

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



**Efecto de la zeolita en el porcentaje de postura y peso del huevo, en gallinas
en un sistema libre de jaula**

Por:

Ana Reyes Martínez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Mayo 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Efecto de la zeolita en el porcentaje de postura y peso del huevo, en gallinas en un sistema libre de jaula

Por:

Ana Reyes Martínez

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. Dalia Ivette Carrillo Moreno
Presidente

MC. Julieta Ziomara Ordoñez Morales
Vocal

Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Vocal

Dra. Viridiana Contreras Villarreal
Vocal suplente

MC. José Luis Francisco Sandoval Elías
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Mayo 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

**Efecto de la zeolita en el porcentaje de postura y peso del huevo, en gallinas
en un sistema libre de jaula**

Por:

Ana Reyes Martínez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

1500

Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno
Asesor principal

MC. Julieta Ziomara Ordoñez Morales
Coasesor

Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Coasesor

MC. José Luis Francisco Sandoval Elías
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Mayo 2025

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Delfino Reyes Alberto y Martina León Vásquez, sólo quiero decirles que todo lo que soy se los debo a ustedes, gracias por estar conmigo siempre apoyándome, por su amor incondicional, por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. A ti mamita, siempre has estado a mi lado con palabras de aliento, creyendo en mi incluso cuando yo dudaba de mí misma. A ti papá, tu apoyo constante, tus sabios consejos que me has brindado y tu ejemplo de dedicación. Esta tesis es dedicada especialmente para ustedes, muchas gracias.

A MIS HERMANAS:

Mariela Reyes León, Cecilia Reyes León, Guadalupe Reyes León, Raquel Reyes León, por estar ahí siempre con palabras de aliento y gestos de cariño, por ayudarme a cumplir mi sueño o meta que me propongo. Este logro es tanto mío como de ustedes, no podría haberlo alcanzado sin su apoyo incondicional.

A MIS HERMANOS:

Miguel Reyes León y Jorge Reyes León, por el apoyo moral que siempre me han brindado y gestos de cariño. Sus consejos, paciencia y sobre todo por confiar en mí.

A MIS SOBRINOS:

Por llenarme de amor y alegría, por estar siempre a mi lado haciendo valer cada momento, me siento afortunada de tenerlos en mi vida y gracias por ser mi familia.

AGRADECIMIENTOS

A mi **Dios**, por haberme concedido el don de la vida, por permitirme concluir satisfactoriamente esta etapa llena de logros, salud y aprendizaje.

A mi **Gloriosa Alma Terra Mater** por brindarme y cobijarme durante estos cinco años de carrera llenos de aprendizaje.

A mi hermana **Mariela**, a quien aprecio con todo mi corazón, gracias por estar conmigo, sobre todo por confiar en mí y por todos los conocimientos que me has transmitido, por demostrarme que con esfuerzo y dedicación todo sueño se cumple. Te amo.

A mi novio **Enrique Simón Guzmán**, gracias por estar conmigo, por todo el cariño y amor que me has brindado, además de apoyarme incondicionalmente.

A mis amigos **Adolfo Guzmán Santiago, Abraham Reyes Ángel, Eduardo Apolinar Hernández**, por estar siempre ahí conmigo, porque nunca me dejaron sola y siempre me apoyaron sin importar las circunstancias, gracias por demostrarme que lo que significa la amistad.

A mi tutora de tesis, la **Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno** y a la **Dra. Julieta Ziomara Ordoñez Morales** por la confianza y disposición en la realización de este trabajo, por el apoyo en cada revisión, así como en cada etapa del proceso, la paciencia.

Gracias a todos por confiar en mí y apoyarme a lograr mis sueños.

Índice

Índice de figuras	iv
Cuadro de símbolos y abreviaturas	vi
RESUMEN	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis.....	2
1.2 Objetivo	2
1.2.1 Objetivos específicos	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Contexto Internacional.....	3
2.2 Contexto Nacional	3
2.3 Formación del huevo	4
2.4 Estructura del huevo	5
2.5 Propiedades del huevo	7
2.6 Uso de aditivos	8
2.7 Zeolita.....	10
2.8 Sistemas de producción para huevo de plato.....	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1 Ubicación	16
3.2 Grupos experimentales.....	16
3.3 Manejo de animales.....	16
3.4 Variables	17
3.5 Análisis estadísticos	17
4. RESULTADOS	18
5. DISCUSIÓN	20
6. CONCLUSIÓN	21
7. LITERATURA CITADA	22

Índice de figuras

Figura 1. Formación del huevo	4
Figura 2. Estructura del huevo	6
Figura 3. Evaluación del porcentaje de postura durante 20 semanas.....	19

Índice de cuadros

Cuadro 1 Peso promedio y número de huevos evaluados durante las 20 semanas del periodo experimental	18
--	----

Cuadro de símbolos y abreviaturas

Símbolo/Abreviatura	Español	Inglés
Al	Aluminio	
AGP	Antibióticos de promotores de crecimiento	
Ca	Calcio	
CC	Sistema de jaula convencional	
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación	
GT	Grupo Testigo	
GZ	Grupo Zeolita	
K	Potasio	
Mg	Magnesio	
Na	Sodio	
OMS	Organización Mundial de la Salud	
PUFA	Ácidos grasos poliinsaturados	
SADER	Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural	

Si	Silicio
UNA	Unión Nacional de Avicultores
UE	Unión Europea

RESUMEN

La inclusión de zeolita como aditivo en la alimentación de las gallinas nos permite mejorar la morfología, rendimiento, salud y la producción de huevos. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de complementar la dieta con zeolita en el porcentaje de postura y peso del huevo, en gallinas en un sistema libre de jaula. El periodo experimental se realizó de agosto 2023 al 15 de enero 2024. Se utilizó un lote de 200 gallinas de la línea (Rhode Island) de 20 semanas de edad, divididas en dos grupos de tratamiento, Grupo Zeolita (GZ) y Grupo Testigo (GT), con 4 repeticiones por tratamiento para un total de 100 gallinas por grupo. En el GZ se le administro a la ración una inclusión del 4 % de zeolita para completar 120 g de alimento por ave mientras que en el GT se proporcionó únicamente 120 gramos de alimento sin inclusión de zeolita. Para el análisis de datos se recolectaban manualmente los huevos dos veces al día desde la semana 20 hasta la semana 40. Una vez recolectados los huevos se determinó el peso individual del huevo, cantidad de huevos y porcentaje de postura. Se obtuvieron los promedios de los datos productivos y se compararon entre grupos, se consideró significancia estadística $p < 0.05$. Los resultados indicaron que en la semana 40 el peso del huevo fue superior en el GT con un promedio de 59.01 g ($p < 0.05$) sin embargo la cantidad de huevos en esta misma semana fue superior en el GZ con 533 huevos contra 486 huevos en el GT. Por lo tanto, los resultados pueden indicar que la cantidad de zeolita añadida en este trabajo no modifico la cantidad y el porcentaje de postura de huevo en gallinas en un sistema libre de jaula.

Palabras clave: Aditivo, Producción, Bienestar, Zeolita, Aves de postura

1. INTRODUCCIÓN

La avicultura en México es una de las actividades pecuarias más desarrolladas y con un registro de alta productividad, desde el ámbito económico como en consumo de huevo. A nivel mundial México ocupa el primer lugar como consumidor de huevo con más de 22.3 kg per cápita y ocupa el cuarto lugar como productor, por debajo de China, Estados Unidos e India. La avicultura mexicana participa con alrededor del 63.3 % de la producción pecuaria nacional, en cuando a la producción de huevo el principal estado productor es Jalisco (UNA, 2025).

El huevo es un alimento con grandes contenidos de nutrientes, principalmente de proteínas, lípidos, minerales y vitaminas de alta calidad, así mismo contiene dos pigmentos vegetales: luteína y zeaxantina (Rodríguez et al., 2017).

A lo largo del tiempo se han utilizado los antibióticos en la industria de la avicultura como un medio para la prevención de infecciones bacterianas en el intestino de las aves, así como para mejorar el crecimiento, eficiencia alimenticia y la productividad, sin embargo, su uso desmedido genera un impacto negativo en la producción (El-Fateh et al., 2024). Por tal motivo se buscan alternativas como el uso de aditivos alimentarios, que incluyen nanopartículas generadas biológicamente, probióticos, prebióticos etc. que benefician a la salud y el rendimiento productivo de las aves (Salem et al., 2023).

Uno de estos aditivos son las zeolitas, que son aluminosilicatos cristalinos que presentan una estructura tridimensional, con propiedades fisicoquímicas importantes en la nutrición animal, por ejemplo, el intercambio iónico, absorción y liberar agua. Existen dos tipos de zeolitas: las naturales y las sintéticas, para las primeras se recomiendan niveles de inclusión de hasta el 10 % y para las sintéticas es recomendado el 1 % (Collazos García, 2010).

La clinoptilolita (CPL) es una zeolita natural que se utiliza en piensos zootécnicos y biomédicos. Se considera como uno de los aditivos que pueden reemplazar a los antibióticos (AGP) debido a sus propiedades como la seguridad y el mejoramiento de la eficiencia alimenticia y producción (Valpotic, 2017). Por otro lado, el uso de la zeolita en gallinas ponedoras ha mostrado un efecto positivo en el porcentaje de

postura (Toraih et al., 2019). Con base a los antecedentes mencionados se planteó evaluar el efecto de la zeolita en el porcentaje de postura y peso del huevo, en gallinas en un sistema libre de jaula.

1.1 Hipótesis

Complementar la dieta con zeolita puede influir en el peso del huevo y porcentaje de gallinas alojadas en un sistema libre de jaula.

1.2 Objetivo

Evaluar el efecto de complementar la dieta con zeolita en el porcentaje de postura y peso del huevo, en gallinas en un sistema libre de jaula.

1.2.1 Objetivos específicos

- Comparar el peso del huevo en el grupo zeolita y grupo testigo en gallinas en un sistema libre de jaula.
- Determinar y comparar el porcentaje de postura en el grupo zeolita y grupo testigo en gallinas en un sistema libre de jaula.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Contexto Internacional

México se posiciona en el primer lugar mundial en cuanto al alto consumo de huevo, además de ser el cuarto país con mayor producción de huevo, con un promedio de 360 a 370 huevos per cápita (Romo et al., 2022).

2.2 Contexto Nacional

La secretaria de Agricultura y desarrollo rural menciona que México ocupa el primer lugar en consumo de huevo, sus habitantes tienen un alto consumo de huevo, un mexicano consume alrededor de 360 huevos al año, lo que equivale a más de 26 kilos. En la revista agricultura mexicana, la SADER menciona que la producción de huevo para plato en México es una de las actividades más importantes, desde en el ámbito económico como en consumo de huevo. Destacan tres estados como principales productores de huevo: Jalisco, Puebla y Sonora (UNA, 2025).

En México, el huevo ocupa un papel importante en la economía nacional, por su costo accesible a la mayor parte de la población, así como su elevado valor nutricional y versatilidad en la preparación (Chávez-Mora et al., 2018).

El consumo de huevo en México ha ayudado a minimizar la pobreza respecto a la superación de la canasta alimentaria, a combatir la desigualdad económica entre las familias y en la mayor medida a mantener una alimentación saludable, se considera que el huevo es relativamente económico con respecto a otras fuentes de proteínas, además de ser fuente de aminoácidos, energía, oligoelementos esenciales y vitaminas (Rivera-Gómez et al., 2023).

El huevo se considera un sustento alimenticio primordial en la dieta del mexicano, es una fuente de proteína de excelente calidad, superior a la de la leche y la carne. De igual manera el huevo es un alimento con basto contenido de nutrientes y componentes que contiene un excesivo abastecimiento de ácido linoleico, minerales, casi todas las vitaminas y dos pigmentos vegetales: la luteína y la zeaxantina (Rodríguez et al., 2017).

2.3 Formación del huevo

La formación de un huevo implica un gran esfuerzo fisiológico por parte de la gallina que es apta para depositar alrededor de 7.7 g de proteína, 7 g de lípidos, 2 g de calcio y 40 g de agua, día tras día (Sastre Gallego, 2002).

La gallina selecta inicia la puesta de huevos a la semana 20 de vida, tras un periodo de crecimiento y desarrollo adecuados que le permiten alcanzar la madurez sexual. El aparato reproductor de la gallina está conformado por dos ovarios y un oviducto, se ha descrito que la mayoría de las aves sólo el ovario izquierdo es funcional.

Parte Anatómica (cm)		Funciones	Tiempo	
Ovario	7		Foliculos	Formación de gametos
			Depósito de yema	10 días
Oviducto	9	Infundibulo	Fecundación M. Vitelanas	20m
	33	Magno	Depósito Albumen	3h30m
	10	Istmo	Membranas testáceas	1h15m
	10	Útero	Hidratación Albumen Formación cáscara	21h
	10	Vagina Cloaca	Ovoposición	1h30m

De 24 a 26 horas



Figura 1. Formación del huevo (Imagen tomada del Lecciones sobre el Huevo, 2002).

El huevo se forma de 24 a 26 horas, donde todas las partes se van sintetizando hasta llegar al punto de formación y disponer en la secuencia, cantidad y orientación indicada para que el huevo obtenido sea correcto. El **ovario** tiene un peso alrededor de 35 g, y se encuentra en la parte baja de la cavidad abdominal, tiene un aspecto de “racimo uva” y es donde se encuentran los folículos en distinta fase de desarrollo, donde de 3- 4 son folículos enormes y una serie de 8-12 tamaño decreciente y el resto más de 4000 óvulos microscópicos. De igual manera sólo un numero de óvulos llegan a desarrollarse y formar una yema. La ovulación es cuando la yema llega a su máximo tamaño, donde es liberada del ovario, y se presenta el rompimiento de

la membrana folicular, en donde es depositada en la primera estructura del **oviducto** que es el infundíbulo (Sastre Gallego, 2002).

El infundíbulo, constituye la primera fase de la actividad del oviducto, donde la yema es capturada tras la ovulación, donde la yema se mantiene entre 15-30 minutos, de las cuales se producen dos capas externas de membrana vitelina, su finalidad es proteger la yema evitando la entrada de agua procedente de la clara (Ramírez, 2015).

El **magno** tiene distintos tipos de células que sintetizan las proteínas, así mismo es el responsable de las propiedades fisicoquímicas de la clara y de la situación de la yema, después de que el huevo sale del magno su albumen es gelatinoso denso ya que solo contiene 50 % de agua, todo este ciclo termina en el útero y al llegar al istmo comienza a rodearse de las dos membranas testáceas (Alcalá et al., 2014).

El huevo llega al **útero** donde se produce un giro dando lugar a la torsión de las fibras proteicas del albumen denso, así formándose las chalazas, que mantienen la yema. El huevo se mantiene en el útero de 18 a 22 horas y se da la formación de la cascara, después de su formación este es evacuado a través de la cloaca o vagina (Alcalá et al., 2014).

2.4 Estructura del huevo

2.4.1 Cascarón

La cubierta exterior del huevo se conoce como cascarón (figura 2), esta estructura es de gran importancia ya que funciona como una barrera bacteriológica y es la responsable de mantener la integridad física. El principal y más abundante elemento que conforma el cascarón es el calcio, que constituye una matriz cálcica con un entramado orgánico. También otros minerales están presentes como lo son el sodio, magnesio, zinc, manganeso, hierro, cobre, aluminio y boro bacteriana (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

El color del cascarón estará determinado por la concentración de pigmentos que depende de la raza de la gallina, además el estado individual del ave puede influir en los niveles de coloración. La calidad o resistencia de la cascara depende del

metabolismo mineral de la gallina y de una adecuada alimentación, también puede influir otros factores como la genética, el estado sanitario y la temperatura ambiental.

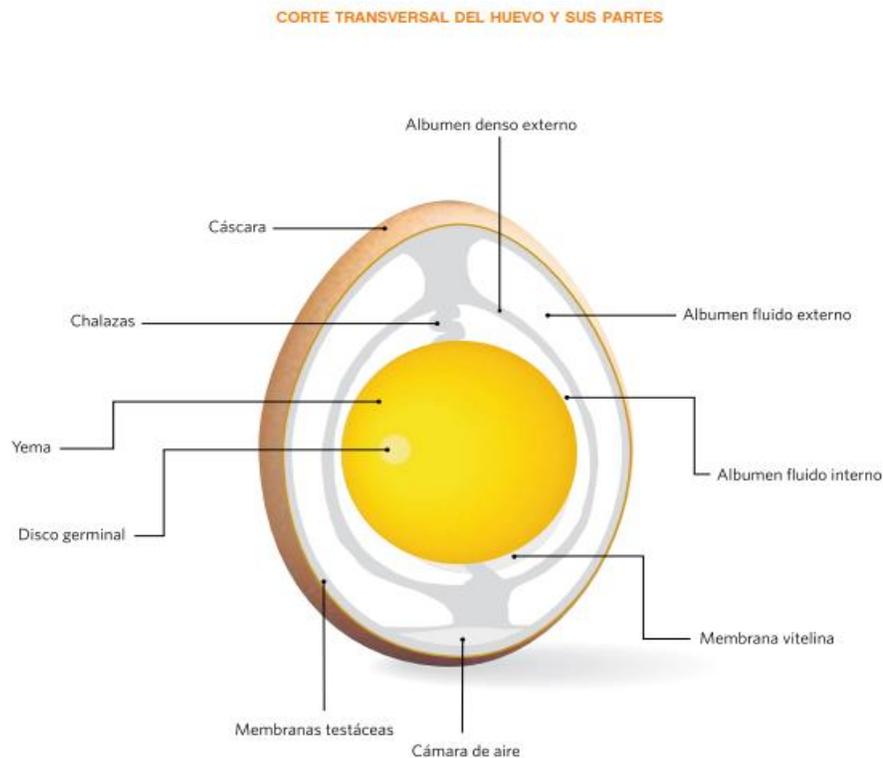


Figura 2. Estructura del huevo (Imagen tomada del Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

La cutícula orgánica forma una barrera que mantiene cerrados los poros con la finalidad de evitar la entrada de microorganismos. Esta cutícula cubre a la cascara, y en su mayoría (90 %) está formada por proteínas además de pequeñas cantidades de otras sustancias como lípidos y carbohidratos. Por la parte interna de la cascara se encuentran dos membranas: la testácea interna y externa que su principal función es impedir que bacterias penetren al interior (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

2.4.2 Clara o albumen

Está dividido en dos partes de acuerdo con su densidad, el albumen fluido es el más próximo a la cascara y el albumen denso que está rodeando a la yema, es la principal fuente de riboflavina y de proteína del huevo. La clara está compuesta por agua (88 %) y proteínas (12 %), es transparente, aunque a veces presenta una nube

blanquecina que está relacionada con la frescura del huevo. Las chalazas son filamentos enrollados que se encuentran desde la yema hasta los dos polos opuestos del huevo que sujetan a la yema, con la finalidad de que la yema se quede centrada (Instituto de Estudios del Huevo, 2009)..

2.4.3 Yema o vitelo

La membrana vitelina se compone de 4 capas de las cuales dos son de origen ovárico y las otras dos son sintetizadas en el oviducto, esta estructura rodea a la yema (Sastre Gallego, 2002). El color amarillo de la yema esta determinado por la presencia de compuestos antioxidantes como las vitaminas, lípidos y minerales, por lo tanto, el tono e intensidad de la yema puede variar de acuerdo con la alimentación de la gallina. En su interior se encuentra el disco germinal o blasto disco, que se encuentra en la superficie de la yema, lugar que inicia la división de las células embrionarias cuando el huevo esta fecundado (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

2.5 Propiedades del huevo

El huevo aporta una amplia gama de vitaminas (A, B₂, B₁₂, D, E, etc) y minerales (fosforo, selenio, hierro, yodo y zinc) que ayudan a proteger al organismo durante procesos degenerativos, así como de enfermedades cardiovasculares (Quitral & Donoso, 2009).

La clara o albumen está compuesta por agua en el 88 % y proteínas alrededor del 12 %. Provee protección física y química contra infecciones, aporta proteínas, de las cuales la principal es la ovoalbúmina (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

La luteína y la zeaxantina son pigmentos carotenoides que no tienen actividad vitamínica A, que son encontrados en múltiples alimentos, principalmente de origen vegetal. El huevo se considera el único alimento de procedencia animal que contiene estos dos pigmentos, lo que le proporciona ese distinguido color amarillo anaranjado la yema. Se indica que la luteína y la zeaxantina conservan una importante actividad antioxidante, con efectos positivos (Vizueté et al., 2018).

Las características físicas más importantes para los consumidores, es el color de la yema, la apariencia del huevo, textura, sabor, olor, color de la cascara y el tamaño del huevo. Por otro lado, los consumidores optan por los huevos ya que son seguros para comer, fáciles de preparar, versátiles y económicos en comparación con otras fuentes de proteína animal (Berkhoff et al., 2020).

La calidad fisicoquímica del huevo puede ser evaluada por medio de la determinación de diferentes parámetros tales como el peso, porcentaje de yema, porcentajes de clara, unidades Haugh, grosor de la cascara, dureza de cascara, pH. Las unidades Haugh miden la calidad interna del huevo, con base en la calidad proteica y su frescura (Guier-Serrano et al., 2021).

2.6 Uso de aditivos

El tracto digestivo de las aves es un sistema importante para convertir los alimentos ingeridos en los nutrientes que sus cuerpos necesitan para el mantenimiento, crecimiento y la reproducción. Es por ello que, como una alternativa a los antibióticos, se ha recurrido al uso de productos naturales para mejorar el desarrollo, salud intestinal y producción de las aves (Salem et al., 2023). Los aditivos para piensos, incluidas las enzimas, se utilizan ampliamente en la producción avícola (Ovchinnikov et al., 2023). Los aditivos alimentarios aumentan la ganancia de peso, estabilizan la microbiota intestinal, previenen la proliferación de patógenos intestinales y el desarrollo de la inflamación intestinal así como un efecto inmunoestimulante (Grądzki et al., 2020). Además, que mejoran el rendimiento a través de varios mecanismos incluidos los cambios en la morfología intestinal y la modulación de las poblaciones bacterianas (Fonseca et al., 2024).

2.6.1 Antibióticos

A lo largo del tiempo los antibióticos han sido utilizados como aditivos en la alimentación de aves de corral con la finalidad de prevenir enfermedades, aumentar la producción y disminuir la incidencia de mortalidad que son causadas por agentes patógenos. El uso inadecuado de antibióticos tanto en medicina humana como en producción animal se ha convertido en un problema de salud pública, grave, ya que puede provocar disfuncionalidad de la microbiota intestinal y aumentar la resistencia

entre los patógenos microbianos en aves de corral (Muaz et al., 2018). El uso de antibióticos es menos frecuente en aves de ponedoras debido a la posibilidad de residuos en el huevo (Carvalho et al., 2023).

La Comisión Europea prohibió el uso de los antibióticos como potenciadores del crecimiento debido a la aparición continua de nuevos mecanismos de resistencia a los antibióticos. Por otro lado los probióticos se convirtieron en una alternativa para la promoción del crecimiento y la resistencia a patógenos (Abd El-Hack et al., 2022).

2.6.2 Probióticos

En el 2001 Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la OMS definieron a los probióticos como “microorganismos vivos que cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren un beneficio para la salud del huésped” (Hill et al., 2014).

Los probióticos se han implementado recientemente en la industria avícola como alternativa a la profilaxis de antibióticos. Estos probióticos han mejorado la eficiencia alimenticia, intestinal y la condición fisiológica de los pollos por lo que pueden usarse para mejorar el rendimiento y la salud de las aves de corral. Un probiótico muy utilizado es el salvado de trigo, se añade en los piensos y mejora la producción de huevos, el peso y la masa de los huevos, índice de conversión alimenticia e índice de color de la yema de huevo (Pratama & Sugiharto, 2023).

2.6.3 Prebióticos

Los prebióticos son oligosacáridos no digeribles que los microorganismos intestinales beneficiosos pueden utilizar (Salem et al., 2023). Los prebióticos tienen la capacidad de aumentar los niveles de bacterias promotoras de la salud en el tracto intestinal. Por otro lado, los prebióticos pueden beneficiar al huésped al estimular selectivamente el crecimiento y la actividad de una cantidad limitada de bacterias en el colon. Los prebióticos pueden alterar el metabolismo lipídico y mejorar la proporción ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) en la carne de pollo con beneficios para la salud humana (Al-Khalaifa et al., 2019).

2.7 Zeolita

La Zeolita se define como un aluminosilicatos cristalino con estructuras tridimensionales, distinguida por la habilidad de retener y liberar agua e intercambiar iones sin modificar su estructura atómica (Méndez-Argüello & Saldivar, 2019). Este mineral fue descrito por primera vez por el mineralogista sueco Freiherr Axel Fredrick Cronstedt en 1756, quien le dio el nombre de "Zeolita", quien tiene su origen en las palabras griegas "piedras que hierven" (griego zeo=hervir, litos= piedra) en referencia a su comportamiento de burbujear cuando se calientan (Schneider et al., 2017).

Por otra parte, los aluminosilicatos naturales que tiene una estructura tridimensional hecha de alúmina y sílice que se dispone en forma micro porosa tetraédrica. Presentan propiedades fisicoquímicas como intercambio iónico, absorción y capacidades catalíticas debido a su gran área de superficie. Debido a su estructura cristalina, la función principal de la zeolita es atrapar partículas, como las que se suplementan en el alimento para aves. Tienen propiedades selectivas de intercambio de una amplia gama de cationes sin modificaciones importantes en la estructura y puede ganar o perder agua (Elsherbeni et al., 2024).

Las zeolitas permiten la retención de nitrógeno y les confiere la capacidad de mejorar la eficiencia en la digestión de proteínas. De igual manera la zeolita se relaciona con la preservación del medio ambiente debido a su capacidad para retener contaminantes de la producción animal, especialmente amoniaco, la inclusión de zeolitas como aditivo alimentario mostro un efecto beneficioso sobre el rendimiento de las aves (Schneider et al., 2017). Las zeolitas son utilizadas en numerosos procesos tecnológicos como catalizadores o soportes de catalizadores debido a su estructura y tamaño de sus poros (Huanca et al., 2018).

2.7.1 Estructura de la zeolita

La zeolita es uno de los minerales volcánicos naturales que se formó tras la erupción de la lava hace millones de años. La estructura de la zeolita se compone de un núcleo de silicio tetravalente y aluminio trivalente, que forma unidades (SiO_4 , AlO_4). Estos conducen a una carga negativa en el aluminio y el silicio que está saturada con un ion positivo, sustituyéndolo por otro ion positivo, de esta manera la zeolita

adquiere la conocida propiedad de intercambio iónico que lleva una carga negativa que consiste en silicato de aluminio hidratado y elementos alcalinotérreos. La zeolita se caracteriza por ser liviana y quebradiza (Alsalmay & Mohammed, 2022).

2.7.2 Zeolita Natural

Por definición, las zeolitas naturales es uno de los minerales de aluminosilicatos micro porosos cristalinos neutros, que se originan en rocas volcánicas y existen más de 45 tipos, de las cuales la clinoptilolita es el más puro, efectivo y barato (Zamudio & Avalos, 2020). Una de las principales características de la zeolita natural es la capacidad de intercambio iónico selectivo, que puede absorber moléculas en su gran espacio interior, además de la estabilidad química y mecánica. Esto genera que se puedan llevar a cabo modificaciones de las zeolitas para cambiar sus propiedades superficiales (Cruz et al., 2017).

2.7.2.1 Clinoptilolita

La clinoptilolita (CPL) es una zeolita natural perteneciente al grupo de las Heulanditas, considerada sedimentaria con una relación $Si/Al \geq 4$. Estas zeolitas tienen limitaciones para su uso comercial, debido a las impurezas en su composición y las variaciones en la uniformidad de los cristales (De Lima et al., 2021). La CPL es ampliamente utilizada en la medicina veterinaria, sobre todo en la nutrición de los animales de granja. Esta zeolita tiene el potencial para reemplazar a los antibióticos promotores de crecimiento (AGP), además de propiedades desintoxicantes, antioxidantes, hemostáticas, antidiarreicas, promotoras de crecimiento e inmunoestimulantes (Valpotic, 2017). También, de acuerdo con sus propiedades biológicas la predisponen en la alimentación del ganado con la finalidad de mejorar la digestibilidad de los nutrientes. Así mismo puede tener un influencia indirecta a través de su efecto sobre la microbiota intestinal y la interferencia con la maduración y el desarrollo de la respuesta inmunitaria del tejido linfoide (Grądzki et al., 2020).

2.7.3 Uso de la zeolita en sistemas agropecuarios

Las zeolitas son aluminosilicatos porosos que contienen grandes cantidades de nutrientes como K, Mg, Ca, Na, (Auerbach et al., 2003, De Smedt et al., 2015). La

zeolita, se puede utilizar para que los suelos agrícolas sean de mayor calidad, debido a su microestructura que forma un tipo panal con la capacidad de absorber plaguicidas, brindando protección contra plagas y enfermedades de los cultivos (Méndez-Argüello & Saldivar, 2019).

Los productores agropecuarios buscan que la relación costo: beneficio sea eficaz en sus cultivos, en este sentido la zeolita tiene un costo comercial relativamente económico, además de que como se ha mencionado el uso de este mineral permite que la estructura del suelo se mejore y protege a los cultivos por varios años, mostrando un potencial sobre todo en la agricultura sustentable (Méndez-Argüello & Saldivar, 2019).

2.7.4 Uso de la zeolita en aves de postura

En medicina veterinaria la zeolitas se han explotado con beneficios directos en la morfología, el rendimiento y la microbiota del tracto digestivo, la liberación de los iones metabólicamente vitales, la eliminación de iones no deseados, las mejoras en el estado nutricional de los mamíferos, los niveles mejorados de inmunidad y la eliminación de productos tóxicos de la digestión (Servatan et al., 2020).

La zeolita se probó en la dieta de gallinas ponedoras y los efectos sobre la calidad del huevo, el pH de las excretas y la digestibilidad del nitrógeno mostraron resultados positivos. De igual manera, la inclusión de la zeolita como aditivo alimentario en la dieta de las gallinas ponedoras, mostro un efecto benéfico en el rendimiento de las gallinas y condujo a la mejorar la calidad de su cama, así como el mejoramiento de la salud del intestino (Schneider et al., 2017). Las zeolitas (clinoptilolitas) son las más utilizadas en estudios en animales debido a su estabilidad estructural. La zeolita mejora la eficiencia alimenticia y la producción de huevos en gallinas ponedoras, el uso de la zeolita se desarrolla mediante la utilización de características de intercambio iónico, absorción de agua y gas. Otros beneficios de la zeolita también pueden atribuirse al contenido de silicio, aluminio o sodio, que influyen en el metabolismo del calcio (Ca), mejorando la utilización del calcio y el fosforo (P), (Toraih et al., 2019).

2.8 Sistemas de producción para huevo de plato

Los sistemas de producción de huevo son fundamentales para garantizar la seguridad alimentaria del crecimiento poblacional a nivel mundial (WingChing-Jones et al., 2023). La tendencia principal de la industria avícola es brindar seguridad a las aves en cuando a la alimentación y en las condiciones ambientales en que se encuentran (Abo Ghanima et al., 2020). Uno de los principios esenciales en el bienestar de las gallinas ponedoras, es el sistema de producción y las condiciones dentro de las granjas (Abo Ghanima et al., 2020). Un indicador importante del bienestar de las gallinas es el comportamiento, que proporciona la retroalimentación sobre como perciben el entorno de su alojamiento. Se considera que un manejo inadecuado de las gallinas puede generar estrés y situaciones que afectan su comportamiento, productividad y estado físico de las aves (Makinde & Adewole, 2022a).

2.8.1 Sistema de jaula convencional (CC)

El bienestar animal se considera un factor importante dentro de la producción de huevo y se ha conceptualizado desde la percepción del estado de salud de un animal en relación con su entorno. El sistema convencional se desarrolló después de la Segunda Guerra Mundial como una alternativa para aumentar la producción (Bonnefous et al., 2022), con el propósito de maximizar las ganancias, esto implica más gallinas alojadas en un área reducida y una mayor producción de huevos (Dikmen et al., 2016). En el año 2012 la jaulas convencionales para gallinas ponedoras se prohibieron y han sido sustituidas por sistemas de alojamiento alternativos, entre ellos las jaulas enriquecidas y sistema orgánico (Philippe et al., 2020). Esto se debe a que las jaulas convencionales ofrecen poca oportunidad para comportamientos como anidar, posarse, buscar alimento y aletear (Philippe et al., 2020). Algunos de los problemas de bienestar asociados con el sistema convencional es la cojera y dermatitis de contacto, esta última se genera por un alto peso corporal y bajos niveles de actividad (Riber et al., 2018).

2.8.2 Sistema de Jaulas enriquecidas

Las jaulas enriquecidas (EC) se desarrollaron por primera vez en Alemania durante la década de 1980 y desde entonces se han ido evolucionando. Estas jaulas son

diferentes ya que proporcionan más espacio para cada gallina, contemplan un espacio para la movilidad, con alrededor de 750 cm² por ave y están equipadas con perchas, nidos, áreas de rascado y acortador de uñas (Dikmen et al., 2016). Estas jaulas ofrecen a las aves la oportunidad de manifestar sus comportamientos naturales que suelen estar limitados en las jaulas convencionales. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el enriquecimiento de estas jaulas puede influir de manera diferente en el bienestar de las aves, dependiendo de los factores como la genética, género, el momento del día y el estado emocional de las gallinas ponedoras (Makinde & Adewole, 2022a).

2.8.3 Sistema pastoreo libre

En los últimos años, cada vez más consumidores han comenzado a prestar atención al bienestar animal. El sistema de jaula pastoreo libre ha formado parte de las explotaciones tradicionales, siendo un medio de autoconsumo y oferta en el mercado local por lo que ha ganado un gran reconocimiento dentro del área de producción avícola (España-Castillo et al., 2019). Este sistema nos puede brindar beneficios para el bienestar animal, como la reducción del daño del plumaje y reducción de la dermatitis de las almohadillas de las plantas de las patas (Rana et al., 2022).

En este sistema las aves tienen la libertad de elegir entre áreas interiores y exteriores, la oportunidad de acceder al aire fresco y realizar sus comportamientos naturales como tomar el sol y buscar comida (Geng et al., 2023). Este tipo sistema le permite a las gallinas tomar decisiones de acuerdo a sus necesidades y deseo, lo que está enfocado en el bienestar animal y corresponde a las preferencias de los consumidores con respecto a los sistemas de cría (Bonnefous et al., 2022) . A pesar de que este sistema nos puede brindar ventajas para el bienestar animal, también pueden tener algunos riesgos potenciales, como infecciones parasitarias, mayor exposición a enfermedades, estrés por calor e incluso depredación (Rana et al., 2022). Algunas de las desventajas que podemos visualizar dentro de este sistema de pastoreo puede ser un mayor desgaste de energía y un mayor consumo de alimento, que se puede atribuir al desperdicio y a los cambios en las necesidades

nutricionales tradicionales debido al aumento de la actividad física (Wang et al., 2009).

2.8.4 Sistema Orgánico

Este tipo de sistema de producción establece como requisito que los animales sean criados al aire libre, donde puedan moverse libremente y disfrutar del sol. Sin embargo, esto también significa que están expuestos a cambios climáticos y a diferentes tipos de alimento (Rizzi & Marangon, 2012). Además, el sistema de producción orgánico se enfoca en mejorar la cría y difusión de razas puras o genotipos locales, ya que a lo largo del tiempo estas variedades se han reemplazado gradualmente por aves híbridas que tienen un mejoramiento genético con la finalidad de obtener mayor producción, sin embargo, estas nuevas variedades pueden llegar a ser muy sensibles al ambiente. Algunas de las características de los genotipos híbridos comerciales es que presentan medidas corporales homogéneas como el color de plumaje (blanco marrón), peso corporal y el tamaño del huevo en comparación de las razas puras (Rizzi & Chiericato, 2010).

2.8.5 Sistema libre de jaula

A lo largo del siglo XX en Estados Unidos, la producción de huevo y carne en aves libre de jaula era un componente estándar de la mayoría de las granjas. Los nuevos sistemas de producción están siendo cada vez más aceptados, como criar a las gallinas ponedoras sin jaulas o dejarlas vivir en espacios al aire libre (Golden et al., 2012). Estos sistemas pueden ser de granero o aviario, proporcionando un área mínima de espacio para cada ave, ya sea en el suelo o en plataformas elevadas con cajas nido, comederos y bebederos. Por otro lado este sistema ofrece un ambiente más natural para las aves (Nielsen et al., 2023), contribuyendo con el bienestar de las gallinas, ya que aumenta las posibilidades de expresar los patrones de comportamientos normales, así como menor riesgo de picaje de plumas, aunque al estar al aire libre puede aumentar la depredación y el riesgo de enfermedades parasitarias (Rodriguez-Aurrekoetxea & Estevez, 2016).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

El presente estudio se realizó en la unidad académica de producción avícola, dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad la Laguna, con coordenadas geográficas 25° 33' 25" de Latitud Norte y 103° 22' 17" Longitud Oeste, con temperaturas generalmente variables, con valores máximos de 42 °C a 45 °C en verano y alcanzar temperaturas inferiores a 2 °C en temporadas de invierno, en cuando al clima es extremadamente seco, se encuentra a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar.

3.2 Grupos experimentales

El periodo experimental fue de 20 semanas, del mes de agosto del 2023 al 15 de enero 2024. Este trabajo se realizó con un lote de 200 gallinas de la línea (Rhode Island) de 20 semanas de edad, en un sistema libre de jaula. Las aves se distribuyeron completamente al azar en dos tratamientos, que constaban de cuatro repeticiones cada uno con 25 aves, para un total de 100 aves por tratamiento. Los tratamientos fueron Grupo Zeolita (GZ): consistió en añadir a la ración 4 % de zeolita y Grupo Testigo (GT): únicamente se proporcionaron 120 gramos de alimento por ave sin inclusión de zeolita.

3.3 Manejo de animales

Las gallinas fueron alojadas en un sistema libre de jaula donde las medidas de cada corral que se manejaron en este sistema fueron de 1.5 x 2 m, proporcionando un espacio de 1200 cm² por ave, las cuales contaban con 4 nidales y perchas así permitiéndoles expresar su comportamiento de manera natural. Se les proporciono un fotoperiodo de 16 h de luz y 8 h de oscuridad, donde les permitía libre acceso al consumo de alimento y agua constante, con áreas de descanso.

3.4 Variables

3.4.1 Peso del huevo

Se determinó diariamente realizando un pesaje en una báscula analítica, todos los resultados obtenidos se registraron en una bitácora.

3.4.2 Cantidad de huevo

Primero la cantidad de huevo se determinaba por conteo directo, el huevo se recolectaba manualmente dos veces al día y se realizaba el registro de cada tratamiento

Porcentaje de postura

Posteriormente se determinaba el porcentaje de postura mediante la siguiente fórmula:

$$\% Postura = \frac{\text{Total de huevos recolectados}}{\text{Total de aves iniciales}} \times 100/7$$

Donde:

Total de huevos recolectados: Suma del total de huevos recolectados en el día

Total de aves iniciales: Son el total de aves al inicio (200 aves).

El valor 100: Es el factor para determinar el porcentaje

% Postura: Es el porcentaje de producción de huevo por ave

3.5 Análisis estadísticos

Todos los datos recolectados se registraban en una base de datos para calcular la estadística descriptiva (medias, desviación estándar). Posteriormente se realizaron comparaciones de la varianza a través de una prueba t-Student asumiendo desviaciones estándar no iguales, utilizando el software SPSS 35 (IBM Corp., Armonk, NY, EE.).

4. RESULTADOS

En el cuadro 1 se muestran los resultados del peso y cantidad de huevo de ambos grupos experimentales, donde se observó que al inicio del experimento; en la semana 20 el peso promedio y cantidad de huevo fue similar ($p>0.05$). En la mayoría de las semanas analizadas las variables de peso y cantidad de huevo fueron mayor en el GT en relación con el GZ ($p<0.05$).

El GZ al final del periodo experimental obtuvo un peso promedio de huevo de 57.94 g y el GT un peso de 59.01 g, donde el GT fue estadísticamente mejor respecto al GZ ($p<0.05$), pero en la cantidad de huevos fue superior el GZ respecto al GT (533 ± 4.75 versus 486 ± 5.27) ($p<0.05$).

Cuadro 1 Peso promedio y número de huevos evaluados durante las 20 semanas del periodo experimental

Semana	Peso del huevo		Cantidad de huevos	
	GZ	GT	GZ	GT
20	45.10± 6.00 ^a	45.61±6.40 ^a	365±6.00 ^a	371±6.40 ^a
21	46.83±4.67 ^b	47.64±5.44 ^a	503±4.67 ^a	503±5.44 ^a
22	47.18±4.92 ^b	48.18±4.74 ^a	570±4.66 ^a	587±4.66 ^a
23	49.39±4.09 ^a	49.58±5.02 ^a	617±4.92 ^a	628±5.02 ^a
24	50.53±4.52 ^a	50.89±4.95 ^a	508±4.09 ^b	559±4.95 ^a
25	51.74±4.66 ^b	52.58±5.36 ^a	620±4.52 ^a	658±5.36 ^a
26	53.49±5.38 ^a	53.72±5.42 ^a	560±5.38 ^a	583±5.43 ^a
27	54.58±4.70 ^a	54.91±4.96 ^a	612±4.70 ^b	664±4.96 ^a
28	55.31±4.70 ^a	55.58±4.85 ^a	625±4.70 ^a	639±4.85 ^a
29	56.02±4.98 ^b	56.60±5.17 ^a	651±4.98 ^a	654±5.17 ^a
30	56.01±4.52 ^a	56.53±5.28 ^a	625±4.72 ^a	602±5.28 ^a
31	56.67±4.52 ^a	56.34±5.29 ^a	603±4.52 ^a	594±5.29 ^a
32	57.27±4.82 ^a	57.35±4.55 ^a	563±4.82 ^b	629±4.55 ^a
33	57.26±5.04 ^a	57.66±4.81 ^a	555±5.04 ^b	603±4.81 ^a
34	57.22±4.69 ^a	57.78±5.18 ^a	564±4.69 ^a	532±5.18 ^a
35	57.72±4.42 ^b	58.29±4.93 ^a	569±4.42 ^a	533±4.93 ^a
36	57.58±4.40 ^b	58.41±4.49 ^a	471±4.40 ^b	516±4.49 ^a
37	57.67±4.40 ^b	58.51±4.90 ^a	502±4.40 ^b	586±4.49 ^a
38	57.78±4.46 ^a	58.49±4.58 ^a	530±4.46 ^b	579±4.49 ^a
39	58.42±5.19 ^a	58.43±5.19 ^a	515±5.19 ^a	510±5.19 ^a
40	57.94±4.75 ^b	59.01±5.27 ^a	533±4.75 ^a	486±5.27 ^b

Se muestran medias y desviación estándar. Diferentes letras en la misma fila indican diferencias significativas ($p<0.05$). Prueba de T-Student.

En la figura 3 se muestran los resultados del porcentaje de postura desde la semana 20 hasta la semana 40, como podemos observar las primeras semanas (20 a la 23 semana) no fueron estadísticamente significativas al igual que de la semana (26 a la 31) y nuevamente de la semana (34,35 y 39) ($p > 0.05$), sin embargo, en la semana 24 a la 25 se observa un mayor índice de porcentaje de postura en el GT vs GZ ($p < 0.05$), de la misma manera que la semana 32, 33 y de la 36 a la 38 semana fue mejor el GT respecto al GZ ($p > 0.05$). Al final del periodo experimental en la semana 40 el índice de porcentaje de postura fue estadísticamente mejor en el grupo GZ con un porcentaje de 76.14 % contra un 69.43% del GT ($p < 0.05$).

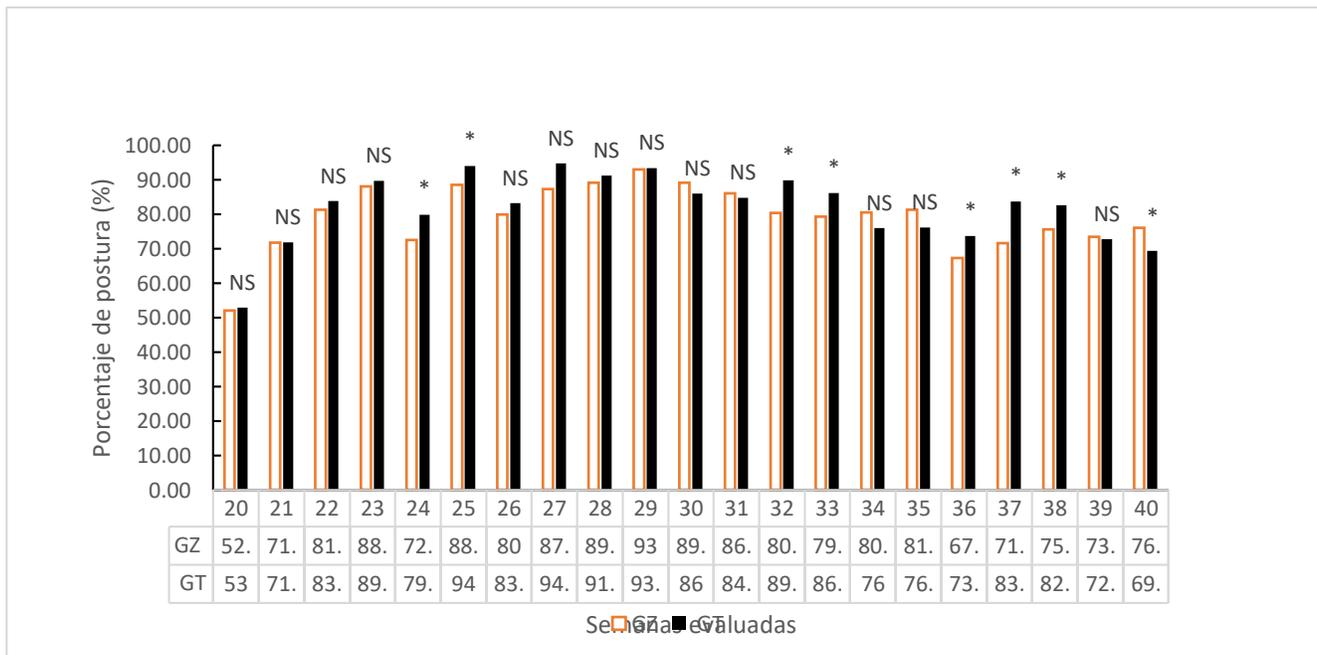


Figura 3. Evaluación del porcentaje de postura durante 20 semanas. * indica diferencia estadísticamente significativas $p < 0.05$. NS= no significativo

5. DISCUSIÓN

Peso y cantidad de huevos

Se ha descrito que el uso de la zeolita con una inclusión del 1 al 10 % en la dieta de las aves, mejora la ganancia de peso en el huevo (Collazos García, 2010). Se han reportado diversos estudios como el de Toraih et al. (2019), donde encontraron que la suplementación de la zeolita (clinoptilolita) al 4 % en las dietas de las gallinas mejoro el rendimiento productivo. De igual manera, Elsheirbeni et al. (2024), demostró que el uso de la zeolita en una dosis de 20 g/kg de alimento y 2 kg/m² de cama en gallinas ponedoras, mejoro el peso y la masa del huevo comparando con otros grupos experimentales, así como el rendimiento productivo en cuando a postura y calidad del huevo. Sin embargo, también se reporta que su eficiencia dependerá del tipo de zeolita así como de las cantidades utilizadas, ya que una dosis incorrecta nos trae perdidas en una producción (Collazos García, 2010).

Porcentaje de postura

De acuerdo con el porcentaje de postura que se obtuvo durante el periodo de experimento, 13 de las 20 semanas analizadas no fueron estadísticamente significativas, sin embargo, el porcentaje de postura fue estadísticamente mejor en el grupo (GZ) con un porcentaje de 76.14 % contra un 69.43% (GT) ($p < 0.05$), únicamente en la semana 40 del experimento. Por lo tanto, con estos resultados coincidimos con Rodríguez y Castro 2024, que mencionan que, la intensidad de puesta, huevos por ave en la semana, color de la yema y unidades Haugh no se modificaron con la adición de zeolita micronizada.

De acuerdo con los resultados de este trabajo donde no se observó una mejora en los parámetros del porcentaje de postura, peso y cantidad de huevo podemos citar que el efecto de la zeolita cuando se utiliza en animales tiene muchas variaciones, que se pueden deber a la fuente de origen de la zeolita, concentración de otros minerales además de los factores propios del animal como edad, raza y el sistema de crianza (Kermanshahi et al., 2011).

6. CONCLUSIÓN

Los resultados de este trabajo nos muestran que no existieron diferencias estadísticas entre los grupos comparados, se ha descrito que el porcentaje de zeolita añadido puede influir en los efectos positivos, por tal motivo, se recomienda seguir realizando investigaciones en sistemas de manejo alternativo como lo es el sistema de libre de jaula, para poder determinar como el uso de estos aditivos podría mejorar la producción de huevo.

7. LITERATURA CITADA

- Abd El-Hack, M. E., El-Saadony, M. T., Elbestawy, A. R., Gado, A. R., Nader, M. M., Saad, A. M., El-Tahan, A. M., Taha, A. E., Salem, H. M., & El-Tarabily, K. A. (2022). Hot red pepper powder as a safe alternative to antibiotics in organic poultry feed: An updated review. *Poultry Science*, *101*(4), 101684. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101684>
- Abo Ghanima, M. M., Alagawany, M., Abd El-Hack, M. E., Taha, A., Elnesr, S. S., Ajarem, J., Allam, A. A., & Mahmoud, A. M. (2020). Consequences of various housing systems and dietary supplementation of thymol, carvacrol, and euganol on performance, egg quality, blood chemistry, and antioxidant parameters. *Poultry Science*, *99*(9), 4384-4397. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.05.028>
- Alcalá, S. P. G., Martínez, D. R. B., & Díaz, D. P. C. (2014). *Galpón el huevo de oro Gama-Cundinamarca*.
- Al-Khalaifa, H., Al-Nasser, A., Al-Surayee, T., Al-Kandari, S., Al-Enzi, N., Al-Sharrah, T., Ragheb, G., Al-Qalaf, S., & Mohammed, A. (2019). Effect of dietary probiotics and prebiotics on the performance of broiler chickens. *Poultry Science*, *98*(10), 4465-4479. <https://doi.org/10.3382/ps/pez282>
- Alsalmay, E. H. H., & Mohammed, Th. T. (2022). Effect of adding natural zeolite and vitamin E to diets of laying hens (Lohman Brown) on some physiological traits and productive performance during hot weather. *Bionatura*, *7*(4), 1-5. <https://doi.org/10.21931/RB/2022.07.04.12>
- Auerbach, S. M., Carrado, K. A., & Dutta, P. K. (2003). *Handbook of Zeolite Science and Technology* (0 ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203911167>
- Berkhoff, J., Alvarado-Gilis, C., Keim, J. P., Alcalde, J. A., Vargas-Bello-Pérez, E., & Gandarillas, M. (2020). Consumer preferences and sensory characteristics of eggs from family farms. *Poultry Science*, *99*(11), 6239-6246. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.064>
- Bonnefous, C., Collin, A., Guilloteau, L. A., Guesdon, V., Filliat, C., Réhault-Godbert, S., Rodenburg, T. B., Tuytens, F. A. M., Warin, L., Steinfeldt, S., Baldinger, L., Re, M., Ponzio, R., Zuliani, A., Venezia, P., Väre, M., Parrott, P., Walley, K., Niemi, J. K., & Leterrier, C. (2022). Welfare issues and potential solutions for laying hens in free range and organic production systems: A review based on literature and interviews. *Frontiers in Veterinary Science*, *9*, 952922. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.952922>
- Carvalho, C. L., Andretta, I., Galli, G. M., Bastos Stefanello, T., Camargo, N. D. O. T., Mendes, R. E., Pelisser, G., Balamuralikrishnan, B., Melchior, R., & Kipper, M. (2023). Dietary supplementation with β -mannanase and probiotics as a strategy to improve laying hen performance and egg quality. *Frontiers in Veterinary Science*, *10*, 1229485. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1229485>
- Chávez-Mora, I. Y., David Román Sánchez-Chiprés, Jorge Galindo-García, Miguel Ángel Ayala-Valdovinos, Theodor Duifhuis-Rivera, & Julio Ly-Carmenatti. (2018). Efecto de oligofructosa de agave en dietas de gallinas ponedoras en la producción de

- huevos. *Revista MVZ Córdoba*, 24(1), 7108-7112.
<https://doi.org/10.21897/rmvz.1522>
- Collazos García, H. (2010). La aplicación de Zeolita en la producción avícola: Revisión. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 1(1), 17.
<https://doi.org/10.22490/21456453.904>
- Cruz, H. I., Javier, M. S., Luis, D. I., Gil, M. de J., Pérez, A. D., & Gochi-Ponce, Y. (2017). REMOCIÓN DE PLOMO EN AGUA A PARTIR DE MATERIAL NANOESTRUCTURADO, NANOTUBOS DE CARBONO SOPORTADOS EN ZEOLITA NATURAL. *Avances en Ciencias e Ingeniería*.
- De Lima, R. C. F., Oliveira, D. D. S., & Pergher, S. B. C. (2021). Interzeolitic Transformation of Clinoptilolite into GIS and LTA Zeolite. *Minerals*, 11(12), 1313.
<https://doi.org/10.3390/min11121313>
- De Smedt, C., Someus, E., & Spanoghe, P. (2015). Potential and actual uses of zeolites in crop protection: Potential and actual uses of zeolites in crop protection. *Pest Management Science*, 71(10), 1355-1367. <https://doi.org/10.1002/ps.3999>
- Dikmen, B. Y., İpek, A., Şahan, Ü., Petek, M., & Sözcü, A. (2016). Egg production and welfare of laying hens kept in different housing systems (conventional, enriched cage, and free range). *Poultry Science*, 95(7), 1564-1572.
<https://doi.org/10.3382/ps/pew082>
- 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 Kholly, 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>
- España-Castillo, V., García, M. X., & Burgos-Arcos, A. (2019). SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE AVES DE POSTURA EN PASTOREO LIBRE: VIABILIDAD FINANCIERA E IMPACTO AMBIENTAL. *Revista Investigación Pecuaria*, 6(1), 83-23.
<https://doi.org/10.22267/revip.1961.14>
- Fonseca, A., Kenney, S., Van Syoc, E., Bierly, S., Dini-Andreote, F., Silverman, J., Boney, J., & Ganda, E. (2024). Investigating antibiotic free feed additives for growth promotion in poultry: Effects on performance and microbiota. *Poultry Science*, 103(5), 103604. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103604>
- Geng, A. L., Zhang, Y., Zhang, J., Wang, H. H., Chu, Q., Yan, Z. X., & Liu, H. G. (2023). Lighting pattern and photoperiod affect the range use and feather cover of native laying hens under free range condition. *Poultry Science*, 102(1), 102264.
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102264>
- Golden, J. B., Arbona, D. V., & Anderson, K. E. (2012). A comparative examination of rearing parameters and layer production performance for brown egg-type pullets grown for either free-range or cage production. *Journal of Applied Poultry Research*, 21(1), 95-102. <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00370>

- 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>
- Guier-Serrano, M., Davidovich-Young, G., Wong-González, E., & Cubero-Castillo, E. (2021). Calidad microbiológica y fisicoquímica y sabor de huevos de gallina de producción convencional o pastoreo. *Agronomía Mesoamericana*, 45264. <https://doi.org/10.15517/am.v33i1.46140>
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., Morelli, L., Canani, R. B., Flint, H. J., Salminen, S., Calder, P. C., & Sanders, M. E. (2014). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, *11*(8), 506-514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
- Huanca, P. K., Paredes, B., Rodríguez, M., Gonzales, D. P., Tejada, T. R., & Chávez, J. E. (2018). CARACTERIZACIÓN Y APLICACIÓN DE UNA ZEOLITA NATURAL DE OCUVIRI (PERÚ) PARA LA REMOCIÓN DE Pb(II) EN SOLUCIÓN A NIVEL LABORATORIO. *Avances en Ciencias e Ingeniería*.
- Instituto de Estudios del Huevo. (2009). *El gran libro del huevo* (1a. ed). Everest.
- Kermanshahi, H., Jani, E. H. A., Hashemipour, H., & Pilevar, M. (2011). Efficacy of natural zeolite and pigments on yolk color and performance of laying hens. *African Journal of Biotechnology*, *10*(16), 3237-3242.
- Makinde, T. O., & Adewole, D. I. (2022a). Can feed additives be used to promote positive behaviour in laying hens? A review. *World's Poultry Science Journal*, *78*(1), 21-40. <https://doi.org/10.1080/00439339.2022.2003171>
- Makinde, T. O., & Adewole, D. I. (2022b). Can feed additives be used to promote positive behaviour in laying hens? A review. *World's Poultry Science Journal*, *78*(1), 21-40. <https://doi.org/10.1080/00439339.2022.2003171>
- Méndez-Argüello, B., & Saldivar, R. H. L. (2019). Uso potencial de la zeolita en la agricultura sustentable de la nueva revolución verde. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, *6*(17), 191-193. <https://doi.org/10.19136/era.a6n17.1810>
- Muaz, K., Riaz, M., Akhtar, S., Park, S., & Ismail, A. (2018). Antibiotic Residues in Chicken Meat: Global Prevalence, Threats, and Decontamination Strategies: A Review. *Journal of Food Protection*, *81*(4), 619-627. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-086>
- Nielsen, S. S., Alvarez, J., Bicout, D. J., Calistri, P., Canali, E., Drewe, J. A., Garin-Bastuji, B., Gonzales Rojas, J. L., Gortázar Schmidt, C., Herskin, M., Miranda Chueca, M. Á., Padalino, B., Pasquali, P., Roberts, H. C., Spoolder, H., Stahl, K., Velarde, A., Viltrop, A., Winckler, C., ... Michel, V. (2023). Welfare of laying hens on farm. *EFSA Journal*, *21*(2). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7789>

- Ovchinnikov, A. A., Matrosova, Yu. V., Bryukhanov, D. S., & Mokin, S. V. (2023). Comparative use efficiency of the same type feed additives in the diet of replacement stock and laying hens of the parent herd. *E3S Web of Conferences*, 395, 03003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339503003>
- Philippe, F. X., Mahmoudi, Y., Cinq-Mars, D., Lefrançois, M., Moula, N., Palacios, J., Pelletier, F., & Godbout, S. (2020). Comparison of egg production, quality and composition in three production systems for laying hens. *Livestock Science*, 232, 103917. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.103917>
- Pratama, A. R., & Sugiharto, S. (2023). Effect of Novel Feed Additive on Egg Production and Blood Parameters of Hens during Post-Peak Production. *Jurnal Agripet*, 23(2), 182-186. <https://doi.org/10.17969/agripet.v23i2.26594>
- Quitral, V., & Donoso, M. L. (2009). *COMPARACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y SENSORIAL DE HUEVOS DE CAMPO, ORGÁNICOS Y COMERCIALES*.
- Ramírez, L. A. (2015). *FISIOLOGIA REPRODUCTIVA Y PROGRAMAS DE LUZ*.
- Rana, M. S., Lee, C., Lea, J. M., & Campbell, D. L. M. (2022). Commercial Free-Range Laying Hens' Preferences for Shelters with Different Sunlight Filtering Percentages. *Animals*, 12(3), 344. <https://doi.org/10.3390/ani12030344>
- Riber, A. B., Van De Weerd, H. A., De Jong, I. C., & Steinfeldt, S. (2018). Review of environmental enrichment for broiler chickens. *Poultry Science*, 97(2), 378-396. <https://doi.org/10.3382/ps/pex344>
- Rivera-Gómez, S., García-Sánchez, R. C., García-Mata, R., & Caamal-Cauich, I. (2023). Análisis del mercado de huevo en México, 1975-2020. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*. <https://doi.org/10.24836/es.v33i61.1306>
- Rizzi, C., & Chiericato, G. M. (2010). Chemical composition of meat and egg yolk of hybrid and Italian breed hens reared using an organic production system. *Poultry Science*, 89(6), 1239-1251. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00045>
- Rizzi, C., & Marangon, A. (2012). Quality of organic eggs of hybrid and Italian breed hens. *Poultry Science*, 91(9), 2330-2340. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01966>
- Rodríguez, Y. Y. M., Brambila Paz, J. D. J., Arana Coronado, J. J., Sangerman- Jarquín, D. Ma., & Molina Gómez, J. N. (2017). El mercado de huevo en México: Tendencia hacia la diferenciación en su consumo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(6), 1455-1466. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i6.206>
- Rodríguez-Aurrekoetxea, A., & Estevez, I. (2016). Use of space and its impact on the welfare of laying hens in a commercial free-range system. *Poultry Science*, 95(11), 2503-2513. <https://doi.org/10.3382/ps/pew238>
- Rodríguez, Bárbara, Valera, M., & Castro, M.. (2024). Efecto de la zeolita micronizada como aditivo para la producción y calidad del huevo de gallinas ponedoras. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 58, . Epub 01 de octubre de 2024. Recuperado en 15 de abril de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802024000100013&lng=es&tlng=es.

- Romo, S., López, D., Ledesma, N., Gutiérrez, C., Quintana, A., & Rangel, L. (2022). Comparación en la calidad de huevos obtenidos en un sistema de producción en corrales al aire libre y los producidos en un sistema de jaula. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(1), 32-42. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i1.5300>
- 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>
- Sastre Gallego, A. (2002). *Lecciones sobre el huevo*. Instituto de Estudios del Huevo.
- 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>
- Servatan, M., Zarrintaj, P., Mahmodi, G., Kim, S.-J., Ganjali, M. R., Saeb, M. R., & Mozafari, M. (2020). Zeolites in drug delivery: Progress, challenges and opportunities. *Drug Discovery Today*, 25(4), 642-656. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2020.02.005>
- Toraih, H. M., Hassan, A. M., El-Far, A. A.-E., Morsy, A. S., Ahmed, N. A. E.-H., & Emam, K. R. S. (2019). Effect of Zeolite Dietary Supplementation on Physiological Responses and Production of Laying Hens Drinking Saline Well Water in South Sinai. *Journal of World's Poultry Research*, 9(2), 109-122. <https://doi.org/10.36380/scil.2019.wvj15>
- Unión Nacional de Avicultores. 2025. Consultado en enero del 2025: <https://una.org.mx/>
- Valpotic, H. (2017). Zeolite clinoptilolite nanoporous feed additive for animals of veterinary importance: Potentials and limitations. *Periodicum Biologorum*, 119(3), 159-172. <https://doi.org/10.18054/pb.v119i3.5434>
- Vizuete, A. A., Salas González, M. ^a D., Cuadrado-Soto, E., Ortega Anta, R. M. ^a, & López-Sobaler, A. M. ^a. (2018). El huevo como fuente de antioxidantes y componentes protectores frente a procesos crónicos. *Nutrición Hospitalaria*, 35(6). <https://doi.org/10.20960/nh.2285>
- Wang, X. L., Zheng, J. X., Ning, Z. H., Qu, L. J., Xu, G. Y., & Yang, N. (2009). Laying performance and egg quality of blue-shelled layers as affected by different housing systems. *Poultry Science*, 88(7), 1485-1492. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00417>
- WingChing-Jones, R., Zamora-Sanabria, R., & Chavarría-Zamora, S. (2023). Calidad de huevo y comportamiento productivo de gallinas ponedoras ISA Brown con acceso a pastoreo. *Agronomía Mesoamericana*, 51511. <https://doi.org/10.15517/am.v34i2.51511>
- Zamudio, N. S., & Avalos, W. R. (2020). EFECTO DE DIETAS CON ZEOLITA NATURAL EN EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DEL CAMARÓN DE RÍO *Cryphiops caementarius*. *REBIOL*, 40(1), Article 1.