

Phytobiotic effect of *Jatropha curcas* leaf powder on productivity, egg quality and blood biochemistry of laying quails

Efecto fitobiótico del polvo de hojas de *Jatropha curcas* en la productividad, calidad del huevo y bioquímica sanguínea de codornices ponedoras

Ivonne Salazar¹, R. Rodríguez², R. Aroche¹, M. Valdivié³ and Y. Martínez^{4*}

¹Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Granma, Bayamo, Granma, Cuba

²Centro de Estudios de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Granma, Bayamo, Granma 21, Cuba

³Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio, Santiago de las Vegas, Rancho Boyeros, La Habana, Cuba

⁴Centro de Investigación y Enseñanza Avícola, Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras

Email: ymartinez@zamorano.edu

Ivonne Salazar: <https://orcid.org/0000-0003-0375-197X>

R. Rodríguez: <https://orcid.org/0000-0003-2641-1767>

R. Aroche: <https://orcid.org/0000-0002-3940-1026>

M. Valdivié: <https://orcid.org/0000-0002-8858-0307>

Y. Martínez: <https://orcid.org/0000-0003-2167-4904>

To evaluate the phytobiotic effect of *Jatropha curcas* leaf powder on productivity, egg quality and blood biochemistry of laying quail (*Coturnix japonica*), the phytochemical screening of leaves of this plant was carried out. An amount of 150 laying quails, 25 weeks old, were randomly distributed into three treatments and five repetitions per treatment for 70 days. Treatments consisted of dietary supplementation with 0, 0.5 and 1.0 % of *J. curcas* leaf powder. Alkaloids, coumarins, resins, anthocyanidins, saponins, free amino acids, tannins, quinones, flavonoids, and mucilages were found in the medicinal powder. The addition of 0.5 % of powder improved ($P < 0.05$) laying intensity (1.89 %), although there were no significant changes ($P > 0.05$) for live weight, viability, feed intake, mass conversion and percentage of non-apt eggs. At weeks 30 and 35 of age, the experimental group with 0.5 % increased the height of the dense white (0.59 and 0.36 mm) and Haugh unit (2.82 and 2.09). The rest of egg quality indicators did not differ among treatments ($P > 0.05$). In blood, the addition of 0.5% reduced ($P < 0.05$) glucose and creatinine concentration and the treatment with 1 % increased the concentration of aminotransferase aspartate, although without notable differences for the concentration of alanine aminotransferase, total cholesterol and uric acid ($P > 0.05$). Dietary supplementation with 0.5 % of *J. curcas* leaf powder is suggested in laying quail diets to improve laying, egg quality and blood chemistry.

Keywords: additive, quail, productive indicator, egg quality, blood indicator

Currently, the use of phytochemical additives in animal diets is of interest as an alternative to replace subtherapeutic antibiotics in intensive production (Alagawany *et al.* 2020). This is mainly because these natural products reduce pathogen adherence, promote growth, mitigate the response to stress situations, increase bioavailability of nutrients for

Para evaluar el efecto fitobiótico del polvo de hojas de *Jatropha curcas* en la productividad, calidad del huevo y bioquímica sanguínea de codornices (*Coturnix japonica*) ponedoras, se realizó el tamizaje fitoquímico de las hojas de la planta. Se distribuyeron aleatoriamente 150 codornices ponedoras, de 25 semanas de edad, en tres tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento durante 70 días. Los tratamientos consistieron en la suplementación dietética con 0, 0.5 y 1.0 % del polvo de hojas de *J. curca*. En el polvo medicinal se encontró alcaloides, cumarinas, resinas, antocianidinas, saponinas, aminoácidos libres, taninos, quinonas, flavonoides y mucílagos. La adición de 0.5 % de polvo mejoró ($P < 0.05$) la intensidad de puesta (1.89 %), aunque no hubo cambios significativos ($P > 0.05$) para el peso vivo, viabilidad, consumo de alimento, conversión masal y porcentaje de huevos no aptos. En las semanas 30 y 35 de edad, el grupo experimental con 0.5 % incrementó la altura de la clara densa (0.59 y 0.36 mm) y la unidad Haugh (2.82 y 2.09). El resto de los indicadores de calidad del huevo no difirieron entre tratamientos ($P > 0.05$). En sangre, la adición con 0.5 % redujo ($P < 0.05$) la concentración de glucosa y creatinina y el tratamiento con 1 % incrementó la concentración de aspartato aminotrasferasa, aunque sin diferencias notables para la concentración de alanina aminotranferasa, colesterol total y ácido úrico ($P > 0.05$). Se sugiere la suplementación dietética con 0.5 % de polvo de hojas de *J. curcas* en las dietas para codornices ponedoras para mejorar la puesta, calidad del huevo y bioquímica sanguínea.

Palabras clave: aditivo, codorniz, indicador productivo, calidad del huevo, indicador sanguíneo

En la actualidad, es de interés el uso de aditivos fitoquímicos en las dietas de los animales, como alternativa para reemplazar los antibióticos subterapéuticos en la producción intensiva (Alagawany *et al.* 2020). Esto se debe, principalmente, porque estos productos naturales reducen la adherencia de patógenos, promueven el crecimiento, mitigan la respuesta ante situaciones de

their absorption in the gastrointestinal tract (GIT), stimulate the secretion of digestive enzymes and modulate immunity and antioxidant activity (da Silveira *et al.* 2021).

Phytobiotics are natural products, rich in secondary metabolites, which are presented in solid form by a drying process or as essential oils (Kikusato *et al.* 2021). In the leaves of *Jatropha curcas*, which is a plant species of Euphorbiaceae family, native to American tropics, metabolites such as apigenin, vitexin, isovitexin, tannins, coumarins and flavonoids have been identified, responsible for several biological activities in animals and humans (Rahu *et al.* 2021). Generally, these natural products have been experimented on broilers and laying hens, but studies using quail as an animal model are scarce.

Quail production gradually increased, due to its excellent reproduction rate, its low feed conversion, the minimum requirements for its production, and its rapid growth and production cycle (Alagawany *et al.* 2020). However, meat and egg farming faces management, nutrition and health problems, which result in economic losses and make it impossible for birds to express their genetic potential (da Silveira *et al.* 2021). *Jatropha curcas* leaf powder has secondary metabolites with medicinal properties, which is evidence of its potential to improve the biological functions of poultry. The objective of this research was to perform the phytochemical screening of *Jatropha curcas* leaf powder and determine its effect on productivity, egg quality and blood biochemistry of laying quail.

Materials and Methods

J. curcas leaves and sample preparation. Thirty kilograms of leaves were randomly taken from 20 *J. curcas* trees, approximately four years old, out of a total of 150 trees, in November, 2019 in Santa Isabel-Bayamo-Granma area, Cuba. This region is characterized by a flat topography and brown carbonate soil. Diversity of size, structure and optimal classification of leaves, identified in the Department of Botany of the Faculty of Agricultural Sciences of the University of Granma, was considered for the collection (Más *et al.* 2017). After collecting, impurities were removed from leaves (mainly dust and dirt). They were dried under the sun for seven days on perforated cardboard sheets and moved twice a day. Afterwards, leaves were crushed in a parallel blade mill until obtaining a 1 mm powder (Martínez *et al.* 2020).

Successive extractions. To achieve the greatest depletion of sample, the successive extraction scheme was used with solvents of increasing polarity: ethanol and water. Dry powder, obtained from *J. curcas* leaves, was taken. Then, 5 g were weighed on an analytical balance (BS 2202S SARTORIUS, China) and 50 mL of 70 % ethanol were added to prepare the alcoholic extract and 50 mL of distilled water to obtain the aqueous extract

estrés, aumentan la biodisponibilidad de nutrientes para su absorción en el tracto gastrointestinal (TGI), estimulan la secreción de enzimas digestivas y modulan la inmunidad y la actividad antioxidante (da Silveira *et al.* 2021).

Los fitobióticos son productos naturales, ricos en metabolitos secundarios, que se presentan en forma sólida por un proceso de secado o como aceites esenciales (Kikusato *et al.* 2021). En las hojas de *Jatropha curcas*, que es una especie de planta de la familia de las Euphorbiaceae, originaria de los trópicos americanos, se han identificado metabolitos como apigenina, vitexina, isovitexina, taninos, coumarinas y flavonoides, responsables de diversas actividades biológicas en animales y humanos (Rahu *et al.* 2021). Generalmente, se ha experimentado con estos productos naturales en pollos de engorde y gallinas ponedoras, pero son escasos los estudios que utilizan la codorniz como modelo animal.

La producción de codorniz aumentó paulatinamente, debido a su excelente tasa de reproducción, su baja conversión alimentaria, los requisitos mínimos que requiere su producción y el rápido crecimiento y ciclo productivo (Alagawany *et al.* 2020). Sin embargo, la cría de carne y huevos enfrenta problemas de manejo, nutrición y salud, que resultan en pérdidas económicas e imposibilitan que las aves expresen su potencial genético (da Silveira *et al.* 2021). El polvo de hojas de *Jatropha curcas* posee metabolitos secundarios con propiedades medicinales, lo que constituye una evidencia de su potencial para mejorar las funciones biológicas de las aves. El objetivo de esta investigación fue realizar el tamizaje fitoquímico del polvo de hojas de *Jatropha curcas* y determinar su efecto en la productividad, calidad del huevo y bioquímica sanguínea de codornices ponedoras.

Materiales y Métodos

Hojas de *J. curcas* y preparación de la muestra. Se tomaron al azar 30 kg de hojas de 20 árboles de *J. curcas*, de aproximadamente cuatro años de edad, de un total de 150 árboles, en noviembre de 2019 en la zona de Santa Isabel-Bayamo-Granma, Cuba. Esta región se caracteriza por una topografía llana y suelo pardo con carbonato. Se consideró para la recolección la diversidad de tamaño, estructura y la clasificación óptima de las hojas, identificadas en el Departamento de Botánica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Granma (Más *et al.* 2017). Luego de la recolección, se eliminaron las impurezas de las hojas (principalmente polvo y tierra). Se secaron al sol durante siete días sobre planchas de cartón perforadas y se movieron dos veces al día. Después, las hojas se trituraron en un molino de cuchillas paralelas hasta obtener un polvo de 1 mm (Martínez *et al.* 2020).

Extracciones sucesivas. Para lograr el mayor agotamiento de la muestra, se utilizó el esquema de extracción sucesiva con solventes de polaridad creciente: etanol y agua. Se tomó el polvo seco, obtenido de las hojas de *J. curcas*. Luego, se pesaron 5 g en una

(Más *et al.* 2017).

Phytochemical screening. Secondary metabolites were qualified in the ethanolic and aqueous extract, according to the protocol proposed by Fajardo *et al.* (2018). The phytochemical characterization was carried out at the Center for the Study of Applied Chemistry (CEQA, initials in Spanish) of the Faculty of Technical Sciences, belonging to the University of Granma, Cuba.

Experimental location. The *in vivo* experiment was carried out from February to March 2020 at the “Comandante Manuel Fajardo” poultry farm, located in Jiguaní, Granma, Cuba. Mean relative humidity of this region is 80%; mean minimum temperature of 26.5 °C and mean maximum of 31.1 °C.

Diets, animals and treatments. A total of 150-layer quail (*Coturnix japonica*), 25 weeks old, were randomly distributed into three treatments and five repetitions per treatment during 70 d. Treatments consisted of the inclusion of 0, 0.5 and 1.0 % of *J. curcas* leaf powder in quail diets. Results of Suwarta and Suryani (2019) were considered to select addition levels of *J. curcas* leaf powder. Diets were formulated from corn meal and soybean cake, as recommended by UECAN (2011). They were weekly prepared and *J. curcas* leaf powder was added in the feed factory. Its composition and contribution are shown in table 1.

balanza analítica (BS 2202S SARTORIUS, China) y se adicionaron 50 mL de etanol al 70 % para la elaboración del extracto alcohólico y 50 mL de agua destilada para la obtención del extracto acuoso (Más *et al.* 2017).

Tamizaje fitoquímico. Se cualificaron los metabolitos secundarios en el extracto etanólico y acuoso, según el protocolo propuesto por Fajardo *et al.* (2018). La caracterización fitoquímica se realizó en el Centro de Estudio de Química Aplicada (CEQA) de la Facultad de Ciencias Técnicas, perteneciente a la Universidad de Granma, Cuba.

Ubicación experimental. El experimento *in vivo* se realizó de febrero a marzo de 2020 en la granja avícola “Comandante Manuel Fajardo”, ubicada en Jiguaní, Granma, Cuba. La humedad relativa media de esta región es de 80 %; la temperatura mínima promedio, de 26.5 °C y la máxima promedio de 31.1 °C.

Dietas, animales y tratamientos. Un total de 150 codornices ponedoras (*Coturnix japonica*), de 25 semanas de edad, se distribuyeron aleatoriamente en tres tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento durante 70 d. Los tratamientos consistieron en la inclusión de 0, 0.5 y 1.0 % de polvo de hojas de *J. curcas* en las dietas para codornices. Se consideraron los resultados de Suwarta y Suryani (2019) para seleccionar los niveles de adición del

Table 1. Composition and contribution of the laying quail diet (25 to 35 weeks)

Ingredients	Inclusion level, %
Corn meal	42.75
Soybean meal	42.87
Plant oil	3.25
Salt	0.30
DL-methionine	0.08
Monocalcium phosphate	1.79
Calcium carbonate	7.50
Choline chloride	0.33
Mineral and vitamin premix ¹	1.13
Calculated contribution, %	
Metabolizable energy, MJ/kg	11.50
Crude protein	21.00
Ca	3.20
Available P	0.50
Lysine	1.21
Methionine+ Cystine	0.72
Tryptophan	0.26
Threonine	0.56
Ether extract	1.67
Crude fiber	2.40

¹Each kg contains: vit. A, 10 x 10⁶ I.U.; vit. D₃, 1.5 x 10⁶ I.U.; vit. K₃, 2,100 mg; vit. E, 10,000 mg; thiamine, 800 mg; riboflavin, 2,500 mg; pantothenic acid, 10,000 mg; pyridoxine, 2,500 mg; folic acid, 250 mg; biotin, 100 mg; vit. B₁₂, 15 mg; manganese, 60,000 mg; copper, 8,000 mg; iron, 60,000 mg; zinc, 50,000 mg; selenium, 200 mg; iodine, 800 mg; cobalt, 500 mg; antioxidant, 125,000 mg.

Experimental conditions. The experimental unit consisted of a 40 x 40 cm metal cage, where 10 laying quails were housed. Animals received 35 g of feed/quail/ d. Water was supplied *ad libitum* through a nipple drinker per cage and 16 h of daylight were offered each day. The experiment had an adaptation period of 15 d (Martínez *et al.* 2020). The experimental animals were not provided with drugs or therapeutic veterinary care during the experimental stage.

Productive indicators. Initial and final weights of the laying quails were individually determined at 25 and 35 weeks of age on a SARTORIUS digital scale (China), BL 1,500 model, with ± 0.10 g precision. The egg was weighed weekly, at a rate of 30 eggs/treatment between 8:30 to 9:30 a.m. and mean weight was calculated.

To determine laying intensity, total egg production/week/treatment was considered and one egg/day/housed bird was assumed as 100%. Feed and nutrient intake was determined by offer and rejection method. To calculate mass conversion, consumed food, egg weight per repetition and number of laid eggs were considered. Viability was also determined at the end of the experiment. Percentage of unfit eggs (cracked, shell membrane and broken) was determined by the formula:

$$\% \text{ unfit eggs (HNA)}, \% \text{ HNA} = \frac{\text{HNA} * 100}{\text{Suitable eggs}}$$

Egg external and internal quality. In weeks 30 and 35, 30 eggs/treatment were sampled to determine external and internal quality indicators. Egg weight was calculated with an OHAUS[®] digital scale (China), with a precision of 0.01 g. For the shape index (SI), the following expression was used:

$$\text{IF} = \frac{\text{Minor diameter}}{\text{Large diameter}} * 100$$

The height of dense white and yolk was measured with a caliper, with ± 0.01 mm accuracy. Records of Haugh units (HU) were calculated by the relationship between egg weight (W) and height of the dense white (H):

$$\text{UH} = 100 * \log (H - 1.7W^{0.37} + 7.6)$$

Blood biochemistry. At 35 weeks of age, a fasting hematological test was performed on six laying quails per treatment. Blood was punctured from the left wing. One milliliter insulin syringes were used and the blood was placed in 2 mL vials with sodium heparin. Glucose, uric acid, creatinine, alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST) and total cholesterol were determined by means of an ultraviolet spectrophotometer, Humalyzer brand, with enzymatic kits, commercialized by SPINREACT. SA. (Spain).

Statistical analysis. Data was processed by analysis of variance (Anova). In the necessary cases, Duncan (1955)

polvo de hojas de *J. curcas*. Las dietas se formularon a partir de harina maíz y torta de soya, según lo recomendado por la UECAN (2011). Se elaboraron semanalmente y se adicionó el polvo de hojas de *J. curcas* en la fábrica de pienso. Su composición y aporte se muestra en la tabla 1.

Condiciones experimentales. La unidad experimental consistió en una jaula metálica de 40 x 40 cm, donde se alojaron 10 codornices ponedoras. Las aves recibieron 35 g de alimento/codorniz/d. El agua se suministró *ad libitum* mediante un bebedero de tetina por jaula y se ofertaron 16 h de iluminación cada día. El experimento tuvo un período de adaptación de 15 d (Martínez *et al.* 2020). A las aves en experimentación no se le suministró medicamentos ni atención veterinaria terapéutica durante la etapa experimental.

Indicadores productivos. Los pesos inicial y final de las codornices ponedoras se determinaron de forma individual a las 25 y 35 semanas de edad en una balanza digital SARTORIUS (China), modelo BL 1500, con precisión ± 0.10 g. El huevo se pesó semanalmente, a razón de 30 huevos/tratamiento entre las 8:30 a 9:30 a.m. y se calculó el peso promedio.

Para determinar la intensidad de puesta se consideró la producción total de huevos/semana/tratamiento y se asumió como 100 % un huevo/d/ave alojada. El consumo de alimento y nutrientes se determinó por el método de oferta y rechazo. Para calcular la conversión masal se consideró el alimento consumido, peso del huevo por repetición y número de huevos puestos. También se determinó la viabilidad al finalizar el experimento. El porcentaje de los huevos no aptos (cascados, fáfara y roto) se determinó por la fórmula:

$$\% \text{ huevos no aptos (HNA)}, \% \text{ HNA} = \frac{\text{HNA} * 100}{\text{Huevos aptos}}$$

Calidad externa e interna del huevo. En las semanas 30 y 35 se muestrearon 30 huevos/tratamiento para determinar los indicadores de calidad externa e interna. El peso del huevo se calculó con una balanza digital OHAUS[®] (China), con precisión de 0.01 g. Para el índice de forma (IF) se utilizó la expresión:

$$\text{IF} = \frac{\text{Diámetro menor}}{\text{Diámetro mayor}} * 100$$

La altura de la clara densa y de la yema se midió con un calibrador, con exactitud de ± 0.01 mm. Los registros de las unidades Haugh (UH) se calcularon por la relación entre el peso del huevo (W) y la altura de la clara densa (H):

$$\text{UH} = 100 * \log (H - 1.7W^{0.37} + 7.6)$$

Bioquímica sanguínea. A las 35 semanas de edad, se realizó un examen hematológico en ayunas a seis codornices ponedoras por tratamiento. La sangre se extrajo por punción del ala izquierda. Se utilizaron jeringas de insulina de 1 mL y la sangre se colocó en frascos de 2 mL con heparina sódica. Se determinó la glucosa, ácido úrico, creatinina, alanino aminotransferasa (ALT), aspartato aminotransferasa (AST) y colesterol total mediante un espectrofotómetro

test was applied to determine the multiple differences among means, according to the statistical program SPSS 23.0.1.2014 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Results and Discussion

Results of the phytochemical screening of *Jatropha curcas* leaf extracts are shown in table 2. The presence of alkaloids, coumarins, resins and anthocyanidins, saponins, free amino acids, tannins, quinones, flavonoids and mucilages is highlighted, metabolites responsible for different biological activities, when used in small concentrations in diets (Más *et al.* 2017).

ultravioleta, marca Humalyzer, con kits enzimáticos, comercializados por SPINREACT. SA. (España).

Análisis estadístico. Los datos se procesaron mediante análisis de varianza (Anova). En los casos necesarios se aplicó la dócima de Duncan (1955) para determinar las diferencias múltiples entre medias, según el programa estadístico SPSS 23.0.1.2014 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.).

Resultados y Discusión

Los resultados del tamizaje fitoquímico de los extractos de hojas de *Jatropha curcas* se muestran en la tabla 2. Se destacó la presencia de alcaloides, cumarinas,

Table 2. Phytochemical screening of *Jatropha curcas* leaf powder

Trial	Ethanollic extract	Aqueous extract
Alkaloids	++	+
Coumarins	++	+
Resins and anthocyanidins	+	-
Triterpenes and steroids	-	-
Saponins	+	-
Free amino acids	++	+
Cardiotonic glycosides	-	-
Reducing sugars	-	-
Phenols and tannins	+++	++
Quinones	++	+
Flavonoids	++	++
Mucilages	+	+

(-): Absence, (+): Presence, (++) : Moderate, (+++) : Abundant

The excess of tannins is considered an antinutritional factor because it limits the absorption of some nutrients, such as iron and proteins (Savón *et al.* 2007). However, small doses of these metabolites in diets can be efficient bactericides, fungicides, antioxidants and vasoconstrictors (Martínez *et al.* 2020). The flavonoids found in alcoholic and aqueous extracts may also be beneficial due to their phytoestrogen effect and antioxidant capacity. In addition, they influence on the synthesis of eicosanoids, platelet aggregation and oxidation of low-density lipoproteins (Tungmunthum *et al.* 2018). Méndez *et al.* (2020) found that the high concentration of flavonoids and total phenols in *J. curcas* leaves induces an in vitro antioxidant effect. According to Kamboh *et al.* (2019), these secondary metabolites (flavonoids) have been used in poultry diets to improve the quality of the final product (meat and eggs).

The anthocyanidins found in *J. curcas* leaf powder have been used in poultry diets because they exert positive effects on inflammatory conditions related to their antioxidant capacity. Furthermore, they stimulate the immune system and increase lymphocyte proliferation and cytokine secretion (Changxing *et al.* 2018). Coumarins (++) , identified by phytochemical screening

resinas y antocianidinas, saponinas, aminoácidos libres, taninos, quinonas, flavonoides y mucílagos, metabolitos responsables de diferentes actividades biológicas, cuando se utilizan en pequeñas concentraciones en las dietas (Más *et al.* 2017).

El exceso de taninos se considera un factor antinutricional porque limita la absorción de algunos nutrientes, como el hierro y las proteínas (Savón *et al.* 2007). No obstante, pequeñas dosis de estos metabolitos en las dietas pueden ser eficientes bactericidas, fungicidas, antioxidantes y vasoconstrictores (Martínez *et al.* 2020). Los flavonoides que se encontraron en los extractos alcohólico y acuoso también pueden ser benéficos por su efecto fitoestrogénico y capacidad antioxidante. Además, influyen en la síntesis de eicosanoides, agregación plaquetaria y oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (Tungmunthum *et al.* 2018). Méndez *et al.* (2020) encontraron que la alta concentración de flavonoides y fenoles totales en las hojas de *J. curcas* induce a un efecto antioxidante in vitro. Según Kamboh *et al.* (2019), estos metabolitos secundarios (flavonoides) se han utilizado en las dietas de las aves para mejorar la calidad del producto final (carne y huevos).

Las antocianidinas que se hallaron en el polvo de hojas de *J. curcas* se han utilizado en las dietas de las aves porque ejercen efectos positivos en

in *J. curcas* leaves (table 2), have beneficial effects in small proportions, and are powerful anticoagulants and bactericides against strains of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* (Rahu *et al.* 2021).

According to Martínez *et al.* (2020), alkaloids are mainly found in the alcoholic extract and, to a lesser extent, in the aqueous extract, as occurred in the present study (table 2). Kikusato *et al.* (2021) demonstrated that small concentrations of alkaloids (mainly isoquinolines) reduce oxidative stress and postprandial intestinal inflammation in intensive productions and with heat stress. Despite the fact that other secondary metabolites (saponins, free amino acids, quinones and mucilages), responsible for the biological activity, were identified by phytochemical screening, results were not conclusive to relate them to a possible effect on production and quality of the egg of laying quails.

Table 3 shows the productive indicators of laying quails, fed with the dietary supplementation of 0.5 and 1.0 % of *J. curcas* leaf powder. Viability, live weight, feed intake, egg weight, mass conversion, and unfit eggs did not indicate significant differences among treatments. However, the addition of 0.5% of this medicinal plant (*J. curcas*) increased laying intensity by 1.89 % with respect to the remaining treatments ($P < 0.05$).

estados inflamatorios relacionados con su capacidad antioxidante; además, estimulan el sistema inmune e incrementan la proliferación de linfocitos y la secreción de citocinas (Changxing *et al.* 2018). Las cumarinas (++) , identificadas por tamizaje fitoquímico en las hojas *J. curcas* (tabla 2), poseen efectos benéficos en pequeñas proporciones, y son potentes anticoagulantes y bactericidas contra cepas de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* (Rahu *et al.* 2021).

Según Martínez *et al.* (2020), los alcaloides se encuentran, principalmente, en el extracto alcohólico y, en menor medida, en el extracto acuoso, como ocurrió en el presente estudio (tabla 2). Kikusato *et al.* (2021) demostraron que pequeñas concentraciones de alcaloides (principal los isoquinolínicos) reducen el estrés oxidativo y la inflamación intestinal postprandial en producciones intensivas y con estrés térmico. A pesar de que se identificaron por tamizaje fitoquímico otros metabolitos secundarios (saponinas, aminoácidos libres, quinonas y mucílagos) responsables de la actividad biológica, los resultados no fueron concluyentes para relacionarlos con un posible efecto en la producción y calidad del huevo de codornices ponedoras.

En la tabla 3 se muestran los indicadores productivos de codornices ponedoras, alimentadas con la suplemen-

Table 3. Effect of *J. curcas* leaf powder on productive indicators of laying quails (25-35 weeks)

Productive indicators	<i>J. curcas</i> leaf powder (%)			SE±	Value of P
	Control	0.5	1.0		
Initial weight, g	187.00	188.00	188.00	0.49	0.179
Final weight, g	192.00	193.00	193.00	7.45	0.069
Viability, %	100.00	100.00	100.00		
Laying intensity, %	78.35 ^b	80.24 ^a	78.09 ^b	0.65	0.042
Feed intake, g/quail/d	31.13	31.64	31.55	0.16	0.058
Egg weight, g	11.07	11.15	11.10	0.05	0.074
Mass conversion, kg/kg	3.59	3.54	3.64	0.08	0.059
Unfit eggs, %	0.25	0.27	0.25	0.03	0.090

^{a,b} Means with different superscripts in the same line differ at $P < 0.05$

Viability demonstrates the innocuity of the used phytobiotic (*J. curcas*) up to 1 % in diets of laying quail during 70 experimental days (table 3). These results coincide with those reported by Khalifa and Noseer (2019), Suwarta and Suryani (2019) and Zeweil *et al.* (2019), who found no morbidity and mortality in laying quail when they used ginger (*Zingiber officinale*), cinnamon (*Cinnamomum verum*), turmeric (*Curcuma longa*) and licorice (*Glycyrrhiz glabra*) as phytochemical additives, respectively.

The use of these medicinal compounds in quail diets has been little studied and applied mainly due to the rusticity of this poultry species, which shows great resistance to environmental changes and diseases (Nain *et al.* 2011). However, Radwan *et al.* (2008) and Suwarta and Suryani (2019) demonstrated that

tación dietética de 0.5 y 1.0 % de polvo de hojas de *J. curcas*. La viabilidad, peso vivo, consumo de alimento, peso del huevo, conversión masal y huevos no aptos no indicaron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, la adición de 0.5 % de esta planta medicinal (*J. curcas*) incrementó la intensidad de puesta en 1.89 % con respecto a los tratamientos restantes ($P < 0.05$).

La viabilidad demuestra la inocuidad del fitobiótico (*J. curcas*) empleado hasta 1 % en las dietas de las codornices ponedoras durante 70 d experimentales (tabla 3). Estos resultados coinciden con lo informado por Khalifa y Noseer (2019), Suwarta y Suryani (2019) y Zeweil *et al.* (2019), quienes no encontraron morbimortalidad en codornices ponedoras cuando utilizaron ginger (*Zingiber officinale*), canela (*Cinnamomum verum*), cúrcuma (*Curcuma longa*) y regaliz (*Glycyrrhiz glabra*) como

the use of 0.5% of cinnamon and turmeric powder improved the production of quail eggs, because of the antioxidant and anti-inflammatory effect of these natural compounds. Similar results were found in this experiment, where the use of 0.5 % of *J. curcas* leaf powder increased laying intensity by 1.89 % (table 3), which shows that this medicinal plant, rich in anti-inflammatory (alkaloids), antioxidant (flavonoids) and bactericide (tannins and coumarins) compounds have a beneficial effect on this poultry species. Also, the possible phytoestrogen effects of polyphenolic compounds detected in *J. curcas* powder (table 2) could promote egg production (Ghasemi *et al.* 2010). In this regard, reports of Çiftci (2012) refer that a greater circulation of estrogens in blood improved egg production of laying hens.

Feed intake, egg weight and mass conversion did not change (table 3) ($P > 0.05$), despite the inclusion of *J. curcas* leaf powder rich in secondary metabolites (tables 2 and 3). Similar results were found by Zeweil *et al.* (2019) and Santos *et al.* (2019), when they used small concentrations of phytochemical compounds in diets of laying quail. However, Suwarta and Suryani (2019) reported that increasing levels of secondary metabolites gradually reduced feed intake in laying quails. These authors base this result on the idea that the chemical compounds decreased food palatability. This result shows that the addition of up to 1 % of *J. curcas* leaf powder does not cause symptomatic intestinal disorders, which could trigger an increase of mass conversion and a decrease of feed intake and productivity (egg weight and production) of laying quails.

Savón *et al.* (2007) reported that a high concentration of secondary metabolites (mainly tannins) reduces productive indicators of these animals. Specifically, the tannins identified by phytochemical screening (table 2; +++) in the medicinal powder did not affect the absorption of sulfur amino acids, since these amino acids directly influence on egg weight. Likewise, eggs fit for consumption were not affected by the supplementation of the natural product. Salazar *et al.* (2017) and Martínez *et al.* (2020) reported similar results, when using small proportions of medicinal plants in the diets of laying birds.

Table 4 shows the external and internal quality of the egg of laying quails, when 0.5 and 1 % of *J. curcas* leaf powder were added to the diet. In both sampled weeks (30 and 35), the inclusion of 0.5 % of *J. curcas* leaf powder increased ($P < 0.05$) the height of the dense white and Haugh unit with respect to the remaining treatments, although in the week 30, Haugh unit was not statistically different in the groups with medicinal powder. There was no difference of egg weight, shape index and yolk height ($P > 0.05$) due to the effect of the experimental treatments.

The height of the white and Haugh unit were

aditivos fitoquímicos, respectivamente.

El uso de estos compuestos medicinales en las dietas de las codornices se ha estudiado y aplicado poco, lo que se justifica, principalmente, por la rusticidad de la especie avícola, que muestra una gran resistencia ante los cambios medioambientales y las enfermedades (Nain *et al.* 2011). No obstante, Radwan *et al.* (2008) y Suwarta y Suryani (2019) demostraron que el uso de 0.5 % de polvo de canela y cúrcuma mejoró la producción de huevos de codorniz, debido al efecto antioxidante y antiinflamatorio de estos compuestos naturales. Resultados similares se hallaron en este experimento, donde el uso de 0.5 % del polvo de hojas de *J. curcas* incrementó la intensidad de puesta en 1.89 % (tabla 3), lo que demuestra que esta planta medicinal rica en compuestos antiinflamatorios (alcaloides), antioxidantes (flavonoides) y bactericidas (taninos y cumarinas) tiene un efecto benéfico en esta especie avícola. También, los posibles efectos fitoestrogénicos de los compuestos polifenólicos detectados en el polvo de *J. curcas* (tabla 2) podrían promover la producción de huevos (Ghasemi *et al.* 2010). Al respecto, informes de Çiftci (2012) refieren que una mayor circulación de estrógenos en sangre mejoró la producción de huevos en gallinas ponedoras.

El consumo de alimento, peso del huevo y la conversión masal no cambiaron (tabla 3) ($P > 0.05$), a pesar de la incorporación del polvo de hojas de *J. curcas* rico en metabolitos secundarios (tablas 2 y 3). Resultados similares encontraron Zeweil *et al.* (2019) y Santos *et al.* (2019), cuando utilizaron en pequeñas concentraciones compuestos fitoquímicos en las dietas de codornices ponedoras. Sin embargo, Suwarta y Suryani (2019) refirieron que niveles crecientes de metabolitos secundarios redujeron, paulatinamente, el consumo de alimento en las codornices ponedoras. Estos autores fundamentan este resultado a partir de la idea de que los compuestos químicos disminuyeron la palatabilidad del alimento. Este resultado demuestra que la adición de hasta 1 % del polvo de hojas de *J. curcas* no provoca trastornos intestinales sintomáticos, que podrían desencadenar en un aumento de la conversión masal y disminución del consumo de alimento y productividad (producción y peso del huevo) de las codornices ponedoras.

Savón *et al.* (2007) informaron que una alta concentración de metabolitos secundarios (principalmente taninos) disminuye los indicadores productivos de las aves. Específicamente, los taninos identificados por tamizaje fitoquímico (tabla 2; +++) en el polvo medicinal no afectaron la absorción de los aminoácidos azufrados, ya que estos aminoácidos influyen directamente en el peso del huevo. Asimismo, los huevos aptos para el consumo no se afectaron por la suplementación del producto natural. Salazar *et al.* (2017) y Martínez *et al.* (2020) refirieron resultados similares, al utilizar pequeñas proporciones de plantas medicinales en las dietas de aves ponedoras.

En la tabla 4 se muestra la calidad externa e interna del huevo de codornices ponedoras, cuando se adicionó en la dieta 0.5 y 1 % del polvo de hojas de *J. curcas*. En

Table 4. Effect of *J. curcas* leaf powder on the external and internal quality of the egg of laying quails

Egg quality	<i>J. curcas</i> leaf powder (%)			SE±	Value of P
	Control	0.5	1.0		
30 weeks					
Egg weight, g	10.87	11.41	10.87	0.20	0.106
Shape index, %	88.36	88.67	89.80	0.63	0.185
Dense white height, mm	4.23 ^b	4.82 ^a	4.37 ^b	0.16	0.027
Yolk height, mm	11.48	11.45	11.52	0.31	0.569
Haugh units	88.59 ^b	91.41 ^a	89.38 ^{ab}	0.77	0.044
35 weeks					
Egg weight, g	11.26	11.30	11.29	0.27	0.994
Shape index, %	87.02	88.93	87.35	1.00	0.189
Dense white height, mm	3.88 ^b	4.24 ^a	3.84 ^b	0.04	0.019
Yolk height, mm	10.48	10.35	10.49	0.34	0.284
Haugh units	86.25 ^b	88.34 ^a	85.98 ^b	0.80	0.020

^{a,b} Means with different superscripts in the same line differ at $P < 0.05$

the only indicators that changed due to the tested treatments (table 4) and, in turn, those are related to egg freshness (Martínez *et al.* 2021). Other studies with medicinal plants have shown that these indicators (height of white and Haugh unit) are the most susceptible to the inclusion of secondary metabolites in laying birds (Más *et al.* 2017). Keener *et al.* (2006) reported that the amount and height of albumen depends on the balance of amino acids provided by the diet and their absorption in the intestinal lumen. It appears that the beneficial secondary metabolites, provided by the addition of 0.5 % of *J. curcas* leaf powder, improved intestinal health and, in turn, the absorption of protein amino acids.

A higher addition (1.0 %) of the medicinal powder reduced the height of the dense white, compared to the treatment with 0.5 % (table 4). Perhaps a higher intake of *J. curcas* (0.32 g/bird/d) and secondary metabolites, such as tannins, decreased the availability and absorption of some amino acids (mainly sulfur amino acids) (Savón *et al.* 2007). Dietary supplementation with *J. curcas* leaf powder did not modify yolk height in laying quails (table 4). Other studies in quails and laying hens showed that the use of several phytobiotics did not influence on this internal quality indicator (Más *et al.* 2017 and Zeweil *et al.* 2019).

Table 5 shows that the addition of 0.5% of *J. curcas* leaf powder in the diets of laying quails reduced ($P < 0.05$) glucose and creatinine with respect to the rest of treatments. In addition, the highest inclusion of *J. curcas* (1 %) increased ($P < 0.05$) aspartate aminotransferase concentration, compared to other treatments. No differences among treatments were detected for the concentration of uric acid, alanine aminotransferase and total cholesterol in laying quails.

Biochemical parameters have always been used as health indicators in humans and animals. Studies of

ambas semanas muestreadas (30 y 35), la inclusión de 0.5 % de polvo de hojas de *J. curcas* incrementó ($P < 0.05$) la altura de la clara densa y la unidad Haugh con respecto a los tratamientos restantes, aunque en la semana 30, la unidad Haugh no fue diferente estadísticamente en los grupos con el polvo medicinal. Tampoco difirieron el peso del huevo, índice de forma y altura de la yema ($P > 0.05$) por efecto de los tratamientos experimentales.

La altura de la clara y la unidad Haugh fueron los únicos indicadores que cambiaron, debido a los tratamientos ensayados (tabla 4) y, a su vez, son los que se relacionan con la frescura del huevo (Martínez *et al.* 2021). Otros estudios con plantas medicinales han demostrado que estos indicadores (altura de la clara y unidad Haugh) son los más susceptibles a la incorporación de metabolitos secundarios en aves ponedoras (Más *et al.* 2017). Keener *et al.* (2006) informaron que la cantidad y altura del albumen depende del balance de aminoácidos aportados en la dieta y de la absorción de estos en el lumen intestinal. Al parecer, los metabolitos secundarios benéficos, aportados por la adición de 0.5 % del polvo de hojas de *J. curcas*, mejoraron la salud intestinal y, a su vez, la absorción de los aminoácidos proteicos.

Una mayor adición (1.0 %) del polvo medicinal redujo la altura de la clara densa, si se compara con el tratamiento con 0.5 % (tabla 4). Quizás un mayor consumo de *J. curcas* (0.32 g/ave/d) y metabolitos secundarios, como los taninos, disminuyó la disponibilidad y absorción de algunos aminoácidos (principalmente, aminoácidos azufrados) (Savón *et al.* 2007). La suplementación dietética con el polvo de hojas de *J. curcas* no modificó la altura de la yema en codornices ponedoras (tabla 4). Otros estudios en codornices y gallinas ponedoras demostraron que el uso de varios fitobióticos no influyó en este indicador de calidad interna (Más *et al.* 2017 y Zeweil *et al.* 2019).

La tabla 5 deja ver que la adición de 0.5 % del polvo de hojas de *J. curcas* en las dietas de codornices ponedoras

Table 5. Effect of *J. curcas* leaf powder on blood chemistry of laying quails (35 weeks)

Items, (mmol/mL)	<i>J. curcas</i> leaf powder (%)			SE ±	Value of P	References (mmol/mL) *
	Control	0.5	1.0			
Glu	9.16 ^a	6.08 ^b	10.56 ^a	0.67	0.001	6-12
AST	3.98 ^b	4.10 ^b	6.20 ^a	0.42	0.032	3-6
ALT	98.20	97.58	102.36	2.61	0.656	90-120
Crea	42.34 ^a	29.58 ^b	39.88 ^a	1.87	0.001	25-45
AU	409.14	412.22	410.42	2.84	0.682	180-450
CT	5.86	5.98	5.30	0.88	0.331	3.07-6.80

^{a,b} Means with different superscripts in the same line differ at $P < 0.05$. Glu: glucose; Crea: creatinine; AST: aspartate aminotransferase; ALT: alanine aminotransferase; AU: uric acid; CT: total cholesterol

*Shehab *et al.* (2012)

the influence of medicinal plants and their secondary metabolites on some indicators of blood biochemistry in laying quails are scarce. However, in laying poultry, it has been demonstrated that small concentrations of phytobiotics reduce serum glucose concentration, due to the astringent effect of these metabolites, which causes a slow intestinal release and maintenance of dietary glucose. In addition, there is a reduction of glucose in the animals, which can reduce blood circulation of harmful lipids (Martínez *et al.* 2012). This result shows that whole powder (0.5 %) of *J. curcas* leaves and some secondary metabolites could have a hypoglycemic effect on laying quails.

Contradictorily, the inclusion of 1 % of *J. curcas* leaves did not reduce serum glucose concentration (table 5). Apparently, a higher ingestion of secondary metabolites caused some asymptomatic liver damage, because the animals of this treatment showed the highest concentration of aspartate aminotransferase (AST) (table 5). A higher concentration of this enzyme (AST) in the blood has been related to liver problems (inflammation and/or irritation) in humans and animals (Saeed *et al.* 2017). Likewise, the concentration of alanine aminotransferase (ALT) did not show changes among treatments (table 5). This result shows that quails had no apparent diseases, since a high concentration of this enzyme is associated with microbial infections, cancer and liver diseases in humans and animals (de Oliveira *et al.* 2021).

Creatinine concentration decreased with the inclusion of 0.5 % of *J. curcas* leaf powder (table 5). A higher concentration of creatinine has been associated with kidney damage in humans and animals (Hajare *et al.* 2020). Apparently, the use of small concentrations of this medicinal plant (0.5%) can improve kidney function without apparent visible signs, which is important for the filtering process and chemical balance of blood (Mnisi and Mlambo 2018).

In laying quails, the experimental treatments (table 5) did not affect the concentration of uric acid, which is the final product of the metabolism of purines and some proteins (Lin *et al.* 2014). This result shows

redujo ($P < 0.05$) la glucosa y la creatinina con respecto al resto de los tratamientos. Además, la mayor inclusión de *J. curcas* (1 %) incrementó ($P < 0.05$) la concentración de aspartato aminotransferasa, en comparación con otros tratamientos. No se detectaron diferencias entre tratamientos para la concentración de ácido úrico, alanina aminotransferasa y colesterol total en las codornices ponedoras.

Los indicadores bioquímicos siempre se han utilizado como índices de salud en humanos y animales. Los estudios de cómo las plantas medicinales y sus metabolitos secundarios influyen en algunos indicadores de la bioquímica sanguínea en la codorniz ponedora son escasos. Sin embargo, en las aves de postura se ha comprobado que pequeñas concentraciones de fitobióticos reducen la concentración de glucosa sérica, debido al efecto astringente de estos metabolitos, que provoca una lenta liberación intestinal y mantención de la glucosa dietética; además de una reducción de la glucosa en las aves, que puede reducir la circulación sanguínea de los lípidos perjudiciales (Martínez *et al.* 2012). Este resultado demuestra que el polvo integral (0.5 %) de hojas de *J. curcas* y algunos metabolitos secundarios podrían tener efecto hipoglucemiante en las codornices ponedoras.

Contradictoriamente, la inclusión de 1 % de las hojas de *J. curcas* no redujo la concentración de glucosa sérica (tabla 5). Al parecer, una mayor ingestión de metabolitos secundarios provocó algunos daños hepáticos asintomáticos, debido a que las aves en este tratamiento mostraron la mayor concentración de aspartato aminotransferasa (AST) (tabla 5). Una mayor concentración de esta enzima (AST) en sangre se ha relacionado con problemas hepáticos (inflamación y/o irritación) en humanos y animales (Saeed *et al.* 2017). Asimismo, la concentración de alanina aminotransferasa (ALT) no mostró cambios entre tratamientos (tabla 5). Este resultado demuestra que las aves no tenían enfermedades aparentes, ya que una alta concentración de esta enzima se asocia con infecciones microbianas, cáncer y enfermedades hepáticas en humanos y animales (de Oliveira *et al.* 2021).

that the animals were adequately nourished (table 1), since feeding factors are the most probable causes of hyperuricemia in poultry. Similarly, total blood cholesterol was not different, due to the experimental treatments (table 5). However, authors such as Sawarta and Suryani (2019) and Zeweil *et al.* (2019) reported a decrease in low-density lipoprotein (mainly cholesterol) and total cholesterol, when they used a phytobiotic mixture (cinnamon and turmeric) and a medicinal powder (licorice), respectively, due to the hypocholesterolemic effect of some secondary metabolites. Apparently, the concentration of *J. curcas* powder in laying quail diets was not sufficient to change serum cholesterol concentration (table 5).

Jatropha curcas leaf powder showed a wide qualification of secondary metabolites, which influence directly on the biological response of laying quails. The inclusion of 0.5% of *J. curcas* leaf powder in diets for laying quails is suggested to improve laying, egg quality and some indicators of blood biochemistry.

Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interest among them.

Contribution of authors

Ivonne Salazar: conducting the experiment, data analysis, paper writing

R. Rodríguez: original idea, conducting the experiment, data analysis, research design

R. Aroche: paper writing

M. Valdivié: data analysis and paper writing

Y. Martínez: original idea, conducting the experiment, experimental design, data analysis, paper writing

La concentración de creatinina disminuyó con la inclusión de 0.5 % del polvo de hojas de *J. curcas* (tabla 5). Una mayor concentración de creatinina se ha asociado con daño renal en humanos y animales (Hajare *et al.* 2020). Al parecer, el uso de pequeñas concentraciones de esta planta medicinal (0.5 %) puede mejorar el funcionamiento renal sin signos visibles aparentes, lo que resulta importante para el proceso de filtrado y equilibrio químico de la sangre (Mnisi y Mlambo 2018).

En las codornices ponedoras, los tratamientos experimentales (tabla 5) no afectaron la concentración del ácido úrico, que resulta el producto final del metabolismo de las purinas y algunas proteínas (Lin *et al.* 2014). Este resultado demuestra que las aves se nutrieron adecuadamente (tabla 1), pues los factores alimentarios constituyen las causas más probables de hiperuricemia en las aves. De manera similar, el colesterol total en sangre no fue diferente, debido a los tratamientos experimentales (tabla 5). Sin embargo, autores como Sawarta y Suryani (2019) y Zeweil *et al.* (2019) informaron disminución de la lipoproteína de baja densidad (principalmente colesterol) y colesterol total, cuando utilizaron una mezcla fitobiótica (canela y cúrcuma) y un polvo medicinal (regaliz) respectivamente, debido al efecto hipocolesterolémico de algunos metabolitos secundarios. Al parecer, la concentración del polvo de *J. curcas* en las dietas de codornices ponedoras no fue suficiente para cambiar la concentración del colesterol sérico (tabla 5).

El polvo de hojas de *Jatropha curcas* mostró una amplia cualificación de metabolitos secundarios, que influyen directamente en la respuesta biológica de las codornices ponedoras. Se sugiere la inclusión de 0.5 % de polvo de hojas de *J. curcas* en las dietas para codornices ponedoras, para mejorar la puesta, calidad del huevo y algunos indicadores de la bioquímica sanguínea.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses entre ellos.

Contribución de los autores

Ivonne Salazar: Conducción del experimento, análisis de datos, escritura del manuscrito.

R. Rodríguez: Idea original, conducción del experimento, análisis de datos, diseño de la investigación.

R. Aroche: Escritura del manuscrito.

M. Valdivié: Análisis de datos y escritura del manuscrito.

Y. Martínez: Idea original, conducción del experimento, diseño de la investigación, análisis de datos, escritura del manuscrito.

References

- Alagawany, M., Ibrahim, Z.A., Abdel-Latif, E.A. & Reda, F.M. 2020. "Use of *Aspergillus japonicus* culture filtrate as a feed additive in quail breeder's nutrition". Italian Journal of Animal Science, 19: 1289-1296, ISSN: 1594-4077. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1837022>.
- Changxing, L., Chenling, M., Alagawany, M., Jianhua, L., Dongfang, W., Gaichao, Z., Wenyin, S.F., Syed, M.A., Saeed, M., Hassan, F. & Gaichao, W. 2018. "Health benefits and potential applications of anthocyanins in poultry feed industry". World's Poultry Science Journal, 74(2): 251-264, ISSN:0043-9339. <https://doi.org/10.1017/S0043933918000053>.

- Çiftci, H.B. 2012. "Effect of estradiol17 β on follicle stimulating hormone secretion and egg laying performance of Japanese quail". *Animal*, 6(12): 1955-1960, ISSN: 1751-7311. <https://doi.org/10.1017/S1751731112000997>.
- da Silveira, R.G., Meneghetti, C., de Oliveira, E. B., Júnior, A.A., Farias, R.V. & Deminicis, B.B. 2021. "Systematic review of the use of phytobiotics in broiler nutrition". *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 20: 98-106. ISSN: 2238-1171. <https://doi.org/10.5965/223811712012021098>.
- de Oliveira, C.O., Roll, A.A.P., Medeiros, F.M., Lopes, D.C.N. & Xavier, E.G. 2021. "Olive pomace for the feeding of commercial poultry: effects on performance, meat and eggs quality, haematological parameters, microbiota and immunity". *World's Poultry Science Journal*, 77(2): 1-14, ISSN: 0043-9339. <https://doi.org/10.1080/00439339.2021.1894409>.
- Duncan, D.B. 1955. "Multiple Range and Multiple F Tests". *Biometrics*, 11(1): 1-42, ISSN: 0006-341X. <https://doi.org/10.2307/3001478>.
- Fajardo, L., Viera, Y, Rosabal, U.M., Rodríguez, S., Guardia, Y. & Morales, G. 2018. "Tamizaje fitoquímico, control de la calidad y actividad antibacteriana del clon UF-650 en extractos de *Theobroma cacao* L. (cacao)". *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 23(1): 1-12, ISSN:1028-4796.
- Ghasemi, R., Zarei, M. & Torki, M. 2010. "Adding medicinal herbs including garlic (*Allium sativum*) and thyme (*Thymus vulgaris*) to diet of laying hens and evaluating productive performance and egg quality characteristics". *American Journal of Animal and Veterinary Science*, 5(2): 1151-154, ISSN: 1557-4555. <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2010.151.154>.
- Hajare, S., Ingole, R.S., Kotagiri, R. & Ganguly, B. 2020. "Evaluation of acute oral toxicity of a polyherbal liver tonic for poultry. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 17(1): 85-87, ISSN: 0973-1245. <https://doi.org/10.13005/bbra/2813>.
- Kamboh, A.A., Leghari, R.A., Khan, M.A., Kaka, U., Naseer, M., Sazili, A.Q. & Malhi, K. K. 2019. "Flavonoids supplementation-An ideal approach to improve quality of poultry products". *World's Poultry Science Journal*, 75(1): 115-126, ISSN: 0043-9339. <https://doi.org/10.1017/S0043933918000703>.
- Keener, K.M., McAvoy, K.C., Foegeding, J.B., Curtis, A., Anderson, K.E. & Osborne, J.A. 2006. "Effect of testing temperature on internal egg quality measure meets". *Poultry Science*, 85(10): 550-555, ISSN: 0032-5791. <https://doi.org/10.1093/ps/85.3.550>.
- Khalifa, M.I. & Noseer, E.A. 2019. "Cholesterol quality of edible eggs produced by quail fed diets containing probiotic and/or ginger (*Zingiber officinale*)". *Livestock Research for Rural Development*, 31(10), Article #165, ISSN: 1213-7884, Available: <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd31/10/mrwa31165.html>.
- Kikusato, M., Xue, G., Pastor, A., Niewold, T.A. & Toyomizu, M. 2021. "Effects of plant-derived isoquinoline alkaloids on growth performance and intestinal function of broiler chickens under heat stress". *Poultry Science*, 100(2): 957-963, ISSN: 0032-5791. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.11.050>.
- Lin, Z., Zhang, B., Liu, X., Jin, R. & Zhu, W. 2014. "Effects of chicory inulin on serum metabolites of uric acid, lipids, glucose, and abdominal fat deposition in quails induced by purine-rich diets". *Journal of Medicinal Food*, 17(11): 1214-1221, ISSN:2155-9600. <https://doi.org/10.1089/jmf.2013.2991>.
- Martínez, Y., Díaz, N., Bejarano, M.A., Paz, P. & Valdivié, M. 2021. "Effect of time and storage methods on daily changes in external and internal egg quality of Dekalb white® laying hens". *European Poultry Science*, 85, ISSN: 1612-9199. <https://doi.org/10.1399/eps.2021.329>.
- Martínez, Y., Escalona, A., Martínez, O., Olmo, C., Rodríguez, R., Iser, M., Betancur, C., Valdivié, M. & Liu, G. 2012. "The use of *Anacardium occidentale* as nutraceutical in hypoprotein diets for laying hens". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 46(4): 395-401, ISSN: 2079-3480.
- Martínez, Y., Rodríguez, R., Pupo, G.E., Rosabal, O., Olmo, C. & Valdivié, M. 2020. "Phytobiotic effect of *Psidium guajava* leaves powder on egg productivity and quality of laying hens". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(4): 1-12, ISSN: 2079-3480.
- Más, D., Martínez, Y., Rodríguez, B., Pupo, G., Rosabal, O. & Olmo, G. 2017. "Análisis preliminar de los metabolitos secundarios de polvos mixtos de hojas de plantas medicinales". *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 22(1): 1-9, ISSN: 1028-4796.
- Méndez, L., Rojas-Vera, J., Contreras-Moreno, B. & Celis, M.T. 2020. "Tamizaje fitoquímico de hojas y raíces de *Jatropha curcas* L. colectadas en Mérida-Venezuela". *Revista Ciencia e Ingeniería*, 41(1): 75-80, ISSN: 1316-7081.
- Mnisi, C. M. & Mlambo, V. 2018. "Growth performance, haematology, serum biochemistry and meat quality characteristics of Japanese quail (*Coturnix Coturnix japonica*) fed canola meal-based diets". *Animal Nutrition*, 4(1): 37-43, ISSN: 2405-6545. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.08.011>.
- Nain, S., Bour, A., Chalmers, C. & Smits, J.E.G. 2011. "Immunotoxicity and disease resistance in Japanese quail (*Coturnix Coturnix japonica*) exposed to malathion". *Ecotoxicology*, 20(4): 892-900, ISSN: 1573-3017. <https://doi.org/10.1007/s10646-011-0657-6>.
- Radwan, N.L., Hassan R.A., Qota, E.M. & Fayek, H.M. 2008. "Effect of natural antioxidant on oxidative stability of eggs and productive and reproductive performance of laying hens". *International Journal of Poultry Science*, 7(2): 134-150, ISSN: 1682-8356.
- Rahu, M.I., Naqvi, S.H.A., Memon, N.H., Idrees, M., Kandhro, F., Pathan, N.L., Sarker, N.I. & Bhutto, M.A. 2021. "Determination of antimicrobial and phytochemical compounds of *Jatropha curcas* plant". *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28: 2867-2876, ISSN: 1319-562x. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.019>.
- Saeed, M., Babazadeh, D., Arif, M., Arain, M.A., Bhutto, Z.A., Shar, A.H., Kakar, M.U., Manzoor, R. & Chao, S. 2017. "Silymarin: a potent hepatoprotective agent in poultry industry". *World's Poultry Science Journal*, 73(3): 483-492, ISSN: 0043-9339. <https://doi.org/10.1017/S0043933917000538>.
- Salazar, I., Martínez, Y., Rodríguez, R., Olmo, C., Aroche, R., Pupo, G., Rosabal, O. & Más, D. 2017. "Efecto de la suplementación dietética con polvo mixto de plantas medicinales en la productividad y calidad del huevo de gallinas

- ponedoras". *Revista de Producción Animal*, 29(3): 1-5, ISSN: 2224-7920.
- Santos, T.S., Lopes, C.D.C., Junior, O., Murilo, G., Santos, L.M, Santana C.C.S. & Souza, D.M .2019. "The use of cinnamon powder in the diet of Japanese laying quail". *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 41: 1-7, ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.42963>.
- 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(1): 359-341, ISSN: 2079-3480.
- Shehab, A.E., Kamelia, M.Z., Khedr, N.E., Tahia, E.A. & Esmacil, F.A. 2012. "Effect of dietary enzyme supplementation on some biochemical and hematological parameters of Japanese quails". *Journal of Animal Science Advances*, 2(9): 734-739, ISSN: 2251-7219.
- SPSS. 2014. *Statistical Package for Social Sciences (version 23)*. SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA.
- Suwarda, F.X. & Suryani, C.H.L. 2019. "The effects of supplementation of Cinnamon and Turmeric powder mixture in ration of quail on performance and quality of eggs". *Worlds Veterinary Journal*, 9(4): 249-254, ISSN: 2322-4568. <https://dx.doi.org/10.36380/scil.2019.wvj31>.
- Tungmunnithum, D., Thongboonyou, A., Pholboon, A. & Yangsabai, A. 2018. "Flavonoids and other phenolic compounds from medicinal plants for pharmaceutical and medical aspects: An overview". *Medicines*, 5(3): 93-109, ISSN: 2305-6320. <https://doi.org/10.3390/medicines5030093>.
- UECAN. *Unión de Empresas del Combinado Avícola Nacional 2011. Aportes de los piensos avícolas*. Ed. Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba"
- Zeweil, H.S., Dosoky, W.M., Zahran, S.M., Ahmed, M.H. & Mohamed, A.A. 2019. "Effect of licorice as an alternative to antibiotics on productive, egg quality and yolk and blood lipid profile of laying japanese quail". *Journal of the Advances in Agricultural Research*, 24(2): 164-177, ISSN: 1110-5585. <https://doi.org/10.21608/jalexu.2019.163066>.

Received: July 17, 2021

Accepted: September 16, 2021