

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria**  
**Ingeniería Agronómica**



Proyecto Especial de Graduación  
**Efecto de niveles crecientes de zeolita en la productividad y calidad del huevo**  
**en gallinas ponedoras**

Estudiante

María Fernanda Guevara Henríquez

Asesores

Yordan Martínez, D.Sc.

Patricio E. Paz, Ph.D.

Honduras, junio 2021

**Autoridades**

**TANYA MÜLLER GARCÍA**

Rectora

**ANA MARGARITA MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**ROGEL CASTILLO**

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

**HUGO ZAVALA MEMBREÑO**

Secretario General

## Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Resumen .....	5
Abstract.....	6
Introducción.....	7
Materiales y Métodos .....	10
Locación experimental.....	10
Distribución, diseño experimental y tratamientos .....	10
Condiciones experimentales.....	10
Variables analizadas.....	11
Desempeño productivo .....	11
Calidad externa e interna del huevo.....	12
Análisis de las heces fecales.....	13
Análisis de costo.....	13
Análisis estadísticos .....	13
Resultados y Discusión .....	14
Conclusiones .....	23
Recomendaciones.....	24
Referencias .....	25

## Índice de Cuadros

Cuadro 1 Ingredientes y aportes nutricionales de las gallinas ponedoras Hy-Line® Brown.....	11
Cuadro 2 Efecto de la inclusión de zeolita en el desempeño productivo de gallinas ponedoras Hy-Line® Brown.....	14
Cuadro 3 Efecto de la inclusión de zeolita en el consumo de alimento, EM y nutrientes de gallinas ponedoras Hy-Line® Brown. ....	16
Cuadro 4 Efecto de la inclusión de zeolita en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras Hy-Line® Brown en semanas 5 y 10.....	17
Cuadro 5 <i>Efecto de la adición dietética de zeolita en relación al costo del alimento y del huevo de las gallinas ponedoras Hy-Line Brown®</i> .....	20
Cuadro 6 <i>Efecto de la inclusión de zeolita en las heces fecales de gallinas ponedoras Hy-Line® Brown.</i> .....	21

## Resumen

La zeolita es un mineral con gran potencial para su uso en la producción animal, ya que es una fuente eficaz de macro y microelementos. Los objetivos del estudio fueron evaluar el efecto de niveles crecientes de zeolita en la productividad, calidad del huevo, factibilidad económica y excreción fecal de N y P en gallinas ponedoras Hy-Line® Brown de 40 semanas de edad. Un total de 200 gallinas se ubicaron en un diseño completamente aleatorio durante 10 semanas experimentales, ocho repeticiones por tratamiento y cinco gallinas por repetición. Los tratamientos consistieron en una dieta control y niveles crecientes de zeolita (0.5, 1.0, 1.5 y 2.0%) en la dieta. Los niveles crecientes de zeolita redujeron la producción de huevos y el consumo de alimento e incrementó la conversión masal con relación al tratamiento control, aunque sin cambios en los huevos no aptos. La calidad del huevo no se afectó por el empleo de zeolita hasta 2%, excepto el color de la yema que incrementó con 0.5 y 1.5% de zeolita en la dieta. Además, el costo del alimento consumido y el costo para la producción de un huevo aumentó con los niveles de zeolita dietética. Asimismo, la excreción de N y P en las heces incrementó debido al uso de la zeolita. La inclusión dietética de la zeolita en las gallinas ponedoras no tuvo efectos positivos en el desempeño productivo, calidad del huevo (excepto color de la yema), rentabilidad económica e impacto ambiental.

*Palabras clave:* Aluminosilicatos, aves de postura, deyección, factibilidad económica, mineral.

### **Abstract**

Zeolite is a mineral with great potential for use in animal production since it is an effective source of macro and microelements. The objectives of the study were to evaluate the effect of increasing levels of zeolite on productivity, egg quality, economic feasibility and fecal excretion of N and P in 40-week-old Hy-Line® Brown laying hens. A total of 200 hens were placed in a completely randomized design for 10 experimental weeks, eight replicates per treatment and five hens per replicate. Treatments consisted of a control diet and increasing levels of zeolite (0.5, 1.0, 1.5 and 2.0%) in the diet. Increasing levels of zeolite reduced egg production and feed intake and increased feed conversion ratio relative to the control treatment, but with no change in unfit eggs. Egg quality was not affected by the use of zeolite up to 2%, except for yolk color, which increased with 0.5 and 1.5% zeolite in the diet. In addition, the cost of feed consumed and the cost of producing an egg increased with dietary zeolite levels. Also, N and P excretion in the feces increased due to the use of zeolite. The dietary inclusion of zeolite in laying hens had no positive effect on productive performance, egg quality (except yolk color), economic profitability and environmental impact.

*Keywords:* Aluminosilicates, dejection, economic feasibility, laying hens, mineral.

## Introducción

En los últimos años la producción mundial de huevo ha incrementado considerablemente, gran parte de este incremento se ha originado por la continua demanda de este producto en el mercado. Su consumo es indispensable para la población, debido a que con su ingestión se puede suplir las necesidades diarias de selenio (27%), vitamina B12 (25%), colina (23%), riboflavina (15%), proteínas (13%), fósforo (11%) y vitamina D (9%) (FAO 2015).

La avicultura constituye una de las actividades económicas más importantes para el sector pecuario. Siendo indispensable para la subsistencia humana, ya que es fuente de proteína accesible a la población. Según Farrell (2013), los huevos y la carne de ave de corral permanecen extensamente accesibles, son subjetivamente baratos y tienen la posibilidad de ser de fundamental trascendencia para contribuir a cubrir la falta de nutrientes.

Dentro de Centroamérica, Honduras ha logrado posicionarse como el mayor productor de huevos con aproximadamente 3.6 millones de unidades al día (Industria avícola 2019). Cabe destacar que en Honduras los huevos son parte fundamental de la canasta básica, lo que trae consigo un alto consumo y demanda en el mercado. Según el SICA (2014) el consumo per cápita anual en el territorio es de 130 huevos.

En el mundo moderno, la calidad del huevo sigue siendo importante y su mejora tiene el beneficio de reducir los costos, aumentar la eficiencia de producción y lograr una mayor aceptación del producto. Comprender los factores que afectan el rendimiento y la calidad de las cáscaras de huevo es esencial para lograr una producción de la más alta calidad, ya que los defectos de dicha característica pueden causar pérdidas significativas a la industria comercial del huevo (Dunn 2011).

Para lograr los exigentes objetivos del mercado, es necesario proporcionar una dieta equilibrada que satisfaga todas las necesidades nutricionales al mejor precio. Es por eso, que la meta de la industria avícola es lograr un mejor desempeño productivo y una mejor conversión alimenticia sin descuidar el bienestar de las aves de corral (Weber 2009). Dentro de la producción comercial de

animales, hay un crecimiento exponencial en la toma de conciencia sobre efectos de los micronutrientes sobre la salud y el desempeño de los animales, y la necesidad de utilizar estos de manera óptima, para maximizar la producción y la ganancia económica (Campos Granados 2015).

Por otro lado, con la alta demanda de productos avícolas surgen altas cantidades de desechos, los cuales repercuten en el ambiente, dando como resultado la emisión de gases siendo uno de ellos el amoníaco. Según Steinfeld et al. (2009), el amoníaco que se emite en la atmósfera es el contaminante con mayor impacto ecológico vinculado con la producción de aves de corral. La FAO (2013) también menciona que la presencia del amoníaco en altas concentraciones puede provocar efectos ambientales que repercuten en los ecosistemas y la salud humana.

La suplementación mineral se utiliza en dietas de ponedoras para reducir las pérdidas económicas relacionadas con la calidad externa del huevo y superar una de las principales limitaciones nutricionales de esta categoría animal. Los minerales son requeridos en niveles adecuados para que el ave sea capaz de utilizar eficientemente los demás nutrientes (Da Berto et al. 2013).

La zeolita es un mineral que posee un gran potencial de uso en la producción animal, esto se debe a sus características químicas, con efectos directos e indirectos sobre el rendimiento, calidad de la canal y reducción de la contaminación (Schneider et al. 2017). La zeolita se utiliza en la nutrición animal por una serie de efectos beneficiosos que proporciona un mejor aprovechamiento de los nutrientes del alimento, efectos positivos sobre la microflora intestinal y el mecanismo de digestión. Esta aumenta la eficiencia alimenticia en gallinas ponedoras, de igual forma pueden absorber diversas micotoxinas (Fendri et al. 2012); Macháček et al. 2010). La zeolita no solo se utiliza como factor mecánico para la alimentación de las aves de corral, sino también como una fuente eficaz de macro y microelementos. Su uso en la alimentación de aves ayuda a mitigar el sistema de alimentación limitado y mejora la seguridad de las aves (Chernogradskaya et al. 2020).

Según Shariatmadari (2008), el contenido de inclusión de zeolita puede variar del 1% al 10%. Siendo 1% el contenido recomendado de zeolita sintética, por otro lado, en zeolita natural recomienda hasta un 10%. Estas diferencias en la dosificación se deben a sus propiedades químicas y físicas.

El estudio de Oliver (1989), reportó que las dietas con suplementación de zeolita son más eficientes, dado a que presentaron o un mejor uso de la proteína y, por lo tanto, son convertidores de pienso más eficientes. Por otro lado, las propiedades químicas y físicas de la zeolita se prestan a una amplia variedad de aplicaciones en el tratamiento de desechos animales, lo que incluye la reducción del mal olor y contaminación asociada, el control de la viscosidad y la retención de nutrientes del estiércol. La mayoría de las actividades pasadas en la agricultura han sido en Japón, donde los agricultores han usado roca de zeolita durante años para controlar el contenido de humedad y mal olor del estiércol (Mumpton y Fishman 1977). Controlar el olor nocivo a niveles bajos en los gallineros es esencial para un mejor medio ambiente dentro de la casa y para una mejor salud y rendimiento de las aves (Nakaue *et al.* 1981). Los objetivos del estudio fueron: Evaluar la inclusión de zeolita en la productividad y calidad del huevo de gallinas ponedoras Hy-Line® Brown; determinar la humedad, N y P de las heces fecales de gallinas ponedoras alimentadas con inclusiones crecientes zeolita y evaluar los costos de consumo de alimento y huevo producido con la suplementación de zeolita en las dietas de gallinas ponedoras.

## **Materiales y Métodos**

### **Locación Experimental**

Este estudio se realizó en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicado en el Valle de Yegüare, municipio de San Antonio de Oriente, departamento Francisco Morazán, a 32 km de Tegucigalpa, Honduras. La unidad experimental tiene una altura de 800 msnm y una temperatura promedio de 26 °C.

### **Distribución, Diseño Experimental y Tratamientos**

Se utilizaron 200 gallinas ponedoras Hy-Line® Brown de 40 semanas de edad, las cuales se distribuyeron en un diseño totalmente aleatorizado durante 10 semanas, con cinco tratamientos, ocho repeticiones por tratamiento y cinco aves por repetición. Los tratamientos dietéticos consistieron en: T1: Control; T2: 0.5% de zeolita; T3: 1% de zeolita; T4: 1.5% de zeolita, y T5: 2.0% de zeolita.

### **Condiciones Experimentales**

Las gallinas ponedoras se alojaron en jaulas, donde el agua se ofreció *ad-libitum* en un bebedero de niple y el consumo de alimento se restringió a 120 g/ave. Se suministró 16 horas de luz cada día y no se empleó atención veterinaria terapéutica durante la etapa experimental. Se utilizó 15 días de adaptación a las nuevas dietas.

**Cuadro 1**

*Ingredientes y aportes nutricionales de las gallinas ponedoras Hy-Line® Brown.*

Ingredientes	Porcentaje
Harina de maíz	62.70
Harina de soya	24.63
Cloruro de colina	0.05
Aceite de palma	0.30
Premezcla Vit+Min <sup>1</sup>	0.20
Sal común	0.35
Biofos®	1.67
Carbonato de calcio fino	4.30
Carbonato de calcio grueso	5.25
Mycofix plus 5.0®	0.12
DL-metionina	0.25
L-lisina	0.10
L-treonina	0.08
Total	100
Costo USD/t	347.95
Aportes	
EM, kcal/kg	2700
PC, %	17.00
P disponible, %	0.49
Ca, %	4.20
Lisina, %	0.82
Met+Cyst, %	0.75
Treonina, %	0.60
Triptófano, %	0.17

**Variables Analizadas*****Desempeño Productivo***

Para determinar el peso del huevo, se recolectaron semanalmente 30 huevos por cada tratamiento, entre las 8:30 am y 9:30 am. Los huevos se pesaron en una balanza técnica digital OHAUS® (Nueva Jersey, EE. UU.), con una precisión de  $\pm 0.1$  g. La mortalidad se determinó teniendo en cuenta las aves muertas entre los animales que iniciaron el experimento. El consumo de alimentos, nutrientes y energía metabolizable se determinó tres veces por semana según el método de oferta y rechazo. Para la intensidad de puesta se consideró la producción total de huevos/semana/tratamiento; se asumió un huevo/día/ave alojada como 100%. La conversión masal y los huevos no aptos se calcularon a partir de las ecuaciones 1 y 2, respectivamente:

$$CM = \frac{CA}{NH \times PH} \quad (1)$$

Donde:

CM= Conversión masal.

CA= Consumo de alimento.

NH= Número de huevos.

PH= Peso del huevo.

$$HNA = \frac{HNA \times 100}{HA} \quad (2)$$

Donde:

HNA= Huevos no aptos.

HA= Huevos aptos.

### ***Calidad externa e interna del huevo***

En las semanas 44 y 49, se recolectaron 25 huevos por cada tratamiento experimental. Todos los huevos se recolectaron al mismo tiempo y se trasladaron al laboratorio de calidad de huevo del Centro de Investigación y Enseñanza de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. La calidad del huevo se analizó el mismo día de la recolección mediante un analizador automático TSS EggQuality (York, Inglaterra) y el software Eggware v4x.

La resistencia a la ruptura de la cáscara del huevo (polo medio) se midió con un analizador de resistencia QC-SPA® (York, Inglaterra). Para el grosor de la cáscara del huevo (polo medio) se utilizó un tornillo micrómetro QC-SPA® (York, Inglaterra) con una precisión de  $\pm 0.001$  mm. Para la calidad interna del huevo, la altura del albumen se determinó mediante un analizador de altura QHC® (York, Inglaterra) con una precisión de  $\pm 0.01$  mm. Las unidades Haugh se calcularon con la ecuación 3:

$$HU = 100 \times \log(H + 1.7W^{0.37} + 7.6) \quad (3)$$

Donde:

HU= Unidad Haugh.

H= Altura de la albúmina.

W= peso del huevo.

El color de la yema se evaluó mediante un colorímetro electrónico CCC® (York, Inglaterra), que tiene en cuenta la escala de Roche de 15 colores.

### ***Análisis de las Heces Fecales***

Se tomaron tres pools de heces fecales por tratamiento, las mismas se almacenaron y enviaron al Laboratorio de Suelos Zamorano. La humedad y el N se determinó por AOAC 2001.11 y P según colorimetría según azul de molibdeno.

### ***Análisis de Costo***

El costo del alimento consumido y el costo para producir un huevo se determinó utilizando el método económico - matemático con técnicas de agrupación y comparación. Para la aplicación de este método y de sus técnicas se utilizó fichas de costos de los ingredientes, facturas, informes de recepción y análisis económicos de la planta de concentrados y de la unidad de aves de la Escuela Agrícola Panamericana.

### ***Análisis Estadísticos***

Los datos se procesaron mediante análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple según un diseño totalmente al azar en el software estadístico SPSS versión 23.1. En los casos necesarios se empleó la décima de rangos múltiples de medias de Duncan. Los huevos sucios se determinaron por comparación de proporciones.

## Resultados y Discusión

En el Cuadro 2 se observa el efecto de la adición de zeolita dietética en el desempeño productivo de gallinas ponedoras Hy-Line® Brown. Las variables peso del huevo y porcentaje de huevos no aptos no presentaron diferencias entre los tratamientos ( $P > 0.05$ ). El grupo control y la dieta con 0.5% de zeolita mostraron la mayor intensidad de puesta ( $P \leq 0.05$ ). Por su parte la conversión masal incrementó en los grupos con Zeolita en comparación a la dieta control que tuvo un valor promedio más bajo ( $P \leq 0.05$ ).

### Cuadro 2

*Efecto de la inclusión de zeolita en el desempeño productivo de gallinas ponedoras Hy-Line® Brown.*

Tratamientos	Desempeño productivo				
	IP (%)	CA (g)	PH (g)	CM (kg/kg)	HNA (%)
Control	81.13 <sup>a</sup>	117.10 <sup>a</sup>	62.27	2.60 <sup>b</sup>	4.96
0.5% zeolita	80.79 <sup>a</sup>	115.98 <sup>b</sup>	61.75	2.76 <sup>ab</sup>	5.76
1% zeolita	73.67 <sup>c</sup>	115.96 <sup>b</sup>	62.16	2.89 <sup>a</sup>	4.05
1.5% zeolita	76.46 <sup>b</sup>	116.50 <sup>ab</sup>	61.75	2.81 <sup>a</sup>	3.89
2% zeolita	75.58 <sup>bc</sup>	116.01 <sup>b</sup>	62.24	2.89 <sup>a</sup>	5.70
EE±	0.39	0.13	0.16	0.03	0.42
Valor de P	<0.001	0.02	0.71	0.01	0.50

*Nota.* IP: intensidad de puesta; CA: consumo de alimento; PH: peso del huevo; CM: conversión masal; HNA: huevo no apto

ab números con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

Se observó que los tratamientos con zeolita disminuyeron la intensidad de puesta, lo que coincide con el estudio de Eprikashvili et al. (2014) quienes mencionan que la producción de huevos redujo con la inclusión de zeolita. Al contrario Oguz FKarakas et al. (2017) señalan que la adición de zeolita en las dietas de las gallinas ponedoras no tuvo efecto en el rendimiento de huevos. Según Fethiere et al. (1990) esto puede ser debido a la disminución en el consumo de alimento, ya que indirectamente se reduce la ingestión de fósforo lo que puede relacionarse con el rendimiento de las gallinas, debido a su colaboración expresiva en la funcionalidad metabólica, formación y calidad de la cáscara del huevo y formación de huesos (Nie et al. 2018). En cambio, Toraih et al.(2019) reportaron que la productividad de huevo aumentó mediante la adición de zeolita a una tasa del 4%. Es por ello,

que Balevi et al. (1998) consideran que la efectividad de la zeolita está relacionada con el porcentaje de la ración proporcionada, ya que no obtuvo ningún efecto sobre la producción de huevos.

Con los resultados obtenidos en el consumo de alimento, se observó que con la adición de zeolita este disminuyó, siendo el tratamiento control el de mayor consumo. Esto puede atribuirse a la reducción de los niveles de energía metabolizable obtenidos con la adición de zeolita. Según Nakaue y Koelliker (1981) el consumo aumenta con mayor cantidad de energía aprovechada del alimento. Al contrario, Wawrzyniak et al. (2017) señalan que la inclusión de zeolita aumentó el consumo de alimento. A diferencia de Salari et al. (2005) quienes reportaron que la ingesta de alimento y la tasa de conversión alimenticia no se vieron influenciadas por la suplementación con zeolita en las dietas.

El peso del huevo no fue afectado con inclusión de zeolita, por su parte Miazzi et al. (2005); Mizrak et al. (2013) informaron que no se observaron efectos dietéticos significativos entre los tratamientos con respecto al peso del huevo, lo que coincide con los resultados obtenidos. A diferencia, Miles et al. (1986) indican que la inclusión de zeolita a una concentración de 1.5% provocó una disminución en el peso del huevo, en comparación a los demás tratamientos, lo que concuerda con los resultados de Oguz FKarakas et al. (2017). Por el contrario, Çelebi y Kaya (2012) señalan que la inclusión de zeolita aumentó significativamente el peso del huevo. Es importante enfatizar que Macháček *et al.* (2010) reportan en su investigación que estas situaciones han hecho que los científicos concluyan que la dosis de inclusión utilizada también puede tener efecto sobre el peso del huevo.

La conversión masal disminuyó con la adición de zeolita, esto se debe a la relación que existe en el cálculo de esta variable, dado a que el tratamiento control obtuvo mayor porcentaje de intensidad de puesta y a la vez el peso del huevo no mostró efecto con la suplementación, coincidiendo con el reporte de Prasai et al. (2018), donde el tratamiento control fue superior, por lo que plantea que las condiciones no fueron totalmente optimizadas lo que interfirió en los resultados. El aumento del número de huevos rotos tiene un gran impacto negativo en los ingresos de los productores, dado a que no pueden ser distribuidos en el mercado (Tuyttens et al. 2013). La zeolita

no mostró efecto en el porcentaje de huevos no aptos, lo cual concuerda con el reporte de Malecky et al. (2005). En la investigación de Elliot y Edwards (1991) se menciona que la zeolita no mejoró la calidad de la cáscara del huevo, a lo cual se le atribuye que no exista efecto en este parámetro. Al contrario, Bozkurt et al. (2001) mencionaron que el uso de zeolita disminuyó las tasas de huevos rotos sin afectar la resistencia y el grosor de la cáscara.

En el Cuadro 3 se observa el efecto de la inclusión de zeolita en el consumo de alimento, EM y nutrientes de gallinas ponedoras Hy-Line Brown®. Los tratamientos con inclusiones de Zeolita disminuyeron la ingesta de alimentos, energía metabolizable, proteína cruda, calcio, fósforo disponible, lisina, metionina + cisteína, treonina y triptófano, excepto el grupo con 1.5% de zeolita que junto con la dieta control presentó un mayor nivel de consumo en todos esos parámetros ( $P \leq 0.05$ ).

### Cuadro 3

*Efecto de la inclusión de zeolita en el consumo de alimento, EM y nutrientes de gallinas ponedoras*

*Hy-Line® Brown.*

Tratamientos	Consumo de EM y nutrientes (ave)							
	EM (kcal/g)	PC (g/a/d)	Ca (mg/a/d)	P dis (mg/a/d)	Lys (mg/a/d)	Met+Cys (mg/a/d)	Thr (mg/a/d)	Trp (mg/a/d)
Control	316.18 <sup>a</sup>	19.91 <sup>a</sup>	4,918.32 <sup>a</sup>	573.80 <sup>a</sup>	960.24 <sup>a</sup>	878.27 <sup>a</sup>	702.62 <sup>a</sup>	199.07 <sup>a</sup>
0.5% zeolita	313.15 <sup>b</sup>	19.72 <sup>b</sup>	4,871.18 <sup>b</sup>	568.30 <sup>b</sup>	951.04 <sup>b</sup>	869.85 <sup>b</sup>	695.88 <sup>b</sup>	197.17 <sup>b</sup>
1% zeolita	313.09 <sup>b</sup>	19.71 <sup>b</sup>	4,870.31 <sup>b</sup>	568.20 <sup>b</sup>	950.87 <sup>b</sup>	869.70 <sup>b</sup>	695.76 <sup>b</sup>	197.13 <sup>b</sup>
1.5%zeolita	314.54 <sup>ab</sup>	19.80 <sup>ab</sup>	4,892.83 <sup>ab</sup>	570.83 <sup>ab</sup>	955.27 <sup>ab</sup>	873.72 <sup>ab</sup>	698.98 <sup>ab</sup>	198.04 <sup>ab</sup>
2% zeolita	313.22 <sup>b</sup>	19.72 <sup>b</sup>	4,872.23 <sup>b</sup>	568.43 <sup>b</sup>	951.25 <sup>b</sup>	870.04 <sup>b</sup>	696.03 <sup>b</sup>	197.20 <sup>b</sup>
EE±	0.35	0.02	5.48	0.64	1.07	0.98	0.78	0.22
Valor de P	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020

*Nota.* EM: energía metabolizable; PC: proteína cruda; CA: calcio; P: fósforo; LYS: lisina; MET+CYS: metionina + cisteína; THR: treonina; TRP:

triptófano.

<sup>ab</sup>= números con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

Los nutrientes son requeridos para mantener la condición y posibilitar el desarrollo del cuerpo o producción de huevos de las aves de corral. Estas necesitan el suministro de energía, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos, minerales y vitaminas (Ravindran 2013). La energía metabolizable y digestibilidad de nutrientes no presentó resultados positivos con la incorporación de

zeolita en las dietas de gallinas ponedoras. A diferencia del estudio de Macháček et al. (2010) quienes manifiestan que a menor concentración de zeolita se consiguen resultados positivos en la utilización metabólica de nutrientes, debido al incremento leve de la utilización metabólica de la grasa y energía bruta, sin embargo, indican la disminución del consumo de pienso, lo que coincide con los resultados obtenidos. Al contrario de Evans y Farell (1991) quienes señalan que el consumo de alimento aumentó significativamente al adicionar una concentración de zeolita más alta a la dieta. Cabe mencionar que según Eprikashvili et al. (2014) la forma del pienso influye, ya que la utilización de zeolita en forma de miga promueve una mejor digestión de nutrientes en comparación que la presentación en polvo.

En el Cuadro 4, se observan los resultados obtenidos con la adición de zeolita en la calidad externa e interna del huevo en gallinas ponedoras. Los tratamientos no presentaron diferencias ( $P > 0.05$ ) en las variables de peso de huevo, altura de albumen, unidad Haugh, resistencia a la ruptura y grosor de cascara. No obstante, la inclusión de zeolita aumentó el color de yema en los tratamientos con 0.5% ,1.5% y 2% de inclusión ( $P \leq 0.05$ ).

#### Cuadro 4

*Efecto de la inclusión de zeolita en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras Hy-Line® Brown en semanas 5 y 10.*

Tratamientos	Calidad del huevo					
	PH (g)	AA (mm)	UH	RR	CY	GC (cm)
Control	63.26	10.22	97.63	4292.17	4.62 <sup>b</sup>	0.36
0.5% zeolita	63.26	10.39	99.98	4206.62	4.98 <sup>a</sup>	0.36
1% zeolita	62.33	10.46	100.59	4443.20	4.63 <sup>b</sup>	0.37
1.5% zeolita	62.70	10.18	99.27	4229.37	4.95 <sup>a</sup>	0.37
2% zeolita	62.24	10.40	100.15	4388.75	4.77 <sup>ab</sup>	0.37
EE±	0.29	0.07	0.42	43.86	0.04	0.002
Valor de P	0.68	0.61	0.19	0.37	0.006	0.08

Nota. PH: peso del huevo; AA: altura del albumen; UH: unidad de Haugh; RR: resistencia a la ruptura; CY: color de yema; GC: grosor de cáscara

<sup>ab</sup>= números con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

Los huevos deben poseer una albúmina gruesa, según lo menciona la USDA (2000) una albúmina de la más alta calidad debe presentar un valor de unidad Haugh de 72 o superior. En relación con la altura del albumen del huevo, se logró observar que la inclusión de zeolita no afectó este parámetro. Según lo mencionan Arias et al. (1998) , los factores que influyen en la calidad de la albúmina son la edad de las aves , el efecto de la temperatura y humedad durante el almacenaje.

La unidad Haugh es el método más utilizado para medir la calidad interna de un huevo después de que se ha roto (Villagrà et al. 2003). En general, se espera que los valores de las unidades de Haugh disminuyan a medida que el ave envejece, en conjunto con la altura de la albúmina y el peso del huevo (Rayan et al. 2013), dado a que esta variable se calcula estableciendo una relación entre peso del huevo y altura del albumen. El resultado de los parámetros evaluados coincide con los reportes de Kralik et al. (2006) quienes indican que la unidad Haugh y la altura de la albúmina no se afectaron con la inclusión de zeolita.

En cualquier encuesta de consumidores relacionada con la calidad del huevo, el color de la yema es un factor clave, siendo las xantofilas el principal determinante del color en la yema, según la dieta consumida (Jacob et al. 2018). Los resultados que se obtuvieron en la investigación con respecto al color de yema está en un rango apto, ya que según Hy-Line® (2016), el valor mínimo aceptable es de 4.0. Según Oğuz et al. (2000) esto suele darse debido a la diferencia en la capacidad de adsorción de la arcilla, por lo cual recomienda tomar una cantidad menor de zeolita para la dieta de las gallinas ponedoras al requerir un índice de amarillo de yema más alto. Por otro lado, Kermanshahi et al. (2011) menciona, que la disminución del color de la yema se da probablemente por la unión del pigmento al alimento, lo que provoca que el pigmento pase a través del tracto digestivo en lugar de ser absorbido. A diferencia, Butcher y Miles (2017) indican que la intensidad del pigmento disminuye mientras aumenta la edad de las gallinas. Esto puede deberse a la disminución de la producción de pigmento o al aumento de la superficie sobre la cual el pigmento disponible se distribuye. Puesto que a mayor

edad de las gallinas se encuentran contenidos minerales plasmáticos más altos en las gallinas de edad y disminuye la resistencia de la cáscara del huevo.

La resistencia a la ruptura de la cáscara no se vio afectada por la suplementación dietética de zeolita. Coincidiendo con lo encontrado por Nassiri et al. (2008), quienes mencionan que la zeolita no afectó a esta variable. Es por ello, que Túmová et al. (2014), enfatizan que los factores que pueden afectar la calidad y la resistencia de la cáscara del huevo son tratamiento, medio ambiente, nutrición y enfermedades.

El efecto de la zeolita en la calidad de la cáscara del huevo depende del nivel de fósforo en la dieta, así cuanto menor sea la ingesta de fósforo por parte de la gallina, menor será el efecto beneficioso de la zeolita sobre la calidad de la cáscara (Roland 1990). La relación entre el calcio y el fósforo en la dieta es importante, ya que el nivel de fósforo interfiere en la absorción del calcio desde el intestino, lo que provoca una mala calidad de la cáscara (Boorman y Gunaratne 2001). Esto concuerda con los resultados obtenidos en el Cuadro 3, ya que la zeolita no mejoró la disponibilidad o aprovechamiento del fósforo.

Los resultados obtenidos coinciden con el informe de Ozturk et al. (1998), dado a que en su estudio no encontraron mejoría en la calidad del huevo. Según Kermanshahi et al. (2011), el efecto esperado de la zeolita en experimentos con animales puede variar debido a la fuente, la concentración, el tamaño de partícula, el contenido de aluminio y silicio en la zeolita, así como el contenido de calcio y fósforo en la dieta.

El cuadro 5 muestra los costos de la inclusión de zeolita en la dieta de gallinas ponedoras. Todas las dietas no presentaron una amplia variación en el costo del alimento consumido, por lo cual el precio del huevo es el mismo, a excepción del tratamiento con adición del 1% de zeolita.

**Cuadro 5**

*Efecto de la adición dietética de zeolita en relación al costo del alimento y del huevo de las gallinas ponedoras Hy-Line Brown®*

Tratamientos	Desempeño productivo	
	Costo del alimento consumido (USD)	Costo por huevo (USD)
Control	97.79	0.05
0.5% Zeolita	97.64	0.05
1% Zeolita	97.73	0.06
1.5% Zeolita	98.30	0.05
2% Zeolita	98.00	0.05

Las características que posee el huevo definen su calidad, estas pueden llegar a afectar la aceptación del cliente. Por lo cual es necesario cumplir con estándares de calidad, ya que son necesarios para mantener los nichos de mercado. El consumidor suele preocuparse de que la cáscara del huevo se encuentre libre de daños, asimismo Hisasaga et al. (2020) afirma que las preferencias de los consumidores se centran en el color de la yema, este criterio suele ser muy subjetivo y variante.

Los resultados obtenidos en el Cuadro 5 nos permiten observar que la variación del costo de alimento entre tratamientos consumido fue mínima, de manera que no existió variabilidad en el costo por huevo producido, a diferencia del tratamiento con adición de 1% de zeolita. Esto se debe a la relación que existe entre el consumo y número de huevos producidos, cabe mencionar que la inclusión de zeolita no redujo costos de producción de huevo.

En el Cuadro 6, se muestran los resultados obtenidos con la adición de zeolita en las heces fecales de gallinas ponedoras. No existe diferencias en la variable de humedad ( $P > 0.05$ ). Asimismo, la inclusión de Zeolita a 0.5% y el control presentaron los mejores resultados con respecto a la presencia de nitrógeno ( $P \leq 0.05$ ). Por su parte en la variable de fósforo la inclusión de Zeolita a 1.5% y 2% redujo la presencia de dicho elemento similar al tratamiento control ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 6**

*Efecto de la inclusión de zeolita en las heces fecales de gallinas ponedoras Hy-Line® Brown.*

Tratamientos	Indicadores		
	Humedad	N	P
Control	79.0	4.75 <sup>d</sup>	1.63 <sup>b</sup>
0.5% Zeolita	78.4	4.26 <sup>d</sup>	1.88 <sup>a</sup>
1% Zeolita	78.4	5.39 <sup>c</sup>	1.91 <sup>a</sup>
1.5% Zeolita	77.3	7.19 <sup>a</sup>	1.46 <sup>b</sup>
2% Zeolita	78.2	6.68 <sup>b</sup>	1.63 <sup>b</sup>
EE±	0.27	0.302	0.05
Valor de P	0.68	<0.001	0.002

Nota. N: nitrógeno; P: fosforo

<sup>ab</sup>= números con letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

La humedad no presentó efectos con la adición de zeolita, estos resultados podrían ser debidos al incremento de proteína digerida, ya que a mayor proteína digerible la humedad aumenta en las heces. Según lo que menciona Pontes (1989) los rangos normales del contenido de humedad presente en las heces fecales de gallinas ponedoras en sistemas de jaulas oscilan de 75-80%, lo que permite observar intervalos aceptables, asimismo, concuerda con los resultados obtenidos en la evaluación.

En cuanto al porcentaje nitrógeno presente en las heces fecales se logró observar que la inclusión de zeolita obtuvo los peores resultados a excepción del tratamiento con 0.5% de inclusión. Lo que concuerda con el estudio de Lon-Wo et al. (2010), quienes reportaron que con la suplementación de zeolita a las dietas se manifestó mayor residualidad de nitrógeno en las heces. Por lo cual, Chang et al. (1975) señala que esto ocurre cuando las heces recolectadas son almacenadas, lo que provoca una mayor concentración de nitrógeno, incrementando paulatinamente a mayor tiempo de almacenamiento.

Referente a la presencia de fosforo, se logra observar que los tratamientos experimentales con 1.5 y 2% de zeolita obtuvieron los mejores resultados. En el reporte de Parker et al. (1959), los resultados fueron similares, ya que esta variable presentaba 1.91 de fosforo en las heces, lo concuerda con el estudio. García Rebollar y Gonzalo González (1999) señalan que la mayor parte del fosforo

presente en las heces normalmente es el fítico, ósea el no digerible por el ave, siendo un compuesto no hidrolizado por las enzimas endógenas de los animales monogástricos, presente principalmente en granos de cereales y oleaginosas (Perney et al. 1993). Por su parte, Nahm (2007) menciona que la presencia de fosforo puede causar eutrofización.

### **Conclusiones**

La adición de zeolita no afectó el peso del huevo, porcentaje de huevos no aptos, altura del albumen, unidad Haugh ,resistencia a la ruptura, grosor de cáscara y humedad en las heces fecales de gallinas ponedoras Hy-Line® Brown.

La inclusión de zeolita redujo el consumo de alimento, nutrientes y energía metabolizable e incrementó la excreción de N y P. Sin embargo tuvo un efecto positivo en el color de yema en gallinas ponedoras Hy-Line® Brown.

El uso dietético de la zeolita no tuvo efectos económicos positivos en las dietas de gallinas ponedoras.

### **Recomendaciones**

No suministrar zeolita en concentraciones de 0.5, 1, 1.5 y 2% en las dietas de gallinas ponedoras, ya que presentan efectos negativos con la inclusión.

Repetir el experimento con diferentes concentraciones de zeolita sintética, edades, líneas de gallinas ponedoras y diferentes condiciones ambientales.

## Referencias

- Arias JL, Fernandez MS, Nys Y. 1998. ¿Qué se entiende por un huevo fresco? TecnoVet; [consultado el 25 de may. de 2021]. 4(3). <https://bit.ly/3iodYKd>.
- Balevi T, Coşkun B, Şeker E, Kurtoğlu V. 1998. Yumurta tavuğu rasyonlarına katılan zeolitin verim performansı üzerine etkisi. Veteriner Bilimleri Dergisi. 14(2):71–76. <https://bit.ly/3eCtQYx>.
- Boorman KN, Gunaratne SP. 2001. Dietary phosphorus supply, egg-shell deposition and plasma inorganic phosphorus in laying hens. Br Poult Sci. 42(1):81–91. eng. doi:10.1080/713655018.
- Butcher GD, Miles RD. 2017. Factors Causing Poor Pigmentation of Brown-Shelled Eggs. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 13 de may. de 2021]. Veterinary Medicine-Large Animal Clinical Sciences Department. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/VM/VM04700.pdf>.
- Campos Granados C. 2015. El impacto de los micronutrientes en la inmunidad de los animales. Nutrición Animal Tropical. 9(1):1–23. doi:10.15517/NAT.V9I1.18778.
- Chang TS, Currigan DJ, Linden E. 1975. Ammonia content of caged layer excreta. The National Agricultural Library; [consultado el 1 de jun. de 2021]. 98–107. <https://bit.ly/3Bm2UG3>.
- Chernogradskaya N, Grigor'ev M, Sharvadze R, Grigorieva A. 2020. Influence of zeolite honguruu on growth and development, digestibility and metabolism of geese. Agrarian Bulletin of the. 196(5):80–85. doi:10.32417/1997-4868-2020-196-5-80-85.
- Da Berto, Garcia EA, Pelícia K, Vercese F, Molino AdB, Da Silveira AF, Vieira Filho JA, Murakami ES. 2013. Effects of dietary clinoptilolite and calcium levels on the performance and egg quality of commercial layers. Revista Brasileira de Ciência Avícola. 15(3):263–268. doi:10.1590/S1516-635X2013000300014.
- Dunn I. 2011. Poultry breeding for egg quality: traditional and modern genetic approaches. En: Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products. [sin lugar]: Elsevier. p. 245–260.

- Eprikashvili L, Kordzakhia T, Dzagania M, Marine Z. 2014. Natural zeolites in poultry farming. *Annals Agrarian Science*; [consultado el 25 de may. de 2021]. 12(1). <https://bit.ly/3Bo2ILZ>.
- [FAO] Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura, editor. 2013. Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo: Impacto en la calidad del aire de los contaminantes potenciales procedentes de la producción de aves de corral. [sin lugar]: [sin editorial]. ISBN: 978-92-5-308067-0.
- [FAO] Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura. 2015. El huevo en cifras. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 27 de oct. de 2020]. <https://bit.ly/2VQIEw4>.
- Farrell D. 2013. Importancia de la carne y los huevos de aves de corral, en particular para las mujeres y niños. En: Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura, editor. *Revision del desarrollo avicola*. Roma: [sin editorial]. p. 5–6. <https://bit.ly/3ziM09t>.
- Fendri I, Khannous L, Mallek Z, Traore AI, Gharsallah N, Gdoura R. 2012. Influence of Zeolite on fatty acid composition and egg quality in Tunisian Laying Hens. *Lipids Health Dis*. 11:71. eng. doi:10.1186/1476-511X-11-71.
- Fethiere R, Miles RD, Harms RH. 1990. Influence of synthetic sodium aluminosilicate on laying hens fed different phosphorus levels. *Poultry Science*. 69(12):2195–2198. eng. doi:10.3382/ps.0692195.
- García Rebollar P, Gonzalo González M. 1999. El fósforo en nutrición animal: necesidades, valoración de materias primas y mejora de la disponibilidad. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 1 de jun. de 2021]. <https://bit.ly/3xUkhf7>.
- Hisasaga C, Griffin SE, Tarrant KJ. 2020. Survey of egg quality in commercially available table eggs. *Poultry Science*. 99(12):7202–7206. eng. doi:10.1016/j.psj.2020.09.049.
- HY-LINE. 2016. Management Guide: Brown Parent Stock. [sin lugar]. <https://bit.ly/3eAH8Vj>.
- Industria avicola. 2019. Producción de huevos en Honduras aumentaría en 2019. Honduras: [sin editorial]; [consultado el 26 de oct. de 2020]. <https://bit.ly/3kBldBw>.

- Jacob JP, Miles RD, Butcher GD, Wilson HR, Mather FB. 2018. Factors Affecting Egg Production in Backyard Chicken Flocks<sup>1</sup>. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 13 de may. de 2021]. Animal Sciences Department. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/PS029>.
- Kermanshahi H, Haji Agha Jani E, Hashemipour H, Pilevar M. 2011. Efficacy of natural zeolite and pigments on yolk color and performance of laying hens; [consultado el 13 de may. de 2021]. 10(16):3237–3242. <https://academicjournals.org/journal/AJB/article-abstract/06A990927867>.
- Kralik G, Speranda M, Gajcevic Z. 10 de sep. de 2006. Effects of Nanofeed<sup>®</sup> preparation on egg quality and biochemical indicators in laying hens' serum; Verona, Italy. <https://bit.ly/3itUgwQ>.
- Lon-Wo E, Acosta A, Cardenas M. 2010. Efecto de la zeolita natural (Clinoptilolita) en la dieta de la gallina ponedora. Su influencia en la liberación de amoníaco por las deyecciones. Revista Cubana de Ciencia Agrícola; [consultado el 23 de may. de 2021]. 44(4):389–392. <https://bit.ly/3wTVmHj>.
- 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):29-34. doi:10.2754/avb201079S9S029.
- Miazzo R, Peralta MF, Magnoli C, Salvano M, Ferrero S, Chiacchiera SM, Carvalho ECQ, Rosa CAR, Dalcero A. 2005. Efficacy of sodium bentonite as a detoxifier of broiler feed contaminated with aflatoxin and fumonisin. Poultry Science. 84(1):1–8. eng. doi:10.1093/ps/84.1.1.
- Miles R, Harms R, Laurent S. 1986. Influence of sodium zeolite A (Ethacal) on laying hen performance. Nutrition Reports International; [consultado el 13 de may. de 2021]. 34:1097–1103. <https://bit.ly/3eAArCI>.
- Mizrak C, Yenice E, Ertekin B. 2013. Düşük düzeyde kalsiyum içeren damızlık yumurta tavuğu yemlerine ilave edilen sepiyolitinin performans, yumurta kalite kriterleriyle, bazı kan ve sindirim sistemi özellikleri üzerine etkisi; [consultado el 3 de jun. de 2021]. 53(2):75–89. <https://bit.ly/3eTJcrZ>.

- Mumpton FA, Fishman PH. 1977. The Application of Natural Zeolites in Animal Science and Aquaculture. *Journal of Animal Science*; [consultado el 12 de may. de 2021]. 45(5):1188–1203. doi:10.2527/jas1977.4551188x.
- Nahm KH. 2007. Efficient phosphorus utilization in poultry feeding to lessen the environmental impact of excreta. *World's Poultry Science Journal*; [consultado el 30 de may. de 2021]. 63(4):625–654. doi:10.1017/S0043933907001663.
- Nakaue HS, Koelliker JK, Pierson ML. 1981. Studies with Clinoptilolite in Poultry. II. Effect of Feeding Broilers and the Direct Application of Clinoptilolite (Zeolite) on Clean and Reused Broiler Litter on Broiler Performance and House Environment. *Poultry Science*; [consultado el 12 de may. de 2021]. 60(6):1221–1228. doi:10.3382/ps.0601221.
- Nassiri M H, Jahanian R, Jahanian N H, Madaeni MM. 2008. Influence of Dietary Zeolite Supplementation on the Performance and Egg Quality of Laying Hens Fed Varying Levels of Calcium and Nonphytate Phosphorus. *Journal of Biological Sciences*; [consultado el 13 de may. de 2021]. 8(2):328–334. doi:10.3923/jbs.2008.328.334.
- Nie W, Wang B, Gao J, Guo Y, Wang Z. 2018. Efectos de la suplementación con fósforo en la dieta sobre el rendimiento de la puesta, la calidad del huevo, la salud ósea y las respuestas inmunitarias de las gallinas ponedoras desafiadas con lipopolisacárido de *Escherichia coli*. *Journal of Animal Science and Biotechnology*; [consultado el 7 de jun. de 2021]. 9(53):2–11. <https://bit.ly/2VZazKu>.
- Oguz FK, Gumus H, Oguz MN, Bugdayci KE, Dagli H, Ozturk Y. 2017. Effects of different levels of expanded perlite on the performance and egg quality traits of laying hens. *Revista Brasileira de Zootecnia*; [consultado el 3 de jun. de 2021]. 46(1):20–24. doi:10.1590/S1806-92902017000100004.
- Oğuz H, Keçeci T, Birdane YO, Onder F, Kurtoğlu V. 2000. Effect of clinoptilolite on serum biochemical and haematological characters of broiler chickens during aflatoxicosis. *Res Vet Sci*; [consultado el 13 de may. de 2021]. 69(1):89–93. eng. doi:10.1053/rvsc.2000.0395.

- Oliver MD. 1989. Effect of feeding clinoptilolite (zeolite) to three strains of laying hens. *Br Poult Sci.* 30(1):115–121. eng. doi:10.1080/00071668908417130.
- Ozturk E, Erener G, Sarica M. 1998. Influence of Natural Zeolite on Performance of Laying Hens and Egg Quality. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*; [consultado el 13 de may. de 2021]. 22:623–628. <https://www.zeocat.es/docs/animalegglayinghens.pdf>.
- Parker MB, Perkins HF, Fuller HL. 1959. Nitrogen, Phosphorus and Potassium Content of Poultry Manure and Some Factors Influencing Its Composition. *Poultry Science.* 38(5):1154–1158. doi:10.3382/ps.0381154.
- Perney KM, Cantor AH, Straw ML, Herkelman KL. 1993. The effect of dietary phytase on growth performance and phosphorus utilization of broiler chicks. *Poultry Science.* 72(11):2106–2114. eng. doi:10.3382/ps.0722106.
- Pontes M. 1989. Patología: Excremento acuoso en broilers y ponedoras. España: [sin editorial]; [consultado el 24 de may. de 2021]. <https://bit.ly/36KyVJY>.
- Prasai TP, Walsh KB, Midmore DJ, Bhattarai SP. 2018. Effect of biochar, zeolite and bentonite feed supplements on egg yield and excreta attributes. *Animal Production Science.* 58(9):1632. doi:10.1071/AN16290.
- Rayan G, Mahrous M, Galal A, El-Attar A. 2013. Study of some productive performance and egg quality traits in two commercial layer strains. *Egyptian Poultry Science Journal*; [consultado el 13 de may. de 2021]. 33(11):357–369. <https://bit.ly/3wQUao7>.
- Roland DA. 1990. The Relationship of Dietary Phosphorus and Sodium Aluminosilicate to the Performance of Commercial Leghorns. *Poultry Science.* 69(1):105–112. doi:10.3382/ps.0690105.
- Schneider AF, Zimmermann OF, Gewehr CE. 2017. Zeolites in poultry and swine production. *Ciência Rural.* 47(8). doi:10.1590/0103-8478cr20160344.
- Shariatmadari F. 2008. The application of zeolite in poultry production. *World's Poultry Science Journal.* 64(1):76–84. doi:10.1017/S0043933907001730.

- [SICA] Sistema de la Integración Centroamericana. 2014. Honduras registra crecimiento del rubro avícola. El Salvador: [sin editorial]; [consultado el 26 de oct. de 2020]. <https://bit.ly/36MTzZA>.
- Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, de Haan C. 2009. La Larga sombra del ganado: Problemas ambientales y opciones. Roma: Livestock's Long Shadow. 444 p. ISBN: 978-92-5-305571-5.
- Toraih HM, Hassan AM, El-Far AA-E, Morsy AS, Ahmed NAE-H, Emam KRS. 2019. Effect of Zeolite Dietary Supplementation on Physiological Responses and Production of Laying Hens Drinking Saline Well Water in South Sinai. *Journal of World's Poultry Research*. 9(2):109–122. doi:10.36380/scil.2019.wvj15.
- Tůmová E, Gous RM, Tyler N. 2014. Effect of hen age, environmental temperature, and oviposition time on egg shell quality and egg shell and serum mineral contents in laying and broiler breeder hens. *Czech Journal of Animal Science*. 59(9):435–443. doi:10.17221/7655-CJAS.
- [USDA] United States. 2000. Egg-Grading Manual. [sin lugar]: [sin editorial]. <https://bit.ly/3ezJtA7>.
- Villagr a A, Blanes V, Lainez M, Guill en P, Torres A. 2003. Comparación de tres sistemas de producción de gallinas ponedoras (1): producción de huevos. ITEA; [consultado el 13 de may. de 2021]. 24:217–219. <https://bit.ly/3zh1rze>.
- Weber GM. 2009. Improvement of flock productivity through supply of vitamins for higher laying performance and better egg quality. *World's Poultry Science Journal*. 65(3):443–458. doi:10.1017/S0043933909000312.