consumen entre 1.5 a 2.5 kg de agua aproximadamente (Zampiga et al., 2021), sin embargo, el consumo de agua tiende a aumentar cuando ingieren altas cantidades de proteínas (Alfonso-Avila et al., 2022), por lo que implica un aumento de humedad en la cama, esto debido a que el ave ingiere más cantidad de agua con el propósito de desechar el ácido úrico acumulado y con ello eliminar el exceso de los aa (Gilbert et al., 2018).

2.4 Eficiencia alimentaria

La eficiencia alimentaria está relacionada con el consumo de alimento y el crecimiento del animal (peso corporal) (Sell-Kubiak et al., 2017). Una mejora en la eficiencia alimentaria puede ayudar a reducir el aumento de NH_3, debido a que presentan una mayor retención de N_2 y P en la dieta, limitando la excreción de nitrato y fosfato en las excretas y con ello las emisiones de NH_3 (Zampiga et al., 2021).

2.5 Metabolización de proteínas.

Su principal paso es ser digerido con el objetivo de convertir la proteína en aa y así pueda ser absorbido en el lumen intestinal por medio de los enterocitos intestinales, los aa van a proceder a pasar a la circulación portal (Kidd et al., 2021).

Por lo tanto, las proteínas son hidrolizadas en el proventrículo, donde el alimento se mezcla con ácido clorhídrico (HCL) facilitando la digestión de las proteínas, para después pasar a interactuar con proteasas inactivas (pepsinógenos A, B, C y D y proquimosina), que posteriormente serán convertidas a proteasas activas (pepsina A, B, C y D, y quimosina), con el objetivo de descomponer las proteínas para que

se expongan sus enlaces peptídicos a las proteasas activas, para proceder a su hidrolisis (He et a., 2021). Después entra la participación del hígado, en el cual, se encarga de recibir los aa absorbidos, para proceder a enviarlos a sistema circulatorio con el objetivo de que lleguen a tejidos y órganos; los aa sobrantes pasan otra vez al hígado para ser catabolizados y después pasar por los hepatocitos para que eliminen el grupo amino de los aa, dando formación al NH_3 y proceder a la liberación de NH_3 para que sea convertido en ácido úrico en el hígado, para que finalmente sea excretado por los riñones (Zaefarian et al., 2019).

2.6 Formación de ácido úrico

Gran parte se forma en hígado, pero también se puede formular en intestinos, músculos, riñones y endotelio vascular (el Ridi y Tallima, 2017). Para la formación de ácido úrico se contemplan dos vías en donde participan el monofosfato de adenosina y el monofosfato de guanosina, en ambas entra la participación de la nucleotidasa para convertirlos en adenosina y guanosina, que a su vez se transforman en purinas nucleósidos fosforilasas de adenina y de guanina y que por desanimación son degradados en hipoxantina y xantina, misma desanimación se puede convertir en inosina monofosfato y xantosina monofosfato que con la nucleotidasa se transforman en inosina y xantosina y por la degradación de la purina nucleósido fosforilasa se convierte en hipoxantina y xantina, aunque la primera opción con ayuda de la xantina oxidasa se convierte en xantina y por la misma acción de la xantina oxidase es que se obtiene el ácido úrico (Gherghina et al., 2022).

2.7 Generación de NH_3

El N_2 que excretan las aves está compuesto en forma de urea, pero principalmente en ácido úrico (70% y 80%), después se descompone mediante las bacterias con las que interactúa en la cama (Alfonso-Avila et al., 2022) transformándolo en NH_3 debido a la descomposición de N_2, que se excreta del riñón y del intestino de las aves (Bruce et al., 2015), este NH_3 se le conoce por ser un gas incoloro y altamente irritante, que se obtienen a partir de las heces, orina y cama de los pollos (Bist et

al., 2023). En las aves es muy común que sus camas contengan NH_3 (amoniaco no ionizado) y NH_4 (amonio), sin embargo, el NH_3 tiende a ser más toxico que el NH_4 y por ende es mucho más peligroso para la salud humana como para la salud de las aves, si bien el amoniaco puede aumentar cuando el pH de la cama esta por arriba de 8 (Gutiérrez et al., 2022), de igual forma la humedad de las heces que oscila alrededor del 75% puede influenciar en el aumento del NH_3 (Bist et al., 2023), o también puede deberse a los derrames de agua que se llegara a presentar en la cama, favoreciendo altos niveles de humedad y con ello el incremento de actividad bacteriana (Wilcox et al., 2024).

La proteína no digerible se excreta del organismo en forma de ácido úrico, una vez excretado tiene la facilidad de cambiar su compuesto a amonio y mediante bacterias uricolíticas, entre las cual tenemos a *Bacillus pasteurii* que facilitan la producción de amoniaco (Ritz et al., 2004).

Sin embargo, también requiere ayuda de enzimas que se encuentran dentro del estiércol como lo es la uricasa que ayuda a descomponer el ácido úrico y convertirlo en alantoína (Kim y Patterson, 2003), en este mismo proceso se hidroliza en urea, en donde, además, contribuye la descomposición aeróbica, para después proceder con la participación de otra enzima conocida como ureasa, siendo la encargada de descomponer la urea, con el objetivo de crear NH_3 y CO_2 (Sosnówka-Czajka, 2026).

2.8 Aditivos en el alimento

Años atrás era común la implementación de antibióticos para promover el crecimiento del ave, sin embargo, hoy en la actualidad la industria avícola ha buscado otras opciones para promover el crecimiento, por lo que se ha implementado el uso de aditivos a las dietas, ya que se busca el bienestar animal, tratando de mantener la salud de las aves, así como la uniformidad y una eficiente producción (Ravindran y Abdollahi, 2021). Por lo tanto, la administración de aditivos en las dietas a representado un gran aporte nutricional ya que ayuda a promover la eficiencia alimentaria y se ha mostrado que tiene un impacto positivo en el impacto ambiental (Zampiga et al., 2021). De tal modo, que la implementación de los aditivos

no solo cuida la salud de las aves, también salvaguarda la salud pública al disminuir los residuos tóxicos de las aves (Saber et al., 2025).

2.9 Aditivos en cama

El principal objetivo de la cama es proporcionar un ambiente confortable para el ave, por lo cual busca hacerse de un material que pueda absorber y almacenar el agua de los excrementos y derrames del bebedero, hasta que sea evaporado por el sistema de ventilación y lo elimine del galpón (Dunlop et al., 2016). Las camas de las aves son necesarias para permitir su comportamiento natural, controlando la humedad, el olor y brindando el mejor bienestar animal, por lo que estas camas suelen estar a base de viruta de madera o paja, entre otros materiales (Kaya et al., 2024), de igual modo la cama de las aves suele contener excretas, plumas, desperdicios de alimento y humedad (Khalfi et al., 2026). Por lo que se han usado diferentes tipos de aditivos, entre los cuales está el ácido propiónico, fosfato de calcio, zeolita, monobásico, cloruro de aluminio (III), alumbre, entre otros, estos se utilizan con el objetivo de reducir la humedad en la cama e influenciar de manera positiva en el pH de la cama, así como la actividad microbiana que hay en esta misma (Wlaźlak et al., 2025).

2.10 Zeolita

Hoy en día la zeolita es muy usada en la producción animal, ya que gracias a sus propiedades ayuda a que se regule la humedad de los corrales, disminuye la producción de amoniaco y brindando una mejor calidad de aire en los gallineros y por ende que se mitigue el deterioro de la cama, por lo cual, trae como resultados mejorar el bienestar de las aves y con ello elevando la productividad del ave (Kaya et al., 2024). Además, ayuda al tracto digestivo de las aves, absorbiendo y eliminando las toxinas alimentarias y con ello ayuda a la estabilizar el pH del jugo gástrico, mejorando el índice de conversión alimenticia (Elsherbeni et al., 2024).



Figura 2. Zeolita natural (Clinoptilolita)

2.10.1 Formula de la zeolita

La fórmula general se refiere a una estructura de zeolita, siendo esta de la siguiente manera: $\mathbf{M_{2n}O\cdot\ Al_2O_3 \cdot x\ SiO_2 \cdot yH_2O \cdot M}$, donde ´´n´´ es indicativo del catión, la ´´x´´ puede variar de 2 a 10, la ´´y´´ varia de 2 a 7, los cationes estructurales eran el Si^{2+}, Al^{3+} y Fe^{3+}, y los cationes intercambiables K^{+}, Na^{+} y Ca^{2+} (Mondal et al.,2021).

2.10.2 Características de la zeolita

La zeolita es reconocida principalmente por ser un mineral de silicato, ya que está compuesto su mayor parte por SiO_2, este tipo de aditivo ayuda a tener una mejor eficiencia alimenticia por su capacidad de ganar y perder agua (Lim y Ryu, 2023). También se le conoce por tener una estructura tridimensional, brindándole un aspecto microporoso de tetraedros de sílice y alúmina, gracias a esta estructura es que puede realizar el intercambió iónico, facilitando la captura de moléculas, favoreciendo la absorción y brindándole sus capacidades catalíticas (Elsherbeni et al., 2024). El componente catiónico con el que cuenta este mineral previene la acumulación de sustancias toxicas, favoreciendo la producción de Na, K, Al, Si o Zn que son benéficos para el equilibrio electrolítico (Abdelrahman et al., 2023).

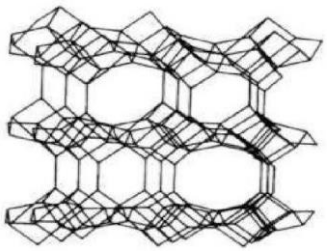


Figura 3. Estructura de la clinoptilolita

2.10.3 Propiedades de la zeolita

Dentro de las propiedades de este componente esta que incluye una acidez/basicidad e hidrofilicidad/hidrofobicidad, esto depende de la relación Si/Al que contenga, además los H que contenga este aditivo, son de gran ayuda, ya que juega un papel importante en la absorción de NH_3 (Jiang et al., 2024). Este aditivo se utiliza por sus propiedades absorbentes de agua, así como su adsorción a iones, como la capacidad de intercambiar iones (Pavlak et al., 2023).

2.10.4 Los diferentes usos de la zeolita

El uso de zeolitas se ha implementado comúnmente para controlar contaminaciones tanto en corrientes gaseosas como acuosas, de igual modo tanto en la agricultura como la ganadería a utilizado la zeolita con el fin de obtener buenos resultados en su producción (Grifasi et al., 2024), es por ello que en la industria avícola suelen utilizarse cotidianamente para el alimento de las aves, con el propósito de aumentar la ganancia de peso, estabilizar la microbiota intestinal, evitar la proliferación de patógenos en el tracto intestinal, así como prevenir la inflamación de esta, además de que ejerce un efecto inmunoestimulante (Grądzki et al., 2020). Otro de los beneficios que se ha observado en la zeolita es su capacidad para disminuir la humedad de las heces de las aves, así como de la cama de estas mismas, también tiene la capacidad de retener gases como lo es el NH_3 (Valadares et al., 2026).

2.10.5 Tipos de zeolita

Las zeolitas se descubrieron en el siglo XVIII como minerales naturales y a partir de ahí se han descubierto 57 tipos de zeolitas naturales, sin embargo, hoy en la actualidad, estas son fabricadas sintéticamente y se han identificado 176 estructuras (Folnožić et al., 2019), es por ello que las zeolitas se clasifican según su origen, entre las cuales tenemos de tipo natural (Clinoptilolita) o de tipo sintética (tipo A), que son producidas industrialmente (Su et al., 2025).

2.10.6 Clinoptilolita

Este tipo de zeolita tiene varias ventajas, entre la cuales se destaca por su bajo costo en el mercado, ya que se encuentra con alta disponibilidad en la naturaleza (Grifasi et al., 2024). La clinoptilolita se caracteriza principalmente por tener buena estabilidad química, manejándose en un rango de 4 a 7 (Su et al., 2025). Este producto ha sido utilizado en el campo, en la alimentación de los animales, en cuestiones de higiene, también en la perseveración del medio ambiente, entre otras cuestiones de trabajo (Elsherbeni et al., 2024). Gracias a su fórmula (Na, K, Ca)2-3Al3(Al,Si)2Si13O36·12H2O, es que se puede utilizar como adsorbente, catalizador o intercambiador iónico (Grądzki et al., 2020). Por lo que, la clinoptilolita tiene una afinidad por el agua, lo cual le permite eliminar la humedad y con ello las impureza de los gases (Grifasi et al., 2024), esto se debe a que su estructura está a base de poros o canales de manera uniforme, lo cual permite que se inserte el agua o las moléculas polares, además de que estos mismos poros contienen iones alcalinos monovalentes (Na y K), átomos divalentes (Ca y Ba) y grupo hidroxilo, con ello se facilita el cambio con otras moléculas polares y cationes que se encuentran dentro del entorno (Mastinu et al., 2019).

2.11 Características físico-químicas de las heces

Las heces normales tienen una consistencia sólida que se les caracteriza por tener entre un color marrón o marrón grisáceo con una parte blanca y calcárea, siendo esta parte la que contenga el ácido úrico (Nakrosis et al., 2023). Las excretas de las aves se originan de aquellos nutrientes que no se logró absorber en el tracto digestivo, por lo cual, las heces van a estar compuestas de residuos valiosos como N_2, P, Ca y Zn (Borda-Molina et al., 2018), de tal modo que las proteínas no absorbidas y el ácido úrico son los componentes nitrogenados más comunes de presenciar en las excretas y que aportan entre un 70% a 30% del N_2 total (Bist et al., 2023).

Entonces el N_2 excretado se encontrará en un 80% en forma de ácido úrico, un 10% en forma de NH_3 y el 5% en urea, el cual los dos elementos son fáciles de que se transformen en NH_3, ya que al tener contacto con los microbios de las heces proporcionan la degradación de estos elementos, de igual forma que la humedad presenciada en las heces favorece el crecimiento bacteriano (Bruce et al., 2015).



Figura 4. Excreta normal del ave

2.12 pH en excretas y temperatura en cloaca

El pH de las heces puede variar dependiendo de la dieta, sin embargo, el pH de las excretas oscila alrededor de 6.54, se cree que el pH de las heces puede estar relacionado con el tipo de ácidos grasos volátiles de la dieta. Se sabe que los ácidos orgánicos pueden influir en la acidificación del tracto digestivo, bajando el pH del tracto gastrointestinal hasta un 5.15 (Mozuriene et al., 2024). La temperatura corporal del ave oscila alrededor de los 41°C a los 42°C, por lo que, la temperatura promedio que puede mantener los pollos en la cloaca es alrededor de los 41.3°C aproximadamente (Cândido et al., 2020).

2.13 Signos por intoxicación de NH_3

El principal signo que se observa es la queratoconjuntivitis (inflamación en la córnea y la conjuntiva del ojo), después si las concentraciones de NH_3 siguen aumentando se empiezan a reflejar problemas respiratorios, ya que se origina daño en los epitelios del tracto respiratorio, dando origen a la perdida de cilios traqueales, así como cambios histopatológicos en el epitelio traqueal, lo que da como resultado enfermedades respiratorias, por la facilidad entrada de patógenos (Bruce et al., 2015). Otra problemática que se puede observar en las aves es que tienden a bajar su rendimiento, por el alto contenido de N_2 en la cama (Kidd et al., 2021), esto empieza a ocurrir cuando el NH_3 se encuentra por arriba de los 50 ppm debido a

que su conversión alimenticia empieza a disminuir dando como resultado la disminución de peso (Valadares et al., 2026).

2.14 Problemáticas en presencia del NH_3

Se ha observado en humanos que cantidades altas de NH_3 trae consecuencias a la salud intestinal, ya que altera la morfología epitelial, ocasionando problemas metabólicos, de igual forma, en lechones se ha logrado apreciar que tiene un efecto negativo en las vellosidades intestinales (Apajalahti y Vienola, 2016), por lo tanto cantidades por encima de los 25 ppm pueden representar un riesgo en la producción de las aves, ya que ocasiona una disminución de peso y una mala conversión alimenticia, además debilita el sistema inmune haciendo que sea susceptible la entrada de patógenos, siendo el principal de ellos E.coli (Swelum et al., 2021), de igual modo estudios afirman que concentraciones de 15 ppm ha llegado afectar la microbiota traqueal, por lo que ocasiona daños en el sistema respiratorio y con ello facilita la entrada de patógenos y a su vez un brote de enfermedades como New Castle, virus de la bronquitis infecciosa aviar y *Mycoplasma gallisepticum*. (Waliaula et al., 2024). También la exposición prolongada a este gas (7 días aproximadamente), puede ocasionar daño ocular generándole una queratoconjuntivitis (Bist et al., 2023), otras de las problemáticas que se ha presentado es la presencia de quemaduras en los corvejones, dermatitis plantar, así como ampollas en la pechuga (Wilcox et al., 2024).

A manera que las altas emisiones de este gas podrían bajar el rendimiento productivo e incluso ocasionar la muerte de la gallina (Ahmadi et al., 2022).

2.15 Bienestar animal con relación a la producción de NH_3

El bienestar debe englobar la salud física y mental del animal, así como la interacción que este tenga en el entorno, por lo que se centra en los estados positivos del animal e ir descartando los estados negativos en el que se pudiera encontrar dicho animal (Wilcox et al., 2024).

En la actualidad las industrias avícolas buscan el bienestar de las aves, por lo que se debe cumplir en brindarle una buena nutrición, buen ambiente, buena salud, de

tal modo que el ave pueda expresar su comportamiento natural y tenga la experiencial mental positiva (Zhou et al., 2024), de tal modo, la acumulación de NH_3 juega un papel importante en la calidad de aire, ya que contribuye a problemas respiratorios y con ello se ve perjudicada la salud del animal (Lay et al., 2011). Cuando las aves están expuestas a altas emisiones de NH_3, su comportamiento empieza a tener cambios, dentro de los cuales se observa que las mismas aves se empiezan a acurrucar en grupos, de igual forma, se aprecia el frotamiento de sus ojos contra las alas o de lo contrario se puede presenciar que gran parte del tiempo prefieren mantener los ojos cerrados, mostrando signos de hipersensibilidad a la luz, todos estos comportamientos son muy diferente para aquellas aves que se han expuesto al aire libre (Bruce et al., 2015).

Entonces las aves expuestas a este gas pueden entrar en un estado de estrés, trayendo como consecuencias la disminución de consumo alimentario y como resultado un crecimiento lento, así como una baja productividad (Li et al., 2020).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

El estudio se realizará en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL, ubicada en Periférico Raúl López Sánchez, valle verde, 27054 Torreón, Coahuila, durante los meses de marzo a julio del año 2025.

3.2 Manejo de animales

Se utilizaron pollitas de línea Novagen Brown, de las 5 semanas a las 17 semanas de edad, el diseño experimental totalmente al azar los cuales contaron con 4 tratamientos con 4 repeticiones (n=60) cada uno, para un total de 240 aves.

Cuadro 1 Tratamientos y diferentes inclusiones de zeolita en alimento y cama, en pollitas Novogen Brown

Tratamiento 1 (T1)	**Tratamiento 2** (T2)	**Tratamiento 3** (T3)	**Tratamiento Testigo** (TT)
Zeolita natural en alimento (15 g/kg) y zeolita natural en cama (1.5 kg/m^2)	Zeolita natural en cama (1.5 kg/m^2)	Zeolita natural en alimento (15 g/kg)	Sin zeolita

3.3 Variables

3.3.1 Peso de aves

Se utiliza una báscula comercial (modelo Rhino BAR-8) para realiza el pesaje de pollos una vez por semana y tener el registro del peso de cada ave en los diferentes tratamientos.

3.3.2 Amoniaco en excreta

Se tomaron muestras de excretas frescas después de 15 min de la excreción, para la evaluación del nitrógeno amoniacal y análisis de pH. Las muestras se pesaron,

para alcanzar aproximadamente 100 g para cada réplica y después se colocaron en un frasco de vidrio de 750 mL con tapa. Se tomarán dos muestras por unidad experimental, totalizando un total de 8 muestras por tratamiento. Posteriormente, se fijaron las excretas sobre un vaso de precipitados de 50 mL con 10 mL de una solución de ácido bórico al 2% insertado en el recipiente para fijar el amoniaco liberado por las excretas. Después de un período de reposo de 17 horas, se realizó la titulación con ácido sulfúrico estandarizado a una concentración de 0,05N. Los resultados se expresaron en miligramos de amoniaco liberado, utilizando la fórmula: en la que A: NH3 (mg); Vt: volumen de la solución de H_2SO_4 utilizada en la titulación (mL); N: normalidad del ácido utilizado; y P: cantidad incubada (g) (Hernandes & Cazetta, 2001).

$$A = (v * N * 1.7) \div P$$

3.3.3 pH en excreta

El análisis del pH se siguió la metodología de Silva & Queiroz (2002), utilizando un medidor de pH digital (modelo Hanna, modelo HI98128) previamente calibrado con soluciones estándar de pH 4, 7 y 10.

3.3.4 Temperatura en excreta

Se utiliza un medidor digital (modelo Hanna, modelo HI98128) y consta en dejarlo reposar en las heces alrededor de 5 minutos, para tener una temperatura precisa de las heces.

3.4 Análisis estadístico

Se realizó estadística descriptiva y análisis de normalidad, al no cumplir este supuesto las variables se analizaron con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Cuando se encontraron diferencias significativas entre los grupos ($p \leq 0.05$), se aplicó la prueba comparaciones múltiples por parejas de Kruskal-Wallis. Los análisis se realizaron utilizando el software IBM SPSS 28.0.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Peso de aves

En la Fig. 5, se muestra el comportamiento del peso de las aves donde se observa que cuando se inició el experimento son estadísticamente iguales (p≥0.05), durante las 12 semanas evaluadas, no se observaron diferencias entre los grupos tratado y testigo (p≥0.05).

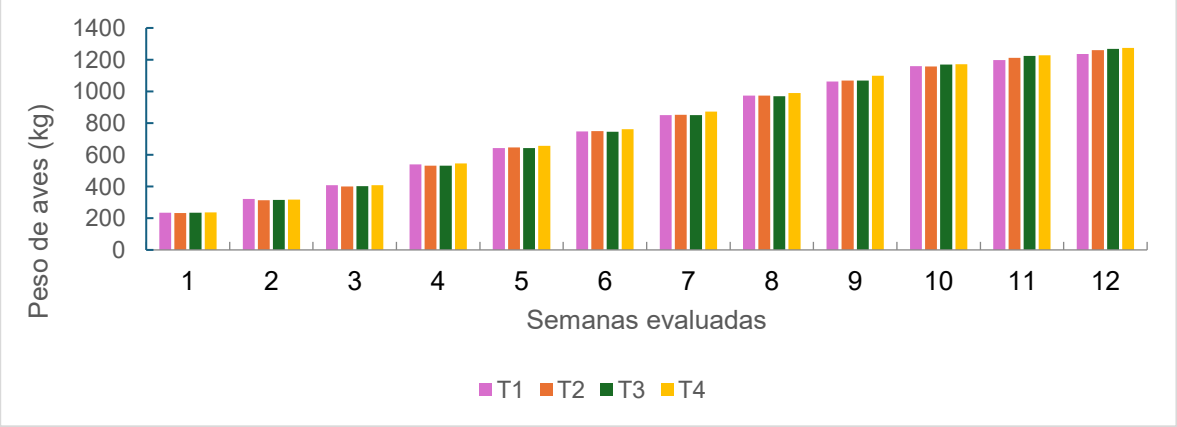


Figura 5. Comportamiento del peso de las aves

Dichos resultados coinciden con los de Pavlak et al., 2023 y Kaya et al., 2024 quienes mostraron en sus resultados no haber presentado ninguna diferencia significativa en cuanto a la ganancia de peso.

Los resultados de Biesek et al., 2021 no concuerdan con nuestros resultados, ya que el mostro diferencia significativa en el grupo 3, sin embargo, el implemento zeolita con halloysita y concluye que la administración de halloysita es más adecuada, ya que proporciona una mejor calidad de la carne, así como un mejor rendimiento en el sacrificio, por lo que gran parte de la Gancia de peso se le podría atribuir a la halloysita.

Valadares et al., (2026) comenta que esta variación de resultados puede deberse a factores como la pureza de la zeolita, así como la inclusión en la que se es administrada, de igual modo, otro de los factores que repercuten en esta variable es en el estado en que se encuentra la cría y el perfil nutricional que reciben estas mismas; se han documentado efectos beneficiosos de la zeolita a niveles superiores del 1%, 2% y 3%, además sugiere que otro aspecto importante a evaluar es la interacción que puede llegar a tener con el contenido de proteína y comprender

mejor los efectos sinérgicos o antagónicos sobre el rendimiento. Por otro lado, el crecimiento de los pollos se puede deber más a la calidad del alimento, así como los niveles en que se proporciona la proteína y la energía, una dieta con altos niveles de nitrógeno puede asegurar satisfacer los requerimientos nutricionales del ave (Pavlak et al., 2026).

Grądzki et al. (2020) muestra tener diferencia significativa en la ganancia de peso de las aves y comenta que la inclusión al 2% de zeolita es ideal para tener una eficiente producción y salud de las aves, manteniendo así la homeostasis sistémica, además, también informa que la inclusión de zeolita al 3% es un factor para desarrollar inflamación local.

La zeolita es un aditivo que no es absorbido por el organismo del animal, por lo que, no es un nutriente que se pueda establecer en la dieta del ave, sin embargo, su capacidad de adsorción iónica y su intercambio catiónico ayuda a no comprometer la producción de las aves (Vieira et al., 2023).

4.2 Amoniaco en excreta

En la Fig. 6, podemos apreciar que dentro de las primeras semanas no hay relevancia significativa en cuanto a la producción de NH_3 en las heces, sin embargo, a partir de la semana 12 se empieza a notar una diferencia significativa, principalmente en el tratamiento 3 (p=0.019), además se observa cómo se empieza disparar los niveles de NH_3 en el grupo control (TT).

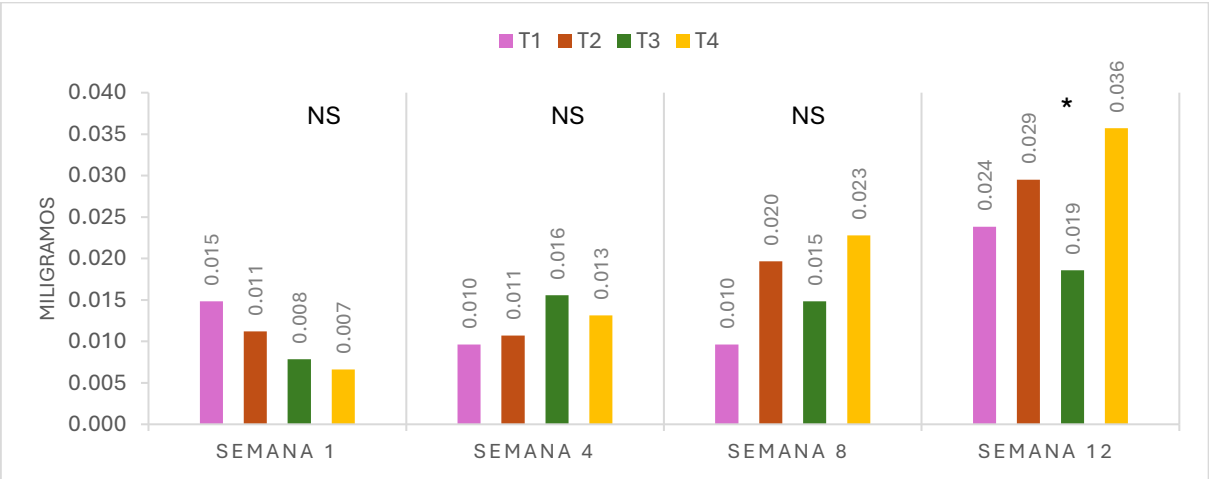


Figura 6. Concentración de NH_3 en los diferentes tratamientos durante un periodo de 12 semanas. NS: No significativo, * Indica diferencias significativas (prueba de Kruskal Wallis p=0.046)

Un estudio realizado por Vieira et al. (2023) en el cual consistió en la aplicación de zeolita en diferentes porcentajes en aves de 54 semanas de edad, en donde en la semana 70 se logró observar en sus resultados una diferencia significativa (*p*=≤*0.05*), mostrando la reducción de NH_3 en los diferentes porcentajes de zeolita que se administraron a diferencia del grupo control que no se administró nada de zeolita y había presencia alta de emisiones de NH_3.

Según Schneider et al. (2017a) comenta que la aplicación de zeolita en el alimento a 30g/kg, resulta dar beneficio para disminuir niveles de nitrógeno, sin embargo, esto se logra presenciar a los 42 días de crianza de las pollitas y de igual forma, comenta que no se observan cambios de pH en la cama, sin embargo, en otro estudio de Schneider et al. (2017b) demuestra que la inclusión de zeolita al 0.5% en pollitas de un día de nacidas, no parece mostrar alguna diferencia significativa en la reducción de los niveles de N_2, dicho componente tiene participación en la producción de NH_3.

Elsherbeni et al. (2024), noto que los niveles de NH_3 tienden a disminuir considerablemente conforme se les va aumentando los niveles de zeolita, tanto en el pienso como en la cama, a diferencia de cuando no se administra nada de zeolita. Además, existen estudios que indican que la liberación de NH_3 en los gallineros puede minimizarse mediante modificaciones en la dieta sin afectar el rendimiento productivo de las aves (Sosnówka-Czajka et al., 2026).

Según Brink et al. (2022), el contenido de N en los excrementos y la cama de los pollos de engorde está influenciado por la composición del alimento y la eficiencia con la que el ave convierte el N de la dieta en proteína animal.

Se puede lograr una reducción en la cantidad de amoníaco en la cama aumentando la digestibilidad de los nutrientes e inhibiendo la actividad de la enzima uricasa en las excretas (Brink et al., 2022).

Además, los materiales acidogénicos reducen el pH de las excretas, provocando que el NH_3 se protone a NH_4+, que es menos volátil. Además, la zeolita muestra una marcada preferencia por la unión a cationes nitrogenados como el NH_4+, lo que resulta en menores emisiones de NH_3 (Madrid et al., 2012).

Sin embargo, estas diferencias se pueden atribuirse a los aditivos utilizados, en caso de la zeolita se debe a su naturaleza, composición y cantidad suministrada.

4.4 pH en excreta

Durante 12 semanas se estuvo midiendo el pH de las excretas y durante el periodo experimental no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos y el grupo testigo (p≥0.05.) (Cuadro 2).

Cuadro 2 Valor del pH en excretas de aves bajo diferentes tratamientos durante un periodo de 12 semanas

	Grupos			
Semana	**T1**	**T2**	**T3**	**TT**
1	7.48 ± 0.21	7.88 ± 0.04	8.51 ± 0.78	7.92 ± 0.35
2	7.81 ± 0.28	6.95 ± 0.01	7.33 ± 0.18	7.36 ± 0.07
3	7.74 ± 0.17	7.51 ± 0.06	7.09 ± 0.03	7.28 ± 0.19
4	7.41 ± 0.13	7.04 ± 0.25	7.18 ± 0.01	7.41 ± 0.02
5	7.72 ± 0.37	7.53 ± 0.01	7.37 ± 0.07	7.32 ± 0.06
6	7.38 ± 0.07	7.39 ± 0.32	7.46 ± 0.24	7.32 ± 0.19
7	7.49 ± 0.03	7.46 ± 0.08	7.17 ± 0.09	7.46 ± 0.33
8	7.23 ± 0.08	7.03 ± 0.20	7.13 ± 0.28	7.40 ± 0.11
9	7.14 ± 0.30	6.82 ± 0.21	7.12 ± 0.16	7.10 ± 0.12
10	7.24 ± 0.24	7.07 ± 0.28	7.06 ± 0.25	7.17 ± 0.07
11	6.91 ± 0.47	6.76 ± 0.13	6.78 ± 0.02	7.16 ± 0.27
12	7.65 ± 0.06	7.47 ± 0.02	7.53 ± 0.22	7.51 ± 0.69

* Se muestras medias ± Desviación estándar. No hubo diferencias significativas (prueba de Kruskal Wallis p=0.87)

Dichos resultados difieren a los de Vieira et al. (2023) quien mostro que el pH en excretas con diferentes inclusiones de zeolita al 0.7% y al 1.4% mostraron un pH en las excretas de 6.98 ± 0.08 y de 6.91± 0.07, contrario a inclusiones de zeolita más altas, no mostraron realmente alguna diferencia significativa entre el grupo control (p=≥0.05). Otro un estudio realizado por Schneider et al. (2017), muestra que la inclusión de zeolita al 0.5% mostró una reducción en el pH de las excretas y que este mismo pH está muy relacionado con el pH de la cama, por lo cual, sugiere que

el pH es un factor importante, ya que determina si la emisión de NH_3 está en su fase acuosa o gaseosa y que este mismo NH_3 tiende a minimizarse en pH por debajo de los 7.0.

Por lo consiguiente el pH de la cama utilizada en la producción avícola oscila entre 8 y 10, mientras que el pH de la cama seca es aproximadamente 7 (Gholap et al., 2012).

Por lo tanto, se deduce que la inclusión de zeolita a bajos porcentajes pueden hacer notorio la disminución del pH en las excretas, en nuestro proyecto la inclusión de zeolita que se manejo fue el 1.5% en pienso y 1.5% en cama, por lo que se deduce que el pH se mantiene en el dentro del rango normal que pudiera llegar a presentarse.

En condiciones de pH más bajo, el equilibrio entre el amonio (NH_4+) y el amoníaco (NH_3) se desplaza hacia la forma no volátil NH_4+, lo que reduce la liberación de amoníaco al ambiente en las instalaciones ganaderas (Sosnówka-Czajka et al., 2026).

4.5 Temperatura en excreta

Los resultados de la temperatura en excretas no muestran alguna diferencia significativa entre tratamientos, ya que estos se mantienen casi dentro del mismo rango (Figura 7).

En la actualidad no se ha documentado acerca de la inclusión de zeolita en aves y el efecto que podría originarse en relación a la temperatura-excretas, sin embargo, Feng et al. (2021) comenta que la zeolita genera calor cuando se encuentra en un proceso de adsorción.

Kraljević et al.(2018), habla acerca de las propiedades de la zeolita, su capacidad de adsorción, así como la interacción que tiene con otros iones, para intercambiarlos, de igual modo, habla sobre la estabilidad que presenta su estructura al exponerla a una temperatura de 750°C durante las próximas 12 horas, sin embargo, dentro de las propiedades de este aditivo no se comenta alguna relación que pudiera llegar a tener con la actividad de la temperatura, por lo que, la zeolita tiene buenas propiedades para reducir los gases amoniacales, debido al

intercambio de iones que realiza, pero no, cuenta con propiedades para disminuir la temperatura.

Kordala & Wyszkowski (2024), mencionan la estabilidad térmica que puede llegar a tener la zeolita según su relación Si/Al, dando a entender que a mayor relación, mayor será la estabilidad térmica que presente de aproximadamente 1300°C, cuando el Si es el de mayor contenido, por lo tanto, este articulo habla de cómo puede comportarse la zeolita a temperaturas altas, pero no comenta que posee con propiedades físicas o químicas que pudieran ayudar a controlar los niveles altos de temperatura.

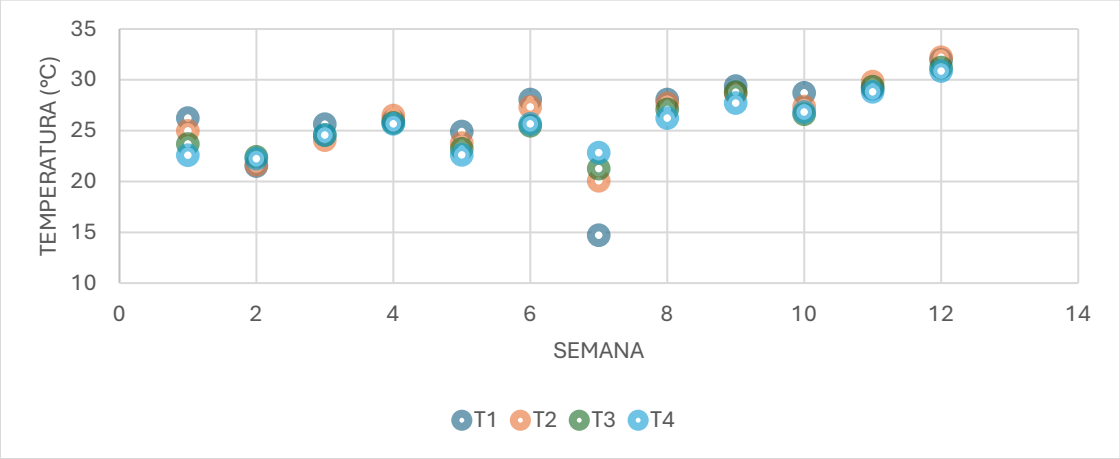


Figura 7. Temperatura de excretas incubadas en los diferentes tratamientos durante un periodo de 12 semanas. NS: No significativo (prueba de Kruskal Wallis p=0.47)

Mencionado la anterior, se deduce que la temperatura en este experimento se mantiene, ya que la zeolita no cuenta con propiedades que le ayuden a regular la temperatura, su función principal es disminuir los niveles de humedad gracias a su estructura porosa, de igual modo, es un gran aditivo para reducir los gases amoniacales por su gran capacidad de estar intercambiando iones.

V. CONCLUSIÓN

La zeolita cuenta con una estructura porosa, gracias a esta característica es que una de sus principales funciones es ser un gran absorbente de gases amoniacales, sin embargo, en este estudio se observó que la implementación de la zeolita no garantiza un efecto inmediato para absorber estos gases, sin embargo, sus resultados pueden reflejarse después de cierto tiempo de haber implementado el uso de la zeolita

En cuanto al pH de las excretas, se puede deducir que la implementación de zeolita no tiene algún efecto en la reducción de este mismo, además en el peso de las aves, tampoco se observó un efecto por lo que se concluye que la zeolita no afecta los parámetros productivos del ave y brinda un ambiente de confort.

Lo cual se sugiere seguir realizando investigaciones con diferentes dosificaciones u otros tipos de zeolitas, mezcladas con otros tipos de aditivos que permitan mejorar los parámetros de aves criadas en piso.

VI. REVISIÓN DE LITERATURA

Abdelrahman, M. M., Al-Baadani, H. H., Qaid, M. M., Al-Garadi, M. A., Suliman, G. M., Alobre, M. M., & Al-Mufarrej, S. I. (2023). Using Natural Zeolite as a Feed Additive in Broilers' Diets for Enhancing Growth Performance, Carcass Characteristics, and Meat Quality Traits. Life, 13(7), 1548. https://doi.org/10.3390/life13071548

Adedokun, S. A., & Olojede, O. C. (2019). Optimizing Gastrointestinal Integrity in Poultry: The Role of Nutrients and Feed Additives. Frontiers in Veterinary Science, 5. https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00348

Afolabi, S. S., Oyeyode, J. O., Shafik, W., Sunusi, Zubair. A., & Adeyemi, A. A. (2021). Proximate Analysis of Poultry-Mix Formed Feed Using Maize Bran as a Base. International Journal of Analytical Chemistry, 2021, 1–7. https://doi.org/10.1155/2021/8894567

Ahmadi Babadi, K., Khorasanizadeh, H., & Aghaei, A. (2022). CFD modeling of air flow, humidity, CO2 and NH3 distributions in a caged laying hen house with tunnel ventilation system. Computers and Electronics in Agriculture, 193, 106677. https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106677

Alabi, T., & Adedokun, S. (2025). Amino Acid Nutrition in Poultry: A Review. Animals, 15(22), 3323. https://doi.org/10.3390/ani15223323

Alagawany, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., Tiwari, R., Yatoo, Mohd. I., Karthik, K., Michalak, I., & Dhama, K. (2021). Nutritional significance of amino acids, vitamins and minerals as nutraceuticals in poultry production and health – a comprehensive review. Veterinary Quarterly, 41(1), 1–29. https://doi.org/10.1080/01652176.2020.1857887

Alfonso-Avila, A. R., Cirot, O., Lambert, W., & Létourneau-Montminy, M. P. (2022). Effect of low-protein corn and soybean meal-based diets on nitrogen utilization, litter quality, and water consumption in broiler chicken production: insight from meta-analysis. Animal, 16(3), 100458. https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100458

Alvarado-López, J. E., & Hernández, E. (2023). La importancia de la microbiota intestinal en la fisiología y rendimiento de pollos de engorda y gallinas de

postura. CienciaUAT, 155–169. https://doi.org/10.29059/cienciauat.v18i2.1795

Apajalahti, J., & Vienola, K. (2016). Interaction between chicken intestinal microbiota and protein digestion. Animal Feed Science and Technology, 221, 323–330. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.05.004

Barzegar, S., Wu, S.-B., Choct, M., & Swick, R. A. (2020). Implementation of net energy evaluating system in laying hens: Validation by performance and egg quality. Poultry Science, 99(5), 2624–2632. https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.01.012

Beski, S. S. M., Swick, R. A., & Iji, P. A. (2015). Specialized protein products in broiler chicken nutrition: A review. Animal Nutrition, 1(2), 47–53. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.05.005

Biesek, J., Dunisławska, A., Banaszak, M., Siwek, M., & Adamski, M. (2021). The Impact of Hydrated Aluminosilicates Supplemented in Litter and Feed on Chicken Growth, Muscle Traits and Gene Expression in the Intestinal Mucosa. Animals, 11(8), 2224. https://doi.org/10.3390/ani11082224

Bindari, Y. R., & Gerber, P. F. (2022). Centennial Review: Factors affecting the chicken gastrointestinal microbial composition and their association with gut health and productive performance. Poultry Science, 101(1), 101612. https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101612

Bist, R. B., Subedi, S., Chai, L., & Yang, X. (2023). Ammonia emissions, impacts, and mitigation strategies for poultry production: A critical review. Journal of Environmental Management, 328, 116919. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116919

Borda-Molina, D., Seifert, J., & Camarinha-Silva, A. (2018). Current Perspectives of the Chicken Gastrointestinal Tract and Its Microbiome. Computational and Structural Biotechnology Journal, 16, 131–139. https://doi.org/10.1016/j.csbj.2018.03.002

Brink, M.; Janssens, G.P.J.; Demeyer, P.; Bağci, Ö.; Delezie, E. (2022) Reduction of dietary crude protein and feed form: Impact on broiler litter quality, ammonia

concentrations, excreta composition, performance, welfare, and meat quality. *Anim. Nutr.*,*15*, 291–303

Burrows, PB., Godoy-Santos, F., Lawther, K., Richmond, A., Corcionivoschi, N., & Huws, SA. (2025). Decoding the chicken gastrointestinal microbiome. BMC Microbiology, 25(1), 35. https://doi.org/10.1186/s12866-024-03690-x

Cao, K.-X., Deng, Z.-C., Li, S.-J., Yi, D., He, X., Yang, X.-J., Guo, Y.-M., & Sun, L.-H. (2024). Poultry Nutrition: Achievement, Challenge, and Strategy. The Journal of Nutrition, 154(12), 3554–3565. https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2024.10.030

Chalvon-Demersay, T., Luise, D., le Floc'h, N., Tesseraud, S., Lambert, W., Bosi, P., Trevisi, P., Beaumont, M., & Corrent, E. (2021). Functional Amino Acids in Pigs and Chickens: Implication for Gut Health. Frontiers in Veterinary Science, 8. https://doi.org/10.3389/fvets.2021.663727

Clavijo, V., & Flórez, M. J. V. (2018). The gastrointestinal microbiome and its association with the control of pathogens in broiler chicken production: A review. Poultry Science, 97(3), 1006–1021. https://doi.org/10.3382/ps/pex359

Cândido, M. G. L., Tinôco, I. F. F., Albino, L. F. T., Freitas, L. C. S. R., Santos, T. C., Cecon, P. R., & Gates, R. S. (2020). Effects of heat stress on pullet cloacal and body temperature. Poultry Science, 99(5), 2469–2477. https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.062

David, L. S., Abdollahi, M. R., Bedford, M. R., & Ravindran, V. (2020). Effect of age and dietary crude protein content on the apparent ileal calcium digestibility of limestone in broiler chickens. Animal Feed Science and Technology, 263, 114468. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114468

David, B., Mejdell, C., Michel, V., Lund, V., & Moe, R. (2015). Air Quality in Alternative Housing Systems may have an Impact on Laying Hen Welfare. Part II—Ammonia. Animals, 5(3), 886–896. https://doi.org/10.3390/ani5030389

Ducatelle, R., Goossens, E., Eeckhaut, V., & van Immerseel, F. (2023). Poultry gut health and beyond. Animal Nutrition, 13, 240–248. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.03.005

Dunlop, M. W., McAuley, J., Blackall, P. J., & Stuetz, R. M. (2016). Water activity of poultry litter: Relationship to moisture content during a grow-out. Journal of Environmental Management, 172, 201–206. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02.036

el Ridi, R., & Tallima, H. (2017). Physiological functions and pathogenic potential of uric acid: A review. Journal of Advanced Research, 8(5), 487–493. https://doi.org/10.1016/j.jare.2017.03.003

Elling-Staats, M. L., Gilbert, M. S., Smidt, H., & Kwakkel, R. P. (2022). Caecal protein fermentation in broilers: a review. World's Poultry Science Journal, 78(1), 103–123. https://doi.org/10.1080/00439339.2022.2003170

Elsabbgh, Y., el Sharaby, A., Aboelnour, A., Abumandour, M. M. A., & Nomir, A. G. (2026). Integrated Morphological Analysis Of The Small Intestine In The Pekin Duck's (Anas platyrhynchos) Using Gross Anatomical, Histological, Histochemical, and Scanning Electron Microscopic Techniques. Tissue and Cell, 100, 103346. https://doi.org/10.1016/j.tice.2026.103346

Elsherbeni, A. I., Youssef, I. M., Hamouda, R. E., Kamal, M., El-Gendi, G. M., El-Garhi, O. H., Alfassam, H. E., Rudayni, H. A., Allam, A. A., Moustafa, M., Alshaharn, M. O., & el Kholy, M. S. (2024). Performance and economic efficiency of laying hens in response to adding zeolite to feed and litter. Poultry Science, 103(7), 103799. https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103799

Elsherbeni, A. I., Youssef, I. M., Kamal, M., Youssif, M. A. M., El-Gendi, G. M., El-Garhi, O. H., Alfassam, H. E., Rudayni, H. A., Allam, A. A., Moustafa, M., Alshaharni, M. O., Al-Shehri, M., el Kholy, M. S., & Hamouda, R. E. (2024). Impact of adding zeolite to broilers' diet and litter on growth, blood parameters, immunity, and ammonia emission. Poultry Science, 103(9), 103981. https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103981

Fatahian Dehkordi, R. A., & Shakaram, M. (2018). Morphology of rectum in broiler chicken and domestic fowl: notability of retrograde peristalsis for water

preservation. Journal of Applied Animal Research, 46(1), 599–603. https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1367687

Feng, C., E, J., Han, W., Deng, Y., Zhang, B., Zhao, X., & Han, D. (2021). Key technology and application analysis of zeolite adsorption for energy storage and heat-mass transfer process: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 144, 110954. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110954

Feye, K. M., Baxter, M. F. A., Tellez-Isaias, G., Kogut, M. H., & Ricke, S. C. (2020). Influential factors on the composition of the conventionally raised broiler gastrointestinal microbiomes. Poultry Science, 99(2), 653–659. https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.013

Folnožić, I., Samardžija, M., Đuričić, D., Vince, S., Perkov, S., Jelušić, S., Valpotić, H., Ljubić, B. B., Lojkić, M., Gračner, D., Žaja, I. Ž., Maćešić, N., Grizelj, J., Dobranić, T., Redžepi, G., Šostar, Z., & Turk, R. (2019). Effects of in-feed clinoptilolite treatment on serum metabolic and antioxidative biomarkers and acute phase response in dairy cows during pregnancy and early lactation. Research in Veterinary Science, 127, 57–64. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2019.10.010

Gherghina, M.-E., Peride, I., Tiglis, M., Neagu, T. P., Niculae, A., & Checherita, I. A. (2022). Uric Acid and Oxidative Stress—Relationship with Cardiovascular, Metabolic, and Renal Impairment. International Journal of Molecular Sciences, 23(6), 3188. https://doi.org/10.3390/ijms23063188

Gilbert, M. S., Ijssennagger, N., Kies, A. K., & van Mil, S. W. C. (2018). Protein fermentation in the gut; implications for intestinal dysfunction in humans, pigs, and poultry. American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology, 315(2), G159–G170. https://doi.org/10.1152/ajpgi.00319.2017

Gholap, D.; Macklin, K.; Blake, J.; Bilgili, S. (2012). Estimation of the efficacy of a chemical and a biological litter amendment in reducing ammonia levels, bacterial load, and paw lesions in commercial broiler facilities. In Proceedings of the Sixty-First Western Poultry Disease Conference, Scottsdale, AZ, USA, 2–4 April; pp. 103–105.

Grifasi, N., Ziantoni, B., Fino, D., & Piumetti, M. (2024). Fundamental properties and sustainable applications of the natural zeolite clinoptilolite. Environmental Science and Pollution Research, 32(48), 27805–27840. https://doi.org/10.1007/s11356-024-33656-5

Grądzki, Z., Jarosz, Ł., Stępień-Pyśniak, D., & Marek, A. (2020). The effect of feed supplementation with Transcarpathian zeolite (clinoptilolite) on the concentrations of acute phase proteins and cytokines in the serum and hepatic tissue of chickens. Poultry Science, 99(5), 2424–2437. https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.01.003

Gutierrez, A., Havelaar, A. H., & Schneider, K. R. (2022). Antimicrobial Efficacy of Un-Ionized Ammonia (NH 3) against Salmonella Typhimurium in Buffered Solutions with Variable pH, NH 3 Concentrations, and Urease-Producing Bacteria. Microbiology Spectrum, 10(1). https://doi.org/10.1128/spectrum.01850-21

He, W., Li, P., & Wu, G. (2021). Amino Acid Nutrition and Metabolism in Chickens (pp. 109–131). https://doi.org/10.1007/978-3-030-54462-1_7

Hou, Q., Kwok, L.-Y., Zheng, Y., Wang, L., Guo, Z., Zhang, J., Huang, W., Wang, Y., Leng, L., Li, H., & Zhang, H. (2016). Differential fecal microbiota are retained in broiler chicken lines divergently selected for fatness traits. Scientific Reports, 6(1), 37376. https://doi.org/10.1038/srep37376

Huang, Q., Wen, C., Yan, W., Sun, C., Gu, S., Zheng, J., & Yang, N. (2022). Comparative analysis of the characteristics of digestive organs in broiler chickens with different feed efficiencies. Poultry Science, 101(12), 102184. https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102184

Huang, X. F., Xue, J. J., Liu, Z. L., Chen, Y., Luo, Y., Wu, J. B., Wang, B. W., Wang, Q. G., & Wang, C. (2023). Effects of drinking water temperature in winter on growth performance, water consumption, surface temperature, and intestinal development of geese from 21 to 49 days of age. Poultry Science, 102(7), 102725. https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102725

Jiang, H.-Y., Wang, Z.-M., Sun, X.-Q., Zeng, S.-J., Guo, Y.-Y., Bai, L., Yao, M.-S., & Zhang, X.-P. (2024). Advanced Materials for NH3 Capture: Interaction Sites

and Transport Pathways. Nano-Micro Letters, 16(1), 228. https://doi.org/10.1007/s40820-024-01425-1

Kaya, M., Karaarslan, S., Oral Toplu, H. D., Dereli Fidan, E., Türkyılmaz, M. K., & Nazlıgül, A. (2024). Growth performance, carcass, and meat quality traits in broiler chickens reared on plastic-grid flooring, wood shavings, and zeolite-supplemented wood shavings. Tropical Animal Health and Production, 56(2), 66. https://doi.org/10.1007/s11250-024-03915-1

Khalfi, B., Buyse, K., Carvalho, C. L., Khan, I., Soster, P., Antonissen, G., & Tuyttens, F. A. M. (2026). Multifunctional elevated platforms for improving thermoregulation, litter quality and welfare in broiler chickens. Poultry Science, 105(5), 106626. https://doi.org/10.1016/j.psj.2026.106626

Kidd, M. T., Maynard, C. W., & Mullenix, G. J. (2021). Progress of amino acid nutrition for diet protein reduction in poultry. Journal of Animal Science and Biotechnology, 12(1), 45. https://doi.org/10.1186/s40104-021-00568-0

Kim, W., & Patterson, P. (2003). Effect of minerals on activity of microbial uricase to reduce ammonia volatilization in poultry manure. Poultry Science, 82(2), 223–231. https://doi.org/10.1093/ps/82.2.223

Kordala, N., & Wyszkowski, M. (2024). Zeolite Properties, Methods of Synthesis, and Selected Applications. Molecules, 29(5), 1069. https://doi.org/10.3390/molecules29051069

Kraljević Pavelić, S., Simović Medica, J., Gumbarević, D., Filošević, A., Pržulj, N., & Pavelić, K. (2018). Critical Review on Zeolite Clinoptilolite Safety and Medical Applications in vivo. Frontiers in Pharmacology, 9. https://doi.org/10.3389/fphar.2018.01350

Lay, D. C., Fulton, R. M., Hester, P. Y., Karcher, D. M., Kjaer, J. B., Mench, J. A., Mullens, B. A., Newberry, R. C., Nicol, C. J., O'Sullivan, N. P., & Porter, R. E. (2011). Hen welfare in different housing systems. Poultry Science, 90(1), 278–294. https://doi.org/10.3382/ps.2010-00962

Lee, S.-J., Cho, S., La, T.-M., Lee, H.-J., Lee, J.-B., Park, S.-Y., Song, C.-S., Choi, I.-S., & Lee, S.-W. (2020). Comparison of microbiota in the cloaca, colon, and

magnum of layer chicken. PLOS ONE, 15(8), e0237108. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237108

Li, D., Tong, Q., Shi, Z., Li, H., Wang, Y., Li, B., Yan, G., Chen, H., & Zheng, W. (2020). Effects of chronic heat stress and ammonia concentration on blood parameters of laying hens. Poultry Science, 99(8), 3784–3792. https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.060

Lim, C. I., & Ryu, K. S. (2023). Additive Effects of Dietary Supplementation with Zeolite and Methyl-Sulfonyl-Methane on Growth Performance and Interleukin Levels of Broiler Chickens. The Journal of Poultry Science, 60(1), 2023003. https://doi.org/10.2141/jpsa.2023003

Madrid, J.; López, M.J.; Orengo, J.; Martínez, S.; Valverde, M.; Megías, M.D.; Hernández, F. (2012). Effect of aluminum sulfate on litter composition and ammonia emission in a single flock of broilers up to 42 days of age. *Animal*,*6*, 1322–1329.

Mastinu, A., Kumar, A., Maccarinelli, G., Bonini, S. A., Premoli, M., Aria, F., Gianoncelli, A., & Memo, M. (2019). Zeolite Clinoptilolite: Therapeutic Virtues of an Ancient Mineral. Molecules, 24(8), 1517. https://doi.org/10.3390/molecules24081517

Mondal, M., Biswas, B., Garai, S., Sarkar, S., Banerjee, H., Brahmachari, K., Bandyopadhyay, P. K., Maitra, S., Brestic, M., Skalicky, M., Ondrisik, P., & Hossain, A. (2021). Zeolites Enhance Soil Health, Crop Productivity and Environmental Safety. Agronomy, 11(3), 448. https://doi.org/10.3390/agronomy11030448

Moran, E. T., & Bedford, M. R. (2022). Large intestinal dynamics differ between fowl and swine: Anatomical modifications, microbial collaboration, and digestive advantages from fibrolytic enzymes. Animal Nutrition, 11, 160–170. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2022.07.004

Mozuriene, E., Mockus, E., Klupsaite, D., Starkute, V., Tolpeznikaite, E., Gruzauskas, V., Gruzauskas, R., Paulauskaite-Taraseviciene, A., Raudonis, V., & Bartkiene, E. (2024). Physical and Chemical Characteristics of

Droppings as Sensitive Markers of Chicken Health Status. Animals, 14(9), 1389. https://doi.org/10.3390/ani14091389

Nakrosis, A., Paulauskaite-Taraseviciene, A., Raudonis, V., Narusis, I., Gruzauskas, V., Gruzauskas, R., & Lagzdinyte-Budnike, I. (2023). Towards Early Poultry Health Prediction through Non-Invasive and Computer Vision-Based Dropping Classification. Animals, 13(19), 3041. https://doi.org/10.3390/ani13193041

Nuernberg, G. B., Moreira, M. A., Ernani, P. R., Almeida, J. A., & Maciel, T. M. (2016). Efficiency of basalt zeolite and Cuban zeolite to adsorb ammonia released from poultry litter. Journal of Environmental Management, 183, 667–672. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.08.062

Pavlak, M. S. D., Kaufmann, C., Eyng, C., Carvalho, P. L. O., Pozza, P. C., Vieites, F. M., Rohloff Junior, N., Avila, A. S., Polese, C., & Nunes, R. v. (2023). Zeolite and corn with different compositions in broiler chickens feeding. Poultry Science, 102(4), 102494. https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102494

Poudel, S., Chakraborty, D., & Prasad, R. (2024). Evaluation of the efficacy of amendment types and rates in reducing ammonia emissions from broiler litter. Poultry Science, 103(12), 104467. https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104467

Qaid, M. M., & Al-Garadi, M. A. (2021). Protein and Amino Acid Metabolism in Poultry during and after Heat Stress: A Review. Animals, 11(4), 1167. https://doi.org/10.3390/ani11041167

Qaisrani, S. N., van Krimpen, M. M., Verstegen, M. W. A., Hendriks, W. H., & Kwakkel, R. P. (2020). Effects of three major protein sources on performance, gut morphology and fermentation characteristics in broilers. British Poultry Science, 61(1), 43–50. https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1671958

Raut, R., Biswas, B. K., Taylor-Bowden, T., Kilonzo-Nthenge, A., Pokharel, B., Tabler, T., Nahashon, S. N., & Maharjan, P. (2025). Effects of chronic exposure of specific water quality parameters in poultry drinking water on dietary amino acid digestibility and early broiler performance. Poultry Science, 104(2), 104835. https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.104835

Ravindran, V., & Abdollahi, M. R. (2021). Nutrition and Digestive Physiology of the Broiler Chick: State of the Art and Outlook. Animals, 11(10), 2795. https://doi.org/10.3390/ani11102795

Richards-Rios, P., Fothergill, J., Bernardeau, M., & Wigley, P. (2020). Development of the Ileal Microbiota in Three Broiler Breeds. Frontiers in Veterinary Science, 7. https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00017

Ritz, C. W., Fairchild, B. D., & Lacy, M. P. (2004). Implications of Ammonia Production and Emissions from Commercial Poultry Facilities: A Review. Journal of Applied Poultry Research, 13(4), 684–692. https://doi.org/10.1093/japr/13.4.684

Rodrigues, I., & Choct, M. (2018). The foregut and its manipulation via feeding practices in the chicken. Poultry Science, 97(9), 3188–3206. https://doi.org/10.3382/ps/pey191

Rychlik, I. (2020). Composition and Function of Chicken Gut Microbiota. Animals, 10(1), 103. https://doi.org/10.3390/ani10010103

Saber, H. S., AbdElrahman, M., Kamal, M., Youssef, I. M., Abd El Halim, H. S., Abd El-Hack, M. E., Moustafa, M., Al-Shehri, M., Khan, M. M. H., & Khalil, H. A. (2025). Dietary chitosan and mannan oligosaccharide improve intestinal morphology and enhance functional meat and egg quality in Japanese quail. Journal of Agriculture and Food Research, 24, 102401. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.102401

Salem, H. M., Saad, A. M., Soliman, S. M., Selim, S., Mosa, W. F. A., Ahmed, A. E., al Jaouni, S. K., Almuhayawi, M. S., Abd El-Hack, M. E., El-Tarabily, K. A., & El-Saadony, M. T. (2023). Ameliorative avian gut environment and bird productivity through the application of safe antibiotics alternatives: a comprehensive review. Poultry Science, 102(9), 102840. https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102840

Schneider, A. F., Yuri, F. M., Almeida, D. S., Roeder, J. V. C., Xavier, J. S., & Gewehr, C. E. (2017). Zeólitas naturais na dieta de frangos de corte. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 69(1), 191–197. https://doi.org/10.1590/1678-4162-8717

Schneider, A. F., Zimmermann, O. F., & Gewehr, C. E. (2017). Zeolites in poultry and swine production. Ciência Rural, 47(8). https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160344

Sell-Kubiak, E., Wimmers, K., Reyer, H., & Szwaczkowski, T. (2017). Genetic aspects of feed efficiency and reduction of environmental footprint in broilers: a review. Journal of Applied Genetics, 58(4), 487–498. https://doi.org/10.1007/s13353-017-0392-7

Selle, P. H., Macelline, S. P., Chrystal, P. v., & Liu, S. Y. (2023). A reappraisal of amino acids in broiler chicken nutrition. World's Poultry Science Journal, 79(3), 429–447. https://doi.org/10.1080/00439339.2023.2234342

Shang, Y., Kumar, S., Oakley, B., & Kim, W. K. (2018). Chicken Gut Microbiota: Importance and Detection Technology. Frontiers in Veterinary Science, 5. https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00254

Simon, Á., Gulyás, G., Mészár, Z., Bhide, M., Oláh, J., Bai, P., Csősz, É., Jávor, A., Komlósi, I., Remenyik, J., & Czeglédi, L. (2019). Proteomics alterations in chicken jejunum caused by 24 h fasting. PeerJ, 7, e6588. https://doi.org/10.7717/peerj.6588

Song, X., Anas, M. A., Kurniawati, A., Hanim, C., Muhlisin, Aprianto, M. A., Madani, A. M. A., Wang, Q., & Chen, H. (2023). Effects of reduced-protein diets with protease supplementation on growth, carcass yield, intestinal morphology, organ development, nutrient digestibility, and blood biochemical of broiler chickens. Translational Animal Science. https://doi.org/10.1093/tas/txad098

Sosnówka-Czajka, E., Skomorucha, I., Wojtysiak, D., Skalska, M. E., & Adamczyk, P. (2026). Effects of Using Effective Microorganisms (EMs) and Zeolite on the Development of Productivity and Air and Litter Quality in Broiler Chicken Rearing. *Animals*, *16*(6). https://doi.org/10.3390/ani1606091S

Su, X., Huang, P., Guo, Y., & Cao, J. (2025). Zeolite for preventing periparturient hypocalcemia in dairy cows: mechanisms and application strategies. Frontiers in Veterinary Science, 12. https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1635245

Such, N., Mezőlaki, Á., Rawash, M. A., Tewelde, K. G., Pál, L., Wágner, L., Schermann, K., Poór, J., & Dublecz, K. (2023). Diet Composition and Using Probiotics or Symbiotics Can Modify the Urinary and Faecal Nitrogen Ratio of Broiler Chicken's Excreta and Also the Dynamics of In Vitro Ammonia Emission. Animals, 13(3), 332. https://doi.org/10.3390/ani13030332

Svihus, B. (2014). Function of the digestive system. Journal of Applied Poultry Research, 23(2), 306–314. https://doi.org/10.3382/japr.2014-00937

Swelum, A. A., El-Saadony, M. T., Abd El-Hack, M. E., Abo Ghanima, M. M., Shukry, M., Alhotan, R. A., Hussein, E. O. S., Suliman, G. M., Ba-Awadh, H., Ammari, A. A., Taha, A. E., & El-Tarabily, K. A. (2021). Ammonia emissions in poultry houses and microbial nitrification as a promising reduction strategy. Science of The Total Environment, 781, 146978. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146978

Toschi, A., Yu, L., Bialkowski, S., Schlitzkus, L., Grilli, E., & Li, Y. (2024). Dietary supplementation of microencapsulated botanicals and organic acids enhances the expression and function of intestine epithelial digestive enzymes and nutrient transporters in broiler chickens. Poultry Science, 103(11), 104237. https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104237.

UNA. (2025). Unión Nacional de Avicultores. https://una.org.mx/indicadores-economicos-2/

Valadares, C. G., Ludke, M. do C. M. M., Ludke, J. V., Rabello, C. B.-V., Gomes, G. M. de S. L., Silva, D. A. da, Ribeiro, A. G., Coldebella, A., Silva, E. P. da, Sobral, M. de A., Santos, K. R. dos, Fausto, C. M. A., & Carvalho, L. R. R. A. (2026). Effect of natural zeolite in diets with or without protein reduction on the performance, carcass and organ yield, and litter quality of broilers. Poultry Science, 105(3), 106434. https://doi.org/10.1016/j.psj.2026.106434

Vieira, R., Ludke, M., Ludke, J., Lopes, C., Oliveira, E., Santos, A., Coldebella, A., & Rabello, C. (2023). Effect of Dietary Zeolite Supplementation on Production, Egg Quality, Ammonia Volatilization, Organ Morphometry and Blood Parameters in Brown Laying Hens. Brazilian Journal of Poultry Science, 25(4). https://doi.org/10.1590/1806-9061-2023-1797

Waliaula, P. K., Kiarie, E. G., & Diarra, M. S. (2024). Predisposition factors and control strategies of avian pathogenic Escherichia coli in laying hens. Frontiers in Veterinary Science, 11. https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1474549

Wen, C., Yan, W., Sun, C., Ji, C., Zhou, Q., Zhang, D., Zheng, J., & Yang, N. (2019). The gut microbiota is largely independent of host genetics in regulating fat deposition in chickens. The ISME Journal, 13(6), 1422–1436. https://doi.org/10.1038/s41396-019-0367-2

Wilcox, C. H., Sandilands, V., Mayasari, N., Asmara, I. Y., & Anang, A. (2024). A literature review of broiler chicken welfare, husbandry, and assessment. World's Poultry Science Journal, 80(1), 3–32. https://doi.org/10.1080/00439339.2023.2264824

Wlaźlak, S., Biesek, J., Banaszak, M., Różański, S., & Adamski, M. (2025). Bedding' dry sanitization with aluminosilicates affects its chemical composition, growth performance, meat quality, and footpad dermatitis incidence in broiler chickens. Poultry Science, 104(11), 105785. https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105785

Woyengo, T. A., Knudsen, K. E. B., & Børsting, C. F. (2023). Low-protein diets for broilers: Current knowledge and potential strategies to improve performance and health, and to reduce environmental impact. Animal Feed Science and Technology, 297, 115574. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115574

Yadav, S., & Jha, R. (2019). Strategies to modulate the intestinal microbiota and their effects on nutrient utilization, performance, and health of poultry. Journal of Animal Science and Biotechnology, 10(1), 2. https://doi.org/10.1186/s40104-018-0310-9

Zaefarian, F., Abdollahi, M. R., Cowieson, A., & Ravindran, V. (2019). Avian Liver: The Forgotten Organ. Animals, 9(2), 63. https://doi.org/10.3390/ani9020063

Zampiga, M., Calini, F., & Sirri, F. (2021). Importance of feed efficiency for sustainable intensification of chicken meat production: implications and role for amino acids, feed enzymes and organic trace minerals. World's Poultry

Science Journal, 77(3), 639–659. https://doi.org/10.1080/00439339.2021.1959277

Zhou, S., Watcharaanantapong, P., Yang, X., Thornton, T., Gan, H., Tabler, T., Prado, M., & Zhao, Y. (2024). Evaluating broiler welfare and behavior as affected by growth rate and stocking density. Poultry Science, 103(4), 103459. https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103459