

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS



Uso de nano partículas de óxido de zinc y zeolita en dieta de gallinas sobre la  
calidad física del huevo

Por:

Lorenzo Daniel Montejo Méndez

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México  
Febrero 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Uso de nano partículas de óxido de zinc y zeolita en dieta de gallinas sobre la  
calidad física del huevo

Por:

Lorenzo Daniel Montejo Méndez

**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. Viridiana Contreras Villarreal  
**Presidente**

  
\_\_\_\_\_  
MC. Julieta Ziomara Ordoñez Morales  
**Vocal**

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno  
**Vocal**

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Jessica María Flores Salas  
**Vocal Suplente**

  
\_\_\_\_\_  
MC. José Luis Francisco Sandoval Elias  
**Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal**

Torreón, Coahuila, México  
Febrero 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Uso de nano partículas de óxido de zinc y zeolita en dieta de gallinas sobre la  
calidad física del huevo

Por:

Lorenzo Daniel Montejo Méndez

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Viridiana Contreras Villarreal  
**Asesor Principal**



MC. Julieta Ziomara Ordoñez Morales  
**Coasesor**



Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno  
**Coasesor**



MC. José Luis Francisco Sandoval Elias

**Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal**



Torreón, Coahuila, México  
Febrero 2025

## DEDICATORIAS

Dedico esta tesis a mi familia que siempre estuvo conmigo apoyándome y demostrándome su cariño, por inculcarme valores siendo ellos un ejemplo de vida. Por inculcarme ese deseo de superarme y que los sueños son la semilla del futuro.

A mi madre; Rosa Méndez Martínez Por siempre apoyar mis decisiones, ser ella el motivo principal de mi vida y darme consejos continuamente para lograr mis metas.

Mi padre; Marcos Montejo López quien siempre me motivo para nunca rendirme por muy difícil que fuera mi camino.

Mis hermanos Dagoberto remigio, Franki Anselmo y Ana María Montejo Méndez quienes siempre estuvieron a mi lado siendo ellos mi mayor apoyo para nunca rendirme y ser la pieza clave de mi profesión.

A mí hermano, el ángel que me cuida desde el cielo, Delfino Martínez Montejo quien unió a mi familia y me enseñó que la familia es lo más importante en la vida y que el logro de uno es la felicidad de todos

A ellos dedico este logro en mi vida, pues sin ellos nada de esto hubiera sido posible.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de llegar hasta este punto de mi vida, agradezco a la vida por esta obra divina y vivirla hasta tocar este punto siendo una de las más importantes.

Agradezco a mi familia por ser mi motivación, mi fortaleza diaria para siempre levantarme, por brindarme esa mano cada que los necesitaba que fue con mucha frecuencia, por depositar su confianza en mí y que me hiciera la idea que nada me detendría, por inculcarme el deseo de continuar con más retos en mi vida y por hacerme saber que nunca me abandonarán.

A esa persona que me acompañó 4 años de mi carrera y me brindo consejos cada que los ocupé, y que fue crucial para pertenecer a este proyecto y lograr finalizarlo, gracias, Dra. Viridiana Contreras Villarreal.

A la M.C. Julieta Ziomara Ordoñez Morales que me brindo su apoyo continuo durante todo el proceso del proyecto y redacción, por darme la oportunidad de pertenecer a su equipo y tener la oportunidad de aprender algo nuevo.

A la M.V.Z. Adriana Monserrat López Morales por permitirme compartir el campo de proyecto y formar parte de su equipo de recolección de datos, por hacerme sentir de una forma plena durante el tiempo de proceso del proyecto.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	v
ABREVIATURAS y SÍMBOLOS.....	vii
RESUMEN .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVO: .....	2
2.1. General:.....	2
III. HIPÓTESIS:.....	2
IV. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
4.1 Aves de postura .....	3
4.2 Formación del huevo.....	3
4.3 Características del huevo .....	4
4.4 Importancia del huevo en el mercado nacional y en el mundo.....	5
4.5 Habito alimenticio en México con relación al huevo .....	5
4.6 Estrategias para mejorar la salud aviar .....	6
4.7. Probióticos.....	6
4.8 Aditivos.....	7
4. 9 Zeolita (clinoptilolita).....	7
4.9.1 Adición de la zeolita en el mundo pecuario .....	7
4.9.2 Función de la zeolita.....	8
4.10 Zinc y su importancia en las aves.....	9
4.11 Nanotecnología .....	10
4.11.1 Nanopartículas de óxido de zinc.....	10
V. MATERIALES Y MÉTODOS .....	12
5.1. Lugar de estudio.....	12
5.2. Manejo y alimentación de los animales .....	12
5.3. Variables por evaluar.....	12
5.3.1 Peso del huevo .....	12
5.3.2 Grosor del cascarón.....	13
5.3.3 Peso del cascarón .....	13
5.3.4 Índice de forma .....	13

5.4. Análisis estadístico .....	14
VI. RESULTADOS .....	15
VII DISCUSIÓN.....	20
VIII. CONCLUSIÓN.....	21
IX. LITERATURA CITADA .....	22

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Tiempo de la formación del huevo (Sastre Gallego, 2002) .....	4
<b>Figura 2</b> Evaluación del peso del huevo del grupo tratado con 90mg de nanopartículas de óxido de zinc (GT) más zeolita en comparación al grupo control (GC). Diferentes literales estadísticamente diferentes utilizando prueba T-student ( $p \leq 0.05$ ).....	15
<b>Figura 3</b> Evaluación del grosor del cascarón (m.m.), grupo tratado con 90mg de nanopartículas de óxido de zinc más zeolita (GT) en comparación al grupo control (GC). Diferentes literales estadísticamente diferentes utilizando prueba T-student ( $p \leq 0.05$ ).....	15
<b>Figura 4</b> Evaluación del peso del del cascarón del grupo tratado con 90mg de nanopartículas de óxido de zinc más zeolita (GT) y grupo control (GC). Diferentes literales estadísticamente diferentes utilizando prueba T-student ( $p \leq 0.05$ ). ....	16
<b>Figura 5</b> Evaluación del porcentaje de índice de forma del grupo tratado con 90mg de nanopartículas de óxido de zinc más zeolita (GT) y grupo control (GC). Diferentes literales estadísticamente diferentes utilizando prueba T-student ( $p \leq 0.05$ ).....	16
<b>Figura 6</b> Evaluación de la altura de la albúmina (m.m.) del grupo tratado con 90mg de nanopartículas de óxido de zinc (GT) más zeolita versus grupo control (GC). Diferentes literales estadísticamente diferentes utilizando prueba T-student ( $p \leq 0.05$ ).....	17
<b>Figura 7</b> Evaluación del peso de la albúmina (g) del grupo tratado con 90mg de nanopartículas de óxido de zinc más zeolita (GT) versus grupo control (GC). Diferentes literales estadísticamente diferentes utilizando prueba T-student ( $p \leq 0.05$ ).....	17
<b>Figura 8</b> Evaluación del peso de la yema (g.) del grupo tratado con 90mg de nanopartículas de óxido de zinc más zeolita (GT) versus grupo control (GC). Diferentes literales estadísticamente diferentes utilizando prueba T-student ( $p \leq 0.05$ ).....	18
<b>Figura 9</b> Evaluación del color de la yema (1-15) del grupo tratado con 90mg de nanopartículas de óxido de zinc más zeolita (GT) más versus grupo control (GC).	



Diferentes literales estadísticamente diferentes utilizando prueba T-student  
( $p \leq 0.05$ )..... 18

**Figura 10** Evaluación de las unidades Haugh (UH) del grupo tratado con 90mg  
de nanopartículas de óxido de zinc más zeolita (GT) versus grupo control (GC).  
Diferentes literales estadísticamente diferentes utilizando prueba T-student  
( $p \leq 0.05$ )..... 19

## ABREVIATURAS y SÍMBOLOS

GT	Grupo tratado
GC	Grupo control
NPs-ZnO	Nanopartículas de óxido de zinc
PH	Peso de huevo
PIF	Porcentaje del índice del huevo
PC	Peso del cascarón
C	Grosor del cascarón
AA	Altura de la albumina
PA	Peso de la albumina
PY	Peso de la yema
CY	Color de la yema
UH	Unidades Haug
P.C	Proteína cruda
Kcal	Kilocalorías
EM	Energía Metabolizable

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el uso de nano partículas de óxido de zinc y zeolita en dieta de gallinas sobre la calidad física del huevo. El trabajo experimental se realizó el día 22 de agosto del 2023 como inicio y finalizando el 09 de enero del 2024, teniendo una duración de 20 semanas, se llevó a cabo en la Unidad Académica de Producción Avícola del Departamento de Producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, ubicada en Torreón Coahuila, el cual está situada en las siguientes coordenadas, 25°33'25" latitud Norte 103°22' 17" Longitud Oeste, con temperaturas variables los cuales pueden superar los 40 °C y alcanzar temperaturas inferiores a 2 °C, con un clima seco, se encuentra a 1120 metros sobre el nivel del mar (msnm). Se utilizaron un lote de 200 gallinas de la línea (Rhode Island) divididas en 2 grupos experimentales, con un sistema de producción libre de jaula, los cuales cada grupo experimental se dividió en 4 repeticiones, conformado por 25 gallinas cada repetición. A estas se les suministró una dieta con 17% de proteína y 2760 Kcal. El grupo tratado (GT) se le añadió a la ración una inclusión del 4% de zeolita (4.8 g) y 90mg de Nanopartículas de óxido zinc (NPs-ZnO) (0.0108 g) más 115.19 gramos de alimento para completar 120 g de alimento por animal, y Grupo Control (GC) se les proporcionó 120 g de alimento sin inclusión de zeolita ni nanopartículas de óxido de zinc. De igual manera se les proporciono un fotoperiodo de 16 h luz y 8 h oscuridad, teniendo los mismos beneficios como área de descanso, nidales, perchas y acceso de agua *am libitum*. Para la recolección de datos se tomaron 10 huevos al azar por cada grupo experimental y posteriormente fueron llevados a laboratorio para iniciar con la obtención de las mediciones de las variables de calidad física del huevo, los cuales fueron divididas en externas e internas, las externas fueron: peso del huevo (PH), altura y largo del huevo para calcular el porcentaje del índice de forma (PIF), peso del cascarón (PC), grosor del cascarón(C). Variables de calidad física internas del huevo: altura de la albumina (AA), peso de la albúmina (PA), peso de la yema (PY), color de la yema (CY) y unidades Haug (UH). Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete SPSS 28.0 (IBM), para la comparación de medias se utilizó prueba de T Student.  $P \leq 0.05$  si existe diferencia significativa entre grupos. Los resultados fueron que los huevos producidos durante el experimento que se le agrego a la ración zeolita más nano partículas de óxido de zinc (GT) (54.9 Vs 53.4;  $p \leq 0.05$ ), fueron más pesados en el GC y respecto al grosor del cascaron el GT fue mucho mejor que el GC (0.20 vs 0.16,  $p \leq 0.05$ ), el peso del cascarón fue mejor en el GT *versus* GC (6.8 contra 6.5,  $p \leq 0.05$ ), pero respecto al índice de forma de los grupos del experimento no hubo diferencia entre ellos (77.8 versus 77.9,  $p \geq 0.05$ ). Resultados respecto a la calidad interna del huevo como la altura de la albúmina no muestran diferencias entre los 2 grupos (13.1 vs 13.0  $p \geq 0.05$ ),

ni tampoco hubo alguna discrepancia entre el GT y GC en el peso de la albúmina (35.16 vs 35.08,  $p \geq 0.05$ ), además el peso de la yema, durante las evaluaciones no existieron diferencias entre GT y GC (13.1 vs 12.8  $p \geq 0.05$ ), al igual que el color de la yema en este trabajo de investigación no se vio afectado el uso de aditivos en la dieta respecto al GT y GC, los resultados fueron similares entre sí, no afectando el color de la yema (10.17 vs 10.13,  $p \geq 0.05$ ), por último las Unidades Haug (UH) en este trabajo si hubo un efecto positivo incluir nanopartículas de óxido de zinc y zeolita a la dieta de gallinas, respecto al grupo control (112 vs 109,  $p \leq 0.05$ ). En este trabajo se puede concluir que el uso de aditivos y minerales como la zeolita y nanopartículas de óxido de zinc (NPs-ZnO), puede tener efectos positivos sobre el peso del huevo, peso del cascarón, grosor de cascarón y las unidades Haug, se recomienda seguir realizando investigaciones respecto al uso de estos aditivos y minerales para mejorar la calidad física del huevo en los sistemas de producción alternos.

**Palabras clave:** Aditivos, Inclusión, Huevos

## I. INTRODUCCIÓN

El mercado nacional de huevo está en una creciente continua, México es uno de los países que demanda más huevo para plato anualmente superando los 24 kg *per cápita* y en ella colocarlo como el país más consumidor de huevo, además México es actualmente el quinto productor de huevo en el mundo colocándolo como uno de los países más importantes en este ámbito (UNA, 2022).

La avicultura enfrenta grandes retos continuos mismos que por ser una especie de vida corta la utilización de antibióticos no es viable en la explotación, los cuales nos lleva a la utilización de nuevas técnicas para evitar la entrada de agentes patógenos dentro de una producción, esto hace que se implemente un mejor manejo sanitario con la finalidad de brindarles mayor atención a las aves los cuales también nos lleva a complementar el bienestar animal y con ellos la crianza de aves saludables (Maghoul et al., 2020), además el uso de alternativas que ayuden a mejorar los parámetros productivos, calidad del huevo y esto conlleve hacer más económicos (Elsherbeni et al., 2024).

Unos de esos aditivos son las zeolitas que son unos aluminosilicatos cristalinos hidratados de cationes alcanos y alcalinotérreos. de los cuales se encuentran de dos formas, las naturales y las sintéticas, los naturales se han optado para uso hasta en 10% mientras que las zeolitas sintéticas solo a 1 % (Collazo García, 2010). Su adición está presente en muchos campos de investigación y en ellas también se encuentra presente en el área agropecuaria (Lon-Wo et al., 2010).

Mumpton y Fishman (1977) fueron los pioneros en la utilización de la zeolita y darle la importancia en la salud animal, pues su adición trae beneficios, pues su uso en la avicultura muestra una mejora en la adsorción de micotoxinas al organismo de las aves ya que estas son absorbentes naturales.

Además, los micro minerales como el zinc son fundamentales en la alimentación de las aves, esta ayuda a la mejora de la calidad del huevo y la mejora de la salud animal pero su uso de forma excesiva puede causar daños a la salud de la misma. es por ellos que con el uso de la nanotecnología se ha logrado disminuir

su tamaño y ser utilizado a una cantidad menor y con mayores beneficios (Abbasi et al., 2017).

## **II. OBJETIVO:**

### **2.1. General:**

Evaluar el uso de nano partículas de óxido de zinc (NPs-ZnO), más zeolita, en dietas de gallinas sobre la calidad física del huevo.

## **III. HIPÓTESIS:**

La dieta con inclusión de las Nano partículas de oxido zinc NPs-ZnO, mejorará los parámetros calidad física de gallinas de postura de la línea Rhode Island comparado con el GC, alojadas en un sistema libre de jaula.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Aves de postura

Las gallinas productoras de huevo llegan a producir demasiados huevos, llegando a producir hasta casi un huevo al día, lo que lo diferencia de una gallina convencional de traspatio, pero para que esta pueda cumplir como una buena ave de postura también se fija la observación en el tamaño del huevo, pues una gallina que produce huevos muy pequeños no puede ser considerada como ave de postura ya que el parámetro mínimo indica que el peso mínimo es de 50 g, lo cual una gallina convencional puede llegar a superar sin problemas ese peso, pues esta normalmente no produce tantos huevos, pero si cumple con ciertos parámetros (Hantanirina et al., 2019).

Si bien el color de las aves no diferencia la producción, su genética o línea si que lo es, pues de la línea depende de si son más productivas la una a la otra y de ella también difiera la calidad o cantidad de producción (Cahyadi et al., 2019).

Las gallinas de posturas están diseñadas para una mejor producción de una a otras líneas diferentes como también con el pasar de los tiempos esta línea mejore su producción. La adición a nuevos suplementos alimenticios mejora la conversión alimenticia con una mayor producción, sin dejar a un lado las ganancias económicas, razón por el cual que las gallinas modernas son seleccionadas genéticamente en el cual se obtenga una mayor producción a comparación de sus madres o abuelas, el cual se logre la obtención de un mejor producto con una menor ingesta de alimento (Mills et al., 2024).

### 4.2 Formación del huevo

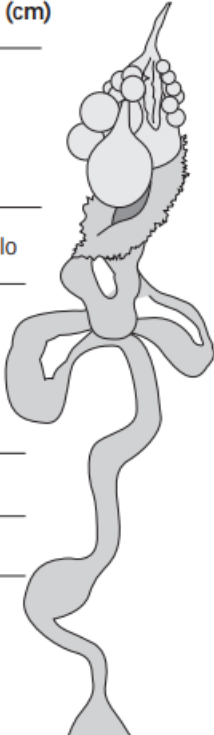
Durante la vida de las gallinas de postura toman una etapa donde el aparato reproductor tiende a desarrollarse, misma que en esa etapa dependerá su inicio de postura y su capacidad pues en ella abarca muchos cambios fisiológicos para tener una vida productiva deseada (Vlaicu et al., 2024).

Las aves alcanzan el nivel de postura alrededor de las 20 semanas de edad misma el cual alcanza su nivel de maduración sexual (A. Molnár, 2017). Las aves que alcanzan una maduración sexual antes de las 20 semanas rompen postura antes del promedio, pero esta podría afectar su producción a largo plazo (Yin et al., 2024).

La formación del huevo se logra después de una 24 a 26 horas, el cual cualquier alteración respecto a algún componente se dará respecto al proceso de su formación, esto implicaría una anomalía en la formación o composición del producto (Sastre Gallego, 2002)

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** Tiempo de la formación del huevo (Sastre Gallego, 2002)

### 4.3 Características del huevo

Existen ciertos requerimientos para que un huevo sea de mayor calidad, pues en esta se aborda temas como la especificación del huevo dentro del mercado, siendo sus características físicas externas una de las mayores importantes, pues el mercado busca un mejor aspecto del huevo, es por ello que día a día se trata de obtener los mejores resultados en base a la alimentación de las aves, una buena gallina ponedora y bien alimentada, produce un huevo con un cascarron en buen estado, con un buen grosor y de buen tamaño (Hantanirina et al., 2019).

Las características demandadas en el mercado se dividen en 2, los cuales son los externos e internos, la primera se basa en color, textura y su limpieza, por otro lado, para el interior nos basamos en la viscosidad del índice de la albúmina, el color y la forma de la yema y la ausencia de manchas en la albumina o yema del



huevo, estas características le brindan valor al producto, porque de esto depende no solo de un aspecto visible si no bien de su peso total (Cahyadi et al., 2019).

Por lo tanto, para alcanzar las metas deseadas de un buen producto, requiera la adición de ciertos componentes dietético que no afecten la salud animal. La adición de L-carnitina a la alimentación de las aves, una mayor producción de huevos con una mayor calidad alimenticia y con una mayor calidad física y químicamente (Cahyadi et al., 2019).

#### **4.4 Importancia del huevo en el mercado nacional y en el mundo**

La importancia de la producción avícola es fundamental en México, tras destacar su participación en el ámbito tanto en producción de huevo como en el consumo ya que nuestro país es uno de los países con mayor acierto en la producción de huevo quedando solo por debajo de china , estados unidos de América y la india, ya que este juega el papel del quinto lugar en producción de este producto, pero lo que lo consolida como uno de los más importantes, es su consumo llegando a ser desde hace ya muchos años el principal consumidor de huevo teniendo un consumo de 24 kg percapita (UNA, 2022)

#### **4.5 Habito alimenticio en México con relación al huevo**

Los mexicanos tienen una dieta muy balanceada pero el consumir casi un huevo diario hace que se sientan más satisfecho, y de la misma forma obtener un alimento de forma rápida y económica, satisfaciendo sus requerimientos nutritivos necesarios. Una de las razones más importantes de consumir un alimento, es el precio, pero también su contenido nutritivo, el cual logre satisfacer las necesidades del ser humano (Yazmín Mendoza Rodríguez et al., 2016).

El contenido del huevo puede sustituir cualquier otro alimento, siendo este uno de los más importantes ya que suplir un alimento caro por algo más económico sería racional para muchas personas siendo uno de las más importantes la proteína el cual obtendríamos una ración similar que al consumir carne o pescado (Yazmín Mendoza Rodríguez et al., 2016).

El huevo contiene nutrientes tales como son las grasas, proteínas, energías (kcal) y azúcares los cuales son necesarias en nuestra dieta, presentando así un gran número de vitaminas como son las vitaminas A, D, E Y B12, pero también contienen hierro zinc y fosforo el cual sus beneficios lo han catapultado como el alimento más importante siendo superior a productos como son la carne o la leche (Suarez-Diéguez et al., 2013).

Para ello la importancia de un alimento saludable va de la mano con un producto el cual cumpla no solo las necesidades del ser humano, sino que lo cumplan de la manera pensando en un mundo mejor y el bienestar de las personas, pero también pensando en este caso, en los seres vivos en este caso a los animales, a las aves de postura el cual se traten de una mejor forma, pero también, de cual manera, obtener un producto con las mejores calidades ( Lon-Wo et al.,2010).

Todo lo anterior lleva a mantener una explotación avícola con las mejores comodidades para las aves llevándolos a ellos a mantener una explotación con la mejor producción y grandes ganancias económicas, llevándolo al mercado a un mejor precio y poder satisfacer las necesidades alimenticias de las personas de una manera más saludable y a sabiendas de que se produce a medidas del bienestar animal (Abdul Mateen et al., 2023).

#### **4.6 Estrategias para mejorar la salud aviar**

Las aves se enfrentan día a día a grandes retos referente a la salud pues agentes patógenos se encuentran en el entorno ambiental y siendo las aves una de las más susceptibles nos lleva a protegerlos mejorando las líneas a utilizar, mejorando su alimentación, llevándolos a una adaptabilidad continua y reforzar su sistema inmune (Muthusamy et al., 2024).

Las enfermedades infecciosas son una de las grandes pérdidas económicas que enfrentan las gallinas ponedoras pues la aparición de un ave enferma contagiaría todas, por ellas suplementos alimenticios has sido relevantes en una mejora del sistema inmune, aprovechamiento de la alimentación digestión y evitar fuentes de infección mediante las heces que provocan demasiada humedad (Yang et al., 2024).

Adicionar ciertos elementos como son compuestos químicos, vitaminas, antioxidantes, minerales u otros complementos dietarios reducen las posibles entradas a enfermedades causadas por agentes patógenas que toman relevancia cuando se presenta un estrés continuo causado por las temperaturas altas o muy bajas (Abdul Mateen et al., 2023).

#### **4.7. Probióticos**

Si bien en la medicina animal el combate a los agentes patógenos se combate con antibióticos en la medicina de aves actual no se permite, pues esta reduce

su calidad y capacidad productiva, para ello el implemento de los probióticos son vitales pues estas ayudan a una mejor fortaleza de la flora intestinal promoviendo así la entrada o combate de los agentes patógenos como son la e. coli y una mejor adsorción de los nutrientes presentes en el alimento (Maghoul et al., 2020).

#### **4.8 Aditivos**

la etapa de vida de las aves de postura depende de la alimentación para una buena producción por ello es crucial la adición de ciertos aditivos para la mejora productiva. Los aditivos han ganado terreno en la base alimentaria pues ellos han complementado la nutrición optima al estos ser incluidos en las formulaciones dietéticas para promover el desarrollo de las aves(Vlaicu et al., 2024).

#### **4.9 Zeolita (clinoptilolita)**

Las zeolitas son unos aluminosilicatos cristalinos hidratados de cationes alcanos y alcalinotérreos,(Espinoza & Álava, n.d.) es un elemento utilizado en muchos campos de investigación, pero su uso en la medicina es muy interesante ya que el consumo de esta puede ser beneficiosa, tras ser un importante eliminador de intoxicantes como materiales pesados, los cuales se utilizan para purificar el agua (Kavan et al., 2013).

Humpon y Fishman fueron los pioneros en registrar y documentar los beneficios que tienen el uso de la zeolita en la década de los 70's, en el cual esta trataba acerca del uso de los beneficios en el cual se logró deducir su importancia al uso en la explotación avícola (Collasgos Garcia.,2010).

##### **4.9.1 Adición de la zeolita en el mundo pecuario**

En la nutrición animal esta juega dos grandes e importantes papeles, la capacidad de adsorción, la capacidad que en ella tiene tratar de perder como el ganar agua reversiblemente. Mientras que en la otra es el intercambio iónico de tal manera que se logra un intercambio de cationes sin haber ningún cambio básico en su estructura (Espinoza & Álava, 2009).

El uso inadecuado de la zeolita puede ser toxico en aves de engorda como en aves de postura pues al 1 % libera 0.15 % de aluminio en la dieta.

Muchos experimentos han demostrado que la adición de zeolita en aves de postura no obtuvo los efectos deseados, pero fue hasta en 1998 el cual se demostró que una dieta al 1.5% adicionando zeolita aumenta la producción de huevo si el fosforo baja a niveles de sus requerimientos (Collazo García, 2010). La cual nos hace llegar a concluir la zeolita es benéfica si se disminuyen otros contenidos minerales.

En 1977 se reportó que el uso de la zeolita se lograba menor humedad en las heces y de este modo también en la cama, pues en el año 1966 se demostró que

el uso de la zeolita reducía el consumo de agua y por ende la humedad de la cama (Elsherbeni et al., 2024).

El resultado como positivo o negativo en la adición de la zeolita se debe al uso, tipo de zeolita, como el tamaño de la partícula y también esta dependerá de la dosis deseada y utilizada. Por tanto, la zeolita se usa como un mineral en las aves para mejorar la salud de la misma y también la productividad de tal manera que este mineral actuara como un suplemento, tanto de nutrientes y también ayudando a la mejora en la digestión de las aves (Kavan et al., 2013).

Por tal manera esta ayudara a una mejor conversión alimenticia reduciendo el nivel de amoniaco en las casetas o galpones. Siendo una manera más eficiente en la productividad. Al esta ser incluida en la base alimenticia ayudara a neutralizar el contenido de aflatoxinas presentes en el alimento (Lon-Wo et al., 2010).

Para obtener una mejor ganancia de peso de una manera que se administre la cantidad de alimento mejorando la conversión alimenticia es incluir la zeolita a una cantidad del 8%. El uso de la zeolita puede llegar abaratar el costo del alimento con una mayor ganancia de peso y siendo esta su uso correcto no influirá en la mortalidad. El uso de la zeolita va más allá de la obtención de una mayor ganancia de peso o la salud animal, también influye demasiado en la producción de huevo y sus características llevando a estos a una mayor rentabilidad (Kavan et al., 2013).

También se destaca que el uso de la zeolita al 6% se obtiene un mayor rendimiento económico en la alimentación Su uso aumenta más la liberación de ciertos gases ya que al intercambio catiónico alto quedando está atrapado en su estructura y otros iones cargados. Pero al ser utilizado a un 3% esta disminuye la liberación de estos gases siendo menos contaminantes en una menor incidencia de los olores (Lon-Wo et al., 2010).

#### **4.9.2 Función de la zeolita**

La importancia de las zeolitas es que esta atrapa las toxinas como también metales pesados en el sistema digestivo de las aves siendo esta de gran importancia en ayudar a la mejora de la salud de las aves. Las zeolitas también ayudan a las aves que en ellas haya una mejor absorción de los nutrientes llevándolos a que haya un mejor rendimiento y por ende un mayor crecimiento. Por tal manera que las zeolitas puedan ayudar a la digestión de los nutrientes (Lon-Wo et al., 2010).

Siendo las zeolitas minerales hidratados pues en esta contienen agua en una cantidad variable en los vacíos internos de su estructura, estudios demostraron que las zeolitas poseen una capacidad de atrapar a las aflatoxinas y reducir la adsorción de las mismas en el tracto digestivo (Reza Hashemi, 2014).

Las aflatoxinas son sustancias altamente tóxicas produciendo esta una menor conversión alimenticia llevando a las aves a una posible anorexia causando una baja en la producción de huevos, producir un mayor estrés de las mismas, una mayor mortandad y por ende una pérdida económica (Elsherbeni et al., 2024).

Utilizar la zeolita clinoptilolita ha demostrado un aumento en el peso de la clara del huevo de las aves siempre y cuando se utilicen a una porción menor al 10 %, también se demostró un aumento el peso de la yema, como también el peso del huevo en el estudio realizado. La inclusión de la clinoptilolita en la nutrición animal resulta a favor tras la obtención de muchos factores positivos tanto en la producción como en la salud animal y ganancias positivas para el mercado avícola y sus derivados (Kavan et al., 2013).

#### **4.10 Zinc y su importancia en las aves**

El zinc es fundamental en la dieta de las aves ya que esta aumentaría una mejor calidad en el huevo, como también le proporcionaría una mejor salud a las aves durante su día a día, ya que es uno de los microelementos necesarios para tener un funcionamiento normal en las aves como serían el desarrollo animal como su crecimiento y su peso, elevando así la producción de la misma a un nivel mayor a lo esperado (Yu et al., 2020).

El zinc es vital para un mejor crecimiento, un buen desarrollo del sistema esquelético, un buen plumaje, la producción de hormonas, el funcionamiento adecuado de su sistema inmunológico y más procesos metabólicos. el resultado, de una deficiencia de zinc puede retrasar el crecimiento del ave, su salud y la producción esperada, que da como resultado, pérdidas económicas en la explotación. Un bajo contenido de zinc presentes en el alimento nos lleva a que se complementen las dietas con zinc inorgánico de una buena calidad alimentaria, como son el sulfato de zinc y óxido de zinc, que están de manera disponibles y a la vez son muy rentables (Mohd Yusof et al., 2023).

El zinc posee muchas funciones vitales en las aves los cuales destacan como el metabolismo de las proteínas, lípidos, carbohidratos y ácidos nucleicos, mismas que van a estimular el crecimiento y desarrollo del ave durante su vida, pues también está involucrado en la síntesis de la hormona somatomedina -C la cual está encargada de estimular la proliferación del cartílago y el crecimiento y maduración correcta del sistema óseo (Abbasi et al., 2017).

El zinc (Zn) funge como un oligoelemento necesario para la salud como las funciones biológicas de las aves de corral. El zinc inorgánico, como el sulfato de zinc y el óxido de zinc, se usaban normalmente en la dieta para aves de corral por su bajo costo. Sin embargo, la biodisponibilidad del zinc inorgánico es muy baja, lo que conlleva a que al agregarse un alto nivel de zinc a la dieta este genere problemas secundarios. Por ello las nanopartículas de óxido de zinc (NPs-ZnO) surge como una alternativa que promete contrapartes más voluminosas, de tal manera que haya menos preocupaciones para la salud de las aves (Mohd Yusof et al., 2023).

#### **4.11 Nanotecnología**

La nanotecnología está en un proceso continua de investigación cada vez más creciente pues en ella se a fijado una postura el cual conlleva una gran importancia en las grandes industrias sin dejar a un lado las agroindustrias y la pecuaria. Las nanopartículas son sintetizadas de una manera ecológica, estas son en particular fabricadas a partir de metales como el cobre, el zinc, la plata, el hierro, el selenio, etc., En el caso de las nanopartículas del oxido de zinc (NPs-ZnO),(Abbasi et al., 2017). Estas se obtienen de diferentes formas como son los procesos mediante la biosíntesis, síntesis química y también los procesos físicos. Para cumplir con una forma más amigable a nuestro entorno y el medio ambiente, la obtención de la ZnO se ha optado por la biosíntesis o también conocido como la síntesis verde pues no solo implica a la naturaleza como plantas y microorganismos los cuales funjan de tal manera que sean los agentes reductores y estabilizadores, pues por otro lado estos también son la forma más ahorrativa en costos (Muñoz-Echeverri et al., 2021).

##### **4.11.1 Nanopartículas de óxido de zinc**

El óxido de zinc está siendo utilizadas como agentes de una manera terapéutica los cuales son altamente efectivos para la medicina. Las propiedades de los antioxidantes de las nanopartículas son de manera notoria, pues son capaces de neutralizar a los radicales libres y también el reducir el estrés oxidativo, uno de los factores clave para el progreso de las enfermedades crónicas. Cuando se eliminan las especies reactivas de oxígeno las nanopartículas protegen a todas las células de cualquier daño oxidativo, de tal manera que se previene una disfunción o la muerte celular (Nandhini et al., 2024).

las nanopartículas de óxido de zinc son la innovación a la adición alimenticia de las aves, pues si bien la dieta basada en el sistema de NRC involucra que el alimento debe contener zinc, en una dieta excesiva de zinc esta provocaría efectos negativos en la explotación, pues bien, estos traerían como consecuencia, desnutrición, por una caída de vitaminas los cuales serían

destruidos por el exceso de zinc, como otras anomalías más, entre ellos una pobre flora intestinal (Abbasi et al., 2017).

Este componente (NPs-ZnO) ha demostrado un gran impacto positivo al mundo pecuario pues gracias a sus partículas en un tamaño muy reducido a puesto la mirada a seguir una continua investigación pues sus beneficios en las aves mejorando la salud y producción, pues de un lado mejora la conversión alimenticia, mejora la humedad de la cama y también aumenta la calidad del huevo (M. Abedini et al.,2017).

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Lugar de estudio

El proyecto de investigación se llevó a cabo el 29 de agosto del 2023 al 9 de enero del 2024 en la Unidad de Producción Avícola situada en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Torreón Coahuila, el cual está situada en las siguientes coordenadas: 25°33'25"; Latitud norte 103°22'17" Longitud oeste con temperaturas variantes desde 40 °C máxima y mínima de hasta 2 °C aproximadamente, un clima seco.

### 5.2. Manejo y alimentación de los animales

Se utilizaron un lote de 200 gallinas de la línea (Rhode Island) divididas en 2 grupos experimentales, los cuales cada grupo experimental se dividió en 4 repeticiones El cual se le suministro una dieta basal con 17% de proteína y 2760 Kcal, de igual manera se les proporciono un fotoperiodo de 16 h luz y 8 oscuridad.

En el Grupo tratado (GT) se les proporciono un total de 120 g de alimento para cada gallina, con una inclusión del 4% de zeolita y 90mg de Nanopartículas de óxido zinc (NPs-ZnO) y Grupo control 120 g de alimento sin inclusión de zeolita ni nanopartículas de óxido de zinc.

### 5.3. Variables por evaluar

Para dicho experimento las aves tenían que contar con una madurez sexual, el cual ya se encontraban en periodo de postura, los primeros datos a obtener deberían ser de la semana 20 de vida de las gallinas, posteriormente los datos fueron tomados cada 4 semanas, entonces corresponderían así a estas semanas: 20, 24, 28, 32, 36 y finalizando en la semana 40.

Se seleccionaron 10 huevos de manera aleatoria por cada grupo experimental, GT y GC, se dividieron las variables de las características físicas en externas e internas del huevo.

Variables físicas externas: peso del huevo, porcentaje de índice de forma, peso del cascarón, grosor del cascarón.

Variables físicas internas: altura de la albúmina, peso de la albúmina, peso de la yema, color de la yema y unidades Haug.

#### 5.3.1 Peso del huevo

Para poder tomar el peso del huevo se utilizó una báscula de precisión, (Balanza digital Ohaus Modelo E02130, con capacidad de 210g y precisión de 0.001 g) se pesaron uno a uno de los dos grupos, control y tratamiento y así poder obtener los datos precisos de cada huevo.



### **5.3.2 Grosor del cascarón**

Para la obtención del grosor del cascaron se quebró el huevo, para después tomar una de las partes del cascaron, secarlo (Anderson *et al.*, 2004) y medir el grosor con un vernier digital.

### **5.3.3 Peso del cascarón**

Una vez obtenido el grosor del cascaron se procede a secar el todo el cascarón con la ayuda de una estufa de aire forzado para poder estar seco por completo y una vez obtenido eso se procede a pesar el cascaron del huevo.

### **5.3.4 Índice de forma**

Se calculo en relación entre su ancho y su longitud, y se calcula con la fórmula  $IFH = (An/L) \times 100$ , donde IFH es el índice de forma, An es el ancho y L es la longitud, utilizando vernier digital.

### **5.3.5 Altura de la albúmina**

La altura de la albumina se logra con el apoyo de un vernier el cual se toma como referencia la altura de la yema.

### **5.3.6 Peso de la albúmina**

Para obtener el peso de la albumina (PA) se toma como referencia el peso del huevo (PT) menos el peso del cascaron (PC) y peso de la yema (PY).  $PA = PT - PC - PY$  donde PA representa peso de la albumina, PT es el peso total de del huevo, PC= peso del cascarón y PY=peso de la yema.

### **5.3.7 Peso de la yema**

Una vez obtenido todos los datos de la dimensión se procede a pesar la yema, con la ayuda de un separador, utilizando una báscula analítica de presión.

### **5.3.8 Color de la yema**

Al obtener todos los datos anteriores se procede a medir el color de la yema con la ayuda de un abanico roche, escala de (1 al 15).

### **5.3.9 Unidades Hugh**

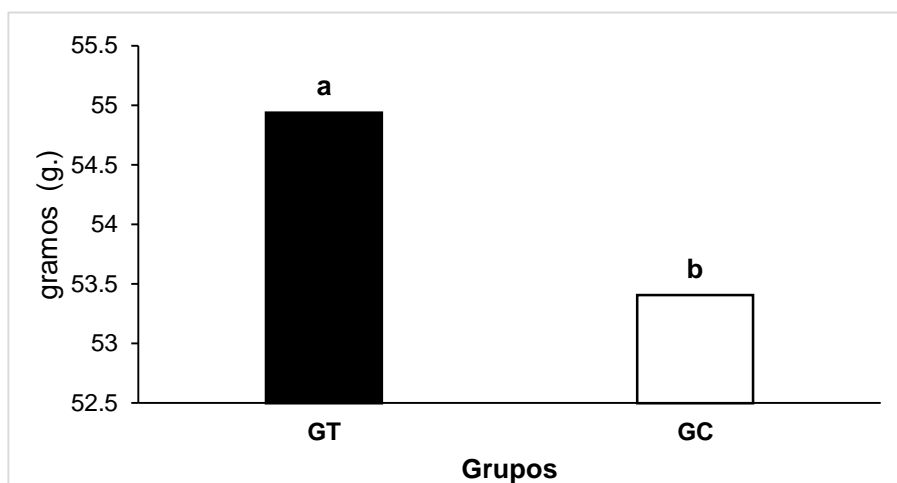
Al obtener todos los datos obtenidos del huevo tomaremos datos del peso de huevo y altura de la albumina, el cual serán referente para la obtención de las unidades Haug. Se logro obtener mediante la formula  $(UH = 100 * \log (A - 1.7 * P^{0.37} + 7.6))$  donde UH representa las unidades Haug, A=altura de la yema y P= el peso del huevo integro, mientras que los otros datos se mantienen como una constante.

#### **5.4. Análisis estadístico**

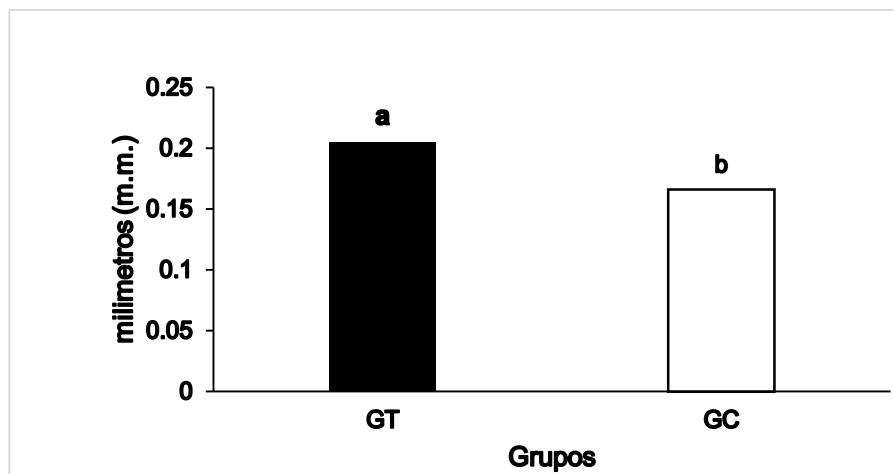
En este trabajo se utilizó un diseño experimental completamente al azar con submuestreos. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete SPSS 28.0 (IBM), para la comparación de medias se utilizó prueba de T Student.  $P \leq 0.05$  existe diferencia significativa entre grupos.

## VI. RESULTADOS

Los resultados sobre las características externas del huevo muestran que los huevos producidos durante el experimento que se le agregó a la ración zeolita más nano partículas de óxido de zinc (NPs-ZnO) (GT) (54.9 Vs 53.4;  $p \leq 0.05$ ), fueron más pesados comparados con el grupo control (GC) (Fig.2). Respecto a los datos obtenidos del grosor del cascaron el GT fue mucho mejor que el GC (0.20 vs 0.16,  $p \leq 0.05$ ) (Fig. 3).

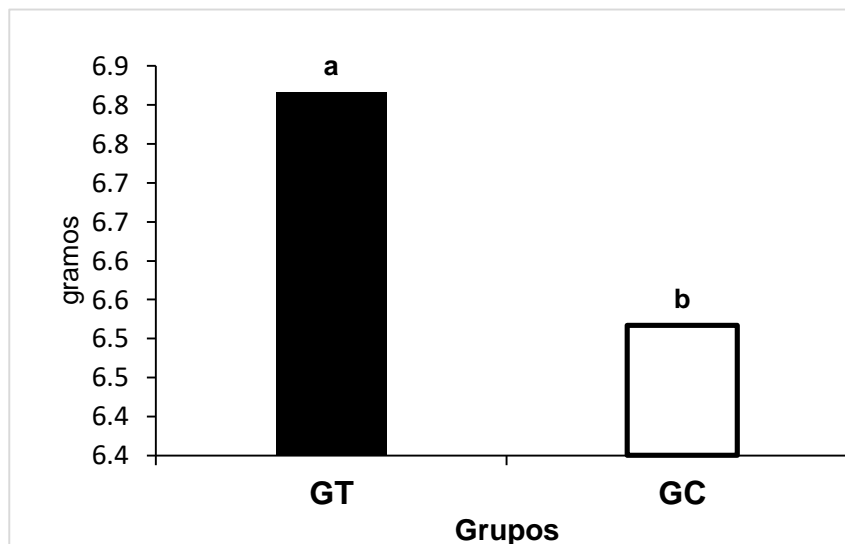


**Figura 2** Evaluación del peso del huevo del grupo tratado con 90mg de nanopartículas de óxido de zinc (GT) más zeolita en comparación al grupo control (GC). Diferentes literales estadísticamente diferentes utilizando prueba T-student ( $p \leq 0.05$ ).

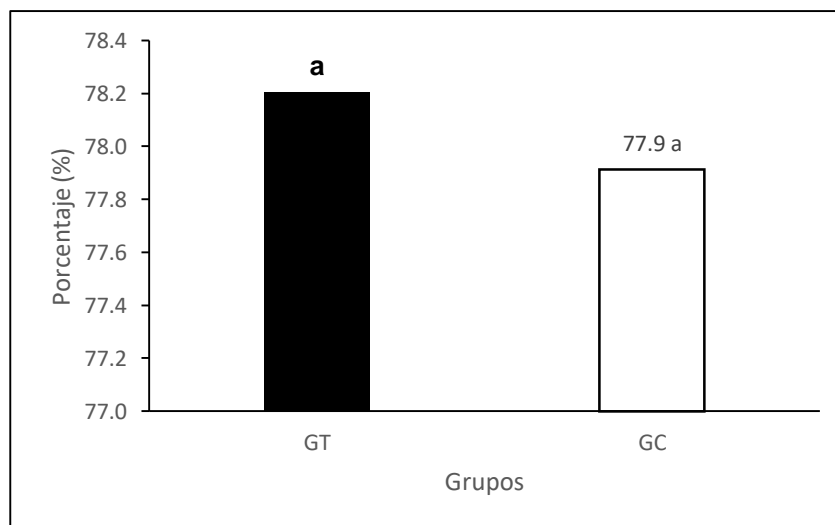


**Figura 3** Evaluación del grosor del cascarón (m.m.), grupo tratado con 90mg de nanopartículas de óxido de zinc más zeolita (GT) en comparación al grupo control (GC). Diferentes literales estadísticamente diferentes utilizando prueba T-student ( $p \leq 0.05$ ).

Además, el peso del cascarón fue mejor en el GT *versus* GC (6.8 contra 6.5,  $p \leq 0.05$ ), Fig.4, pero respecto al índice de forma de los grupos del experimento no hubo diferencia entre ellos (77.8 versus 77.9,  $p \geq 0.05$ ) (Fig. 5).

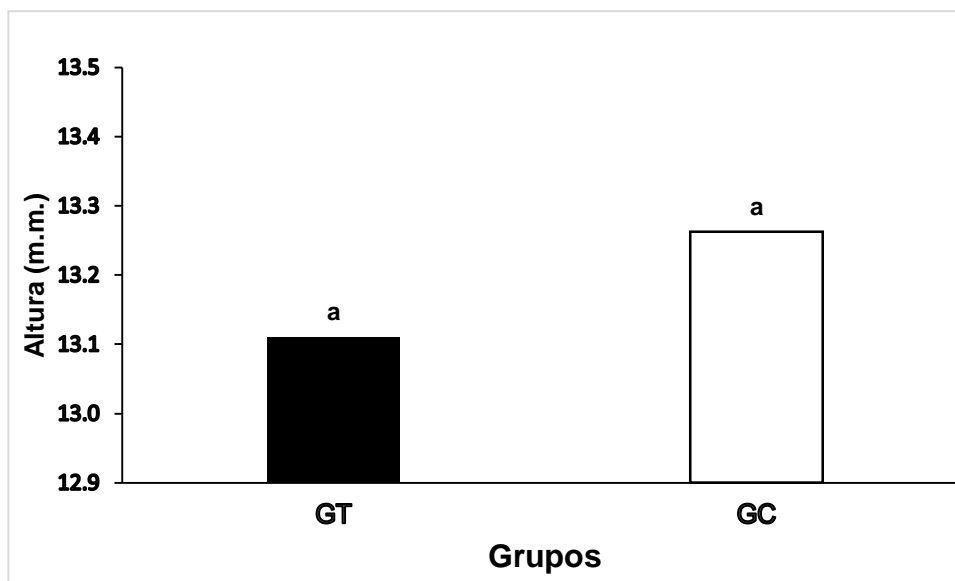


**Figura 4** Evaluación del peso del del cascarón del grupo tratado con 90mg de nanopartículas de óxido de zinc más zeolita (GT) y grupo control (GC). Diferentes literales estadísticamente diferentes utilizando prueba T-student ( $p \leq 0.05$ ).

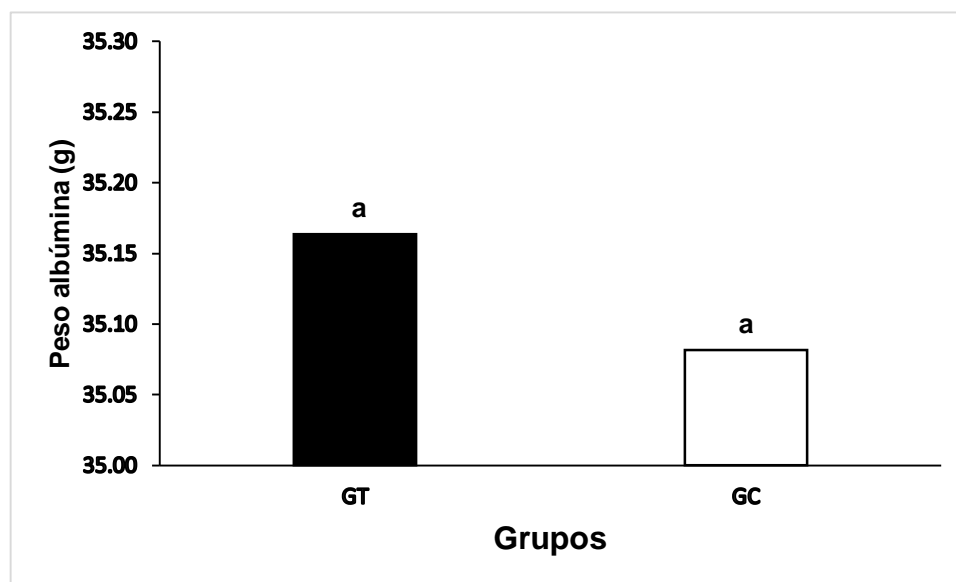


**Figura 5** Evaluación del porcentaje de índice de forma del grupo tratado con 90mg de nanopartículas de óxido de zinc más zeolita (GT) y grupo control (GC). Diferentes literales estadísticamente diferentes utilizando prueba T-student ( $p \leq 0.05$ ).

Resultados respecto a la calidad interna del huevo como la altura de la albúmina no muestran diferencias entre los 2 grupos (13.1 vs 13.,  $p \geq 0.05$ ) (Fig. 6), ni tampoco hubo alguna discrepancia entre el GT y GC en el peso de la albúmina (35.16 vs 35.08,  $p \geq 0.05$ ) (Fig. 7).

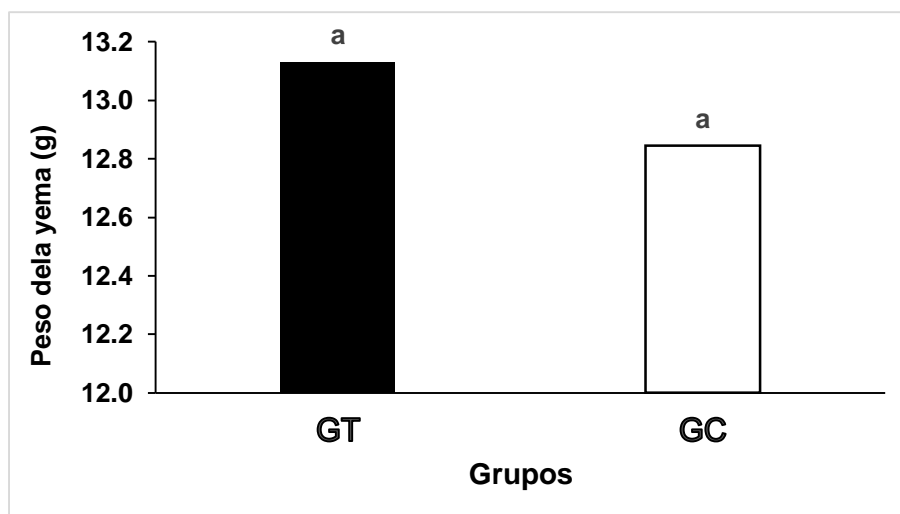


**Figura 6** Evaluación de la altura de la albúmina (m.m.) del grupo tratado con 90mg de nanopartículas de óxido de zinc (GT) más zeolita versus grupo control (GC). Diferentes literales estadísticamente diferentes utilizando prueba T-student ( $p \leq 0.05$ ).

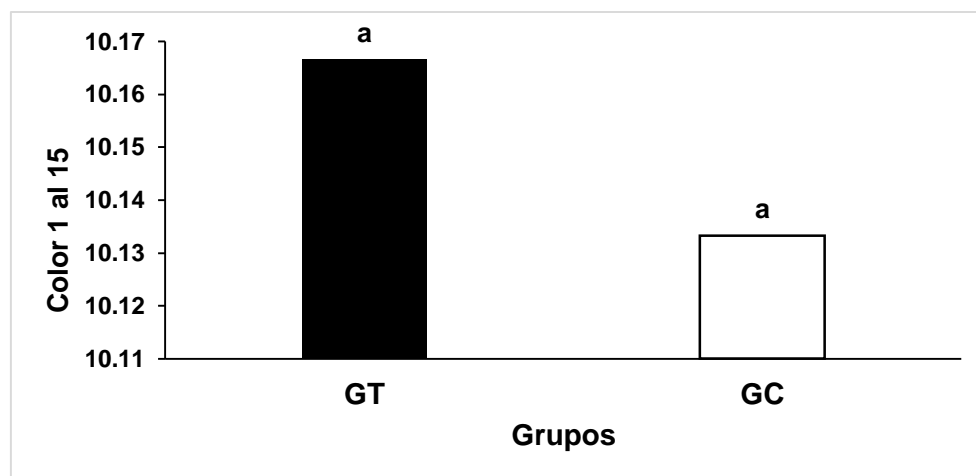


**Figura 7** Evaluación del peso de la albúmina (g) del grupo tratado con 90mg de nanopartículas de óxido de zinc más zeolita (GT) versus grupo control (GC). Diferentes literales estadísticamente diferentes utilizando prueba T-student ( $p \leq 0.05$ ).

Otro dato bastante importante sin ameritar ninguno de los anteriores es el peso de la yema, donde también durante las evaluaciones no existieron diferencias entre GT y GC (13.1 vs 12.8  $p \geq 0.05$ ) (Fig.8). Un indicador sobre la aceptabilidad del consumidor final del huevo es el color de la yema y en este trabajo de investigación no se vio afectado el uso de aditivos en la dieta respecto al grupo control, los resultados fueron similares entre sí, no afectando el color de la yema (10.17 vs 10.13,  $p \geq 0.05$ ) (Fig. 9).

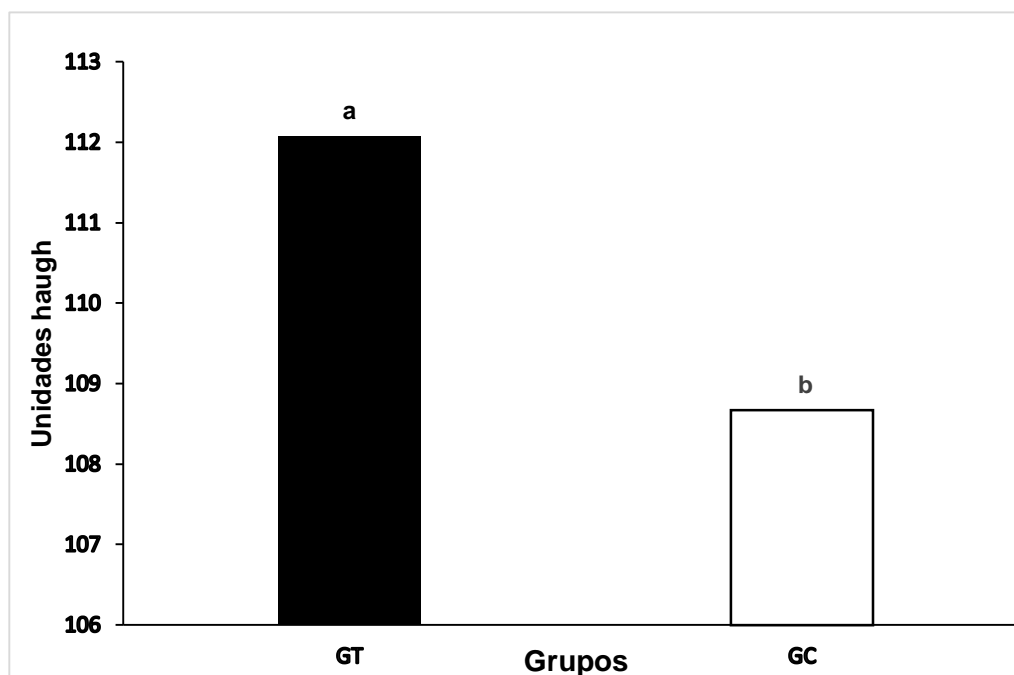


**Figura 8** Evaluación del peso de la yema (g.) del grupo tratado con 90mg de nanopartículas de óxido de zinc más zeolita (GT) versus grupo control (GC). Diferentes literales estadísticamente diferentes utilizando prueba T-student ( $p \leq 0.05$ ).



**Figura 9** Evaluación del color de la yema (1-15) del grupo tratado con 90mg de nanopartículas de óxido de zinc más zeolita (GT) más versus grupo control (GC). Diferentes literales estadísticamente diferentes utilizando prueba T-student ( $p \leq 0.05$ ).

Y dentro de los indicadores de calidad interna del huevo se encuentra la variable de unidades Haugh, que representa uno de los valores más importantes en calidad interna del huevo, en este trabajo si hubo un efecto positivo incluir nanopartículas de óxido de zinc y zeolita a la dieta de gallinas, respecto al grupo control (112 vs 109,  $p \leq 0.05$ ) (Fig. 10).



**Figura 10** Evaluación de las unidades Haugh (UH) del grupo tratado con 90mg de nanopartículas de óxido de zinc más zeolita (GT) versus grupo control (GC). Diferentes literales estadísticamente diferentes utilizando prueba T-student ( $p \leq 0.05$ ).

## VII DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la investigación demostraron que en la dieta con inclusión de nano partículas de óxido de zinc a 90 mg y zeolita al 4% en la alimentación si logra generar un efecto positivo en la calidad física del huevo en gallinas en un sistema libre de jaula.

Estudios recientes demuestran que la adición de zeolita mejora la producción de huevo debido a que ayuda a combatir el estrés lo que provoca no solo una caída en la postura si no que afecta la calidad del huevo por deficiencia de aprovechamientos de los nutrientes (Abdul Mateen et al., 2023). Además, un estudio realizado demostró que el uso de la clinoptilolita frente a un grupo control mantuvo un aumento del 18% de producción de huevo con una mayor calidad de las mismas (Yu et al., 2020).

Elsherbeni et al. (2024), demostró que el uso de la inclusión de zeolita en una proporción de 20 g en el alimento y 2 kg/m<sup>2</sup> en cama, obtuvieron un mayor peso del huevo comparados con los otros grupos experimentales los cuales son similares nuestros resultados utilizando zeolita a un 4% y 90 mg de nanopartículas de óxido de zinc.

Por otro lado, la adición de nanopartículas de óxido de zinc (80 mg/kg) si influyo en la calidad del huevo, pues esta demostró un mayor peso del producto como también una mayor calidad en el grosor del cascaron con la adición de NPs-ZnO, en comparación con el grupo control (M. Abedini et al.,2017).

Kavan et al. (2013) informo que la adición de zeolita a un 3 % proporciono una ganancia de peso del huevo y el grosor del cascaron referente al grupo control, tomando en cuenta el tipo de zeolita a utilizar, lo cual concuerda con los datos de este experimento que mejoro el grosor del cascarón respecto al grupo control.

El uso de las zeolitas (clinoptilolita) demostró un aumento en el peso del huevo integro mientras que la parte interna también mostro un efecto positivo, pues en ella demostró una ganancia de peso en la albumina y yema de huevo de gallina, estudio en el cual se utilizó la zeolita a una dosis del 10 % (Collazo García, 2010), aditivos como lo son los aluminosilicatos le da un plus en peso de la yema pues al aumentar el peso del huevo integro esta también influye en los otros componentes del huevo(A. Molnár, 2017), contrario a nuestros hallazgos donde no hubo efecto en la inclusión de zeolita y nanopartículas de oxido de zinc respecto al grupo control.



## **VIII. CONCLUSIÓN**

En este trabajo se puede concluir que el uso de aditivos y minerales como la zeolita y nanopartículas de óxido de zinc (NPOZn), puede tener efectos positivos sobre el peso del huevo, peso del cascarón, grosor de cascarón y las unidades Haug del huevo en un sistema libre de jaula. Se recomienda seguir realizando investigaciones respecto al uso de estos aditivos y minerales para mejorar la calidad física del huevo en los sistemas de producción alternos.

## IX. LITERATURA CITADA

- A. Molnár, J. Z. J. B. y E. D. (2017). *EXTENDIENDO EL CICLO DE PUESTA DE LAS GALLINAS PONEDORAS*. [www.ingenieriaavicola.com](http://www.ingenieriaavicola.com)
- Abbasi, M., Dastar, B., Afzali, N., Shams Shargh, M., & Hashemi, S. R. (2017). Zinc requirements of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) by assessing dose- evaluating response of zinc oxide nano-particle supplementation. *Poultry Science Journal*, 5(2), 49–61. <https://doi.org/10.22069/psj.2017.13227.1262>
- Abdul Mateen, S. Z. D., Sheikh, G. G., Sahib, Q. S., & Reshi, P. A. (2023b). Impact of Dietary Inclusion of Organic Zinc and Chromium on Physiological Response of Broiler Chickens Exposed to Cold Stress. *Poultry Science Journal*, 11(2), 169–179. <https://doi.org/10.22069/psj.2023.20403.1838>
- Cahyadi, M., Fauzy, R., & Dewanti, R. (2019). Egg production traits and egg quality characteristics in black and brown plumage color lines of Japanese quail. *Poultry Science Journal*, 7(2), 179–184. <https://doi.org/10.22069/psj.2019.15778.1371>
- Collazo García, H. (2010). La aplicación de Zeolita en la producción avícola: Revisión. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 1(1), 17–23.
- 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. (2024a). Performance and economic efficiency of laying hens in response to adding zeolite to feed and litter. *Poultry Science*, 103(7). <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103799>
- 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. (2024b). Performance and economic efficiency of laying hens in response to adding zeolite to feed and litter. *Poultry Science*, 103(7). <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103799>
- Espinoza, P. R., & Álava, H. E. (n.d.). *EL USO DE LA ZEOLITA COMO UNA ADICIÓN MINERAL PARA PRODUCIR CEMENTO PUZOLÁNICO*.
- Hantanirina, H. I., Rabearimisa, R. N., Andrianantenaina, N. A. R. R., & Rakotozandriny, J. N. (2019). Indigenous race of hen: Egg physical characteristics and laying performance-case of a family poultry farm in Madagascar. *Poultry Science Journal*, 7(2), 171–178. <https://doi.org/10.22069/psj.2019.16863.1474>
- Kavan, P. B., Shargh, S. M., & Parizadian, B. (2013). Poultry Science Journal Effects of Physical Size of Clinoptilolite on Growth Performance, Serum Biochemical Parameters and Litter Quality of Broiler Chickens in the Growing Phase. In *Poultry Science Journal* (Vol. 2013, Issue 2). <http://psj.gau.ac.ir>

- Lon-Wo, E., Acosta, A., & Cárdenas, M. (2010). *Efecto de la zeolita natural (Clinoptilolita) en la dieta de la gallina ponedora. Su influencia en la liberación de amoníaco por las deyecciones.*
- Maghoul, M. A., Kermanshahi, H., Majidzadeh-Heravi, R., & Javadmanesh, A. (2020). Effects of different levels of date waste vinegar in diet and water on growth performance, gastrointestinal tract morphology, ileal microflora and immune response of broilers. *Poultry Science Journal*, 8(2), 247–257. <https://doi.org/10.22069/psj.2020.18328.1622>
- Mills, A., Maina, A. N., & Kiarie, E. G. (2024). Comparative responses of Lohmann Select Leghorn-lite and Shaver Heritage White Leghorn hens when fed diets containing fine and coarse oat hulls. *Canadian Journal of Animal Science*, 104(3), 346–355. <https://doi.org/10.1139/cjas-2024-0005>
- Mohd Yusof, H., Abdul Rahman, N., Mohamad, R., Zaidan, U. H., Arshad, M. A., & Samsudin, A. A. (2023). Effects of dietary zinc oxide nanoparticles supplementation on broiler growth performance, zinc retention, liver health status, and gastrointestinal microbial load. *Journal of Trace Elements and Minerals*, 4, 100072. <https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2023.100072>
- Mumpton, F. A., & Fishman, P. H. (1977). The application of natural zeolites in animal science and aquaculture. *Journal of Animal Science*, 45(5), 1188–1203.
- Muñoz-Echeverri, L., Campo-Avenidaño, D., Hoyos-García, M., Obregón-Velázquez, M., Muñoz-Vergara, J., & Giraldo-Correa, G. (2021). Síntesis verde de nanopartículas de ZnO con actividad antibacteriana para funcionalizar textiles de algodón. *Informador Técnico*, 85(2). <https://doi.org/10.23850/22565035.3645>
- Muthusamy, M., Nagarajan, M., Karuppusamy, S., Ramasamy, K. T., Ramasamy, A., Kalaivanan, R., Thippicettipalayam Ramasamy, G. K. M., & Aranganoor Kannan, T. (2024). “Unveiling the genetic symphony: Diversity and expression of chicken IFITM genes in Aseel and Kadaknath breeds.” *Heliyon*, 10(18). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37729>
- Nandhini, J., Karthikeyan, E., Sheela, M., Bellarmin, M., Gokula Kannan, B., Pavithra, A., Sowmya Sri, D., Siva Prakash, S., & Rajesh Kumar, S. (2024). Optimization of Microwave-Assisted Green Synthesis of Zinc oxide nanoparticles Using *Ocimum americanum* and *Euphorbia hirta* Extracts: In Vitro Evaluation of Antioxidant, Anti-inflammatory, Antibacterial, Cytotoxicity, and Wound Healing Properties. *Intelligent Pharmacy*. <https://doi.org/10.1016/j.ipha.2024.09.003>
- Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. (2014). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017783013>
- Reza Hashemi, S. (2014). Poultry Science Journal Meat Quality Attributes of Broiler Chickens Fed Diets Supplemented with Silver Nanoparticles Coated on Zeolite. *Online) Poultry Science Journal*, 183(2), 183–193. <http://psj.gau.ac.ir>

- Sastre Gallego. (2002). *Lecciones-del-huevo-completo*.
- Suarez-Diéguez, T., Ay, B.-M., -López, G., Mercado-Monroy, J., & Le, T.-O. (n.d.). *Beneficios a la salud de sus componentes funcionales y nutricionales del huevo*.  
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ICSA/article/download/706/3765?inline=1>
- UNA. (2022). *Unión Nacional de Avicultores*. <https://una.org.mx/indicadores-economicos/>
- Vlaicu, P. A., Untea, A. E., Lefter, N. A., Oancea, A. G., Saracila, M., & Varzaru, I. (2024). Influence of rosehip (*Rosa canina* L.) leaves as feed additive during first stage of laying hens on performances and egg quality characteristics. *Poultry Science*, 103(9).  
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103990>
- Yang, Y., Shu, X., Javed, H. U., Wu, Q., Liu, H., Han, J., & Zhou, H. (2024). Dietary supplementation of Poly-dihydromyricetin-fused zinc nanoparticles alleviates fatty liver hemorrhagic syndrome by improving antioxidant capacity, intestinal health and lipid metabolism of laying hens. *Poultry Science*, 104301. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104301>
- Yazmín Mendoza Rodríguez, Y., de Jesús Brambila Paz, J., Jaime Arana Coronado, J., Ma Sangerman-Jarquín, D., & Nery Molina Gómez, J. (2016a). 6 14 de agosto-27 de septiembre. In *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (Vol. 7).
- Yazmín Mendoza Rodríguez, Y., de Jesús Brambila Paz, J., Jaime Arana Coronado, J., Ma Sangerman-Jarquín, D., & Nery Molina Gómez, J. (2016b). 6 14 de agosto-27 de septiembre. In *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (Vol. 7).
- Yin, L., Wang, X., Zhang, D., Lin, Z., Wang, Y., Yu, C., Jie, H., Xu, F., Yang, C., & Liu, Y. (2024). The proteome and metabolome changes distinguish the effect of dietary energy levels on the development of ovary in chicken during sexual maturity. *Poultry Science*, 103(12).  
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104495>
- Yu, Q., Liu, H., Yang, K., Tang, X., Chen, S., Ajuwon, K. M., Degen, A., & Fang, R. (2020). Effect of the level and source of supplementary dietary zinc on egg production, quality, and zinc content and on serum antioxidant parameters and zinc concentration in laying hens. *Poultry Science*, 99(11), 6233–6238. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.029>