

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



Proyecto Especial de Graduación

Efecto fitobiótico del polvo de hojas de *Tectona grandis* en el desempeño productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras

Estudiantes

Kristel Alejandra Brito Valladares

Paola Alejandra Sarmiento Cruz

Asesores

Yordan Martínez, D.Sc.

Patricio E. Paz, Ph.D.

Honduras, junio 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA ODILIA TREJO RAMIREZ

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Resumen	5
Abstract.....	6
Materiales y Métodos	10
Preparación del Polvo de Hojas de <i>Tectona grandis</i>	10
Composición Química del Polvo de Hojas de <i>Tectona Grandis</i>	10
Ubicación Experimental	10
Animales, Diseño Experimental y Tratamientos	11
Condiciones Experimentales	12
Comportamiento Productivo	12
Calidad Externa e Interna del Huevo	12
Examen Hematológico	13
Peso Relativo de los Órganos Inmunes, Digestivos y Reproductor	14
Análisis Estadísticos	14
Resultados y Discusión.....	15
Conclusiones	24
Recomendaciones.....	25
Referencias.....	26

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Dieta basal para gallinas ponedoras Hy-line® White (25-35 semanas).....	11
Cuadro 2. Composición del polvo de hojas de Tectona grandis	15
Cuadro 3. Efecto nutracéutico del polvo de las hojas de Tectona grandis en la productividad de gallinas ponedoras	16
Cuadro 4. Efecto nutracéutico del polvo de las hojas de Tectona grandis en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras	19
Cuadro 5. Efecto nutracéutico del polvo de las hojas de Tectona grandis en el peso relativo de los órganos del huevo de gallinas ponedoras	21
Cuadro 6. Efecto nutracéutico del polvo de las hojas de Tectona grandis en el análisis hematológico de gallinas ponedoras	22

Resumen

Para evaluar el efecto de la suplementación dietética con polvo de hojas de *Tectona grandis* en la productividad y calidad del huevo de gallinas ponedoras, se seleccionaron 320 gallinas Hy-Line® White 36 de 25 semanas de edad y se ubicaron al azar durante 10 semanas experimentales. Las dietas consistieron en una dieta control sin aditivo y tres niveles de inclusión de polvo de hojas de *T. grandis* (0.5%, 0.75% y 1.0%). Las aves que consumieron las dietas experimentales no mostraron morbimortalidad. La suplementación de 0.75% de polvo de hojas de *T. grandis* incrementó la intensidad de puesta (94.52%), conversión masal (1.75 kg/kg) y la concentración de la IgA (34.50 mg/dl); no obstante, el peso del huevo, consumo de alimento, huevos no aptos, color de la yema, altura del albumen, resistencia a la ruptura, grosor de la cáscara, peso de los órganos (excepto el oviducto) e indicadores hematológicos, no mostraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos. La suplementación con 1.0% de polvo de hojas de *T. grandis* aumentó ($P \leq 0.05$) el grosor de la cáscara (0.38 mm) y el color de la yema (2.75).

Palabras Claves: Adición, calidad, gallinas ponedoras, hojas, huevo, *Tectona grandis*.

Abstract

To evaluate the effect of dietary supplementation with *Tectona grandis* leaves powder on egg productivity and quality in laying hens, 320 Hy-Line® White 36 hens, 25 weeks old, were housed for 10 weeks, according to a design completely randomized, with a control without additive and three levels of inclusion of powder from leaves of *T. grandis* (0.5%, 0.75% and 1.0%). The hens that consumed the experimental diets did not show morbidity and mortality. Supplementation with 0.75% powder of *T. grandis* leaves increased laying intensity (94.52%), mass conversion (1.75 kg/kg), leukocyte value (152.41 L) and IgA (34.50 mg/dl); however, egg weight, feed intake, unfit eggs, yolk color, albumen height, breaking strength, shell thickness, organ weight (except oviduct) and hematological indicators did not show differences ($P > 0.05$) between treatments. Supplementation with 1.0% *T. grandis* leaves powder increased ($P \leq 0.05$) shell thickness (0.38 mm) and yolk color (2.75); while the other indicators remained without difference ($P > 0.05$). Supplementation with 1.0% *T. grandis* leaves powder increased ($P \leq 0.05$) shell thickness (0.38 mm) and yolk color (2.75).

Keywords: egg, hens, improvement, layers, leaf, nutraceutical, powder, quality, *Tectona grandis*.

Introducción

La industria de la avicultura tiene un crecimiento acelerado debido a su creciente demanda a nivel mundial. Además, contribuye directamente con la seguridad alimentaria y la nutrición humana, principalmente en países de bajos recursos (Yildiz 2021). Debido a esto, las empresas avícolas se han especializado en diferentes áreas para una enfrentar una industria cada vez más competitiva (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2003). La industria avícola se divide en producción de carne y huevo, ambas siendo de suma importancia en el sector. Según datos de la FAO, la producción total de huevos en el mundo ascendió a 1.528 millones de unidades en 2018. En 2019, esta cifra alcanzó los 1.577 millones, lo que demuestra el crecimiento del sector.

Por otro lado, es conocido que los antibióticos se utilizan cotidianamente como promotores del crecimiento (APC) y agentes terapéuticos en los piensos para aves de corral, ellos no se metabolizan completamente en los tejidos corporales y se depositan en la carne como compuestos parentales, además, pueden ser excretados al medio ambiente a través de las heces fecales de las aves (Muhammad et al. 2020). Los avances en la producción de antibióticos y su eficacia en el rendimiento de los sistemas han dado lugar a un uso intensivo de estas sustancias sintéticas. Las investigaciones mostraron que el uso excesivo de antibióticos en la alimentación intensifica los riesgos potenciales de resistencia en los patógenos humanos. Sin embargo, la eliminación total de los APC provocó un aumento significativo de la incidencia de infecciones por patógenos, lo que tiene un efecto perjudicial en el rendimiento de los animales comerciales (Mohammadi y Kim 2018). Esto llevo a las empresas a buscar nuevas alternativas para poder controlar los patógenos que afectan a los animales sin que estas dañen a los humanos.

Los fitobióticos, tienen una amplia variedad de actividades biológicas que han surgido recientemente como alternativas a los antibióticos sintéticos promotores del crecimiento. Las alternativas actuales al uso de los antibióticos son los productos naturales (Vinus et al. 2018). Durante las últimas dos décadas el uso de los fitobióticos en la alimentación avícola se ha convertido en

tendencia, esto debido, al efecto antimicrobiano, antioxidante, inflamatorio y como promotor de crecimiento. La adición de fitobióticos en la alimentación y consumo de agua favorece de manera significativa en la digestión y el metabolismo en el organismo, ya que estimula el crecimiento y el desarrollo de un microbioma útil, limita la multiplicación y la adhesión de patógenos y mejora la estructura y el funcionamiento de los enterocitos. La selección del material vegetal debe ser cuidadosa y ajustada a los beneficios esperados. Por lo que, los aditivos vegetales pueden mejorar la salud al estimular la inmunidad y aumentar la resistencia al estrés (Krauze 2021).

El uso de aditivos vegetales en la cría de aves puede contribuir con mejoras del peso del huevo, el grosor y la resistencia de su cáscara, y a la prolongación del período de puesta. Así, el uso de fitobióticos mejora la calidad de la carne y los huevos, con un incremento del peso relativo de las partes comestibles de la canal (músculos pectorales y de las patas), así como estimula la puesta (Krauze 2021). En la industria avícola se han investigado prebióticos, probióticos y fitobióticos con el objetivo de mejorar el estado de salud, disminuir los microorganismos patógenos y modular una mejor respuesta inmunitaria (Markowiak y Śliżewska 2018). La mejora de los parámetros de crecimiento tras la suplementación de fitobióticos puede depender del mecanismo sinérgico entre sus complejos moleculares activos (Al-Sagheer et al. 2019). Estos son utilizados tradicionalmente por su actividad antioxidante con respecto a la salud intestinal. Se ha especulado que los ácidos orgánicos de algunos aditivos alimentarios fitobióticos pueden reducir el pH intestinal, lo que provoca la inhibición de la patogenicidad de los patógenos locales y reduce el nivel de sus productos tóxicos (Manafi et al. 2016). Su implementación en las dietas avícolas mejora la salud intestinal, lo que favorece la digestión y absorción de nutrientes en el intestino delgado.

Los estudios realizados sobre teca en la actualidad son escasos. Sin embargo, Shofa et al. (2021) estudiaron el efecto del extracto de hoja de teca en las dietas de codornices ponedoras. Estos autores encontraron que la adición de un 1.6% de este fitobiótico mejoró la calidad externa e interna de los huevos, como el grosor de la cáscara y el color de la yema. El objetivo del estudio fue evaluar el

efecto fitobiótico de la *Tectona grandis* en la productividad y calidad del huevo de gallinas ponedoras Hy-Line® W-36.

Materiales y Métodos

Preparación del Polvo de Hojas de *Tectona grandis*

Las hojas de *T. grandis* se recolectaron al azar de 20 árboles de aproximadamente tres años en las zonas periurbanas del departamento de San Antonio de Oriente, Honduras. Para la recolección de las hojas se consideró la diversidad en tamaño, estructura, así como la clasificación óptima de las hojas, identificadas en el Departamento de Ciencia y Producción Agrícola, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. Las hojas se depositaron y almacenaron en una bolsa de fibra para evitar el aumento de humedad por transpiración durante el transporte al área de preparación.

Se utilizó agua destilada para lavar las hojas y eliminar las impurezas. Posteriormente, las hojas se colocaron en una superficie amplia y seca, protegida con papel, y se dejaron secar de forma natural, en el interior, durante cinco días. Una vez secas, las hojas se transportaron al Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ), Escuela Agrícola Panamericana, Honduras y se molieron con un molino de cuchillas a un tamaño de granulometría de 1 mm.

Composición Química del Polvo de Hojas de *Tectona Grandis*

Para establecer la composición química de las hojas se analizó: materia seca, proteína bruta, cenizas, N, Ca, Mg, K, Cu, Fe, Mn y Zn, y se determinó P por el método de colorimetría con azul de molibdeno.

Ubicación Experimental

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

Animales, Diseño Experimental y Tratamientos

Un total de 320 gallinas ponedoras Hy-Line® White de 25 semanas de edad se distribuyeron según un diseño totalmente aleatorizado durante 10 semanas, con cuatro tratamientos, siete repeticiones por tratamiento y cinco aves por repetición. Los tratamientos dietéticos consistieron en una dieta control y la adición nutraceútica con 0.5, 0.75 y 1% del polvo de hojas de *T. grandis*. Se formuló una dieta basal según los requerimientos nutricionales descritos en el manual de la línea genética utilizada (Cuadro 1).

Cuadro 1

Dieta basal para gallinas ponedoras Hy-line® White (25-35 semanas).

Ingredientes	Niveles de inclusión
Maíz amarillo	49.606
Harina de soya	31.278
Aceite de palma africana	5.685
Enzimas exógenas	0.05
Coccidiostato	0.05
Premezcla	0.35
Colina	0.05
Mycofix plus 5.0	0.12
Carbonato	10.31
Biofost	1.73
Bicarbonato de sodio	0.28
Sal común	0.23
DL-metionina	0.251
L-treonina	0.01
<i>Aportes nutricionales</i>	
Energía metabolizable (kcal/kg)	2800
Proteína cruda (%)	17.60
Ca	4.1
P disponible	0.48
Lisina digestible	0.85
Metionina y cistina digestible	0.74
Treonina digestible	0.60

Nota. Premezcla de vitaminas y minerales: vitamina A, 1000 UI/kg; Vitamina D3, 2000 UI/kg; Vitamina E, 30 UI/kg; Vitamina K3, 2,0 mg/kg;

Vitamina B1, 1,0 mg/kg; Vitamina B2, 6,0 mg/kg; Vitamina B6, 3,5 mg/kg; Vitamina B12, 18 mg/kg; Niacina, 60 mg/kg; Ácido pantoténico, 10 mg/kg; Biotina, 10 mg/kg; Ácido fólico, 0,75 mg/kg; Colina, 250 mg/kg; Hierro, 50 mg/kg; Cobre, 10 mg/kg; Zinc, 70 mg/kg; Manganeso, 70 mg/kg; Selenio, 0,30 mg/kg; Yodo, 1,0 mg/kg.

Condiciones Experimentales

Las gallinas ponedoras se alojaron en un galpón comercial de 400 m², en jaulas de 61 × 36 cm, con ventiladores de techo y un sistema de iluminación artificial. El agua se ofreció *ad-libitum* en dos bebederos de niple por jaula y el consumo de alimento se restringió a 110 g/día/ave en comederos lineales. Se suministraron 16 horas de luz cada día y no se utilizó atención veterinaria terapéutica durante la etapa experimental. Para lograr una adaptación adecuada a las nuevas dietas, se utilizó una fase de alimentación pre-experimental de 15 días.

Comportamiento Productivo

Para determinar la intensidad de puesta se consideró la producción total de huevos/semana/tratamiento; se asumió un huevo/día/ave alojada como 100%. 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 balanza digital OHAUS® (Nueva Jersey, EE. UU.), con una precisión de ± 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. La conversión masal y los huevos no aptos se calcularon a partir de las fórmulas 1 y 2:

$$CM = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{No. de huevos} \times \text{peso del huevo}} \quad (1)$$

$$\text{Huevos no aptos (HNA)} = \frac{\text{HNA}}{\text{Huevos totales}} * 100 \quad (2)$$

Calidad Externa e Interna del Huevo

En las semanas 30 y 35, se recolectaron 40 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 ± 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 ± 0.01 mm. Las unidades Haugh se calcularon con la fórmula 3:

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

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.

Examen Hematológico

En la semana 35, se realizó un examen hematológico a seis gallinas en ayunas/tratamiento. La sangre se extrajo (10 mL) por punción de la vena del ala izquierda y se depositó en tubos con anticoagulantes. En plasma sanguíneo se determinaron los eritrocitos y leucocitos por conteo automático en una Cámara de Neubauer modelo 68058-15 (Electrónica, Microscopía, Sciences, Hatfield, PA, EE.UU.) usando violeta de metilo 2B como diluyente. Además, las plaquetas se cuantificaron en la Cámara de Neubauer modelo 68058-15 (Electrónica, Microscopía, Ciencias, Hatfield, PA, EE.UU.) usando una solución de oxalato de amonio. El hematocrito-PVC fue determinado por el capilar proceso de microcentrifugación. La hemoglobina se determinó de acuerdo con el método Hemo Test.

Peso Relativo de los Órganos Inmunes, Digestivos y Reproductor

Al final del experimento (semana 35), se seleccionaron 10 gallinas ponedoras por tratamiento, las mismas se pesaron individualmente antes del sacrificio en una balanza OHAUS Navigator modelo N38110 balanza con una precisión de 1 g (OHAUSTM, Parsippany, NJ, EE. UU.). Las gallinas se seleccionaron usando el método de dislocación cervical mecánica; se realizó el procedimiento. Se extrajeron y pesaron los siguientes órganos: bazo, órganos digestivos (proventrículo, molleja, intestino delgado y ciegos), órganos viscerales (corazón, hígado y páncreas) y oviducto. Los órganos se pesaron con una balanza BLAZE BL, modelo 100-01-BK, con una precisión de 0.01 g (Dalman Enterprises Ltd., Wycombe, Buckinghamshire, REINO UNIDO).

Análisis Estadísticos

Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza de clasificación simple según un diseño completamente al azar en el software estadístico SPSS versión 23.1. En los casos necesarios se utilizó la décima de rangos múltiples de medias de Duncan. La viabilidad se determinó por comparación de proporciones y el color de la yema de huevo se determinó por la prueba de Kruskal-Wallis.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 2 se observa la composición química del polvo de hojas de *T. grandis*. Según Vyas et al. (2019) las hojas de esta planta tienen una concentración de triterpenoides, esteroides, lignanos, ésteres grasos y compuestos fenólicos. Desde el punto de vista farmacológico, se ha investigado la actividad antioxidante, antiinflamatoria, antipirética, citotóxica, analgésica, hipoglucémica, de curación de heridas y antiplasmódica de la planta.

Cuadro 2

Composición del polvo de hojas de Tectona grandis.

Indicador	Media	DE	CV
Materia seca (%)	94.93	0.208	0.219
Cenizas (%)	21.53	0.057	0.264
Proteína cruda (%)	6.46	0.072	1.114
N (%)	1.03	0.011	1.067
P disponible (%)	0.12	0.005	4.166
K (%)	0.35	0.010	2.857
Ca (%)	3.60	0.165	4.583
Mg (%)	0.20	0.017	8.500
Cu (mg/kg)	6.33	0.577	9.473
Fe (mg/kg)	358.67	65.363	18.223
Mn (mg/kg)	46.00	4.358	9.473
Zn (mg/kg)	34.00	4.358	12.817

Nota. DE: desviación estándar; CV: coeficiente de variación

El microelemento más utilizado en la producción avícola es el cobre. Asimismo, en la producción de huevos de mesa, el cobre contribuye a aumentar la resistencia de la cáscara y a la reducción del contenido de colesterol en la yema (Pekel y Alp 2011). La deficiencia de cobre puede limitar la producción y aumentar significativamente el número de huevos con tamaño y formas irregulares, dando lugar a cáscaras arrugadas, gruesas y con textura o incluso a huevos que no tienen cáscara. Por otro lado, el hierro participa en procesos fisiológicos y bioquímicos en el organismo, en la regulación del crecimiento y la diferenciación celular al ser parte integral de varias proteínas y enzimas (Andrews 1999).

Según Schmidt (2016), el manganeso es un metal activador de las enzimas glucosiltransferasa y fosfatasa alcalina, que participan en la síntesis de mucopolisacáridos y glicoproteínas que

contribuyen a la formación de la matriz orgánica del hueso y la cáscara de huevo. Sin embargo, un déficit de este mineral disminuye el grosor de la cáscara y la resistencia a la ruptura. En aves de corral, el Mn es esencial para la formación de la cáscara del huevo y puede afectar positivamente a la calidad de este. Se ha demostrado que las gallinas alimentadas con dietas deficientes en Mn producen huevos con cáscaras más finas, con zonas translúcidas y anomalías en la ultraestructura, particularmente en su capa mamilar (Venglovská et al. 2014).

El zinc es un cofactor de la enzima anhidrasa carbónica en el útero. Cataliza la condensación de CO_2 y H_2O , produciendo H^+ y HCO_3^- . Este último se combina con el calcio, formando carbonato cálcico en la cáscara del huevo (Schmidt 2016). La ausencia de zinc en la dieta de las ponedoras puede ocasionar una disminución en los niveles de anhidrasa carbónica, lo que da como resultado defectos en el caparazón. Estos resultados demuestran el potencial nutricional y fitobiótico del polvo de hojas de *T. grandis*.

En el Cuadro 3 se observa los indicadores productivos de gallinas ponedoras alimentadas con suplementaciones del polvo de hojas de *T. grandis*. La suplementación de 0.75% incrementó ($P \leq 0.05$) la producción de huevo y disminuyó ($P \leq 0.05$) la conversión masal en comparación al tratamiento control y las suplementaciones de 0.50 y 1.0% de *T. grandis*.

Cuadro 3

Efecto nutracéutico del polvo de las hojas de Tectona grandis en la productividad de gallinas ponedoras.

Items	Niveles de inclusión de <i>Tectona grandis</i>				EE±	Valor de P
	Control	0.50%	0.75%	1.0%		
IP (%)	91.23c	92.55b	94.52a	90.35c	0.417	0.001
PH (g)	58.62	58.12	57.51	58.13	0.775	0.791
CA (g/ave/día)	95.79	95.23	95.15	95.10	0.264	0.225
CM (kg/kg)	1.79 ^a	1.77 ^{ab}	1.75 ^b	1.81 ^a	0.014	0.003
HS (%)	9.73 ^a	8.31 ^b	6.70 ^c	6.35 ^c	0.486	0.001

Nota. ^{a,b} Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a $P \leq 0.05$.

IP: Intensidad de puesta; PH: Peso del huevo; CA: Consumo de alimento, CM: conversión masal, HS: huevos sucios

Asimismo, la cantidad de huevo sucio disminuyó ($P \leq 0.05$) a mayor suplementación del polvo de *T. grandis* empleado. Para los otros indicadores productivos (peso del huevo, consumo de alimento) no se encontraron diferencias ($P > 0.05$). El incremento de 3.29% en la intensidad de puesta, con la suplementación de 0.75% del polvo de *T. grandis*, confirma la efectividad de esta planta como estimuladora de la producción de huevo en las gallinas ponedoras. En cuanto a los metabolitos secundarios y sus funciones benéficas en el polvo de hojas de *T. grandis*, se puede confirmar su efecto directo en la productividad de las gallinas ponedoras. Se demostró una excelente conversión masal, esto se infiere debido a que la producción de huevo incrementó, y el consumo de alimento se mantuvo en los mismos niveles.

Estos resultados confirman que, la suplementación hasta el 1.0% de esta planta no provoca factores antinutricional y no disminuye el consumo de alimento. Según Ni et al. (2016), el consumo excesivo de ciertos metabolitos secundarios puede ocasionar síntomas relacionados con factores anti nutricionales en las gallinas ponedoras (menor consumo de alimento, baja producción del huevo y mortalidad). Sin embargo, Martínez et al. (2013) informaron que el efecto benéfico de las plantas medicinales dependerá de la estructura química de los metabolitos secundarios, su concentración y nivel de adición en las dietas de las aves.

Según Khera y Bhargava (2013), los compuestos bioactivos en las hojas de teca tienen actividades antibacterianas y antifúngicas. Al observar el compuesto bioactivo de las hojas de teca, se espera que mejore la calidad de los huevos de las gallinas ponedoras. De igual manera estos autores afirmaron que la reducción de bacterias patógenas en el tracto digestivo de los pollos podría aumentar la digestibilidad del alimento, optimizar absorción de nutrientes y aumento de las bacterias beneficiosas. Este mecanismo puede aumentar el peso del huevo.

En su estudio sobre el extracto dietético de hojas de teca (*Tectona grandis* L.) sobre la calidad del huevo de gallinas ponedoras. Edi et al. (2018) afirman que el aumento en el peso del huevo encontrado pudo ser debido a que el extracto de hoja de teca contiene 128.69 mg/100 de g

flavonoides. Estos autores explican que los indicadores de diferencias de peso a partir de un nivel de inclusión del 1.2%, confirma que los niveles de suplementación adecuados son menores a 1%. Se demuestra por medio de análisis de químicos, que varias clases de fitoquímicos como alcaloides, glucósidos, saponinas, esteroides, flavonoides, proteínas y carbohidratos han sido reportadas en *T. grandis* (Asif 2011). Como afirma Khera y Bhargava (2013), obtuvieron varios metabolitos secundarios de la extracción de metabolitos secundarios de la hoja como astectoquinona, 5-hidroxiapachol, tectol, ácido betulínico, aldehído betulínico, escualeno y lapachol.

Por otro lado, se observa que la planta reduce la cantidad de huevos sucios ($P \leq 0.05$). Existe un rango muy amplio sobre las razones por las cuales los huevos salen sucios; entre ellas encontramos edad, plan de higiene, nutrición, manejo, instalaciones, sanidad, entre otras. Siendo la alimentación el factor primordial en cuanto a la obtención de huevos limpios. De igual manera, un cambio brusco en la dieta de las aves puede generar un desequilibrio intestinal afectando la consistencia de las heces.

En el Cuadro 4 se observa el efecto nutracéutico del polvo de las hojas de *T. grandis* en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras. El color de la yema y el grosor de la cáscara aumentó progresivamente ($P \leq 0.05$) con la suplementación del polvo de hojas de *T. grandis* en el nivel de inclusión de 1.0%, no obstante, la altura del albumen, el peso del huevo y la resistencia a la ruptura de la cáscara no sufrieron cambios ($P > 0.05$) por efecto de las dietas.

Cuadro 4

Efecto nutraceutico del polvo de las hojas de Tectona grandis en la calidad externa e interna del huevo de gallinas ponedoras.

Items	Niveles de inclusión de Tectona grandis				EE±	Valor de P
	Control	0.50%	0.75%	1.0%		
PH (g)	60.11	59.76	59.05	59.96	0.461	0.383
AA (mm)	10.83	12.12	11.98	11.80	1.027	0.809
Unidad Haugh	101.33	102.70	103.80	102.23	0.950	0.322
RRC (KgF)	5337.66	5408.94	5238.69	5450.46	82.612	0.288
GC (mm)	0.36 ^b	0.37 ^a	0.37 ^a	0.38 ^a	0.003	0.011
CY	2.52 ^b	2.59 ^{ab}	2.52 ^b	2.75 ^a	0.003	0.050

Nota. ^{a,b} Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a $P \leq 0.05$.

PH: peso del huevo; AA: Altura del albumen; RRC: Resistencia a la ruptura de la cáscara; GC: Grosor de la cáscara; CY: Color de la yema

De acorde con la guía de manejo de la línea genética Hy-line (2019), el peso promedio del huevo desde la semana 26 hasta la 100 se encuentra en un parámetro de 54.7 g a 63.8 g/huevo, lo que demuestra que la suplementación de polvo de *T. grandis* en la dieta de gallinas ponedoras se mantiene dentro del rango promedio.

La altura de la albúmina del huevo también se mide comúnmente como un indicador de frescura y se mide como la altura de la albúmina gruesa interna del huevo cuando se rompe sobre una superficie plana y disminuye con el aumento del tiempo de almacenamiento y la frescura del huevo (Silversides y Budgell 2004). El polvo de *T. grandis* no modificó la altura de la clara del huevo. Asimismo, se puede observar que la suplementación de *T. grandis* no influyó en las unidades Haugh. De acuerdo con Jones et al. (2018), las unidades Haugh son una correlación entre el peso del huevo y la altura de la clara espesa. Nematina y Abdanan Mehdizadeh (2018) indicaron que las unidades Haugh se encuentra en su valor máximo, cuando el huevo acaba de ser puesto o cuando se haya enfriado, lo que denota buen grado de frescura.

El mayor grosor de la cáscara en la suplementación con 1.0% de polvo de hojas de *T. grandis* se pudo deber a una mejor salud intestinal con el incremento en la absorción de Ca en el lumen intestinal, ya que de acuerdo con Savón et al. (2007) se requiere de condiciones especiales de pH

debido a la insolubilidad de este mineral. Según Elaroussi et al. (1994), los estrógenos son los principales transportadores del carbonato cálcico del intestino a los huesos y estos, a su vez, entran en el ciclo homeostático del Ca. Esto conlleva a una serie de nuevas alternativas con respecto a problemas comunes en el rubro, como el grosor de cáscara, deficiencia del mineral en la formación de huesos y problemas con patas. Sin embargo, esta investigación afirma lo mencionado por Elaroussi et al. (1994) que con la suplementación de polvo de *T. grandis* al parecer se incrementa la absorción de Ca, y por ende el grosor de la cáscara.

En este estudio hubo incremento del color de la yema con la adición de 1.0% de polvo de hojas de *T. grandis*, lo que pudo deber a la presencia de antocianinas, un metabolito secundario con poder pigmentante. Shipp y Abdel-Aal (2010) mencionan que las antocianinas son pigmentos hidrosolubles naturales, que pueden incrementar la coloración de la yema del huevo como un valor agregado al producto. De acuerdo con los resultados, los metabolitos secundarios benéficos en las hojas de *T. grandis* podrían favorecer a la respuesta biológica en las aves. La adición de aditivos fitobióticos en las dietas de gallinas ponedoras puede determinar la intensidad del color de la yema, sin afectar el desempeño de las aves, lo que es aceptable para la industria de huevos de mesa, panaderías y otras industrias (Odunsi 2002). Sin embargo, este depende de la concentración del colorante natural en el material vegetal.

En el Cuadro 5 se observa el efecto nutraceutico de polvo de las hojas de *T. grandis* en el peso relativo de los órganos del huevo de gallinas ponedoras. Los tratamientos experimentos no indicadores cambios en el peso relativo de los órganos digestivos e inmunes ($P > 0.05$). Sin embargo, el peso relativo del oviducto incrementó ($P < 0.05$) según los niveles de inclusión del polvo de hojas de *T. grandis*

Cuadro 5

Efecto nutraceútico del polvo de las hojas de Tectona grandis en el peso relativo de los órganos digestivos, inmunes y reproductor de gallinas ponedoras.

Peso relativo (%)	Niveles de inclusión de <i>Tectona grandis</i>				EE±	Valor de P
	Control	0.50%	0.75%	1.0%		
Hígado	1.96	2.05	1.97	1.92	0.082	0.056
Corazón	0.39	0.39	0.38	0.34	0.026	0.512
Pancreas	0.17	0.19	0.16	0.14	0.024	0.582
Intestino delgado	3.65	3.65	3.71	3.59	0.211	0.959
Ciegos	0.76	0.92	0.88	0.90	0.088	0.611
Bazo	0.09	0.10	0.09	0.08	0.008	0.205
Oviducto	3.78 ^c	4.57 ^b	4.40 ^b	5.07 ^a	0.182	0.0367

El oviducto es un conducto estrecho, de una longitud cercana a los 70 centímetros, de color rosa pálido que se extiende desde el ovario hasta la cloaca. Una vez se produce la ovulación, este órgano es el responsable de la producción de los otros componentes del huevo (Ramírez 2009). El oviducto está conformado por cinco partes, las cuales cumplen una función específica en la formación del huevo. Como se mencionó anteriormente, este órgano fue el único que aumentó biológica y estadísticamente con una mayor inclusión del polvo de *T. grandis*. Al parecer el mayor tamaño del oviducto es debido a la mayor producción de huevos. Sin embargo, otras investigaciones son necesarias confirmar esta hipótesis.

En el Cuadro 6 se observa el análisis hematológico de gallinas ponedoras alimentadas con suplementaciones del polvo de hojas de *T. grandis*. La suplementación de 0.75% incrementó ($P \leq 0.05$) los valores de Leucocitos y IgA, en comparación al tratamiento control y las suplementaciones de 0.50 y 1.0% de *T. grandis*.

Cuadro 5

Efecto nutraceútico del polvo de las hojas de Tectona grandis en el análisis hematológico de gallinas ponedoras.

Items (%)	Niveles de inclusión de <i>Tectona grandis</i>				EE±	Valor de P
	Control	0.50%	0.75%	1.0%		
Eritrocitos (x 10 L)	2.36	2.24	2.84	2.76	0.208	0.256
Hemoglobulina (g/dL)	17.40	14.44	19.73	19.00	1.980	0.408
Hematocrito (%)	33.71	34.53	34.08	32.83	2.310	0.293
Plaquetas (x 10 L)	68.60	68.50	68.33	70.00	5.127	0.128
Leucocitos (L)	120.48b	123.85b	152.41a	98.93c	8.571	0.024
Linfocitos (x 10 L)	102.45	106.28	110.82	102.67	2.345	0.192
IgA (mg/dl)	25.16b	25.71b	34.50a	30.98ab	0.709	0.013

Nota. a,b,c Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a $P \leq 0.05$.

Para los otros valores hematológicos (eritrocitos, hemoglobulina, hematocrito, plaquetas y linfocitos) no se encontraron diferencias ($P > 0.05$). La suplementación con inclusión de 1.0% de polvo de *T. grandis* demuestra que dietas con una inclusión de 1.0% disminuyen significativamente los leucocitos, siendo estos las células encargadas de defender el organismo de infecciones. Se confirma que al añadir cantidades mayores a 1.0% de extractos medicinales, se afecta la parte reproductividad del ave, y al parecer se daña las células primordiales de defensa.

El sistema digestivo de las aves es un tubo que sirve como depósito, la digestión y absorción de los alimentos. Es una estructura compleja y está implicada en muchas funciones importantes para el desarrollo, la productividad y la salud de las aves (Matté 2017). Análogamente Cook y Trott (2010) añaden que el sistema inmune digestivo concentra cantidades considerables de células inmunológicas organizadas en diferentes estructuras (Placas de Peyer, Tonsilas Cecales, Divertículo de Meckel, Tonsila Esofágica, Tejido Linfoide Asociado a Mucosas y Bolsa de Fabricio).

Existen tres grandes isotipos de anticuerpos en gallinas: una molécula de alto peso molecular tipo IgM, dos subclases (7-8) del tipo IgG que constituyen la mayor cantidad de inmunoglobulinas en el plasma y una del tipo IgA que se encuentra en las secreciones externas como la vesícula biliar y el oviducto (Sanders y Case 1977).

Por otra parte, las aves presentan diferentes células especializadas en la defensa de estas. Entre ellas se encuentran: linfocitos T estos poseen la capacidad de desarrollar citoquinas, a su vez, diferenciándose de manera funcional con los diferentes tipos de células. Linfocitos B: los cuales son los responsables de la síntesis de anticuerpos de clase IgG, IgM e IgA. Estos anticuerpos son transferidos a la yema a través de la sangre de la gallina. Esto fue comprobado por Rose y Orleans (1981), en donde se encontraron que los anticuerpos con mayor proporción en el plasma sanguíneo son las IgG, y estos son transferidos a la yema de huevo a través del epitelio folicular del ovario durante la oogénesis, proceso similar a la transferencia de los anticuerpos a través de la placenta en mamíferos. Asimismo, se demostró que los IgA e IgM están presentes en mayores proporciones en secreciones y plasma sanguíneo y en cantidades muy pequeñas en la clara de huevo (Murcia 2009).

El uso de 0.75% del polvo de hojas de la *T. grandis* incrementó la concentración de IgA, esta es de suma importancia, ya que es la encargada de proteger el sistema digestivo del ave. Esta inmunoglobulina es la primera línea de defensa para evitar la adhesión de agentes patógenos. Presenta una gran inmutabilidad contra bacterias, virus y autoantígenos. La IgA secretora de las células B contribuye al mantenimiento de bacterias comensales/simbióticas en el intestino, además de proteger las superficies mucosas contra patógenos (Hodgkinson et al. 2017). La IgA secretora tiene múltiples mecanismos para la defensa de la mucosa, incluida la exclusión inmunitaria, la prevención de la unión microbiana y la neutralización del antígeno (Mirhoseini et al. 2018).

Conclusiones

La inclusión dietética con 0.75% de polvo de hojas *Tectona grandis* mejoró la producción de huevo y disminuyó la conversión masal y el porcentaje de huevos sucios de gallinas ponedoras.

La inclusión dietética (0.5, 0.75 y 1.0%) con polvo de hojas *Tectona grandis* incrementó el grosor de la cáscara y la mayor inclusión (1.0%) de este polvo medicinal pigmentó la yema de huevo de gallinas ponedoras.

Los tratamientos experimentales no cambiaron notablemente el peso relativo de los órganos digestivos, inmune y viscerales, aunque incrementó el peso relativo del oviducto de gallinas ponedoras.

La inclusión dietética con 0.75% de polvo de hojas *Tectona grandis* incrementó los leucocitos y la concentración de IgA sanguínea de gallinas ponedoras.

Recomendaciones

Utilizar 0.75% de polvo de hojas de *Tectona grandis* para incrementar la productividad y la actividad inmune en las dietas de gallinas ponedoras.

Cuantificar los metabolitos secundarios de las hojas de la *Tectona grandis* responsables de la actividad biológica en gallinas ponedoras.

Realizar investigaciones con diferentes extractos del polvo de *Tectona grandis* en las dietas de gallinas ponedoras y pollos de engorde.

Referencias

- Al-Sagheer A, Abd El-Hack M, Alagawany M, Naiel M, Mahgoub S, Badr M, Hussein E, Alowaimier A, Swelum A. 2019. Paulownia Leaves as A New Feed Resource: Chemical Composition and Effects on Growth, Carcasses, Digestibility, Blood Biochemistry, and Intestinal Bacterial Populations of Growing Rabbits. *Animals (Basel)*. 9(3). eng. doi:10.3390/ani9030095.
- Andrews NC. 1999. Disorders of iron metabolism. *N Engl J Med*. 341(26):1986–1995. eng. doi:10.1056/NEJM199912233412607.
- Asif M. 2011. In vivo analgesic and antiinflammatory effects of tectona grandis linn. Stem bark extracts. *Malaysian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 9(1). <https://cutt.ly/2JL798S>.
- Cook ME, Trott DL. 2010. IgY – Immune component of eggs as a source of passive immunity for animals and humans. *World's Poultry Science Journal*. 66(2):215–226. doi:10.1017/S0043933910000279.
- Edi D, Natsir M, Djunaidi I. 2018. The Effect of Dietary Teak Leaf Extract (*Tectona grandis* Linn. f) on Egg Quality of Laying Hens. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences*. <http://sasjournals.com/wp-content/uploads/2018/10/SJAVS-59-490-497-c.pdf>.
- Elaroussi MA, Forte LR, Eber SL, Biellier HV. 1994. Calcium homeostasis in the laying hen. 1. Age and dietary calcium effects. *Poult Sci*. 73(10):1581–1589. eng. doi:10.3382/ps.0731581.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2003. Egg marketing: A guide for the production and sale of eggs. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. x, 121 (FAO agricultural services bulletin; vol. 150). ISBN: 9251049327.
- Hodgkinson AJ, Cakebread J, Callaghan M, Harris P, Brunt R, Anderson RC, Armstrong KM, Haigh B. 2017. Comparative innate immune interactions of human and bovine secretory IgA with pathogenic and non-pathogenic bacteria. *Dev Comp Immunol*. 68:21–25. eng. doi:10.1016/j.dci.2016.11.012.
- Hy-line. 2019. Mejorando el tamaño del huevo en las ponedoras comerciales. <https://www.hyline.com/Upload/Resources/TU%20EGG%20SPN.pdf>.
- Jones DR, Ward GE, Regmi P, Karcher DM. 2018. Impact of egg handling and conditions during extended storage on egg quality. *Poult Sci*. 97(2):716–723. eng. doi:10.3382/ps/pex351.
- Khera N, Bhargava S. 2013. Phytochemical and Pharmacological Evaluation of *Tectona grandis*. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 5(3). <https://innovareacademics.in/journal/ijpps/Vol5Issue3/7289.pdf>.
- Krauze M. 2021. Phytobiotics, a Natural Growth Promoter for Poultry. En: Babinszky L, Oliveira J, Mauro E, editores. *Advanced Studies in the 21st Century Animal Nutrition*. Vol. 8. [sin lugar]: InTech (Veterinary Medicine and Science).
- Manafi M, Hedayati M, Khalaji S. 2016. Effectiveness of Phytogetic Feed Additive as Alternative to Bacitracin Methylene Disalicylate on Hematological Parameters, Intestinal Histomorphology and Microbial Population and Production Performance of Japanese Quails. *Asian-Australas J Anim Sci*. 29(9):1300–1308. eng. doi:10.5713/ajas.16.0108.
- Markowiak P, Śliżewska K. 2018. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. *Gut Pathog*. 10:21. eng. doi:10.1186/s13099-018-0250-0.

- Martinez Y, Yero O, Liu G, Ren W, Bertot R, Jiménez Y, Nyachoti C. 2013. Effect of dietary supplementation with *Anacardium occidentale* on growth performance and immune and visceral organ weights in replacement laying pullets. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 11(3&4). <https://cutt.ly/gJL7V3Y>.
- Matté F. 2017. Influencia de la microflora intestinal sobre la salud intestinal de las aves. *Vetanco*. <https://cutt.ly/VJL7K7e>.
- Mirhoseini A, Amani J, Nazarian S. 2018. Review on pathogenicity mechanism of enterotoxigenic *Escherichia coli* and vaccines against it. *Microb Pathog*. 117:162–169. eng. doi:10.1016/j.micpath.2018.02.032.
- Mohammadi M, Kim I. 2018. Phytobiotics in poultry and swine nutrition – a review. *Italian Journal of Animal Science*. 17(1):92–99. doi:10.1080/1828051X.2017.1350120.
- Muhammad J, Khan S, Su Q, Hesham A, Ditta A, Nawab J, Ali A. 2020. Antibiotics in poultry manure and their associated health issues: a systematic review. *J Soils Sediments*. 20(1):486–497. doi:10.1007/s11368-019-02360-0.
- Murcia H. 2009. Importance of avian immunoglobulins and their immunoassay applications. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/3726659.pdf>.
- Nematinia E, Abdanan Mehdizadeh S. 2018. Assessment of egg freshness by prediction of Haugh unit and albumen pH using an artificial neural network. *Food Measure*. 12(3):1449–1459. doi:10.1007/s11694-018-9760-1.
- Ni H, Martínez Y, Guan G, Rodríguez R, Más D, Peng H, Valdivié Navarro M, Liu G. 2016. Analysis of the Impact of Isoquinoline Alkaloids, Derived from *Macleaya cordata* Extract, on the Development and Innate Immune Response in Swine and Poultry. *Biomed Res Int*. 2016:1352146. eng. doi:10.1155/2016/1352146.
- Odunsi A. 2002. Assessment of Lablab (*Lablab Purpureus*) Leaf Meal as a Feed Ingredient and Yolk Colouring Agent in the Diet of Layers. *International J. of Poultry Science*. 2(1):71–74. doi:10.3923/ijps.2003.71.74.
- Pekel AY, Alp M. 2011. Effects of different dietary copper sources on laying hen performance and egg yolk cholesterol. *Journal of Applied Poultry Research*. 20(4):506–513. doi:10.3382/japr.2010-00313.
- Ramírez L. 2009. Fisiología reproductiva y programa de luz. Universidad de Tolima. Tolima, Colombia: [sin editorial]. https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/wpsa1237983098a.pdf.
- Rose ME, Orlans E. 1981. Immunoglobulins in the egg, embryo and young chick. *Developmental & Comparative Immunology*. 5(1):15–20. doi:10.1016/S0145-305X(81)80003-1.
- Sanders BG, Case WL. 1977. Chicken secretory immunoglobulin: chemical and immunological characterization of chicken IgA. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*. 56(3):273–278. doi:10.1016/0305-0491(77)90015-3.
- Savón L, Scull I, Martínez M. 2007. Integral foliage meals of three tropical legumes for poultry feeding. Chemical composition, physical properties and phytochemical screening. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 41(4). <https://cutt.ly/EJL5y95>.

- Schmidt M. 2016. How to improve eggshell quality with organic minerals. Poultry International. <https://www.wattagnet.com/articles/26558-how-to-improve-eggshell-quality-with-organic-minerals>.
- Shipp J, Abdel-Aal E-SM. 2010. Food Applications and Physiological Effects of Anthocyanins as Functional Food Ingredients. *TOFSJ*. 4(1):7–22. doi:10.2174/1874256401004010007.
- Shofa F, Sudjarwo E, Djunaidi I. 2021. The Effect of Teak Leaf Extract (*Tectona grandis* Linn. f) on Feed to Intestinal Microflora of Laying Quails. *American Journal of Engineering Research*. 10(5). <https://www.ajer.org/papers/Vol-10-issue-5/P1005119122.pdf>.
- Silversides FG, Budgell K. 2004. The relationships among measures of egg albumen height, pH, and whipping volume. *Poult Sci*. 83(10):1619–1623. eng. doi:10.1093/ps/83.10.1619.
- Venglovská K, Grešáková Ľ, Plachá I, Ryzner M, Čobanová K. 2014. Effects of feed supplementation with manganese from its different sources on performance and egg parameters of laying hens. *Czech J. Anim. Sci*. 59(No. 4):147–155. doi:10.17221/7338-CJAS.
- Vinus R, Sheoran N, Maan N, Tewatia B. 2018. Potential benefits of herbal supplements in poultry feed. *The Pharma Innovation Journal*. 7(6). <https://www.thepharmajournal.com/archives/2018/vol7issue6/PartJ/7-6-119-805.pdf>.
- Vyas P, Yadav D, Khandelwal P. 2019. *Tectona grandis* (teak) - A review on its phytochemical and therapeutic potential. *Nat Prod Res*. 33(16):2338–2354. eng. doi:10.1080/14786419.2018.1440217.
- Yildiz D. 2021. Global Poultry Industry and Trends. <https://www.feedandadditive.com/global-poultry-industry-and-trends/>.