

Artículo

EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE *Moringa oleifera* Lam. EN DIETAS DE CODORNIZ, SOBRE POSTURA, UTILIZACIÓN DE ENERGÍA, PROTEÍNA METABOLIZABLE Y CALIDAD DE HUEVO

Kenia Mariela Degollado Aguayo^{1*}, Hugo Bernal Barragán^{1*}, Emilio Olivares Sáenz¹, Nydia Corina Vásquez Aguilar¹, Miguel Cervantes Ramírez², Adriana Morales Trejo², Carlos Alfredo Gaona Rodríguez¹, Fernando Sánchez Dávila¹.

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León, Posgrado Conjunto Agronomía-Veterinaria.

² Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas. México.

* Correspondencia: hugobernalbr@uanl.edu.mx

Resumen: El presente estudio se realizó para evaluar el efecto de la adición de hojas de harina de moringa (0, 5 y 10%) en la dieta de codorniz sobre la utilización de nutrientes, postura y calidad de huevo. Codornices de postura de 7 semanas de edad, con un peso vivo inicial de 140 ± 5 g, se alojaron individualmente y asignaron a tres niveles de inclusión de hojas de moringa (T1 0%, T2 5% y T3 10%) en la dieta ($n = 6$ repeticiones por dieta). Durante las primeras 8 semanas del ciclo de postura, semanalmente se registró peso de la codorniz y consumo de alimento. Se seleccionaron 59 huevos de cada tratamiento para análisis de calidad y contenido nutricional del huevo. En la cuarta semana se colectaron excretas durante un periodo de 48 horas, para determinar la utilización de energía y proteína. El experimento fue un diseño completamente al azar, y se compararon medias por el método de Tukey. Consumo de alimento, GDP, peso final y producción de huevo fueron similares entre tratamientos ($P > 0.05$). La utilización (%) de proteína y energía de la dieta fue similar entre tratamientos ($P > 0.05$). El peso del huevo y el grosor del cascarón fueron mayores para T1 ($P < 0.05$) comparado con T2 y T3. El índice de forma de huevo y la proporción de cáscara de huevo, fueron mayores en T3 ($P < 0.05$). El contenido de nutrientes en huevo, así como la proporción de yema (34.5%) y albúmina (49.8%) fueron similares entre tratamientos ($P > 0.05$). Los huevos de T2 y T3 tuvieron valores de color a^* y b^* más altos ($P < 0.001$). El parámetro L^* fue más alto ($P < 0.001$) para T1. En conclusión, la adición de harina de hojas de moringa hasta en un 10% en la dieta de codorniz al inicio del ciclo de postura tuvo efectos positivos en la pigmentación de la yema de huevo de codorniz, sin afectar la producción de huevo, la utilización de energía y proteína de las dietas, ni la calidad de huevo.

Palabras clave: codorniz; harina de moringa; utilización energía y proteína; calidad de huevo.

1. Introducción

La demanda de alimentos de origen animal para consumo humano es impulsada por el crecimiento de la población, por mayor ingreso económico y por la urbanización, y se estima que continuará en las próximas décadas (OECD/FAO, 2023). El huevo representa una fuente principal de proteína para el consumo humano, siendo su producción una importante función socioeconómica (SADER, 2023).

Aunque la industria del huevo está dominada por la producción de huevos de gallina, una pequeña proporción de los huevos producidos de otras especies avícolas se comercializan como tipo gourmet, como son los huevos de pato, de ganso y de codorniz (Saad et al., 2022) de características organolépticas distintivas de cada tipo de huevo de diferentes especies (Sun et al. 2019).

La codorniz japonesa (*Coturnix japonica*), es utilizada en la producción de huevos principalmente en los países asiáticos y Brasil, así como en otros países de Europa y Latinoamérica (Lukanov, 2019). También es apreciada por poseer características importantes de rápido crecimiento, madurez sexual temprana, alta tasa de producción, intervalo corto entre generaciones y un menor periodo de incubación de huevo. Además, posee resistencia a enfermedades, y por su talla y menor peso, requiere menos espacio, alimento y por lo tanto menor inversión para su producción (Kaur et al.,

2008; Reda et al., 2015). De acuerdo con Lukanov (2019) la producción de huevo de codorniz contribuye al 10% de la producción mundial de huevo.

Para la producción de huevo de codorniz, la alimentación y específicamente una fuente de proteína de buena calidad son factores importantes en la formulación de la dieta (Alagawany et al., 2014). Dado que la demanda de productos para la alimentación animal y para el consumo humano se encuentran compitiendo, es necesario buscar alternativas para la nutrición animal, sin que se comprometa la eficiencia productiva, calidad fisicoquímica del huevo y la utilización de proteína cruda y energía. *Moringa oleifera* Lam (MOL) (Mahfuz y Piao, 2019) podría representar una de estas fuentes de proteína de calidad para la nutrición de codornices, ya que se han reportado contenidos de 30.3% de proteína cruda (PC), 0.30% de metionina, 1.64 % de lisina, 1.46% de treonina y 2.75% de tirosina (Moyo et al., 2011). El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes niveles de hojas de moringa en la dieta de codornices de postura, sobre los índices de postura, la eficiencia de utilización de energía y proteína y la calidad del huevo.

2. Materiales y Métodos

La etapa experimental se realizó en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de Alimentos, el Centro de Exposiciones Agropecuarias y el Laboratorio de Ingeniería de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), en Gral. Escobedo, Nuevo León, México (25°48'30"N; 100°19'36"O).

El experimento de campo se llevó a cabo durante un periodo de ocho semanas, comprendido del 21 de julio al 14 de septiembre de 2016, precedido de dos semanas de adaptación de las codornices al medio ambiente y a las dietas experimentales. Durante el experimento, la temperatura promedio fue de 31° C y una humedad relativa promedio de 51%.

Todos los procedimientos para la toma de muestras y el mantenimiento de las codornices fueron aprobados por el Comité de Bioética y Bienestar Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UANL.

2.1. Manejo de Animales

Codornices (*Coturnix japonica*) de siete semanas de edad con un peso inicial de 140 ± 5 g, fueron seleccionadas al inicio del primer ciclo de postura, siendo distribuidas aleatoriamente ($n = 6$ repeticiones por tratamiento) en una de las tres dietas experimentales (Cuadro 1). Las codornices fueron alojadas individualmente en jaulas tipo batería de 27 x 25 cm provistas de comedero y bebedero, y recibieron durante todo el experimento un régimen de 17 h de luz/día.

El peso vivo de cada codorniz se registró al inicio del experimento y semanalmente, utilizando una báscula electrónica (ESNOVA HS9120®, México), con capacidad de 5000 g y división mínima de 1 g.

Diariamente a las 7:30 h se suministraban aproximadamente 20 g de alimento por codorniz, cantidad que se ajustaba individualmente en función del consumo. El registro del alimento rechazado se realizó semanalmente utilizando la misma báscula electrónica descrita anteriormente.

2.2. Dietas experimentales

Las dietas experimentales fueron isoproteicas e isoenergéticas, y se formularon utilizando sorgo molido y harina de soya como ingredientes mayoritarios (Cuadro 1), para cumplir los requerimientos de codornices de postura (NRC, 1994). La dieta testigo (T1) tuvo 0% de moringa, y dos dietas adicionales (T2 y T3) fueron formuladas reemplazando 5 y 10% de los ingredientes mayoritarios por harina de hojas de moringa.

2.3. Utilización de nutrientes

En la cuarta semana del experimento se determinó la tasa de utilización de nutrientes y energía. Para ello se colectaron cuantitativamente las excretas de cada codorniz durante 48 horas. Las muestras colectadas fueron refrigeradas (4°C) para analizarlas y determinar su contenido de energía y proteína cruda (Kaur et al., 2008; Khosravi et al., 2016). Los valores de utilización de la proteína y energía fueron calculados utilizando la fórmula como propuesta por Gaona Rodríguez et al., (2022):

$$\text{Utilización de nutrientes} = \frac{(\text{Nutriente ingerido} - \text{Nutriente excretado})}{\text{Nutriente ingerido}} \times 100$$

2.4. Calidad de huevo

Los huevos producidos por las codornices durante el periodo experimental fueron colectados, identificados y pesados individualmente, utilizando una balanza analítica con capacidad de 210 g y división mínima de 0.1 mg (A&D Weighing HR-200, Japón). Los resultados obtenidos se calcularon a partir de n = 180, 191 y 159 huevos para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente.

El índice de forma del huevo se obtuvo utilizando la fórmula: (longitud/ancho) x 100 con datos obtenidos mediante un vernier digital (STAINLESS HARDENED® Gns 150, China). Los resultados obtenidos se calcularon a partir de n = 140, 165 y 136 huevos para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente.

Las variables de calidad física y química se realizaron utilizando 59 huevos por tratamiento. Para medir las proporciones de yema, albumen y cascarón de huevo, se realizó un corte con bisturí en la parte superior del huevo, para separar la clara de la yema por gravedad. El peso de yema, clara y cascarón se registró utilizando una balanza con capacidad de 210 g y división mínima de 0.1 mg (A&D Weighing HR-200, Japón; El-Tarabany, 2016).

El grosor del cascarón fue medido mediante un micrómetro de tornillo (Mitutoyo® serie 103, USA; Saldaña *et al.*, 2016), utilizando 58, 60 y 60 huevos para los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente. Para determinar el color de yema se obtuvieron los valores a*, b* y L, mediante un colorímetro digital (TCD100®, China).

Cuadro 1. Ingredientes de la dieta para alimentación de codornices en etapa de postura con la adición de tres niveles (0, 5 y 10%) de hojas de *Moringa oleífera*

Ingredientes	T 1 (0% MOL)	T2 (5% MOL)	T3 (10% MOL)
Sorgo	563.70	549.75	530.50
Harina de soya	285.00	255.00	227.00
Hoja de moringa (MOL)	00.00	50.00	100.00
Aceite vegetal	27.00	26.00	27.00
Fosfato monocalcico	16.00	16.00	17.00
Carbonato de calcio	100.00	95.00	90.30
Sal	2.50	2.50	2.50
Lisina HCl (78%)	1.30	1.30	1.30
Metionina (99%)	1.40	1.50	1.50
Treonina (99%)	1.10	0.95	0.90
Núcleo de vitaminas*	0.25	0.25	0.25
Premezcla de minerales**	0.50	0.50	0.50
Cloruro de colina 60%	1.25	1.25	1.25
	1000.00	1000.00	1000.00
Composición calculada			
MS %	89.97	89.99	90.04
PC %	18.93	18.9	18.9
EM (kcal EM/kg)	3176	3125	3082
Composición analizada			
PC %	16.07	15.66	15.93
EB kcal/kg)	3713	3813	3700

*Fueron adicionados por cada 1000 kg de alimento: Vitamina A 12;000,000 UI, D₃ 3;500,000 UI, E 20,000 UI, K₃ 5 g, B₁ 2 g, B₂ 6.50 g, B₆ 1 g, B₁₂ 20 mg, Biotina 100 mg, Nicotinamida 35 g, Ácido pantoténico 10 g, Ácido Fólico 1 g.

** Fueron adicionados por cada 1000 kg de alimento: Manganeso 37.5 g, Zinc 37.5 g, Hierro 20 g, Cobre 4 g, Yodo 0.50 g, Selenio 0.10 g.

2.4. Análisis proximal de dietas, huevo y excretas

Los análisis para determinar la composición química de las dietas, del huevo y de las excretas se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de los Alimentos, de la Facultad de Agronomía (UANL).

El contenido de MS de las dietas, el huevo y las excretas colectadas durante el periodo experimental fue determinado usando el método 930.15 descrito en AOAC (2005). El contenido de proteína de alimento y excretas se determinó utilizando un analizador elemental por combustión TRUSPEC CHN (Leco Corp., St. Joseph, MI; Etheridge *et al.*, 1998). La determinación de energía de las muestras (huevo, alimento y excretas) se realizó mediante combustión de la muestra utilizando una bomba adiabática calorimétrica como lo describen Saldaña *et al.* (2016).

2.5. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el diseño completamente al azar, realizando un ANOVA con mediciones repetidas para cada variable. En las variables que presentaron diferencias significativas entre tratamientos se estableció una comparación de medias según el método de Tukey. Para el análisis estadístico de la frecuencia de postura de huevo se utilizó estadística no paramétrica y un ANOVA con mediciones repetidas. Los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico (SPSS®, versión 21). Las diferencias se consideraron significativas si $P < 0.05$.

3. Resultados y Discusión

3.1. Datos productivos de los animales

En el Cuadro 2 se presentan los datos productivos de las codornices durante el periodo experimental. Para las variables de producción no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. De acuerdo con los resultados que se obtuvieron en la presente investigación, la hoja de moringa puede reemplazar hasta en un 10% de sorgo molido y harina de soya de la dieta, sin afectar el consumo de alimento (22.9 g/d) de las codornices durante las primeras ocho semanas de postura en el primer ciclo. El consumo de alimento obtenido en la presente investigación de las codornices que tuvieron inclusión de moringa en la dieta es similar al reportado por Suppadit *et al.* (2012) quienes incluyeron *W. arrhiza* hasta en un 20% en la dieta de codorniz de postura de cuatro semanas de edad teniendo un promedio de 22 g/d de consumo.

Cuadro 2. Datos productivos de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0%, 5% y 10%) de hojas de *Moringa oleifera*

	Adición de hojas de <i>M. oleifera</i>			SEM	Va lor P
	T1 (0%)	T2 (5%)	T3 (10%)		
Peso inicial (g)	145.17	137.50	137.33	3.444	18 0.2
Consumo de alimento (g/d)	23.60	22.99	22.17	1.239	19 0.7
Aumento de peso (g/d)	0.43	0.41	0.45	0.207	88 0.9
Peso final (g)	170.00	160.50	162.83	4.445	17 0.3
Postura (%)	48.64	60.73	51.21	7.964	24 0.5
Masa de huevo (g /codorniz)	265.70	319.51	268.09	41.152	64 0.5
Conversión alimenticia (g alim/g huevo)	4.77	3.72	4.62	0.714	21 0.5

Nkukwana *et al.* (2014) reportaron que la adición de hojas de moringa en la dieta de pollos de engorda desde el día 0 hasta el día 35 no afectó el consumo de alimento de las aves; resultados similares fueron reportados por Sebola *et al.* (2015), quienes tampoco obtuvieron diferencias entre el consumo de alimento en pollos de engorda de diferentes razas y con diferentes niveles de inclusión de hojas de moringa en la dieta (0, 2.5, 5 y 10%).

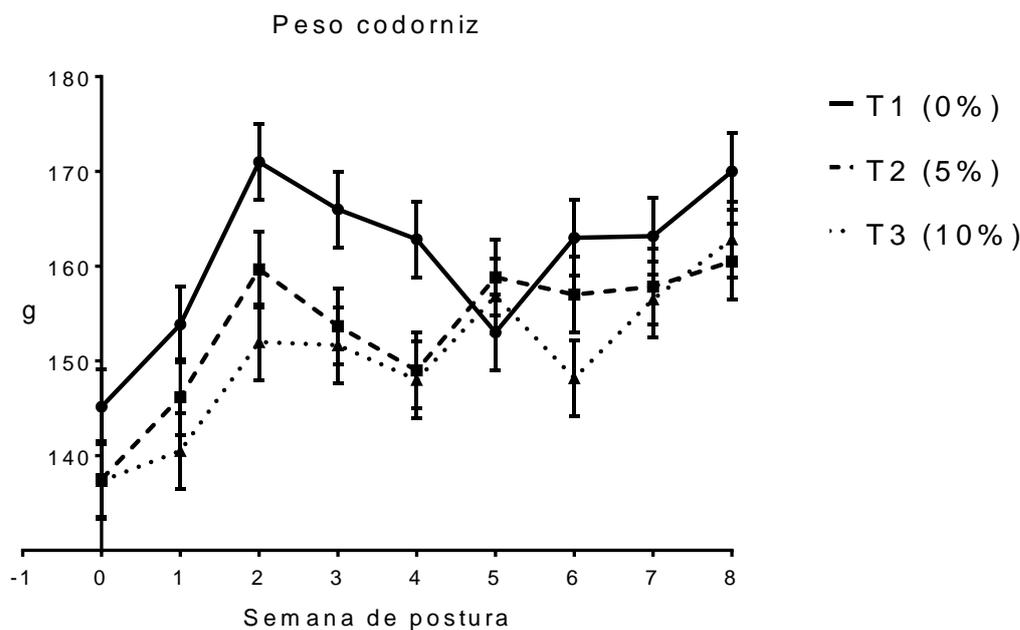


Figura 1. Peso vivo de codornices en etapa de postura alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de *Moringa oleifera* durante un periodo ocho semanas.

Sin embargo, en gallinas de postura, reportaron que el consumo de alimento se vio disminuido significativamente en las dietas adicionadas con hojas de moringa (Abou-Elezz *et al.*, 2012). Probablemente factores organolépticos (olor, sabor amargo) de las hojas de moringa, podrían estar involucrados en la disminución del consumo de alimento (Teixeira *et al.*, 2014), lo cual puede ser estudiado a detalle en trabajos posteriores.

La Figura 1 muestra el peso vivo promedio por tratamientos de las codornices durante las ocho semanas de estudio; las codornices del T1 (160.9 g) fueron más pesadas ($P < 0.05$) que las codornices de T2 (153.3 g) y T3 (150.4 g). Abou-Elezz *et al.* (2012) también reportaron que la adición de hojas de moringa en dietas ofrecidas de forma controlada y/o *ad libitum* resultaba en pesos menores de las aves, comparados con los obtenidos al alimentar una dieta sin adición de moringa.

Se registró una ganancia de peso (promedio de 0.434 g/día por codorniz), que no fue diferente entre tratamientos ($P > 0.05$). De esta forma, se puede concluir que la adición de hojas de moringa no provoca un cambio de peso diferente al registrado en dietas sin adición de este ingrediente. Resultados similares fueron reportados por Supaddit *et al.* (2012) cuando reemplazaron harina de soya de la dieta por *W. arrhiza* hasta en un 16%. También Gayathri *et al.* (2020) obtuvieron resultados de producción de huevo de gallina adicionando harina de hojas de moringa hasta en 1% de la dieta.

La conversión alimenticia en el presente trabajo fue similar entre tratamientos (promedio general 4.37 g de alimento/g de huevo; $P > 0.05$). Esta conversión alimenticia es menos favorable a la reportada (3.16 g alim/g de huevo) por Güclu *et al.* (2004) y por Sahin *et al.* (2010; 3.23 g alimento/g huevo) en codornices de cinco semanas de edad. Los resultados obtenidos en la presente investigación difieren de los obtenidos por Ashour *et al.* (2020) quienes reportaron que la adición de hojas y semillas de moringa en la dieta de codornices de postura favorecía una mejor salud y producción de huevo de las aves con respecto a las dietas convencionales.

El porcentaje de postura de huevo no se vio modificado con la adición de hojas de moringa en las dietas ($P > 0.05$), sin embargo, el porcentaje de postura obtenido con la adición del 5% de hojas de moringa (60.7%) fue superior a lo reportado por Attia *et al.* (2008; 56.3% de producción de huevo en codornices de 42 días de edad) alimentadas con dietas que contenían 33% de *Nigella sativa* L.

3.2. Utilización de energía y proteína

El porcentaje de la utilización de la proteína cruda en este estudio (promedio 47.3%) no fue diferente entre tratamientos ($P > 0.05$). También Nkukwana *et al.* (2014) reportaron que la adición de hojas de moringa a la dieta de pollos de engorda de 0 a 35 días no afectó la utilización de proteína de la dieta.

Los índices de tasa de utilización de proteína obtenidos en el presente trabajo fueron superiores a los obtenidos por Fernandes *et al.* (2016), al reemplazar desde 5 hasta 25% de harina de nuez de cajú, reportando coeficientes de digestibilidad de proteína de 40 hasta 43%. Sin embargo, la adición de hojas de moringa en la dieta de codorniz hasta en un 10% mostró resultados de menor digestibilidad en comparación con otros ingredientes extruidos reportados por Narváez *et al.* (2012) como lo son almidón de maíz (86.37%), almidón de yuca (90.86%), sorgo (86.60%) y arroz quebrado (74.08%) en codornices macho de seis semanas de edad.

Quevedo *et al.* (2013) reportaron que la adición del 15% de salvado de arroz entero en la dieta de codornices tiene una utilización de la proteína (47.77%) lo cual es similar a lo obtenido con la adición de hasta el 10% de hoja de moringa en la dieta.

Los coeficientes de utilización de la energía (promedio = 74.4%) no fueron diferentes ($P > 0.05$) en las dietas para codorniz con 0, 5 y 10% de adición de MOL siendo 77.08, 73.72 y 72.38% respectivamente. Fernandes *et al.* (2016) reportaron una utilización de energía de 76 y 78% al sustituir 5 y 25% de la dieta por harina de nuez de cajú; Quevedo *et al.* (2013) reportó una utilización de la energía bruta de 80 – 82% con la inclusión de salvado de arroz entero, los cuales fueron superiores a los obtenidos en el presente trabajo al adicionar hojas de moringa en un 5 y 10% en las dietas de codorniz de postura.

Cuadro 3. Efectos de la inclusión de tres niveles (0%, 5% y 10%) de hojas de *Moringa oleifera* en la dieta de codorniz sobre la calidad física de huevo (número de repeticiones, ver Materiales y Métodos).

	Adición de hojas de <i>M. oleifera</i>			M	EE	Valor
	T1 (0%)	T2 (5%)	T3 (10%)			
Peso del huevo (g)	9.91 ^a	9.58 ^b	9.46 ^b	1	0.07	<0.001
Índice de forma (%)	77.00 ^c	78.81 ^b	80.75 ^a	1	0.34	<0.001
Grosor cascarón (μ)	311 ^a	288 ^{ab}	279 ^b	8	8.85	0.040
Proporciones (%)						
Yema	34.13	35.11	34.26	5	0.66	0.482
Clara	50.30	49.67	49.34	6	0.72	0.631
Cascarón	15.56 ^b	15.21 ^b	16.39 ^a	6	0.31	0.012

3.3. Características físicas del huevo

En el Cuadro 3 se muestran los resultados obtenidos de las características físicas de calidad del huevo. El promedio de peso del huevo durante las ocho semanas del periodo experimental (Figura 2), fue mayor ($P < 0.05$) en las codornices del T1 (9.87 g), y menor en las codornices que recibieron dieta con 10% de hoja de moringa ($P < 0.001$). Suppadit *et al.* (2012), suplementaron dietas con 16% de *W. arrhiza* y tuvieron huevos con peso de 10.2 g, mientras que al adicionar 20% del alga, el peso del huevo fue de 9.95 g. En cambio, Mahfuz y Piao (2019), en gallinas que recibieron dieta con hojas de moringa registraron peso del huevo similar al de las alimentadas sin hoja de moringa. Estos resultados difieren de los obtenidos por Güçlü *et al.* (2004), quienes obtuvieron huevos de hasta 11.8 g, al reemplazar harina de alfalfa en un 9%, en la dieta de codornices de 10 semanas de edad, en postura. La presente investigación se realizó durante las primeras ocho semanas del primer ciclo de postura.

Los huevos de codornices en las primeras semanas de postura (de la semana 7 a la 15 de edad) obtenidos en el presente estudio tuvieron menores pesos a los reportados por Sahin *et al.* (2010; entre 11.7 y 12.1 g), al adicionar 400 mg de resveratrol a la dieta de codornices de nueve semanas de edad. Atakisi *et al.* (2009) reportaron pesos de huevo de entre 13.7 g con suplementación de zinc, y 12.9 g con suplementación de L-arginina, en codornices de 20 semanas de edad.

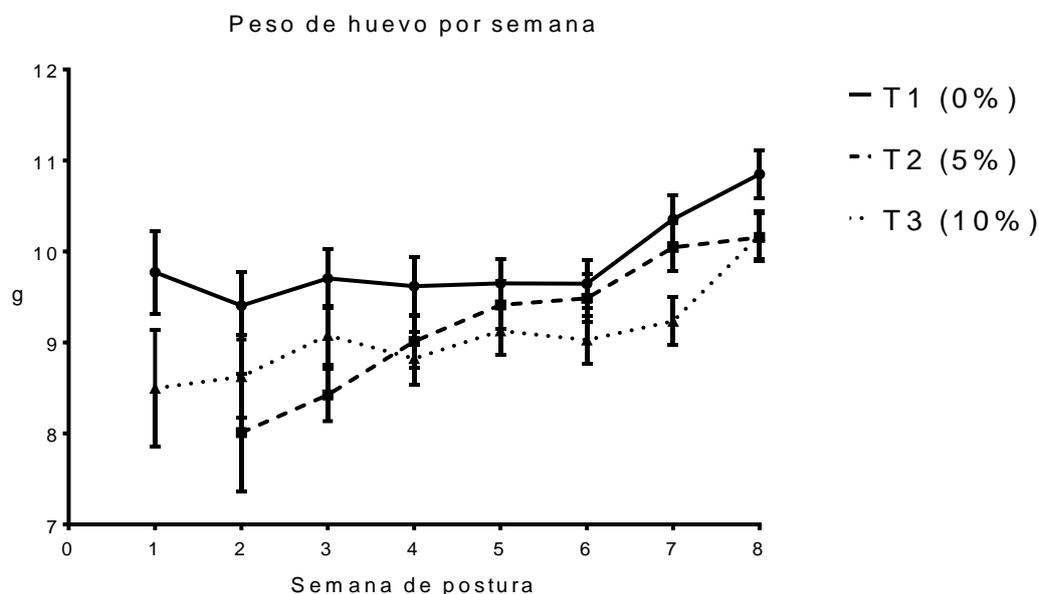


Figura 2. Peso promedio del huevo de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de *Moringa oleifera* durante ocho semanas de periodo experimental.

Jukic-Stojcic *et al.*, (2012) reportaron pesos de huevo entre 11 y 12 g en codornices de 25 a 30 semanas de edad, alimentadas con dietas convencionales. Aún y cuando el peso del huevo del tratamiento 1 fue mayor (Cuadro 3), al considerar la correspondiente tasa de postura, los valores calculados de masa de huevo producida por semana fueron similares ($P > 0.05$) entre tratamientos (Figura 3).

En el presente estudio, el índice de forma del huevo fue mayor ($P < 0.05$) al incrementar el nivel de hoja de moringa en la dieta. Jukic-Stojcic *et al.* (2012) reportaron índices de forma de 77% en huevo de codorniz de granjas comerciales. Los valores obtenidos con un nivel del 5% de hojas de moringa concuerdan con los reportados por Sahin *et al.* (2010) y por Sari *et al.* (2016).

Attia *et al.* (2008) reportaron índices de forma de 77 a 79% reemplazando hasta el 100% de harina de soya por harina de *Nigella sativa* L., en codornices de 42 días,

Estos valores son menores al índice de forma de 80.75% encontrado en el presente trabajo al adicionar 10% de hojas de moringa. Abou-Elezz *et al.* (2012), no encontraron diferencias del índice de forma del huevo asociadas a la inclusión de hojas de moringa en la dieta de gallinas de postura.

En el presente trabajo, la proporción de yema y clara fue similar entre tratamientos ($P > 0.05$), en concordancia con lo reportado en gallinas de postura por Abou-Elezz *et al.* (2012). La proporción de yema (34.5%) fue similar a lo reportado por Attia *et al.* (2008) en dietas adicionadas con harina de *Nigella sativa* L. y, 15% superior a la reportada por Jukic-Stojcic *et al.* (2012; 30.0%) en codornices de mayor edad, alimentadas con una dieta comercial. La proporción de clara obtenida en la presente investigación (49.8%) fue menor a la reportada por Attia *et al.* (2008) y por Jukic-Stojcic *et al.* (2012).

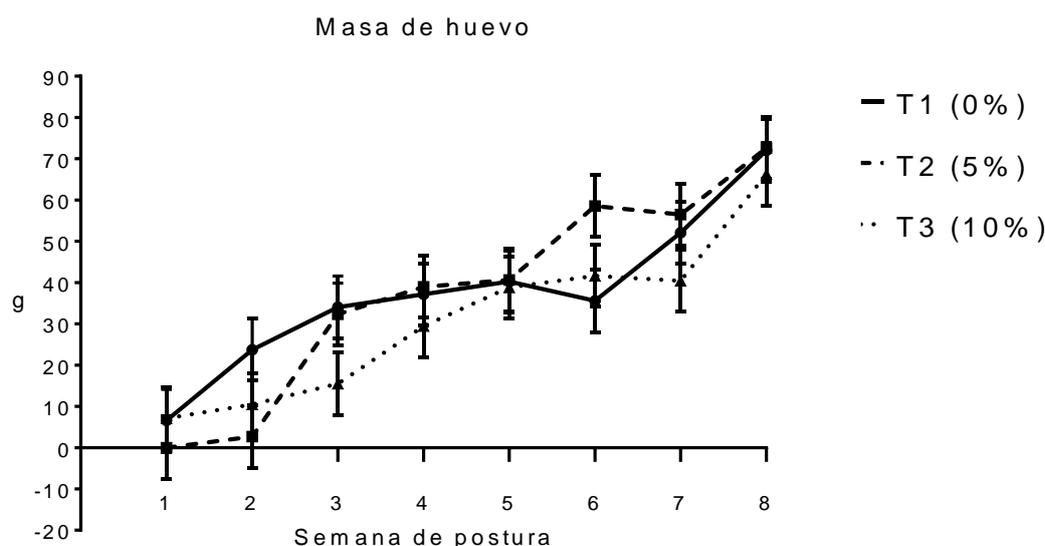


Figura 3. Producción de masa de huevo (g) semanal de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de *Moringa oleifera* durante ocho semanas de periodo experimental.

La proporción de cascarón de huevo fue mayor ($P < 0.05$) para el T3 (16.5%) respecto al T2 (15.4%) y el T1 (15.2). Mahfuz y Piao (2019) reportaron similar proporción de cascarón en el huevo de gallinas alimentadas con y sin adición de moringa. Jukic-Stojcic *et al.* (2012) reportaron 14.9% de proporción en cascarón en huevos de codornices alimentadas con dietas comerciales, valor menor a lo encontrado con la adición de 10% de hojas de moringa (16.4%). Sin embargo, el grosor de cascarón de huevo fue menor ($P < 0.005$) en huevos de animales alimentados con la dieta que contenía el 10% de moringa (278 vs 313 μm). Aun así, el grosor de cascarón de huevo de codornices alimentadas en el presente trabajo con 5 y 10% de hoja de moringa fue mayor a lo reportado por Güclu *et al.* (2004; 180 a 190 μm), Jukic-Stojcic *et al.* (2012; 194 μm), y Suppadit *et al.* (2012; 206 a 220 μm). Según Abou-Elezz *et al.* (2012) la inclusión de hojas de moringa a la dieta convencional de gallinas de postura no tiene efecto sobre el grosor del cascarón de huevo, lo que difiere de los resultados del presente trabajo, ya que con la adición del 10% de hojas de moringa en la dieta de codorniz se tuvo un menor grosor de cascarón.

Posiblemente el calcio contenido en la moringa tenga una menor biodisponibilidad. Teixeira *et al.* (2014), y Amalraj y Pius (2015) en estudios *in vitro*, encontraron una baja biodisponibilidad (19.4 %), del calcio contenido en la moringa, debido posiblemente al alto contenido total de oxalatos de calcio, de los cuales aproximadamente el 50 % son de baja solubilidad, lo que estaría impidiendo la correcta absorción del calcio disponible. Se recalca la importancia de evaluar la biodisponibilidad del calcio contenido en la moringa.

3.4. Contenido de proteína y energía del huevo

El contenido de humedad, materia seca, proteína cruda y energía bruta fue similar ($P > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 4). El contenido de proteína en huevo para los tres tratamientos tuvo un promedio de 12.3 %, lo cual es similar al 12.0 % reportado por Dudusola (2010) y por Gopinger *et al.* (2016).

Cuadro 4. Análisis proximal de huevos (n=59/tratamiento) de codornices alimentadas con dietas adicionadas con 0%, 5% y 10% de hojas de *Moringa oleifera*

	% de Adición de hojas de <i>M. oleifera</i>			SEM	Valor P
	T1 (0)	T2 (5)	T3 (10)		
Materia seca %	26.75	27.55	27.71	0.478	0.335
Humedad %	73.24	72.44	72.28	0.478	0.335
PC (% MS)	12.32	12.15	12.38	0.246	0.782
Energía (cal / g MS)	1592	1680	1706	49.8	0.296

La energía bruta obtenida en los huevos de codorniz alimentadas con dietas adicionadas con hojas de moringa (1680 y 1706 kcal/kg) es menor a lo reportado por Shibi *et al.* (2016).

3.5. Pigmentación de la yema de huevo

Los valores del sistema CIELAB de color de yema (a*, b* y L*) registrados en el presente trabajo en los huevos producidos por las codornices se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Valores de color (L*, a* y b*) de yema de huevos de codornices alimentadas con dietas adicionadas con 0%, 5% y 10% de hojas de *Moringa oleifera*

**	Adición de hojas de <i>M. oleifera</i>			SEM	P
	T1 (0 %)	T2 (5%)	T3 (10%)		
a*	-1.35 ^c	5.56 ^a	7.50 ^a	0.560	<0.001
b*	25.50 ^b	49.94 ^a	49.71 ^a	1.800	<0.001
L*	61.32 ^a	56.08 ^b	54.39 ^b	0.878	<0.001

** Numero de huevos evaluados por tratamiento T1:58, T2:60, T3:60

Los valores para a* (indicativos de verde a rojo) y b* (indicativos de azul a amarillo) fueron mayores ($P < 0.001$) para los tratamientos T2 y T3, comparados con el T1. La luminosidad (L* indicativo de negro a blanco) fue estadísticamente mayor para T1 ($P < 0.05$) respecto al T2 y T3.

En la Figura 6 se puede apreciar la pigmentación con tendencia a anaranjado en la yema de los huevos de las codornices alimentadas en el presente trabajo con hasta 10% de hoja de moringa en la dieta.

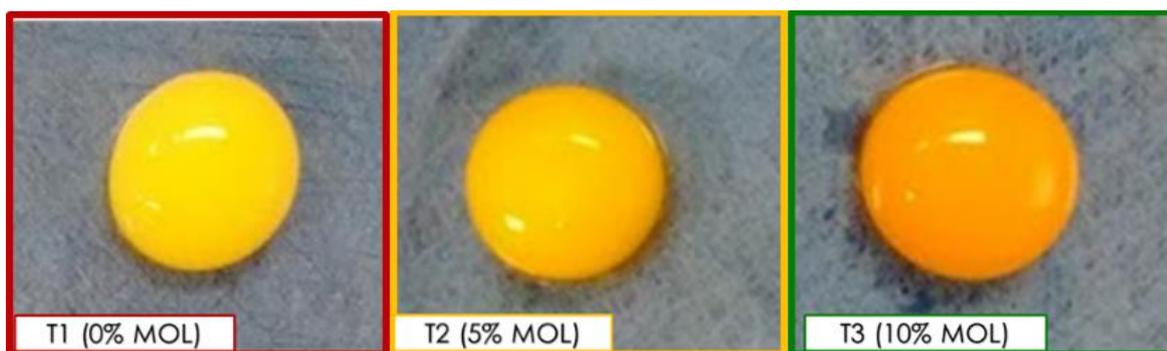


Figura 6. Pigmentación de yema de huevo de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de *Moringa oleifera*.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo respecto a la pigmentación de la yema de huevo concuerdan con los de Abou-Elezz *et al.* (2012), quienes determinaron aumentos lineales en el color de la yema al incrementar el nivel de inclusión de hojas de *Moringa* en las dietas de las gallinas. Es probable que esto se deba a la cantidad de xantofilas, luteína y carotenos presentes en las hojas de moringa. Pasaporte *et al.* (2014) y Saini *et al.* (2014) reportaron niveles de 160 - 500 μg de luteína/g de manera fresca, además de los niveles relativamente altos (48 $\mu\text{g}/\text{g}$) de zeaxantina de moringa en su estado fresco.

Los resultados de este trabajo concuerdan con las observaciones de Suppadit *et al.* (2012) quienes al incluir hasta el 20% de la planta acuática conocida comúnmente como lenteja de agua (*Wolffia arrhiza*) registraron un aumento de la intensidad del color de yema de huevo de codorniz, destacando así su uso como un pigmento natural de la yema.

4. Conclusiones

La inclusión de hasta 10% de hojas de moringa en dietas para codornices de ocho semanas de edad en primer ciclo de postura, no compromete la producción de masa de huevo ni características de la calidad del huevo. La utilización de nutrientes de la dieta (proteína cruda y energía) no se ve disminuida con la adición de hojas de moringa en la dieta para codornices. El contenido de energía y proteína de huevo se mantiene constante al adicionar hojas de *Moringa oleifera* hasta en un 10% en la dieta de codorniz. La adición de hojas de moringa a la dieta se obtiene un efecto positivo sobre la pigmentación de la yema de huevo.

5. Agradecimientos

Se agradece al CONAHCYT por la beca otorgada a la primera autora. Se agradece a la Facultad de Agronomía UANL y al Posgrado Conjunto en Ciencia Animal de las Facultades de Agronomía y Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UANL, por las facilidades brindadas para la realización del presente estudio.

s.

6. Conflictos de intereses

Los autores manifiestan que no tienen conflictos de intereses.

Referencias

1. Abou-Elezz, K. F; Sarmiento-Franco, L; Santos-Ricalde, R. y Solorio-Sánchez, J. F. 2012. The nutritional effect of *Moringa oleifera* fresh leaves as feed supplement on Rhode Island Red hen egg production and quality. *Tropical Animal Health and Production*. 44:5,1035-1040.
2. Alagawany, M; El-Hack, M. E. A; Laudadio, V. y Tufarelli, V. 2014. Effect of low-protein diets with crystalline amino acid supplementation on egg production, blood parameters and nitrogen balance in laying Japanese quails. *Avian Biology Research*. 7:4, 235-243.
3. AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, V.A.

4. Ashour, E. A; El-Kholy, M. S; Alagawany, M; Abd El-Hack, M. E; Mohamed, L. A., Taha, A. E; El-Sheikh, A. I; Laudadio, V. y Tufarelli, V. 2020. Effect of dietary supplementation with *Moringa oleifera* leaves and/or seeds powder on production, egg characteristics, hatchability and blood chemistry of laying Japanese quails. Sustainability. 12:6, 2463, 9 pp.
5. Atakisi, O; Atakisi, E. y Kart, A. 2009. Effects of dietary zinc and L-arginine supplementation on total antioxidants capacity, lipid peroxidation, nitric oxide, egg weight, and blood biochemical values in Japanese quails. Biological Trace Element Research. 132:1-3, 136-143.
6. Attia Y. A; El-Din, A; Zeweil, H. S; Hussein, A. S; Qota, E. S. M. y Arafat, M. A. 2008. The effect of supplementation of enzyme on laying and reproductive performance in Japanese quail hens fed Nigella seed meal. Journal of Poultry Science. 45:2, 110-115.
7. Dudusola, I. O. 2010. Comparative evaluation of internal and external qualities of eggs from quail and guinea fowl. Journal of Plant Science. 1:15, 112-115.
8. El-Tarabany, M. S. 2016. Effect of thermal stress on fertility and egg quality of Japanese quail. Journal of Thermal Biology. 61, 38-43.
9. Etheridge, R. D; Pesti, G. M. y Foster, E. H. 1998. A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (LECO CNS 2000) on samples typical of an animal nutrition analytical laboratory. Animal Feed Science and Technology. 73:1-2, 21-28.
10. Fernandes, D. R; Freitas, E. R; Watanabe, P. H; Filgueira, T. M. B; Cruz, C. E. B; do Nascimento, G. A. J. y Nascimento, E. R. M. 2016. Cashew nut meal in the feeding of meat quails. Tropical Animal Health and Production. 48:4, 711-717.
11. Gaona Rodríguez, C. A; Bernal Barragán, H; Vásquez Aguilar, N. C; Hernández Escareño, J. J; Garza Brenner, E; Sánchez Dávila, F. y Arce Vázquez, N. 2022. Efecto de la adición de harina de cascara de Naranja y cascarón de huevo a dietas de codornices japonesas. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 30:Supl. 1, 151-155.
12. Gayathri, S. L; Babu, L. K. y Panda, A. K. 2020. Effect of dietary supplementation of *Moringa oleifera* leaf meal on production performance and egg quality of Vanaraja laying hens. Animal Nutrition and Feed Technology. 20, 279-287.
13. Gopinger, E; Bavaresco, C; Ziegler, V; Lemes, J. S; Lopes, D. C. N; Elias, M. C. y Xavier, E. G. 2016. Performance, egg quality, and sensory analysis of the eggs of quails fed whole rice bran stabilized with organic acids and stored for different amounts of time. Canadian Journal of Animal Science. 96:2, 128-134.
14. Güclu, B. K; Iscan, K. M; Uyanik, F; Eren, M. y Agca, A. C. 2004. Effect of alfalfa meal in diets of laying quails on performance, egg quality and some serum parameters. Archives of Animal Nutrition. 58:3, 255-263.
15. Jukic-Stojic, M; Milosevic, N; Peric, L; Jajic, I. y Tolimir, N. 2012. Egg quality of Japanese quail in Serbia (*Coturnix coturnix japonica*). Biotechnology in Animal Husbandry. 28:3, 425-431.
16. Kaur, S; Mandal, A. B; Singh, K. B. y Kadam, M. M. 2008. The response of Japanese quails (heavy body weight line) to dietary energy levels and graded essential amino acid levels on growth performance and immuno-competence. Livestock Science. 117:2-3, 255-262.
17. Khosravi, H; Mehri, M; Bagherzadeh-Kasmani, F. y Asghari-Moghadam, M. 2016. Methionine requirement of growing Japanese quails. Animal Feed Science and Technology. 212, 122-128.
18. Lukanov, H. 2019. Domestic quail (*Coturnix japonica domestica*), is there such farm animal? World's Poultry Science Journal. 75, 547-558.
19. Mahfuz, S. y Piao, X. S. 2019. Application of moringa (*Moringa oleifera*) as natural feed supplement in poultry diets. Animals. 9:7, 431.
20. Minvielle, F. 2004. The future of Japanese quail for research and production. Worlds Poultry Science Journal. 60:4, 500-507.
21. Moyo, B; Masika, P. J; Hugo, A. y Muchenje, V. 2011. Nutritional characterization of Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. African Journal of Biotechnology. 10:60, 12925-12933.
22. Narváez-Solarte, W; Toro, J. P. y Giraldo, C. E. 2012. Digestibilidad de materias primas energéticas extrusadas en la alimentación de codornices (*Coturnix coturnix japonicus*). Biosalud. 11:2, 59-69.
23. Nation Research Council. 1994. Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, 1994. Washington, DC: The National Academies Press.
24. Nkukwana, T. T; Muchenje, V; Pieterse, E; Masika, P. J; Mabusela, T. P; Hoffman, L. C. y Dzama, K. 2014. Effect of *Moringa oleifera* leaf meal on growth performance, apparent digestibility, digestive organ size and carcass yield in broiler chickens. Livestock Science. 161, 139-146.
25. OECD/FAO. 2023. OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032. OECD Publishing. Paris. 357 pp. FAO ISBN 978-92-5-137923-3. <https://doi.org/10.1787/08801ab7>
26. Pasaporte, M. S; Rabaya, F. J. R; Toleco, M. M. y Flores, D. M. 2014. Xanthophyll content of selected vegetables commonly consumed in the Philippines and the effect of boiling. Food Chemistry. 158, 35-40.
27. Quevedo, I. B; Freitas, E. R; Filgueira, T. M. B; do Nascimento, G. A. J; Braz, N. D; Fernandes, D. R. y Watanabe, P. H. 2013. Parboiled rice whole bran in laying diets for Japanese quails. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 48:6, 582-588.
28. Reda, F; Ashour, E; Alagawany, M. y Abd El-Hack, M. 2015. Effects of dietary protein, energy and lysine intake on growth performance and carcass characteristic of growing Japanese quails. Asian Journal of Poultry Science. 9:3, 155-164.

29. Saad, M. F; Fadel, M. A; Abd El-Hafeez, M. S. y Abdel-Salam, A. B. 2022. Assessment of safety and quality aspects avoiding treatment of quail eggs. *Letters in Applied Microbiology*. 75:2, 410-421.
30. SADER. 2023. Panorama Agroalimentario 2023. Agricultura regenerativa, la vía para un futuro sustentable. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). México. 215 pp.
31. Sahin, K; Akdemir, F; Orhan, C; Tuzcu, M; Hayirli, A. y Sahin, N. 2010. Effects of dietary resveratrol supplementation on egg production and antioxidant status. *Poultry Science*. 89:6, 1190-1198.
32. Saini, R. K; Shetty, N. P. y Giridhar, P. 2014. Carotenoid content in vegetative and reproductive parts of commercially grown *Moringa oleifera* Lam. cultivars from India by LC-APCI-MS. *European Food Research and Technology*. 238:6, 971-978.
33. Saldaña, B; Gewehr, C. E; Guzman, P; Garcia, J. y Mateos, G. G. 2016. Influence of feed form and energy concentration of the rearing phase diets on productivity, digestive tract development and body measurements of brown-egg laying hens fed diets varying in energy concentration from 17 to 46 wk of age. *Animal Feed Science and Technology*. 221, 87-100.
34. Sari, M; Tilki, M. y Saatci, M. 2016. Genetic parameters of egg quality traits in long-term pedigree recorded Japanese quail. *Poultry Science*. 95:8, 1743-1749.
35. Sebola, N. A; Mlambo, V; Mokoboki, H. K. y Muchenje, V. 2015. Growth performance and carcass characteristics of three chicken strains in response to incremental levels of dietary *Moringa oleifera* leaf meal. *Livestock Science*. 178, 202-208.
36. Shibi, T. K; Richard, P. N; Lurthu, T. y Rajendran, D. 2016. Nutrient composition of Japanese quail eggs. *International Journal of Science, Environment and Technology*. 5:3,1293- 1295.
37. Sun, C; Liu, J; Yang, N. y Xu, G. 2019. Egg quality and egg albumen property of domestic chicken, duck, goose, turkey, quail, and pigeon. *Poultry Science*. 98, 4516-4521.
38. Suppadit, T; Jaturasitha, S; Sunthorn, N. y Poungsuk, P. 2012. Dietary *Wolffia arrhiza* meal as a substitute for soybean meal: its effects on the productive performance and egg quality of laying Japanese quails. *Tropical Animal Health and Production*. 44:7, 1479-1486.
39. Teixeira, E. M. B; Carvalho, M. R. B; Neves, V. A; Silva, M. A. y Arantes-Pereira, L. 2014. Chemical characteristics and fractionation of proteins from *Moringa oleifera* Lam. leaves. *Food Chemistry*. 147, 51-54.

Descargo de responsabilidad/Nota del editor: Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son responsabilidad exclusiva de los autores y colaboradores individuales y no de SAV y/o el/lo editor/es declinan toda responsabilidad por daños personales o materiales derivados de ideas, métodos, instrucciones o productos a los que se haga referencia en el contenido.

Cita: Bernal Barragán, H., Degollado Aguayo, K. M., Olivares Sáenz, E., Vásquez Aguilar, N. C., Cervantes Ramírez, M., Morales Trejo, A., Gaona Rodríguez, C. A. y Sánchez Dávila, F. (2024) «Dr. EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE *Moringa oleifera* Lam. EN DIETAS DE CODORNIZ, SOBRE POSTURA, UTILIZACIÓN DE ENERGÍA, PROTEÍNA METABOLIZABLE Y CALIDAD DE HUEVO: NA», *Scientia Agricolis Vita*, 1(3), pp. 53-64. doi: 10.29105/agricolis.v1i3.21.

Editor Académico: Guadalupe Gutiérrez Soto

Recibido: 19-09-2024

Revisado: 27-09-30

Aceptado: 30-09-2024

Publicado: 03-10-2024



Copyright: © 2024 por los autores. Presentado para su posible publicación en acceso abierto bajo los terminos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).