

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



Efecto del uso de nano zinc en diferentes concentraciones + zeolita en la dieta de aves
de la línea Rhode Island Red sobre los metabolitos sanguíneos

Por:

Arael Reyes Corneliz

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Noviembre 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL
Efecto del uso de nano zinc en diferentes concentraciones + zeolita en la dieta de
aves de la línea Rhode Island Red sobre los metabolitos sanguíneos

Por:


Arael Reyes Corneliz

TESIS


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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA


Aprobada por:



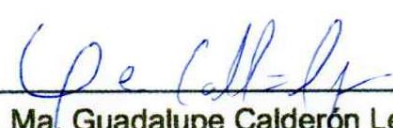
Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Presidente




MC. Julieta Ziomara Ordoñez Morales
Vocal



Dr. Oscar Angel García
Vocal



Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva
Vocal suplente



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

Torreón, Coahuila, México
Noviembre 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Efecto del uso de nano zinc en diferentes concentraciones + zeolita en la dieta de aves de la línea Rhode Island Red sobre los metabolitos sanguíneos

Por:

Arael Reyes Corneliz

TESIS


Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Asesor Principal



MC. Julieta Ziomara Ordoñez Morales
Coasesor



Dr. Oscar Angel García
Coasesor



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



Torreón, Coahuila, México
Noviembre 2025

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar manifestando mis más sinceros agradecimientos a mi asesora principal de tesis la MC. **Julieta Ziomara Ordoñez Morales** que debido a su experiencia, paciencia y constante apoyo fueron fundamentales para la realización de este proyecto.

Agradezco a **mi Dios** por concederme salud y vida durante mi estancia y por cada oportunidad de aprendizaje que puso en mi camino con grandes personas.

Agradezco a la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna** por el invaluable apoyo hacia mi formación académica y toda la comunidad universitaria por su gran compromiso con la excelencia y propiciar las herramientas necesarias para formar buenos profesionistas.

Un sincero agradecimiento a todos mis **Amigos y Compañeros** que me acompañaron en los momentos de estrés, así como también de alegría durante este largo y retador camino. Cada uno ha contribuido a mi fortaleza y ánimo de una manera u otra, su confianza, soporte y apoyo han sido invaluable.

Finalmente agradezco a todos los **Colegas y Colaboradores** que se hicieron presentes participando en dicha investigación. Su gran ayuda en la recopilación de datos, valiosos comentarios y revisión de mi trabajo enriquecieron esta labor. Esta tesis es el resultado de un esfuerzo colectivo y la colaboración fue crucial para su realización.

DEDICATORIA

A ti **DIOS** que me brindaste la oportunidad de salir adelante y por la resiliencia en este gran trayecto que me dejó grandes enseñanzas.

A mis **PADRES** que me dieron la vida y han estado conmigo como también apoyado en todo momento. Gracias por todo papa y mama por darme una carrera profesional y sobre todo por creer en mí a pesar de las dificultades que se han presentado a lo largo del camino siempre me apoyaron y brindaron su motivación por todo esto y más les agradezco de todo corazón el que estén conmigo a mi lado.

A mis **TIOS** por su gran apoyo incondicional que siempre me inculcaron el estudio gracias por sus consejos y que todo esfuerzo tiene su recompensa.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ABREBIATURAS y SÍMBOLOS	vi
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivo específico	3
III. HIPÓTESIS	3
IV. REVISION DE LITERATURA	4
4.1 Formación del huevo	4
4.1.1 Ovario	4
4.1.2 Oviducto	5
4.1.3 Infundíbulo	6
4.1.4 Magnum	6
4.1.5 Istmo	7
4.1.6 Útero	7
4.1.7 Vagina	8
4.2 Características del huevo	9
4.3 Aditivos para mejorar la calidad del huevo	13
4.4 Sistemas de producción en aves de postura	15
4.4.1 jaula convencional	15
4.4.2 jaulas enriquecidas	16
4.4.3 Sistema aviario o libre de jaula	17
4.4.4 sistema al aire libre y orgánico	17
.....	18
4.5 Zeolita	18
4.6 Propiedades de la zeolita	20
4.7 Energía en gallinas de postura	21
4.8 Glucosa en aves de postura	23
4.9 Proteínas en gallinas postura	24
V. MATERIALES Y METODOS	25
5.1 Ubicación	25

5.2 Manejo de animales	25
5.4 Manejo de la dieta	26
5.5 Toma de muestra para glucosa y proteína	26
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	27
VII. CONCLUSION.....	31
VIII. LITERATURA CITADA	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Formación del huevo (Imagen tomada de Parámetros productivos y Reproductivos en gallinas (GARCÍA, 2021).	9
Figura 2. Imagen tomada y modificada de evaluación no destructiva de la fertilidad de los huevos de gallina (Adegbenjo et al., 2020)	12
Figura 3. Diferentes tipos de sistemas de producción. Tomada y modificada de la relación entre la calidad de los huevos y los sistemas de alojamiento de las gallinas (Pires et al., 2021).....	18
Figura 4. Analizador de química clínica Hlab 100.....	26
Figura 5. Efecto del uso de nanopartículas de óxido de zinc y zeolita, sobre los niveles de glucosa en sangre de gallinas de postura de 20 a 40 semanas de edad, en un sistema libre de jaula.....	27
Figura 6. Efecto del uso del uso de nanopartículas de óxido de zinc y zeolita, sobre los niveles de proteína total en sangre de gallinas de postura de 20 a 40 semanas de edad, en un sistema libre de jaula ($P \geq 0.05$).	28

ABREVIATURAS y SÍMBOLOS

Cuadro de símbolos y abreviaturas.

Símbolo/Abreviatura	Español	Inglés
Si ₄	Ion Silicato	Silicate ion
Al ₃	Ion Aluminio	aluminum ion
GLUT4	Transportador de glucosa	glucose transporter
NPs ZnO	Nanopartículas de óxido de zinc	Nanoparticles zinc oxide
AGPI	Acidos grasos Poliinsaturados	polyunsaturated fatty acids
Zn	Zinc	Zinc
MOS	Manano-ligosacárido	mannan-ligosaccharide
Ozn	Zinc organico	organic zinc
ZnMet	Metionina de zinc	Zinc methionine
G	Gramos	grams

RESUMEN

El propósito de este experimento fue evaluar la inclusión de nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO) en diferentes concentraciones + zeolita (como vehículo) integrándola en la dieta de aves de postura de 20 a 40 semanas de edad de la línea Rhode island red sobre los parámetros de glucosa y proteína total en la sangre de las aves alojadas dentro de un sistema libre de jaula. Para el experimento se adquirió un lote de 300 aves, las cuales fueron divididas en 3 grupos al azar y cada grupo contaba con 100 aves de la misma estirpe, se formaron 4 grupos ($r=4$) de 25 c/u. Para llevar a cabo la dieta de las aves, al grupo (G60) consistió en incluir 4.8 gramos (g) de zeolita combinado con 60 ppm de NPs ZnO, el grupo (G30) también se le suministro el mismo porcentaje de zeolita solo que con la variación de 30 ppm de NPs ZnO, para el caso del grupo control (GC) solo tuvo una dieta basal sin tratamiento. En los resultados obtenidos no se encontraron diferencias estadísticas ($p \geq 0.05$) sobre los metabolitos sanguíneos entre los grupos tratados con nanopartículas de óxido de zinc (30 y 60 ppm de NPs ZnO) + zeolita y control. Los valores de glucosa y proteína total en sangre fueron los siguientes: G60 (201.4), 630 (200) y GC (201.2) g/dL & G60 (6.2), G30 (6.1) y GC (6.2) g/dL. Por lo tanto, se concluye que es necesario continuar realizando más investigaciones utilizando diferentes inclusiones que puedan impactar positivamente sobre estos parámetros evaluados.

Palabras clave: Nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO), Zeolita, Aves de postura, Proteína total, Glucosa

I. INTRODUCCIÓN

La avicultura es una de las actividades pecuarias con mayor presencia en el sector avícola. Una de sus particularidades radica debido a que sus formas de producción responden a las necesidades de la canasta básica además de tener un gran impacto económico tomando en cuenta las demandas del mercado ya que en diversas ocasiones muchos autores destacan la importancia dentro de la avicultura en el mercado. En base a una revista mexicana consultada acerca de la producción nacional, México produce el 3% de huevo y 3.5% de la producción de carne de pollo en toda la producción a nivel global, siendo este el 4° lugar de producción mundial y el segundo en Latinoamérica por detrás de Brasil (Camacho-Escobar *et al.*, 2011). Actualmente, la avicultura enfrenta el gran reto de la inocuidad sanitaria ya que las enfermedades que afectan a las aves continúan siendo un gran riesgo importante para el sector y esto no solo significa la mortalidad que genera si no por los altos costos de tratamiento, decomisos y diversas consecuencias económicas para este sector (Santos *et al.*, 2021). En base a esto, los primeros reportes fueron encontrados por Mumpton y Fishman en el año de 1956 ya que mencionan que la zeolita es un mineral aluminosilicato con estructuras cristalinas que han aportado mucho no solo a la industria avícola, si no también en producción pecuaria gracias a sus efectos favorables naturales (Mumpton & Fishman, 1977). También se ha visto que el efecto de la zeolita en la producción avícola de acuerdo a la dieta en base a las tasas de consumo de alimento tiene una variación en los efectos de este mineral sobre la eficiencia alimenticia ya que suelen reducir la velocidad de paso en el intestino y la inmovilización de enzimas. debido a su influencia en la microflora del intestino (Petunkin, 1991). Por lo anterior, el metabolismo de glucosa en las aves tiene relación directa con la hormona insulina la cual ejerce una función anabólica y esto se puede ver reflejado en el desarrollo y crecimiento de las aves, en particular en las de postura (Osorio *et al.*, 2016). Por otro lado, se conocen algunos coadyuvantes para mejorar la eficiencia alimentaria. Una de las nanopartículas metálicas (NPS) elaboradas mundialmente son las nanopartículas de óxido de zinc que estadísticamente ocupa el tercer lugar de las más utilizadas a nivel mundial gracias a sus características de gran área superficial, forma, alta eficiencia catalítica

y fuerte capacidad de absorción. Este se puede añadir como suplemento alimenticio en diferentes formas para poder mejorar la eficacia de los oligoelementos, la calidad de la cascara, desarrollo óseo, estado antioxidante y los parámetros bioquímicos sanguíneos de las aves (Abou–Ashour *et al.*, 2023). Cabe mencionar que la proteína constituye uno de los indicadores más importantes en la sangre, en la actualidad se han descubierto más de 150 proteínas totales en suero. No obstante también se pueden obtener resultados proteicos de la sangre a partir de las concentraciones de proteína total, globulinas, albumina, naturaleza de su proporción y el valor del coeficiente proteico está estipulado que la especificidad de los procesos metabólicos influye y llega a determinar la productividad de las aves de postura (Harlap *et al.*, 2021). Aún se desconoce el efecto que tiene la zeolita combinada con nano partículas de óxido de zinc (NPs ZnO) sobre los parámetros de glucosa y proteína total, por lo tanto, se planteó evaluar su efecto sobre estos metabolitos.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la inclusión de nano partículas de óxido de zinc (NPs ZnO) en diferentes concentraciones + zeolita en la dieta de aves de postura alojadas en un sistema libre de jaula de la línea Rhode Island Red sobre los parámetros de glucosa y proteína en sangre.

2.2 Objetivo específico

Determinar los metabolitos sanguíneos de glucosa y proteína en base a los diferentes tratamientos para evaluar la efectividad de nano partículas de óxido de zinc (NPs ZnO) + zeolita.

III. HIPÓTESIS

La inclusión de nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO) en diferentes concentraciones + zeolita en la dieta mejorará los parámetros de algunos metabolitos sanguíneos como glucosa y proteína total en aves de postura de la línea Rhode Island Red en un sistema libre de jaula.

IV. REVISION DE LITERATURA

4.1 Formación del huevo

En las gallinas de postura el producto (huevo) se forma a partir del vitelo (yema) que atraviesa el oviducto, el cual está constituido por el: infundíbulo, el magnum, el istmo, glándula de la cáscara, útero, vagina y la cloaca. Debido a la ausencia de un ovario derecho estas tienen más desarrollado el ovario izquierdo y esta tiende a ovular descendiendo un folículo maduro y este pasa a través del infundíbulo en un tiempo estimado de 15 a 30 minutos, posterior a esto la fertilización ocurrirá en el infundíbulo si es que se aceptó la copula o apareamiento correcto. Después el folículo ingresa al magnum y aquí se queda envuelto en clara de huevo durante un tiempo de 2 a 3 horas. La cascara del huevo y su membrana se depositan en el istmo junto con ella también la cascara en un tiempo estimado de 1-2 horas y esta se puede prolongar de 18-20 horas, pasado una vez esto el huevo se deposita en la vagina, aquí es donde se prepararán todas las sustancias para engendrar una nueva vida, después de haber pasado 21 días de incubación este será apto para atravesar la cascara del huevo si se cumplen las condiciones ideales (Gong *et al.*, 2023).

4.1.1 Ovario

El ovario es un órgano en forma de racimo de uva en gallinas de postura, la cual está situada sobre el pulmón y el riñón. En el caso de la gallina adulta es de tamaño variable y aquí se llegan a formar más de 1500 folículos (folículo ovárico de Graaf). De todos estos folículos embrionarios solo alrededor de 320 llegan al desarrollo en el caso de las gallinas llegan a producirse durante el ciclo productivo y tienden a medir los 40 milímetros de diámetro para ser expulsado al infundíbulo el cual es el primer segmento del oviducto (Chuquimia Pinto, 2024).

La formación del producto de las aves de postura (huevo) supone un gran esfuerzo fisiológico por parte de la gallina ya que esta deposita alrededor de: 7.7 gramos de proteína, 40 g de agua, 2 g de calcio, 7 g de lípidos entre otros durante el ciclo de producción. La gallina de postura generalmente hablando en cuanto a la variedad de estirpes que existen cumplen con su madurez sexual a las 20 semanas de edad.

Aunado a esto, la ovoposición la cual es el proceso mediante el cual las aves de postura ponen los huevos se va formando gradualmente de 24 a 26 horas para que la producción de huevo sea el correcto. Además influyen diversos factores como la genética, el ambiente, la nutrición y el fotoperiodo, Para tener una buena calidad del huevo debe establecerse un manejo adecuado ya que cualquier percance que sufra este proceso se verá reflejado directamente en el producto (De Cristofaro, 2017).

4.1.2 Oviducto

Al momento de la eclosión más de 12,000 ovocitos están presentes, pero, así como en otras especies solo un pequeño porcentaje alcanzara la madurez por lo tanto la producción casi diaria de un ovulo por parte de una gallina ponedora solo es posible por el desarrollo simultaneo de una serie de folículos en el ovario izquierdo. Durante el proceso de la ovulación durante las primeras 4 horas la albumina o también conocida como la clara del huevo se forma en la región más excretosa y larga del oviducto, durante el proceso la masa vitelina es capturada por un extremo abierto al cual se le conoce como oviducto (Bain *et al.*, 2016)

En la formación del huevo debemos de reconocer las partes del oviducto, este órgano de la gallina es un túbulo muy enrollado por lo cual se han reconocido cinco divisiones principales: El infundíbulo (embudo), la albumina, el istmo, la vagina y el útero. La albumina solo es una parte o componente de la clara del huevo que se secreta en esta región, es considerable la evidencia que influye en las causas de la ovulación y hay observaciones que mencionan que el agarre del folículo por el infundíbulo es algo incidental y esta no es necesaria para la ovulación ni siquiera para orientar el ovulo por su paso al oviducto (Warren & Scott, 1935).

En el ave de postura adulta el infundíbulo en conjunto con los otros órganos recibe el ovulo del ovario y estos propician el ambiente biológico para que se dé la formación y también la posible fertilización del ovulo. Al mismo tiempo que la yema pasa por el oviducto, el calcio se sedimenta sobre el útero formando así una cascara de huevo endurecida (Sah & Mishra, 2018).

4.1.3 Infundíbulo

El infundíbulo es el primer segmento del oviducto, la cual se divide en dos porciones una de ellas constituye una parte que viene siendo el embudo la cual consta de paredes delgadas que se abre hacia el cuello en un plano tubular de paredes gruesas la cual viene siendo la segunda parte (Khanam *et al.*, 2023). Este tiene un rol importante durante la transferencia del ovulo, la parte caudal está formada por grupos de glándulas magnum mientras que la parte craneal de la mucosa infundibular está formada por pliegues longitudinales revestido por epitelio ciliado. Este segmento está formado por 4 capas las cuales son: túnica muscular, túnica serosa, túnica submucosa y propia submucosa (Sukhadeve *et al.*, 2019). En las aves de postura encierra todo lo que es el ovario, el ovulo en este órgano del ave permanece un lapso de tiempo muy breve que prácticamente viene siendo de 15 a 30 minutos en promedio y luego esta desciende al magnum en donde la albumina se deposita a su alrededor, este órgano llamado infundíbulo es también el lugar para cualquier posible fertilización del ovulo (Mishra *et al.*, 2019).

4.1.4 Magnum

El magnum es un órgano largo y flexible del oviducto en gallinas ponedoras este puede llegar a medir entre 53 a 58 cm de largo y de 4.5 a 10 cm de ancho, la pared de esta es relativamente gruesa (Sharaf *et al.*, 2012). Sin embargo presenta pliegues grandes y este a su vez contiene unas glándulas secretoras y cuando este entra en contacto con la yema estas tienden a liberar en los gránulos lisozima, ovomucoide, ovoalbúmina y también ovotransferina las cuales todas en conjunto componen un 80% de albumen (Peralta, 2017). Este órgano es el lugar donde da comienzo la formación de la albumina, así mismo llega a contener altos niveles de proteínas antimicrobianas que actúan como una barrera o sistema de protección química contra la entrada e invasión de patógenos cuando se da el proceso de ovoposición y se adquiere la albumina durante su paso de esta en el segmento magnum del oviducto (Yin *et al.*, 2020). Una vez que se da el momento de la yema ovulada esta atraviesa el magnum en un aproximado de 2 a 3 horas tiempo preciso durante el cual la albumina o clara del huevo se deposita continuamente a su alrededor el 88% de la albumina constituye agua este elemento del huevo

contribuye el 60% o más del peso total del producto y por ende también establece su calidad (Sah *et al.*, 2021).

4.1.5 Istmo

El istmo es otra parte que conforma el sistema reproductivo de la gallina de postura la cual también cumple con una función particular. Esta tiene una membrana de epitelio superficial de células columnares y también cuenta con unas glándulas tubulares que está conformada por gránulos secretores prominentes, estas células forman las fibras de la membrana de la cascara mediante una secreción de fibrillas en la luz. Debido a esto al momento que el ovulo avanza por el istmo primeramente un retículo de fibras finas recubre la albumina. Posterior a esto se depositan fibras apreciablemente más gruesas, ambas membranas tienden a tener fibras normalmente situadas una encima de la otra y paralelas a la capa calcítica (Deeming, 2024). Esta parte del oviducto es la tercera sección o segmento de esta, mide 15 cm de largo esta ligeramente constreñido y presenta dos partes que son el istmo blanco superior y el istmo rojo inferior en la cual se origina la parte interna y externa debido a la constricción que separa el magnum del istmo esta señalada por una línea translúcida y delgada. El huevo en desarrollo permanece en el istmo cubierta por cierta membrana del ovulo en un lapso de tiempo corto en comparación de las otras secciones del oviducto que viene siendo de 60 a 70 minutos para que se dé la formación de la cascara de huevo y el núcleo mamilar (calcio) se secreta a base de los huesos de las gallinas desde la porción inferior se da el proceso de calcificación (Rahman, 2014).

4.1.6 Útero

Aquí en esta penúltima sección que es el útero el ovulo va absorber liquido en la albumina que posteriormente este va a dar lugar a una calcificación en la membrana de la cascara del huevo para posteriormente formar la misma, en el caso de las gallinas que ya han cumplido con su ciclo de producción media estas tienden a tener el útero glandular reducido, atrofia en endometrio, fibrosis entre otras patologías resultado de la producción de huevos constante y esto a su vez disminuye la calidad del producto (Sun *et al.*, 2023). Cuando en esta sección llega finalmente el ovulo se

sigue continuando la hidratación de la clara del huevo la forma ovoide que normalmente conocemos que se presenta en el huevo se debe a que cierta cantidad de agua se bombea o rebobina hacia la concha y sus membranas que está presente el cual provoca un aumento del volumen. El contacto que ejerce el huevo en formación con la pared uterina hace que la formación de la cascara del huevo sea factible este proceso es tardado debido a que deben transcurrir 19 horas, otro proceso importante que se origina en este segmento es la calcificación el cual requiere aproximadamente de 2 a 2.5 g de este mineral por huevo sucesivamente se forman cristales de calcita el cual es una forma estable de carbonato de calcio la formación de cristales crecerá a partir de núcleos mamilares el cual le da una fuerza única a la cascara del huevo una gallina de postura en su pico de producción puede llegar a producir hasta 300 huevos al año por lo cual requiere de una cantidad de 1.8 kg de calcio relativo a su peso corporal (Kaspers, 2016).

4.1.7 Vagina

La vagina tiene una forma sigmoidea y esta conecta desde la glándula cascarogena hasta la cloaca por el cual el huevo es expulsado no muy necesariamente necesita el producto un contacto directo con la vagina debido a que se presenta un prolapso de la parte posterior del útero el huevo en esta sección es expulsado por las fuertes contracciones de la musculatura lisa. En algunos casos el huevo puede llegar a girar 180°C tiempo antes de la expulsión saliendo primeramente la parte roma (Sastre Gallego, 2002). Normalmente en las aves en este caso hablando de gallinas de postura está repleta de pliegues y separada por la glándula de la concha por el musculo del esfínter útero-vaginal (Beulah *et al.*, 2024).

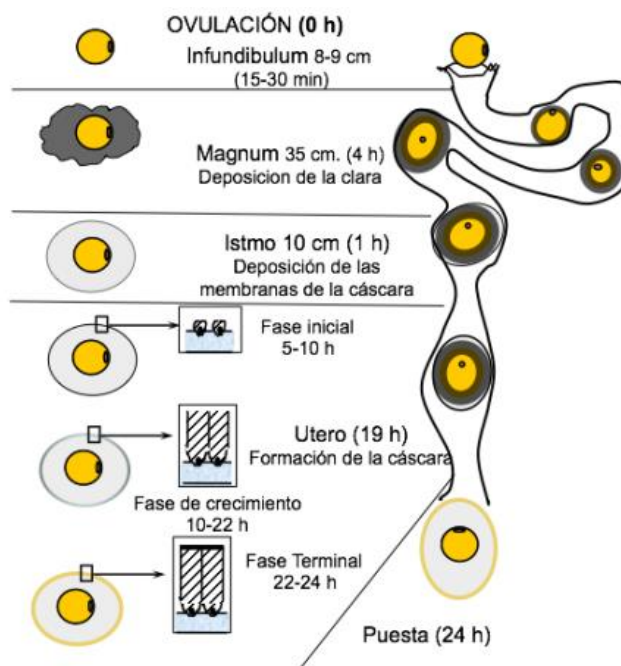


Figura 1. Formación del huevo (Imagen tomada de Parámetros productivos y Reproductivos en gallinas (GARCÍA, 2021).

4.2 Características del huevo

Las características del huevo es un punto importante no solo para el producto, sino que también desde el punto de vista biológico y económico algunas de las que tienen más relevancia son las siguientes: Consistencia del contenido, espesor, porosidad de la cáscara, peso, longitud e índice de forma. En el caso de los consumidores estas características en la calidad del huevo están determinada por otras adicionales a las anteriormente ya mencionadas como lo son: Coeficiente de empaque, calidad de la cáscara, masa, frescura, limpieza, superficie y volumen de igual manera la calidad del huevo incluye otras características y son aspectos relacionados con la cáscara, la albumina y la yema (Sosa-Montes *et al.*, 2022). Cuando nos referimos a los rasgos de la calidad del huevo son cualidades o propiedades de dicho producto que prácticamente repercuten la calidad en general del producto y uno de los principales viene siendo el peso del huevo, los principales contribuyentes que caracterizan el peso del huevo son la cáscara un 11%, albumina en un 58% y la yema con un 31% (Liswaniso *et al.*, 2020). Cuando hablamos del espesor de la cáscara del huevo es una característica funcional asociada en cuanto

a términos de reducción de infecciones bacterianas como una barrera sólida y también interactúa con el intercambio de gases debido a que la cascara es un material poroso (Vieco-Galvez *et al.*, 2021). La cascara del huevo al igual que el espesor es de importancia debido a ciertas razones una de ellas es por que protege el contenido comestible del producto, el otro es por que desempeña un papel importante en la venta de huevos de mesa para que se del consumo directo, las cascara de huevo agrietadas representan una pérdida económica durante su ciclo de producción y de distribución representa del 8% al 11% de la producción total de dicho producto. Sin embargo, el grosor de la cascara del huevo se altera de un punto a otro en toda la superficie, la variación en el espesor de la cascara del huevo del extremo como al más afilado es amplio, mientras que en el plano ecuatorial son pequeñas. El espesor de la cascara del huevo es una de las medidas más importantes para que sea optima la resistencia de la cascara del huevo, este espesor de la cascara del huevo oscila entre los 0,200 mm y los 0,400 mm el indicador del espesor del huevo es una característica importante hasta cierto punto de vista principalmente para la selección o el seguimiento de programas de cría, el transporte de huevos así mismo para abastecer y garantizar un contenido suficiente en calcio en las alimentación de gallinas de postura incluso para la eliminación de la cascara como residuo (Angelovič & Zelenakova, 2024). La longitud del huevo se ve repercutido por el índice de forma del producto y a su vez también el ancho, tiene un factor principal la cual afecta la selección de huevos por parte de los reproductores la longitud juega un papel fundamental en el proceso de la eclosión y que también afecta el crecimiento de los pollitos a su vez también el estado de salud la longitud y ancho de los huevos es un rasgo asociado con el estirper del ave (Ali *et al.*, 2022).

Otra de las características es la porosidad de la cascara del huevo la cual varios autores mencionan que este juega un papel fundamental en el intercambio de gases cuando se da la incubación de los huevos y se ha argumentado que la cascara de huevo regula primeramente el paso del gas dando un ajuste al tamaño y numero de los poros de burbujas (Wang *et al.*, 2024). Debido a que normalmente la porosidad de la cascara del huevo permite el intercambio de gases y humedad con el ambiente

externo por medio de la evaporación durante el almacenamiento. Debido a este intercambio sucesivo afecta la vida útil del producto en razón de que el peso está relacionado con parámetros importantes, el cambio de gases como vapor de agua y dióxido de carbono es producido más rápido en huevos de mayor porosidad lo cual induce a cambios en las estructuras macromoleculares del interior del producto y en consecuencia de esto disminuye su calidad (Cortés-Ramírez *et al.*, 2024). Al momento de preparar los huevos para su incubación es necesario evaluar todas las características ya mencionadas pero otra de ellas que tiene un punto de importancia es el índice de forma de acuerdo a ciertos indicadores controlados más importantes, la calidad de los huevos su grado de cumplimiento en la norma y otros requisitos están determinadas por un conjunto de características y por ende la evaluación de la calidad del huevo es el primer paso necesario para poder así lograr una incubación exitosa (Batanov *et al.*, 2024). El índice de forma del huevo o (SI), se denomina como la relación como la relación entre el diámetro largo del huevo y el diámetro corto en un aproximado de 15 a 16, en el caso de los huevos con un índice de forma alto serán polluelos hembras en el caso de los huevos con un índice de forma bajo serán polluelos machos normalmente los huevos salen de dos tipos de forma ovalada y de forma puntiaguda (Kayadan & Uzun, 2023). Los rasgos cualitativos del huevo se caracterizan normalmente por una variación y está fijada por diversos factores entre ellas las condiciones genotípicas, físicas, fisiológicas, su estado nutricional, edad, ciclo de producción, la condición del ave es un punto clave y de igual manera el entorno como del mismo modo el sistema de alojamiento en el que se mantienen. La edad de las gallinas de postura, así como un ciclo de producción de 80 semanas afectan la calidad del huevo en gran medida se ve más reflejado en la calidad de la cascara la cual tiene más relevancia en pérdidas de la producción (Nowaczewski *et al.*, 2021). Como se mencionó anteriormente el huevo está formado por albumina, yema y cascara. La albumina se caracteriza por estar compuesta por 88% de agua, 0.8% de minerales, 0.2% de lípidos y la yema a su vez comprende un 48% de agua, 32.5% de lípidos, 2% de minerales y 17.5% de proteínas. Los lípidos que se originan en la yema de este producto se dan normalmente por los aceites que aporta el alimento en su consumo este proporciona

un papel crucial tanto en la calidad del producto como también a su vez en el rendimiento de la producción el ácido linoleico es uno de los principales pilares para el aumento del peso de yema y a su vez del huevo (Gao *et al.*, 2021). La característica y calidad interna del huevo depende del recuento y composición de: nutrientes, minerales, carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas, ácidos grasos insaturados y también fosfolípidos (Zita *et al.*, 2022). Una de las características en el caso de la cascara del huevo es que cuando se deriva de gallinas enjauladas esta tiende a ser una capa más delgada y en el caso derivado de gallinas libres estas tienden a tener una capa más gruesa todo esto dependiendo de la percepción del consumidor, la membrana de la cascara del huevo tiene una importante relevancia debido a que esta proporciona la base de la cascara y a su vez protege de invasiones microbianas (Kocetkovs *et al.*, 2022).

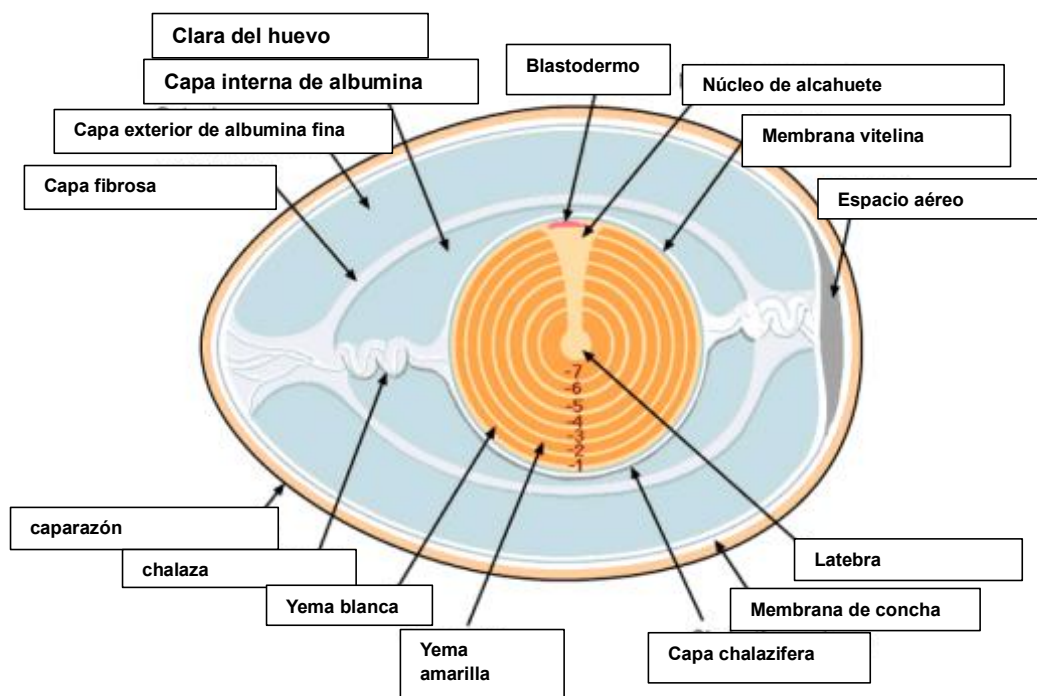


Figura 2. Imagen tomada y modificada de evaluación no destructiva de la fertilidad de los huevos de gallina (Adegbenjo *et al.*, 2020)

4.3 Aditivos para mejorar la calidad del huevo

Durante la etapa inicial de una gallina de postura una nutrición completa y optima prácticamente es esencial para así poder garantizar un rendimiento solido a su vez una alta calidad del producto que en este caso es el huevo durante la vida productiva de la gallina. Durante este ciclo las aves ponedoras jóvenes tienden a experimentar un cambio fisiológico en el cual se incluye el desarrollo del tracto reproductivo para dar inicio posteriormente a la producción de huevos, es aquí donde se basa una alimentación adecuada para sostener estos procesos fisiológicos y poder tener una productividad factible. Cuando nos referimos a una nutrición óptima para las gallinas ponedoras jóvenes se hace referencia a un principal punto clave que son los aditivos alimentarios que se propician con las dietas convencionales (Vlaicu *et al.*, 2024).

El principio de aditivos alimentarios como lo son los ecológicos y otros seguros de resultados naturales como probióticos, prebióticos, oligoelementos, fitobioticos, también como los minerales orgánicos y vitaminas en las dietas de las gallinas de postura todas estas suministrados en cantidades o raciones viables no solo mejoran la calidad del huevo, sino que también de la albumina. Por otro lado, la calidad de la albumina de cierto modo depende de la secreción de proteínas y aminoácidos de la dieta, por otro lado, aparte de los aditivos existe la necesidad de añadir la dieta de las gallinas ponedoras con ciertos antioxidantes naturales los cuales son más seguros, menos tóxicos y genera una alta biodisponibilidad en comparación con otros antioxidantes sintéticos estos también mejoran la calidad del huevo y es aceptable (Obianwuna *et al.*, 2022).

Los prebióticos son uno de los aditivos alimentarios los cuales pueden mejorar el rendimiento y la calidad del huevo de gallinas de postura con impactos positivos en su rendimiento y su salud general, los prebióticos son unos aditivos alimentarios que no son digeribles pero promueven crecimiento y actividad de microorganismos benéficos como el lactobacillus en el intestino y bifidobacteria con la presencia de estos agregados se induce una mayor digestibilidad y rendimiento de los nutrientes y el huésped (Elkomy *et al.*, 2023).

En muchos países del mundo se ha excluido el uso de antibiótico, promotores de crecimiento o de aditivos artificiales para así poder mantener la atención pública a los estándares en cuanto a la calidad del producto avícola en cuyo caso es el “huevo”, tal es el contexto de otro aditivo implementado en la industria avícola y son los polifenoles el cual vienen siendo micronutrientes naturales y se pueden encontrar en diferentes plantas los polifenoles son fitoquímicos los cuales contribuyen a la salud cardiovascular, antitumoral, anti patógeno, antiinflamatorio, amtmutagenico, antioxidante, antiestrés, inmunomodulador, promotor de crecimiento y por supuesto que en la calidad del huevo tanto externa como interna también mejora la tonicidad del producto y agregarlo de manera adecuada incrementa la producción de huevos también prolonga el tiempo de almacenamiento (Abd El-Hack *et al.*, 2023).

En el caso de los aditivos probióticos estos son conocidos como preparados activos bacterianos y también potenciadores del crecimiento definidos normalmente como microorganismos vivos cuando estas se emplean en cantidades adecuadas contribuyen a beneficios para la salud del huésped esta tiene una extensa gama de especies y los cuales constituyen como géneros de: Bifidobacterium, también lactobacillus, levaduras y cocos gram-positivos tiene efectos secundarios no tóxicos entre otras características. Diversos estudios han demostrado que atribuir con la suplementación de probióticos como aditivo en la alimentación de gallinas ponedoras aumenta la mejora de factores de rendimiento de las aves de postura, incluida su producción de huevos, la calidad del huevo, el índice de la conversión alimenticia, bienestar animal y por ende la resistencia a enfermedades (Xu *et al.*, 2023). Otro mejorador de la salud intestinal y es excepcional para mantener un rendimiento de producción óptimo y el cual también se ha implementado a las dietas de las gallinas de postura como principal estrategia alternando a los antibióticos son los llamados compuestos “fitogenos”. Los aditivos fitogenos son extractos de origen vegetal y se basan normalmente en compuestos bioactivos volátiles y no volátiles estas se derivan de especias y hierbas que estipulando efectos positivos sobre la productividad y salud animal, autores mencionan que sus principales compuestos bioactivos son: terpenoides, aldehídos, ácidos orgánicos, polifenoles y aceites

esenciales se ha divulgado en varias investigaciones que son viables para incrementar y mejorar el rendimiento de la postura y a su vez la calidad del huevo (Sharma *et al.*, 2020).

4.4 Sistemas de producción en aves de postura

En México existen tres diferentes sistemas de producción y caracterizados por su nivel tecnológico los cuales son: sistema de patio trasero, tecnificado y el semitecnico. La diferencia de estos sistemas se va ver influenciado por el nivel de actualización que aborda cada una (Estrada-González *et al.*, 2020).

Un contraste del bienestar animal es que entre diferentes sistemas que hay de alojamiento para los animales y no solo en aves de postura esta ideología no se basa únicamente en poder tener la libertad de realizar los comportamientos más normales, sino que también evaluar la salud y el comportamiento de los animales como por ejemplo en gallinas de postura a base de un análisis cualitativo del comportamiento son puntos a favor también importantes, ciertos indicadores que expresan los animales pueden llegar a ser preferibles a los indicadores plasmados en recursos. Los sistemas de producción también utilizan sistemas en jaulas o sin jaulas normalmente dado a que en los últimos años se han implementado nuevos sistemas y en gran escala sobre sistemas más intensivos en conjunto el avance o desarrollo de la industria avícola se ve influenciado o potenciado por la tenacidad de los consumidores y de la misma industria teniendo así en cuenta la representación en torno a los sistemas más adecuados o de elaboraciones resultantes el cual es una circunstancia importante para la implementación y el progreso de sistemas de mayor bienestar, dependiendo del tipo de sistema se verá reflejado en la calidad del producto (He *et al.*, 2022).

4.4.1 jaula convencional

El sistema de jaulas convencionales es un sistema relevante y mantener dichas gallinas de manera convencional se ha extendido más allá de Europa a países como nueva Zelanda, Australia, Canadá, Estados unidos. En razón al gran reconocimiento del comportamiento y la extrema restricción espacial que estas aulas ofrecen a las gallinas lo que muchas veces propicia su ventaja en términos de higiene y reducción

de la exposición a ciertos organismos causantes de enfermedades (Weeks *et al.*, 2016). Este es uno de los sistemas de alojamiento para aves de postura más conocido, se implementaba más ampliamente en el pasado este tipo de sistema de producción tiene como finalidad la cría de gallinas ponedoras en jaulas pequeñas y propicia la eficiencia en la recolección de los huevos y espacio limitado para el movimiento (Zinca *et al.*, 2024). De tal manera que en respuesta al crecimiento de producción y los niveles de vida los sectores aviarios han aumentado sus niveles de rendimiento para así poder satisfacer las necesidades y la demanda mundial de alimentos como bien se mencionó el sistema de alojamiento en aulas convencionales es muy común verlas que una de sus principales ventajas es incrementar la población de gallinas alojadas en pequeñas áreas y esta llega a representar hasta el 90% de la producción mundial de huevos, en los sistemas convencionales la densidad permitida es de normalmente seis a nueve aves por m² en este tipo de sistema (Rodríguez-Hernández *et al.*, 2024).

4.4.2 jaulas enriquecidas

En el sistema de crianza para jaulas enriquecidas se demuestra con jaulas provistas de perchas, cajas nido, lijas, y un espacio relativamente mayor para cada ave en relación al espacio previsto en jaulas convencionales (Pires *et al.*, 2021). En el supuesto de que las jaulas enriquecidas tienden a ofrecer más altura y espacio a comparación de las jaulas convencionales estas están equipadas con ciertos dispositivos y satisface las necesidades naturales de las gallinas de postura como por ejemplo: cajas nido, un área de arena que permite bañarse y rascarse en polvo así también cuenta con perchas en base a datos recientes de la unión europea para el año 2019 el 47.8% de las gallinas de postura se sustentaron en jaulas enriquecidas, el 17% al aire libre, el 29.3% en sistemas de aviario y granero mientras que el 5.9% en proporción de alojamiento orgánico (Molnár & Szöllősi, 2020). Las jaulas enriquecidas funcionan como reemplazo de las jaulas convencionales y estas se dieron a conocer o se introdujeron para abordar las soluciones fundamentales acerca de lo que hoy en día ha tomado fuerza no solo en el sector aviario si no en otras especies y nos referimos al bienestar animal. Cada ave de postura tiende a tener un espacio mínimo de 750 cm² para que puedan demostrar su comportamiento

natural diversos estudios han informado sobre un mejor bienestar para las gallinas en jaulas enriquecidas disminuyendo así el estrés, una mejor mineralización ósea, disminución de la agresividad menos picoteo consumo de plumas (Majewski *et al.*, 2024).

4.4.3 Sistema aviario o libre de jaula

El sistema aviario nos habla acerca de varios niveles estructurados dentro de una nave el cual son niveles en manera vertical y estas tiende a tener varios recursos como lo son: perchas, nidos distribuidos, agua, alimento, también cuenta con un piso cubierto con basura, estas en conjunto conforma una alternativa u opción viable particular para este tipo de sistema las aves que se crían en aviarios tienen una mejor producción en general como realizar más movimientos verticales también (Toscano *et al.*, 2024).

Este tipo de sistema está estipulado como uno de los mejores el cual permite el alojamiento de una gran cantidad de aves brindando a las mismas más oportunidades para realizar comportamientos naturales en comparación con otros sistemas bidimensionales en este sistema aviario el ave de postura se le permite realizar comportamientos como por ejemplo posarse, volar y batir las alas. Las aves aviarias en ocasiones tienen las garras más cortas, más anomalías en la quilla, el plumaje más sucio que las aves enjauladas convencionalmente este sistema también se caracteriza por una mayor frecuencia, camas más profundas, interferencias inesperadas, mayor complejidad (Yang *et al.*, 2025).

4.4.4 sistema al aire libre y orgánico

Dentro de la producción al aire libre y orgánica las aves de postura deben de contar y tener acceso continuo durante el día a los corrales al aire libre este tipo de sistema también es importante debido a que proporciona un ambiente que ayuda a mejorar su bienestar y salud, la cría de gallinas ponedoras en libertad se determina por un acceso continuo durante el día al aire libre con al menos 4m² por gallina de espacio abierto (Zoli *et al.*, 2023).

Hablando del sistema de producción libre y orgánico las aves de postura toman decisiones de la manera las natural posible esto de acuerdo con sus necesidades y

deseos esto gira de manera beneficiosa entorno al bienestar animal en el sistema de aire libre varios autores mencionan recientemente que aquí se tiene el acceso al exterior a su vez con los animales salvajes con sus excrementos e infectados este representa un riesgo a las infecciones como lo son el parasitismo (interno y externo) y una de las enfermedades más comunes que por cierto el humano también puede ser portador y se refiere a la salmonella se menciona que mantener así las aves a campo representa cierta dificultad para mantener el alojamiento libre de bacterias o virus. Entorno al sistema orgánico este se basa beneficiosamente para el bienestar la idea aquí es que el huevo producido sea mejor en términos de calidad, investigaciones han planteado que ciertas plantas se pueden implementar para hacer más rentable este sistema (Galamatis *et al.*, 2021).

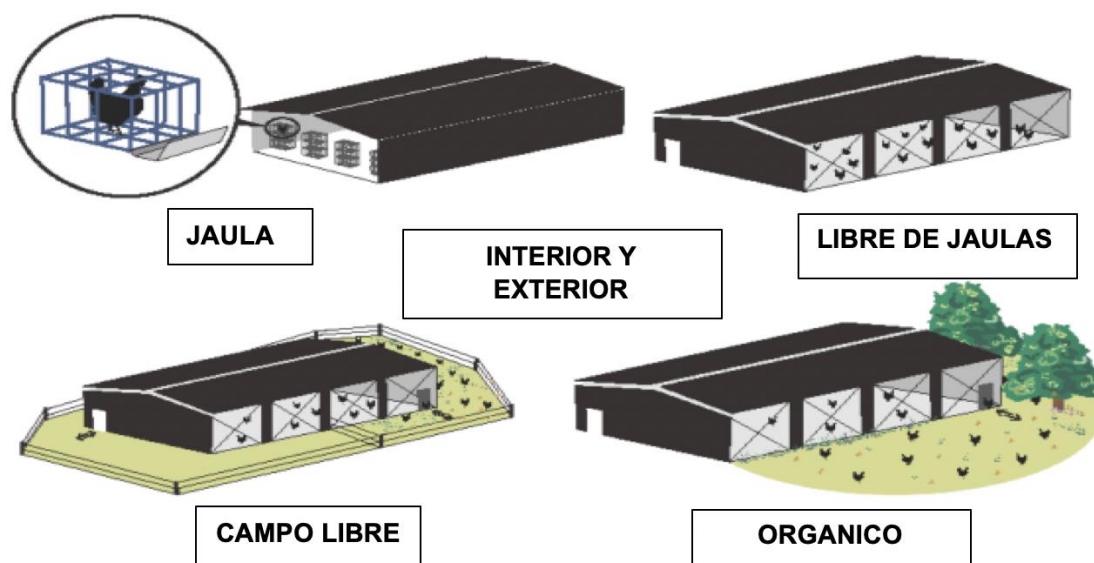


Figura 3. Diferentes tipos de sistemas de producción. Tomada y modificada de la relación entre la calidad de los huevos y los sistemas de alojamiento de las gallinas (Pires *et al.*, 2021).

4.5 Zeolita

La zeolita es de material nanoporoso y también cristalino este cuenta con disposiciones tridimensionales normalmente formadas por: oxígeno, aluminio, átomos de silicio. Existe una alta diversidad de zeolita combinada con un alto número de poros con capacidad de adsorción, estabilidad térmica, selectividad esto

permite el uso de la zeolita en las industrias (Bornes *et al.*, 2021). A la zeolita se le considera un mineral natural y es un tipo de piedra de silicato de aluminio por esto es considerado un material altamente poroso por lo cual se utiliza comercialmente como un catalizador que ayuda a la absorción este importante mineral se produce o se forma por una alteración que se produce en las rocas de volcanes que son ricas en vidrio y su correlación con el agua del mar esto en base a cuando las condiciones favorecen a ciertas temperaturas adecuadas. El término “zeolita” es una palabra del griego que significa “agua que hierve” (Hussein & Areaaer, 2024). Los aluminosilicatos pertenecientes a este grupo de minerales naturales son: analcima, laumontita, mordenita y también la chabazita. Este mineral arcilloso son empleados en múltiples sectores industriales y también agrícolas debido a sus valiosas propiedades apuntando a la producción animal este es normalmente utilizado como aditivos para camas y piensos especialmente por su eficacia en para poder absorber agua, también gases nocivos un ejemplo claro de ello es el amoniaco y micotoxinas además de minimizar la población de insectos dañinos dicho mineral tiene impactos altamente positivos de acuerdo a las condiciones ambientales y su gran relación sobre parámetros de producción los aluminosilicatos pueden beneficiar las características morfométricas, este mineral tiene la versatilidad también de estimular la secreción de enzimas digestivas (Wlaźlak *et al.*, 2024). En virtud de la estructura cristalina de este mineral su función principal es atrapar partículas, tiene cualidades relevantes como el intercambio de una amplia gama de cationes sin modificaciones importantes en su disposición y así poder ganar o perder agua se estima que este mineral también ofrece propiedades inmunorreguladoras y esta no afecta la eficiencia y producción de las aves de postura y se utiliza para muchos tratamientos o dietas en gallinas de postura como de engorda (Elsherbeni *et al.*, 2024). Se han distinguido al menos unos 232 tipos diferentes de zeolita y desde el 2014 hasta la fecha se han descubierto más, hay dos tipos de zeolita naturales y sintéticos en base de cómo se produzcan y cada una tiene ciertas ventajas (Eroglu *et al.*, 2017). Para el caso de las zeolitas sintéticas se ven influenciadas por las propiedades fisicoquímicas en su síntesis para ciertos fines lo más interesante de este tipo de zeolita es que a partir de ciertos residuos

este logra disminuir los costos de producción y resolver problemas de diligencias industriales como también agrícolas. Suele suceder que los residuos de diferentes fuentes pueden utilizarse como indicadores adecuados para la síntesis de zeolita. Por otro lado, hablamos de las zeolitas naturales y estos también son minerales de aluminosilicatos tiende a estar porosos e hidratados y tienen características fisicoquímicas útiles como intercambio catiónico, catálisis, tamizado molecular y sorción debido a las características positivas de este mineral y su impacto generalizado, la zeolita se ha convertido en un tema muy relevante para múltiples investigaciones (Kumari *et al.*, 2024).

4.6 Propiedades de la zeolita

A causa de la zeolita posee estructuras diferenciadas ya que está conformada por canales y grandes espacios libres este mineral posee propiedades características de materiales nanoporosos tienen la suficiencia de absorber y perder agua en cantidades mayores del 30% de su peso seco, su estructura de construcción primaria son el aluminio y tetraedros de silicio que están conectados a átomos de oxígeno comunes. La renovación del catión Si_4^+ en la posición tetraédrica por Al_3^+ van a dar como resultado una serie de electrones por así decirlo una carga negativa comúnmente se compensa con el llamado catión intercambiable. En presencia de canales y cámaras constituidas de manera esquelética en la zeolita se le atribuye una serie de propiedades fisicoquímicas factibles y deseables el cual la transforma en un material con una amplia disposición de aplicaciones, este mineral lo conforman centros tensioactivos con carácter de oxidación-reducción y ácido-base (Kordala & Wyszowski, 2024). Las zeolitas que son sintéticas se procesan mediante desarrollos químicos y lo útil en este tipo de procesos son productos minerales, químicos como también industriales opulentos en contenido de alúmina y sílice. En el caso de estas zeolitas suelen tener unas mejores propiedades que en el caso de las zeolitas naturales como por ejemplo la: gravedad específica, capacidad de intercambio catiónico, porosidad, densidad aparente, tamaño de partícula, adsorción, superficie específica y radio de poro en caso de su preparación esta consta del método hidrotermal por convección, el método de fusión de sal, método hidrotermal por ondas de microondas, este tipo de procesos como ya se

mencionó utiliza diversos productos, temperatura, tiempos de proceso (Längauer *et al.*, 2021). Dentro de sus propiedades más destacadas presentan una estabilidad química y térmica que va de moderada a alta, refiriéndose a términos más generales, las zeolitas de aluminosilicatos térmicamente tradicional son estables hasta 700°C y se pueden diluir hacia bases fuertes y ácidos, estas retienen en parte su cristalinidad al vaporizarse. Para eliminar el aluminio de la estructura el vapor a altas temperaturas es considerado un tratamiento postsintético ya que aumenta su estabilidad y modifica la distribución de efectos siendo el más representativo el desarrollo de un catalizador de craqueo catalítico fluido (FCC), con zeolita y ultra estabilizada. Un ejemplo del estrés mecánico sobre las zeolitas se presenta en la molienda excesiva que puede ocurrir una pérdida total de la cristalinidad. La propiedad más importante de este valioso mineral es su “porosidad estructural” y de la cual depende mucho su función y aplicación como catalizadores además su estrecha distribución del tamaño de los poros los hace útiles para aplicaciones en las cuales está involucrada la selección del tamaño de forma. Por otro lado, sus propiedades químicas que puede adaptarse mediante procedimientos sintéticos o postsintéticos para aplicaciones específicas (Pérez-Botella *et al.*, 2022).

4.7 Energía en gallinas de postura

Normalmente la alimentación de las aves de postura o de corral se compone de una mezcla de varios alimentos como son: grasas y premezclas de vitaminas y minerales, harinas de subproductos animales, harinas de soja y cereales que en conjunto con el agua suministran energía y los nutrientes esenciales para el crecimiento, la salud de las aves, la reproducción y salud de ellas mismas. La energía como tal no es un nutriente más que una propiedad de los nutrientes los cuales producen energía cuando estos se oxidan durante el metabolismo (NRC, 1994). La energía de mantenimiento constituye o es la cantidad esencial para poder mantener al ave viva y trabajando a un nivel primordial manteniendo regulada su temperatura corporal y sus órganos en buen funcionamiento (Lizana, 2024). Esta energía de mantenimiento es requerida en mayor proporción para las gallinas libres de jaula al igual que aquellas que son alojadas en graneros en comparación con los requerimientos de gallinas enjauladas, ya que en estudios realizados en gallinas

que se mantienen en sistemas libre jaula y que están en total libertad en un sistema orgánico o de granero necesitan alrededor de 15% a 10% más de energía complementaria, así mismo se necesitan de ciertos ajustes en los requisitos de energía para los cambios que se lleguen a presentar en cierto momento. Las aves de postura pueden regular su consumo de alimento relacionado con sus necesidades energéticas hasta cierto punto, estas muchas veces reducen su ingesta de alimento cuando se eleva su energía dietética, por otro lado, si la composición energética de la dieta es demasiada baja es menos probable que las aves de postura aumenten su consumo de alimento ideal como para superar el déficit. Durante el tiempo del ciclo de producción las necesidades energéticas de las gallinas de postura continúan constantes (Bryden *et al.*, 2021). Por otra parte, la estimación precisa efectiva de la energía del alimento influye en la selección racional de las materias primas del alimento como la reducción del costo del alimento o la optimización de la formula del alimento, aunque diferentes tipos de pollos ya sea de engorda o de postura en distintas etapas fisiológicas llegan a tener diferentes estados metabólicos y digestivos (Liu *et al.*, 2022). Uno de los ingredientes más comúnmente utilizados son los aceites como fuente de energía aplicables para la dieta y consumo de las gallinas ponedoras y fungen diversos efectos uno de ellos es el de la eficiencia alimenticia, mejorar la palatabilidad, reducir la morbilidad y la inmunidad animal, la porción de aceite añadido al alimento de aves de postura debe de ser disminuida porque las aves de postura tienen un estado fisiológico irrepetible y estas son más propensas a sufrir alteraciones del metabolismo de los lípidos a diferencia de los pollos de engorda una buena proporción de la misma y el tipo de complemento de aceite adecuadamente son sumamente rentables para la producción, la calidad del huevo de las gallinas ponedoras y el metabolismo de los lípidos, asimismo los aceites vegetales se utilizan actualmente en mayor cantidad que los aceites animales en la producción de huevos pero en base a ciertos estudios no se mencionan ciertas diferencias significativas, la energía y los nutrientes que las aves y hablando de otras especies difieren de ciertos parámetros factores como por ejemplo la edad del individuo especie en esta situación los estirpes del mismo modo va a variar dependiendo de la composición química de la grasa y su calidad.

La suplementación energética con el ácido linoleico llega a aumentar más el peso del huevo de manera diferente sin repercutir a la energía metabolizable de la dieta ni el contenido del ácido linoleico, una de las ventajas de los aceites que son vegetales ricos en AGPI es que disminuyen el contenido de grasa del hígado y a su vez alivian el síndrome de hígado graso en las gallinas ponedoras lo que beneficia el metabolismo de los lípidos en las gallinas (Gao *et al.*, 2021). La necesidad de energía en la dieta de las aves de postura esta rigurosamente relacionada con la reproducción y la producción de las mismas, por lo tanto se menciona que la energía es una propiedad significativa de los nutrientes por los carbohidratos y las grasas, la energía también desempeña finalidades importantes en la producción de hormonas esteroidales, así como también el desarrollo folicular (Lu *et al.*, 2024).

4.8 Glucosa en aves de postura

En las aves ya sea de postura o de engorda normalmente esto se centra de manera general debido a la idiosincrasia del individuo o natural las aves tienen concentraciones de glucosa en la sangre que estas vienen siendo casi el doble de los niveles medidos en los mamíferos de tamaño corporal en similitud un patrón de altos niveles de glucosa en la sangre y resistencia a la insulina desencadena ciertas patologías relacionadas con diabetes en mamíferos pero para el caso de las aves no llegan a evolucionar tales complicaciones. Las aves en términos generales aprovechan de altas concentraciones de glucosa en sangre una de las teorías que se ha empleado para poder explicar tal echo es que las aves incluyen en sus niveles altos de glucosa una baja secreción de insulina y a severa una alta secreción de glucagón del páncreas así como también aminoácidos para poder obtener energía, gluconeogénesis en el hígado y los riñones y también subordinación de grasa, se le atribuye consecuentemente la falta de una proteína transportadora en función que es "GLUT4" que está presente en tejidos sensibles a la insulina como el musculo y el tejido adiposo responsable del transporte rápido de glucosa después de la estimulación con insulina. Las aves son más resistentes al estrés oxidativo porque existe una mayor cantidad de antioxidantes y una baja producción de radicales libres, la glucosa libremente puede viajar disuelta en circulación como también los eritrocitos lo pueden absorber a través de ciertas proteínas transportadoras de

glucosa que se denominan (GLUT), la cual la facilita la familia transportadora de solutos, la glucosa se absorbe por un sistema nervioso aviar y llega a permitirlo la GLUT1 facilitando la captación basal de glucosa esencial para el desarrollo como crecimiento en las células y también la GLUT3 que es un transportador especializado en captación de glucosa en tejidos y células como las neuronales (Sweazea, 2022). Para el caso de la embriogénesis la glucosa es una sustancia nutrimental esencial hablando de embriones de gallinas de postura estos prefieren sustituir a los ácidos grasos por glucosa para poder producir energía, los carbonatos son particularmente esenciales durante la última fase de la incubación relativamente debido ya que estas cumplen con la satisfacción de las necesidades que tiene el embrión las reservas de glucosa en los últimos días de incubación puede depender del origen, tiempo de almacenamiento de los huevos o edad de la puesta (Kucharska-Gaca *et al.*, 2022).

4.9 Proteínas en gallinas postura

En cuanto a la proteína este forma parte de un elemento crítico en la alimentación de las gallinas ponedoras y es crucial, este término denominado proteína se idealizo realmente en la década de los 1950 definiendo así los requerimientos de los aminoácidos esenciales de las aves para el debido mantenimiento y acumulación de las proteínas (Bryden *et al.*, 2021). En términos simples el requerimiento o necesidad de proteínas en la dieta diaria de las aves de postura es la precisión de aminoácidos debido a que estos son nutrientes intrínsecos para el desarrollo y crecimiento animal los cuales intervienen en reacciones bioquímicas importantes de los animales (Ma *et al.*, 2021).

V. MATERIALES Y METODOS

En este apartado se menciona el lugar, tiempo y la forma en que se llevó a cabo el experimento, además se describen las técnicas y el manejo de los animales.

5.1 Ubicación

El experimento se realizó en la caseta o nave avícola situada dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, Torreón, Coahuila México. Con coordenadas 25°32'19"N 103°27'44"O de latitud norte y 103° 25' 75" de longitud oeste, de agosto del 2023 a enero del 2024.

5.2 Manejo de animales

Durante este proyecto se manejó un lote de 300 aves de 20 a 40 semanas de edad en un sistema libre de jaula, las cuales fueron divididas en 3 grupos de 100 c/u, los cuales se describen a continuación: Primer grupo (G60), el segundo grupo (G30) y el tercer grupo correspondía al grupo control (GC). Cada grupo contaba con 25 aves de la línea Rhode island red con 4 repeticiones cada uno ($r=4$). El periodo experimental fue de agosto del 2023 a enero del 2024. Cabe mencionar que las aves de postura obtuvieron agua a libre acceso y alimentación adecuada en base a sus requerimientos, también fueron vacunadas, desparasitadas y vitaminadas dando un mejor control.

5.3 Preparación de la zeolita más nanopartículas de óxido de zinc para cada grupo experimental

Para preparar 60 ppm de nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO) se adicionaron 60 mg de NPs ZnO (**G60**) a 1 litro de agua destilada y se disolvió hasta obtener una mezcla homogénea, esta fue la solución de nanopartículas de óxido de zinc, después se adicionó la solución de nanopartículas en 10 litros de agua destilada y se diluyó hasta lograr una mezcla homogénea, dicha mezcla se agregó a 20 kg de zeolita y se dejó en reposo hasta que se secara para posteriormente agregarlo a la dieta. Para preparar la mezcla de 30 ppm de nanopartículas de óxido de zinc (**G30**), se realizó el mismo procedimiento anterior, con la variación de 30 mg de NPs ZnO,

de igual manera se agregaron a 20 kg de zeolita y finalmente se dejó reposar para integrarlo a la dieta. Para el grupo control (**GC**) únicamente se le suministró el alimento comercial.

5.4 Manejo de la dieta

El primer grupo (**G60**): Consistió en incluir zeolita al 4% combinado con 60 ppm de NPs ZnO al alimento comercial de postura.

El segundo grupo (**G30**): Se incluyó la zeolita al 4% mezclándolo con 30 ppm de NPs ZnO al alimento comercial de postura.

Para el caso del grupo control (**GC**): Solamente se alimentaron las aves con alimento comercial.

5.5 Toma de muestra para glucosa y proteína

Se evaluaron 2 aves por repetición dando un total de 8 aves por grupo, se muestrearon cada 2 semanas para determinar los metabolitos sanguíneos de glucosa y proteína. La muestra se tomó de la vena del axial en un tubo sin anticoagulante (tapa roja) para poder extraer el suero, el cual se obtuvo mediante una centrifuga (Centrifugador clínico Velab Pro-12M) a 3500 rpm durante 15 minutos. Para determinar los metabolitos sanguíneos de glucosa se utilizó el equipo Hlab 100 de química sanguínea. Para la evaluación de la proteína total se evaluó mediante un refractómetro colocando una gota de suero en el lente mediante una pipeta.



Figura 4. Analizador de química clínica Hlab 100

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

En base a los hallazgos obtenidos del presente estudio con efecto de la inclusión de nano partículas de óxido de zinc (NPs ZnO) en diferentes concentraciones + zeolita en la dieta de aves de postura alojadas en un sistema libre de jaula de la línea Rhode Island Red obtuvimos resultados que a continuación se mencionan.

En la figura 5 se muestran los resultados de niveles de glucosa durante el periodo experimental, donde no se encontraron diferencias estadísticas entre los grupos tratados con NPs ZnO + Zeolita y grupo control (G60, G30, GC; $p \geq 0.05$) con (201.4, 200.0, 201.2) mg/dL.

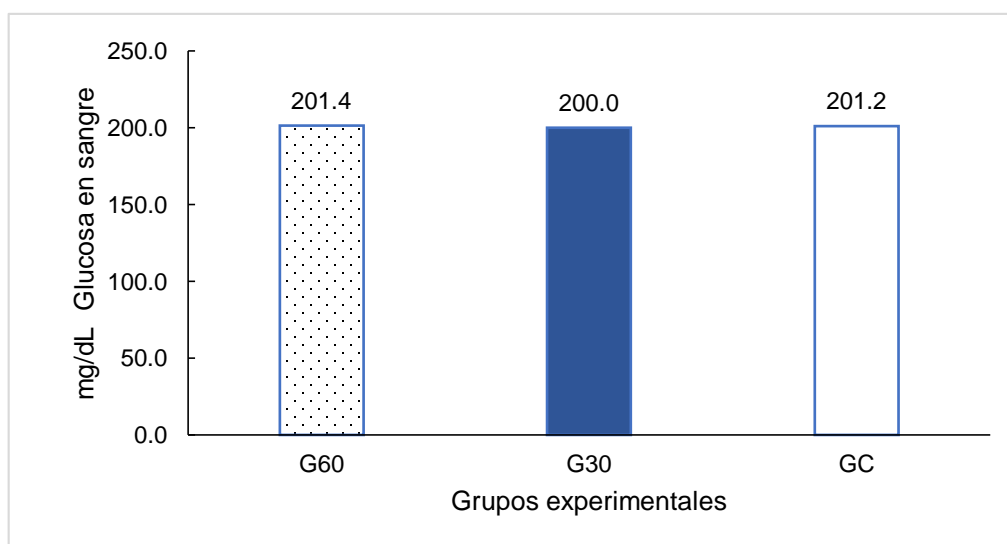


Figura 5. Efecto del uso de nanopartículas de óxido de zinc y zeolita, sobre los niveles de glucosa en sangre de gallinas de postura de 20 a 40 semanas de edad, en un sistema libre de jaula.

En la figura 6, se muestran los valores de proteína total en sangre de gallinas de postura de 20 a 40 semanas de edad donde los grupos experimentales G60 (6.2), G30 (6.1) y GC (6.2) / g/dL no se reportaron diferencias entre si sobre este valor ($p \geq 0.05$).

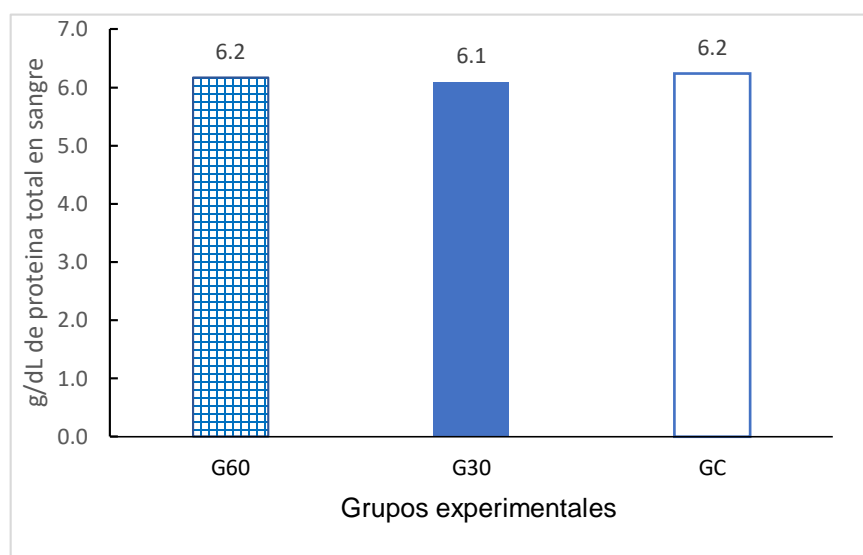


Figura 6. Efecto del uso del uso de nanopartículas de óxido de zinc y zeolita, sobre los niveles de proteína total en sangre de gallinas de postura de 20 a 40 semanas de edad, en un sistema libre de jaula ($P \geq 0.05$).

Abedini *et al.*, (2018) describieron que la inclusión de óxido de zinc en su experimento demuestra que la deficiencia de este llega a causar anomalías en la síntesis de ácidos nucleicos y también en la actividad de enzimas, las concentraciones plasmáticas de glucosa fueron notablemente menores en los grupos que el suplemento con óxido de zinc lo contrario a los resultados obtenidos en este estudio. Por otra parte, Yalçinkaya *et al.*, (2012) afirmaron dentro de los estudios en su experimento al haber usado también el zinc que la concentración sérica de glucosa disminuyó en los grupos de nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO) y manano-ligosacárido MOS + zinc orgánico OZn ($P < 0.001$) en comparación con el grupo control esta disminución pudo deberse a una posible relación entre el zinc y la insulina por lo cual se sugiere una estrecha relación entre el óxido de zinc y el metabolismo de la glucosa en donde el zinc induce a las células de los islotes

pancreáticos a producir y secretar insulina desempeñando un papel crucial en la síntesis de este.

Por otro lado Kaya *et al.*, (2001) encontraron en sus resultados que la alimentación con niveles adecuados y elevados de NPs ZnO solo y en combinación con un nivel adecuado de vitamina A no muestra un efecto significativo sobre los niveles de glucosa plasmática de las gallinas ($P > 0.05$) obteniendo así un resultado similar con los de nuestro estudio. La vitamina A, el óxido de zinc, así como su interacción no llegaron a afectar la interacción la concentración plasmática de la glucosa, colesterol en la producción del huevo. Asimismo, se considera que los efectos de diferentes cantidades de NPs ZnO debe de estar bien determinado. Para el caso de la zeolita, Amad, (2021) también mostro resultados insignificantes semejantes al de nuestro experimento, en donde dividió las aves de postura en 3 grupos obteniendo resultados en glucosa (g/dL) de zeolita natural : 0 NZ (269), 0.5% NZ (253), 1 %NZ (275) cabe recalcar que no solo midió niveles de glucosa sino que también colesterol, hemoglobina, calcio y fosforo por lo cual los parámetros hematológicos y bioquímico sanguíneo es un factor importante para la salud de las aves de postura así como se menciona los parámetros de glucosa medidos en la sangre o plasma de las gallinas de postura se mantuvieron en su estudio de este autor dentro de los rangos de diferencia con base en estos hallazgos la suplementación de zeolita a niveles de 0.5% y 1% en dietas de gallinas no tuvo efectos adversos sobre la sangre o el plasma sanguíneo de las aves. Macháček *et al.*, (2010) recalcan en sus estudios que los niveles y diferencias en la glucosa y la proteína total a base de la administración de zeolita (Clinoptilolita) en la inclusión de alimentación de gallinas ponedoras al 2% y 4% no fueron significativamente efectivas o dando resultados negativos en comparación con los de otros grupos que este uso como el GC manteniéndose así mismo dentro de los valores de referencia.

Por otro lado referente a proteína El-Abasy *et al.*, (2025) en sus presentes investigaciones en aves alimentadas y enriquecidas con nanopartículas de óxido de zinc entre otros minerales enfocado a las proteínas séricas al añadir NPs ZnO a las dietas de las aves a 30 y 40 ppm como también a 20-100 ppm se observó un

aumento comparable en las proteínas y globulinas sanguíneas, esto podría estar relacionado con el papel que desempeña el zinc en la fabricación de enzimas las cuales producen ácidos nucleicos y proteínas demostrando lo contrario a nuestros parámetros evaluados. Por otro lado Hidayat *et al.*, (2024) mostraron en su estudio una diferencia no tan elevada de proteína total en sangre (g/dL) con nanopartículas de óxido de zinc de (3.73) y zinc convencional con (3.79), mostrando así que no hubo un resultado perceptible entre la inclusión del óxido de zinc con el convencional, es importante recalcar que el zinc está intrínsecamente interconectado con los niveles de proteína en la sangre debido a su asociación con la funcionalidad metabólica de los nutrientes en el cuerpo.

Mehrabani Mamduh *et al.*, (2021) mencionan el efecto del óxido de zinc en 200 gallinas de postura de 28 a 36 semanas de edad (Hy line W 36) las cuales en los parámetros sanguíneos si obtuvieron un aumento en la proteína total y albumina ($P < 0.001$) que aumentaron significativamente con la administración de NPs ZnO y metionina de zinc (ZnMet) los tratamientos fueron de 80-120 mg/kg, estos resultados podrían deberse a la importante función del Zn en la síntesis de proteínas lo cual no concuerda con nuestros resultados que obtuvimos. El-Garhy, (2022) mostró en su investigación que las gallinas ponedoras con una suplementación de 20 y 10 g de zeolita/kg de dieta mostraron resultados bajos de proteína total en sangre (10.0 mg/dL y 8.14mg/dL), comparados con los de este estudio al incluir zeolita + 60 y 30 ppm NPs ZnO (6.2; 6.1 g/dL respectivamente), esto posiblemente se debe a que el autor agrego más cantidad de zeolita a la dieta en su experimento en comparación con la de esta investigación que fue de 4.8 g por cada grupo experimental y 20kg a la dieta directa más nanopartículas de óxido de zinc pero el tiempo de duración de su investigación fue de 16 semanas a comparación de este estudio que fue de 20 semanas también se le puede atribuir la suplementación de zeolita y sus efectos dependen del equilibrio del contenido elemental en la misma además de que sus resultados los representa en mg/dL.

VII. CONCLUSIÓN

En conclusión, este estudio experimental que se realizó indica que la inclusión y suministro a la dieta de las aves de postura durante la etapa de 20-40 semanas de edad con Zn empleado como nanopartícula a una dosis de 60 y 30 ppm con zeolita al 4% no existieron diferencias estadísticas entre estos grupos comparados con el grupo control en proteína total y glucosa en sangre, aunque se ha reportado que pueden influir en algunos parámetros de forma positiva, por lo que se recomienda seguir realizando más investigaciones en sistemas libres de jaula para así poder determinar como el uso de estos minerales podrían tener resultados favorables dentro de algunos metabolitos sanguíneos.

VIII. LITERATURA CITADA

- Abd El-Hack, M. E., Salem, H. M., Khafaga, A. F., Soliman, S. M., & El-Saadony, M. T. (2023). Impacts of polyphenols on laying hens' productivity and egg quality: A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 107(3), 928-947. DOI: [10.1111/jpn.13758](https://doi.org/10.1111/jpn.13758)
- Abedini, M., Shariatmadari, F., Karimi Torshizi, M. A., & Ahmadi, H. (2018). Effects of zinc oxide nanoparticles on the egg quality, immune response, zinc retention, and blood parameters of laying hens in the late phase of production. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(3), 736-745. DOI: [10.1111/jpn.12871](https://doi.org/10.1111/jpn.12871)
- Abou-Ashour, A. M., Zanaty, G. A., Abou El-Naga, M. K., Darwish, A., & Hussein, E. A. (2023). Utilization of dietary zinc oxide nanoparticles on productive and physiological performance of local laying hens. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 26(3), 429-442. [10.21608/ejnf.2023.332940](https://doi.org/10.21608/ejnf.2023.332940)
- Adegbenjo, A. O., Liu, L., & Ngadi, M. O. (2020). Non-destructive assessment of chicken egg fertility. *Sensors*, 20(19), 5546. DOI: [10.3390/s20195546](https://doi.org/10.3390/s20195546)
- Ali, S. M., Aziz, C. R., Mohammed, J. A., Mohammed, M. S., Ameen, Q. A., & Shaker, A. S. (2022). The effect of egg shape (egg quality traits) parameters on the characteristics of hatched chicks by local chicken. *Basrah journal of veterinary research*, 21(S1), 224-233. DOI: [10.23975/bjvetr.2022.177455](https://doi.org/10.23975/bjvetr.2022.177455)
- Amad, A. (2021). The effect of natural zeolite as feed additive on performance and egg quality in old laying hens. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 18(1), 13-18. DOI: [10.34233/jpr.919356](https://doi.org/10.34233/jpr.919356)
- Angelovič, M., & Zelenakova, L. (2024). Sampling technique the eggshell thickness. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, e11056. DOI: <https://doi.org/10.55251/jmbfs.11056>
- Bain, M. M., Nys, Y., & Dunn, I. C. (2016). Increasing persistency in lay and stabilising egg quality in longer laying cycles. What are the challenges? *British Poultry Science*, 57(3), 330-338. DOI: [10.1080/00071668.2016.1161727](https://doi.org/10.1080/00071668.2016.1161727)
- Batanov, S., Baranova, I., Starostina, O., & Shkarupa, E. (2024). The influence of morphological parameters of eggs on the results of incubation. *BIO Web of Conferences*, 118, 01027. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411801027>
- Beaulah, J. V., Ramesh, G., Kannan, T. A., Sathyamoorthy, O. R., Churchill, R. R., Leela, V., & Sridevi, P. (2024). Gross morphology and morphometrical study of female reproductive tract in siruvidai chicken during laying and broodiness phase. *Indian Journal of Veterinary and Animal Sciences Research*, 53(4), 69-79. DOI: [10.56093/ijvasr.v53i4.158007](https://doi.org/10.56093/ijvasr.v53i4.158007)
- Bornes, C., Fischer, M., Amelse, J. A., Geraldles, C. F. G. C., Rocha, J., & Mafra, L. (2021). What is being measured with p-bearing nmr probe molecules adsorbed on zeolites? *Journal of the American Chemical Society*, 143(34), 13616-13623. DOI: <https://doi.org/10.1021/jacs.1c05014>

Bryden, W. L., Li, X., Ruhnke, I., Zhang, D., & Shini, S. (2021). Nutrition, feeding and laying hen welfare. *Animal Production Science*, 61(10), 893-914. DOI: [10.1071/AN20396](https://doi.org/10.1071/AN20396)

Camacho-Escobar, M. A., Lezama-Núñez, P. N., Jerez-Salas, M. P., Kollas, J., Vásquez-Dávila, M. A., García-López, J. C., Arroyo-Ledezma, J., Ávila-Serrano, N. Y., & Chávez-Cruz, F. (2011). Avicultura indígena mexicana: sabiduría milenaria en extinción. DOI: agris@fao.org

Chuquimia Pinto, L. G. (2024). Efecto de diferentes niveles de zeolita natural (clinoptilolita), sobre el comportamiento productivo en gallinas de postura de la línea isa brown en el centro experimental de cota cota [tesis]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/38468>

Cortés-Ramírez, G. S., Velasco, J. I., Plascencia, M. Á., Absalón, Á. E., & Cortés-Espinosa, D. V. (2024). Development of edible coatings based on different biopolymers to enhance the Internal shelf-life quality of table eggs. *Coatings*, 14(12), 1525. DOI: [10.3390/coatings14121525](https://doi.org/10.3390/coatings14121525)

De Cristofaro, A. M. (2017). Importancia del calcio y fósforo en la formación de la cáscara de huevo en gallinas ponedoras [Tesis, Universidad Nacional de La Plata]. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66423>

Deeming, D. C. (2024). Factors determining persistent asymmetry and egg shape in birds: A hypothesis. *Ibis*, 166(2), 551-559. <https://doi.org/10.1111/ibi.13175>

El-Abasy, M. M., Ashour, E. A., Bassiony, S. S., Youssef, I. M., Loutfi, M., Salem, S. S., Mahgoub, S. A., Abou-Kassem, D. E., Althubayni, S. A., Zouidi, F., & Abd El-Hack, M. E. (2025). Effects of dietary levels of bay laurel leaf extract conjugated with zinc nanoparticles on growth performance, carcass traits, and blood parameters in broilers. *Annals of Animal Science*. DOI: [10.2478/aoas-2025-0016](https://doi.org/10.2478/aoas-2025-0016)

El-Garhy, O. H. (2022). Effect of zeolite addition to diets and litter on carcass traits and blood biochemistry parameters of laying hens (Silver Montazah). *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*, 60(4), 1050-1062. DOI: [10.21608/assjm.2022.277815](https://doi.org/10.21608/assjm.2022.277815)

Elkomy, H. S., Koshich, I. I., Mahmoud, S. F., & Abo-Samaha, M. I. (2023). Use of lactulose as a prebiotic in laying hens: Its effect on growth, egg production, egg quality, blood biochemistry, digestive enzymes, gene expression and intestinal morphology. *BMC Veterinary Research*, 19(1), 207. DOI: [10.1186/s12917-023-03741-x](https://doi.org/10.1186/s12917-023-03741-x)

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., Alshahami, M. O., Al-Shehri, M., El Kholy, M. S., & Hamouda, R. E. (2024). Impact of adding zeolite to broilers' diet and litter on growth, blood parameters, immunity, and ammonia emission. *Poultry Science*, 103(9), 103981. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103981>

Eroglu, N., Emekci, M., & Athanassiou, C. G. (2017). Applications of natural zeolites on agriculture and food production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(11), 3487-3499. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8312>

Estrada-González, I. E., Taboada-González, P. A., Guerrero-García-Rojas, H., & Márquez-Benavides, L. (2020). Decreasing the environmental impact in an egg-producing farm through the application of LCA and Lean tools. *Applied Sciences*, 10(4), 1352. <https://doi.org/10.3390/app10041352>

Galamatis, D., Papadopoulos, G. A., Lazari, D., Fletouris, D., Petridou, E., Arsenos, G. I., & Fortomaris, P. (2021). Effects of dietary supplementation of salvia officinalis L. in Organic Laying Hens on Egg Quality, Yolk Oxidative Stability and Eggshell Microbiological Counts. *Animals*, 11(9), 2502. <https://doi.org/10.3390/ani11092502>

Gao, Z., Zhang, J., Li, F., Zheng, J., & Xu, G. (2021). Effect of oils in feed on the production performance and egg quality of laying hens. *Animals*, 11(12), 3482. DOI: [10.3390/ani11123482](https://doi.org/10.3390/ani11123482)

GARCÍA, L. C. (2021). Parámetros productivos y reproductivos en gallinas de postura lohmann brown, alimentadas con tres alimentos comerciales, temascaltepec, méxico. <https://core.ac.uk/reader/491673713>

Gong, H., Wang, T., Wu, M., Chu, Q., Lan, H., Lang, W., Zhu, L., Song, Y., Zhou, Y., Wen, Q., Yu, J., Wang, B., & Zheng, X. (2023). Maternal effects drive intestinal development beginning in the embryonic period on the basis of maternal immune and microbial transfer in chickens. *Microbiome*, 11(1), 41. DOI: [10.1186/s40168-023-01490-5](https://doi.org/10.1186/s40168-023-01490-5)

Harlap, S. Y., Kadirov, N. N., Gorelik, L. S., Meshcheryakova, G. V., & Mukhamedyarova, L. G. (2021). Age-related variability of indicators of protein metabolism in the blood of laying hens. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 677(4), 042019. DOI: [10.1088/1755-1315/677/4/042019](https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/4/042019)

He, S., Lin, J., Jin, Q., Ma, X., Liu, Z., Chen, H., Ma, J., Zhang, H., Descovich, K., Phillips, C. J. C., Hartcher, K., & Wu, Z. (2022). The relationship between animal welfare and farm profitability in cage and free-range housing systems for laying hens in china. *Animals*, 12(16), 2090. DOI: [10.3390/ani12162090](https://doi.org/10.3390/ani12162090)

Hidayat, C., Sadarman, S., Adli, D. N., Rusli, R. K., Bakrie, B., Ginting, S. P., Asmarasari, S. A., Brahmantiyo, B., Darmawan, A., & Zainal, H. (2024). Comparative effects of dietary zinc nanoparticle and conventional zinc supplementation on broiler chickens: A meta-analysis. *Veterinary World*, 17(8), 1733. DOI: [10.14202/vetworld.2024.1733-1747](https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.1733-1747)

Hussein, A. N., & Areaaer, A. H. (2024). Evaluating the effect of using different methods of adding zeolite in poultry farms and Its effect on some welfare characters of broiler ross 308. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1371(7), 072055. DOI: [10.1088/1755-1315/1371/7/072055](https://doi.org/10.1088/1755-1315/1371/7/072055)

Kaspers, B. (2016). An egg a day-the physiology of egg formation. *Lohmann Inf*, 50(2), 12-17. <https://lohmann-breeders.com/es/lohmanninfo/an-egg-a-day-the-physiology-of-egg-formation/>

Kaya, Ş., Keçeci, T., & Haliloğlu, S. (2001). Effects of zinc and vitamin a supplements on plasma levels of thyroid hormones, cholesterol, glucose and egg yolk cholesterol of laying hens. *Research in Veterinary Science*, 71(2), 135-139. <https://doi.org/10.1053/rvsc.2001.0500>

Kayadan, M., & Uzun, Y. (2023). High accuracy gender determination using the egg shape index. *Scientific Reports*, 13(1), 504. DOI: [10.1038/s41598-023-27772-4](https://doi.org/10.1038/s41598-023-27772-4)

Khanam, M. S., Hossain, M. S., Mishra, B., & Rahman, M. A. (2023). Anatomical, morphological and histological studies of infundibulum of indigenous, sonali and rhode island red (RIR) chickens (*Gallus gallus domesticus* L.) in bangladesh. *European Journal of Veterinary Medicine*, 3(2), Article 2. DOI: [10.24018/ejvetmed.2023.3.2.82](https://doi.org/10.24018/ejvetmed.2023.3.2.82)

Kocetkovs, V., Radenkovs, V., Juhnevica-Radenkova, K., Jakovlevs, D., & Muizniece-Brasava, S. (2022). The impact of eggshell thickness on the qualitative characteristics of stored eggs produced by three breeds of laying hens of the cage and cage-free housed systems. *Applied Sciences*, 12(22), 11539. <https://doi.org/10.3390/app122211539>

Kordala, N., & Wyszowski, M. (2024). Zeolite properties, methods of synthesis, and selected applications. *Molecules*, 29(5), 1069. <https://doi.org/10.3390/molecules29051069>

Kucharska-Gaca, J., Adamski, M., & Biesek, J. (2022). Goose embryonic development, glucose and thyroid hormone concentrations, and eggshell features depend on female age and laying period. *Animals*, 12(19), 2614. <https://doi.org/10.3390/ani12192614>

Kumari, S., Chowdhry, J., Kumar, M., & Chandra Garg, M. (2024). Zeolites in wastewater treatment: a comprehensive review on scientometric analysis, adsorption mechanisms, and future prospects. *Environmental Research*, 260, 119782. DOI: [10.1016/j.envres.2024.119782](https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119782)

Längauer, D., Čablík, V., Hredzák, S., Zubrik, A., Matik, M., & Danková, Z. (2021). Preparation of synthetic zeolites from coal fly Ash by hydrothermal synthesis. *Materials*, 14(5), 1267. <https://doi.org/10.3390/ma14051267>

Liswaniso, S., Qin, N., Louis Tyasi, T., Musenge Chimbaka, I., Sun, X., & Xu, R. (2020). Use of data mining algorithms chaid and cart in predicting egg weight from egg quality traits of indigenous free-range chickens in zambia. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 9(2). DOI: [10.17582/journal.aavs/2021/9.2.215.220](https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2021/9.2.215.220)

Liu, Y., Ban, Z., Li, P., Yan, X., Li, L., Liu, D., Yan, L., & Guo, Y. (2022). Metabolizable and net energy values of expanded cottonseed meal for laying hens and broiler chickens. *The Journal of Poultry Science*, 59(2), 143-151. DOI: [10.2141/jpsa.0210033](https://doi.org/10.2141/jpsa.0210033)

Lizana, R. R. (2024). Assessing energy metabolism in broiler chickens: methodology for evaluation and determining the energy content of feed ingredients. <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/9ceaebd1-316f-4636-9479-dd953f87a252/content>

Lu, J., Zhang, X., Wang, Q., Ma, M., Li, Y. F., Guo, J., Wang, X. G., Dou, T. C., Hu, Y. P., Wang, K. H., & Qu, L. (2024). Effects of exogenous energy on synthesis of steroid hormones and expression characteristics of the creb/star signaling pathway in theca cells of laying hen. *Poultry Science*, 103(3), 103414. DOI: [10.1016/j.psj.2023.103414](https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103414)

Ma, M., Geng, S., Liu, M., Zhao, L., Zhang, J., Huang, S., & Ma, Q. (2021). Effects of different methionine levels in low protein diets on production performance, reproductive system, metabolism, and gut microbiota in laying hens. *Frontiers in Nutrition*, 8, 739676. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.739676>

Macháček, M., Večerek, V., Mas, N., Suchý, P., Straková, E., Šerman, V., & Herzig, I. (2010). Effect of the feed additive clinoptilolite (zeofeed) on nutrient metabolism and production performance of laying hens. *Acta Veterinaria Brno*, 79(9), S29-S34. DOI: [10.2754/avb201079S9S029](https://doi.org/10.2754/avb201079S9S029)

Majewski, E., Potori, N., Sulewski, P., Wąs, A., Mórawska, M., Gębska, M., Malak-Rawlikowska, A., Grontkowska, A., Szili, V., & Erdős, A. (2024). End of the cage age? a study on the impacts of the transition from cages on the eu laying hen sector. *Agriculture*, 14(1), 111. <https://doi.org/10.3390/agriculture14010111>

Mehrabani Mamduh, A., Mirzaie Goudarzi, S., Saki, A. A., & Aliarabi, H. (2021). Various zinc sources and levels supplementation on performance, egg quality and blood parameters in laying hens. *Journal of Livestock Science and Technologies*, 9(2), 1-9. DOI: [10.22103/jlst.2021.17598.1368](https://doi.org/10.22103/jlst.2021.17598.1368)

Mishra, B., Sah, N., & Wasti, S. (2019). Genetic and hormonal regulation of egg formation in the oviduct of laying hens. En A. Ali Kamboh (Ed.), *Poultry—An Advanced Learning*. IntechOpen. DOI: 10.5772/intechopen.85011

Molnár, S., & Szöllősi, L. (2020). Sustainability and quality aspects of different table egg production systems: a literature review. *Sustainability*, 12(19), 7884. <https://doi.org/10.3390/su12197884>

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. <https://doi.org/10.2527/jas1977.4551188x>

Nowaczewski, S., Lewko, L., Kucharczyk, M., Stuper-Szablewska, K., Rudzińska, M., Cegielska-Radziejewska, R., Biadała, A., Szulc, K., Tomczyk, Ł., Kaczmarek, S., Hejdysz, M., & Szablewski, T. (2021). Effect of laying hens age and housing system on physicochemical characteristics of eggs. *Annals of Animal Science*, 21(1), 291-309. DOI: [10.2478/aoas-2020-0068](https://doi.org/10.2478/aoas-2020-0068)

Obianwuna, U. E., Oleforuh-Okoleh, V. U., Wang, J., Zhang, H.-J., Qi, G.-H., Qiu, K., & Wu, S.-G. (2022). Natural products of plants and animal origin improve albumen quality of chicken eggs. *Frontiers in Nutrition*, 9, 875270. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.875270>

Osorio, J. H., Quenán, Y. E., & Ramírez, G. F. (2016). Concentraciones de glucemia e insulinemia en pollos broilers machos y hembras de cuatro semanas de edad y su relación con el peso. *Revista de Medicina Veterinaria*, 32, 21. <https://doi.org/10.19052/mv.3852>

Peralta, M. (2017). Bases de la reproducción aviar. *Engormix. Avicultura*. https://www.engormix.com/avicultura/genetica-aves/bases-reproduccionaviar_a41275. https://www.engormix.com/avicultura/genetica-aves/bases-reproduccion-aviar_a41275/

Pérez-Botella, E., Valencia, S., & Rey, F. (2022). Zeolites in adsorption processes: state of the art and future prospects. *Chemical Reviews*, 122(24), 17647-17695. DOI: [10.1021/acs.chemrev.2c00140](https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.2c00140)

Petunkin, N. (1991). Influence of zeolites on animal digestion. *Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites*, 9-12. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/29634>

Pires, P. G. D. S., Bavaresco, C., Prato, B. S., Wirth, M. L., & Moraes, P. D. O. (2021). The relationship between egg quality and hen housing systems—A systematic review. *Livestock Science*, 250, 104597. DOI: [10.1016/j.livsci.2021.104597](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104597)

Rahman, M. A. (2014). An introduction to morphology of the reproductive system and anatomy of hens egg. *Journal of Life and Earth Science*, 8, 1-10.

DOI: <https://doi.org/10.3329/jles.v8i0.20133>

Rodríguez-Hernández, R., Rondón-Barragán, I. S., & Oviedo-Rondón, E. O. (2024). Egg quality, yolk fatty acid profiles from laying hens housed in conventional cage and cage-free production systems in the andean tropics. *Animals*, 14(1), 168. <https://doi.org/10.3390/ani14010168>

Sah, N., Kuehu, D. L., Khadka, V. S., Deng, Y., Jha, R., Wasti, S., & Mishra, B. (2021). Rna sequencing-based analysis of the magnum tissues revealed the novel genes and biological pathways involved in the egg-white formation in the laying hen. *BMC Genomics*, 22(1), 318.

DOI: [10.1186/s12864-021-07634-x](https://doi.org/10.1186/s12864-021-07634-x)

Sah, N., & Mishra, B. (2018). Regulation of egg formation in the oviduct of laying hen. *World's Poultry Science Journal*, 74(3), 509-522. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933918000442>

Santos, L. E., Galaviz, J. V. R., López, M. S. V., & Fuentes, M. C. (2021). Transferencia de conocimiento multidisciplinario con enfoque sustentable: trabajo colaborativo de cuerpos académicos e investigadores de puebla, tlaxcala, oaxaca y veracruz, méxico y carabobo, venezuela de la red de investigación multidisciplinaria

para el desarrollo regional. *Palibrio*.
https://books.google.com.mx/books/about/Transferencia_De_Conocimiento_Multidisciplinario.html?id=YwIDEAAAQBAJ&redir_esc=y

Sastre Gallego, A. (2002). Lecciones sobre el huevo. *Instituto de Estudios del Huevo*. <https://www.institutohuevo.com/documentos/>

Sharaf, A., Eid, W., & Abuel-A, A. A. (2012). Morphological aspects of the ostrich infundibulum and magnum. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 15(3). https://www.researchgate.net/publication/287759352_Morphological_aspects_of_the_ostrich_infundibulum_and_magnum

Sharma, M. K., Dinh, T., & Adhikari, P. A. (2020). Production performance, egg quality, and small intestine histomorphology of the laying hens supplemented with phytogenic feed additive. *Journal of Applied Poultry Research*, 29(2), 362-371. DOI: [10.1016/j.japr.2019.12.001](https://doi.org/10.1016/j.japr.2019.12.001)

Sosa-Montes, E., Sánchez-Cervantes, A., Pro-Martínez, A., Mendoza-Pedroza, S. I., & González-Cerón, F. (2022). Physical characteristics of eggs from mexican creole, hy-line brown and rhode island red hens in intensive production. *Agro Productividad*. DOI: <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i7.2337>

National Research Council. (1994). Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, 1994. *National Academies Press*. Washington, D.C. 9 pp. DOI: <https://doi.org/10.17226/2114>

Sukhadeve, S. V., Bansal, N., & Pathak, D. (2019). Histomorphometrical and histochemical studies on infundibulum of punjab white quails. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(03), 939-949. DOI: [10.20546/ijcmas.2019.803.112](https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.112)

Sun, T., Xiao, C., Yang, Z., Deng, J., & Yang, X. (2023). Transcriptome profiling analysis of uterus during chicken laying periods. *BMC Genomics*, 24(1), 433. DOI: [10.1186/s12864-023-09521-z](https://doi.org/10.1186/s12864-023-09521-z)

Sweazea, K. L. (2022). Revisiting glucose regulation in birds – a negative model of diabetes complications. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 262, 110778. DOI: [10.1016/j.cbpb.2022.110778](https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2022.110778)

Toscano, M. J., Jalali, A. S., Siegford, J. M., & Stratmann, A. (2024). Providing ramps during lay has larger impacts on laying hens than ramps at rearing. *Poultry Science*, 103(10), 104101. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104101>

Vieco-Galvez, D., Castro, I., Morel, P. C. H., Chua, W. H., & Loh, M. (2021). The eggshell structure in *apteryx*; form, function, and adaptation. *Ecology and Evolution*, 11(7), 3184-3202. DOI: [10.1002/ece3.7266](https://doi.org/10.1002/ece3.7266)

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), 103990.

DOI: [10.1016/j.psj.2024.103990](https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103990)

Wang, Y.-T., Chen, Y.-F., Zhang, J.-J., Zhang, Q., Zhao, X.-Y., Zhou, R.-Y., Chen, H., & Wang, D.-H. (2024). Comparative analysis of the ultrastructure, bubble pores, and composition of eggshells of dwarf layer-white and guinea fowl. *Animals*, 14(10), 1496. <https://doi.org/10.3390/ani14101496>

Warren, D. C., & Scott, H. M. (1935). The time factor in egg formation. *Poultry Science*, 14(4), 195-207. <https://doi.org/10.3382/ps.0140195>

Weeks, C. A., Lambton, S. L., & Williams, A. G. (2016). Implications for welfare, productivity and sustainability of the variation in reported levels of mortality for laying hen flocks kept in different housing systems: a meta-analysis of ten studies. *PLoS One*, 11(1), e0146394. DOI: [10.1371/journal.pone.0146394](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146394)

Wlaźlak, S., Biesek, J., & Banaszak, M. (2024). Growth performance, meat quality, strength of jejunum and leg bones of both sexes Cherry Valley ducks fed with zeolite. *Scientific Reports*, 14(1), 3938. DOI: [10.1038/s41598-024-54393-2](https://doi.org/10.1038/s41598-024-54393-2)

Xu, H., Lu, Y., Li, D., Yan, C., Jiang, Y., Hu, Z., Zhang, Z., Du, R., Zhao, X., Zhang, Y., Tian, Y., Zhu, Q., Liu, Y., & Wang, Y. (2023). Probiotic mediated intestinal microbiota and improved performance, egg quality and ovarian immune function of laying hens at different laying stage. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1041072. DOI: [10.3389/fmicb.2023.1041072](https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1041072)

Yalçinkaya, I., Çinar, M., Yildirim, E., Erat, S., Başalan, M., & Güngör, T. (2012). The effect of prebiotic and organic zinc alone and in combination in broiler diets on the performance and some blood parameters. *Italian Journal of Animal Science*, 11(3), e55. DOI: [10.4081/ijas.2012.e55](https://doi.org/10.4081/ijas.2012.e55)

Yang, X., Hu, Q., Nie, L., & Wang, C. (2025). Energy-aware feature and classifier for behaviour recognition of laying hens in an aviary system. *Animal*, 19(1), 101377. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101377>

Yin, Z., Lian, L., Zhu, F., Zhang, Z.-H., Hincke, M., Yang, N., & Hou, Z.-C. (2020). The transcriptome landscapes of ovary and three oviduct segments during chicken (*Gallus gallus*) egg formation. *Genomics*, 112(1), 243-251. DOI: [10.1016/j.ygeno.2019.02.003](https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2019.02.003)

Zinca, A.-I., Lungu, V.-D., Moise, A. E., & Drăgotoiu, D. (2024). The influence of laying hen rearing systems and maintenance technologies on egg quality parameters: a review. *SCIENTIFIC PAPERS ANIMAL SCIENCE AND BIOTECHNOLOGIES*, 57(1), 260-260. https://www.spasb.ro/index.php/public_html/article/view/2262

Zita, L., Okrouhlá, M., Krunt, O., Kraus, A., Stádník, L., Čítek, J., & Stupka, R. (2022). Changes in fatty acids profile, health indices, and physical characteristics of organic

eggs from laying hens at the beginning of the first and second laying cycles. *Animals*, 12(1), 125. <https://doi.org/10.3390/ani12010125>

Zoli, M., Mantovi, P., Ferrari, P., Ferrari, L., & Ferrante, V. (2023). Soil organic matter and nutrient levels in outdoor runs in organic laying farms. *Animals*, 13(3), 401. <https://doi.org/10.3390/ani13030401>