

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



TESIS

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

PRESENTA

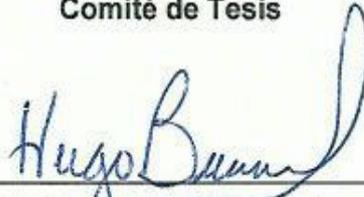
MVZ, KENIA MARIELA DEGOLLADO AGUAYO

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIA ANIMAL**

ENERO, 2018

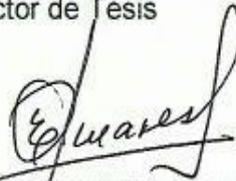
EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE *Moringa oleifera* Lam. EN DIETAS DE
CODORNIZ, SOBRE POSTURA, UTILIZACIÓN DE ENERGÍA, PROTEÍNA
METABOLIZABLE Y CALIDAD DE HUEVO

Comité de Tesis



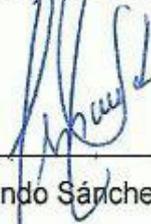
Dr. Hugo Bernal Barragán

Director de Tesis



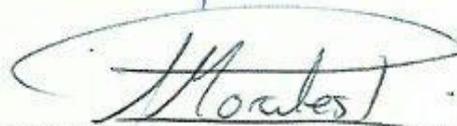
Ph. D. Emilio Olivares Sáenz

Co-Director de Tesis



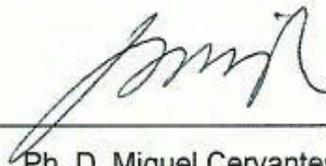
Dr. Fernando Sánchez Dávila

Co-Director de Tesis



Dra. Adriana Morales Trejo

Co-Directora de Tesis



Ph. D. Miguel Cervantes Ramírez

Co-Director de Tesis

AGRADECIMIENTO

Al Posgrado en Conjunto Facultad de Agronomía - Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por aceptarme dentro del programa de la Maestría en Ciencia Animal.

Gracias a mi Comité de tesis por sus excelentes aportaciones para la realización y culminación de este trabajo.

A mi director de tesis el Dr. Hugo Bernal Barragán por haberme confiado la oportunidad de pertenecer a su equipo de trabajo, por haberme apoyado y guiado pacientemente en cada una de las etapas de la investigación, y por haberme hecho sentir parte más que de un grupo una Familia.

Dr. Fernando Sánchez Dávila por sus acertadas observaciones a lo largo de la investigación.

Al Dr. Emilio Olivares Sáenz por apoyarme con otra parte fundamental de mi trabajo y por cada una de las observaciones bien acertadas, además por haberme abierto las puertas del CAP y haberme recibido en su muy buen equipo de trabajo.

A la Dra. Adriana Morales y al Dr. Miguel Cervantes que a pesar de la distancia estuvieron atentos con muy buenas observaciones y comentarios para la culminación con calidad de este trabajo.

Al Laboratorio de Nutrición y Calidad de los Alimentos de la Facultad de Agronomía y al excelente equipo de trabajo: Nydia y Emiliano, por haberme no solo permitido llevar a cabo la evaluación de las muestras, si no, también por ser parte importante de mi formación al enseñarme y apoyarme durante este periodo.

A Nallely y Devany quienes no solo me apoyaron, si no que iniciaron conmigo y el Dr. este trabajo ¡GRACIAS!

A la Unidad Académica de Marín y al Centro de Agricultura Protegida ambos de la Facultad de Agronomía por facilitarme las partes claves para el desarrollo de esta investigación.

Al centro de Exposiciones Agropecuarias UANL, por permitirme el uso de las instalaciones.

Al laboratorio de Ingeniera y al Ing. Zaid por permitirme y apoyarme con el uso de las instalaciones.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico para la realización de mi maestría.

A mis compañeros de la maestría, al grupo de trabajo del CAP, a los maestros del posgrado conjunto y a todas las personas que de alguna u otra manera formaron parte de esta etapa.

A mi familia por formar parte de este camino, apoyándome siempre incondicionalmente y motivándome de alguna manera, ¡GRACIAS!

DEDICATORIAS

Al Dr. Hugo Bernal Barragán quien al abrirme las puertas de su gran equipo de investigación se convirtió en un guía y un modelo a seguir y que con su experiencia y conocimientos me han permitido llegar a la finalización de mi trabajo con éxito.

A mi Comité de tesis Dr. Emilio, Dr. Fernando, Dra Adriana y Dr. Miguel; a mis compañeros de maestría, de Laboratorio, del CAP y de la FMVZ, y a todas las personas de las cuales recibí algún tipo de apoyo y motivación incondicional durante mi trabajo.

A mi familia Cynthia, Azalia y Adal, Gladyz, Benito, Fer y Elenita por aguantarme en cada etapa de este proceso, sobre todo en el estrés, los enojos, las tristezas y en las ausencias, también gracias por estar en las alegrías y motivarme de alguna u otra manera a lograr mi objetivo.

Pero sobre todo se la dedico a mis padres Elena y Balde quienes siempre me han apoyado en cada una de mis decisiones, motivándome y aconsejándome para lograr cualquier cosa que me proponga, por creer en mí y por enseñarme a ser responsable y terminar cada cosa que empiezo, y estar siempre que necesitaba una palabra de aliento para seguir.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIAS	iv
ÍNDICE de contenido	v
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURA	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1. Codorniz	3
2.1.1. Características de la codorniz (<i>Conturnix japonica</i>)	4
2.1.2. Calidad de huevo	5
2.1.3. Contenido nutrimental del huevo	8
2.1.4. Pigmentación del huevo	9
2.2. Nutrición	10
2.2.1. Requerimientos nutricionales en etapa de postura	12
2.2.2. Proteína	14
2.2.3. Energía	15
2.2.4. Utilización de nutrientes	15
2.2.5. Tamaño de partícula	16
2.3. Moringa oleifera Lam.	17
2.3.1. Características generales	17
2.3.2. Contenido nutricional de moringa	18
	v

2.4. Moringa oleifera Lam. en la avicultura	19
3. JUSTIFICACIÓN	21
4. HIPÓTESIS	22
5. OBJETIVOS	22
5.1. Objetivo General	22
5.1.2. Objetivos Específicos	22
6. MATERIALES Y MÉTODOS	23
6.1. Manejo de Animales	25
6.2. Dietas experimentales	25
6.3. Utilización de nutrientes	26
6.4. Calidad de huevo	27
6.5. Análisis proximal de dietas, huevo y excretas	28
6.6. Evaluación de comportamiento de la codorniz	29
6.7. Análisis estadístico	29
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
7.1. Características físicas del alimento	30
7.2. Comportamiento de las codornices	32
7.3. Datos productivos de los animales	33
7.4. Utilización de energía y proteína	36
7.5. Características físicas del huevo	38
7.6. Contenido de proteína y energía del huevo	44
7.7. Pigmentación de la yema de huevo	44
8. CONCLUSIONES	47
9. BIBLIOGRAFÍA	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Comparación de la composición de algunos macronutrientes por cada 100 g de huevo de codorniz y gallina (McNamara, 2005)	6
Cuadro 2.	Contenido nutricional de huevo de Codorniz (McNamara, 2005; Dudusola, 2010)	9
Cuadro 3.	Contenido de pigmentos en algunos ingredientes seleccionados (NRC, 1994)	10
Cuadro 4.	Requerimientos nutricionales de codorniz (<i>Coturnix japonica</i>) en porcentaje o unidades por kilogramo de dieta (90% MS; NRC, 1994.)	13
Cuadro 5.	Contenido nutricional de hojas de <i>Moringa oleifera</i> reportado por varios autores (Expresado en base a materia seca)	19
Cuadro 6.	Ingredientes de la dieta para alimentación de codornices en etapa de postura con la adición de diferentes niveles (0, 5 y 10%) de hojas de <i>Moringa oleifera</i>	26
Cuadro 7.	Granulometría de las dietas para codornices de postura con la adición de 0, 5 y 10% de hojas de <i>Moringa oleifera</i>	32
Cuadro 8.	Evaluación del comportamiento de codornices de codornices de acuerdo a la alimentación con	32

	dietas adicionadas con tres niveles (0%, 5% y 10%) de hojas de <i>Moringa oleifera</i>	
Cuadro 9.	Datos productivos de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0%, 5% y 10%) de hojas de <i>Moringa oleifera</i>	33
Cuadro 10.	Efectos de la inclusión de tres niveles (0%, 5% y 10%) de hojas de <i>Moringa oleifera</i> en la dieta de codorniz sobre la calidad física de huevo	39
Cuadro 11.	Análisis proximal de huevos de codorniz (n= 59 / trat) de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0%, 5% y 10%) de hojas de <i>Moringa oleifera</i>	44
Cuadro 12.	Valores de color (L*, a* y b*) de yema de huevos de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0%, 5% y 10%) de hojas de <i>Moringa oleifera</i>	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Distribución de zonas localizadas de cultivo de MOL como planta de horticultura en México.	18
Figura 2.	Temperatura media diaria durante el período experimental (56 días).	24
Figura 3.	Humedad relativa media diaria durante el período experimental (56 días).	24
Figura 4.	Densidad (g/mL) de las dietas formuladas con la adición de tres niveles de hojas de <i>Moringa oleifera</i> (0, 5 y 10%) para codorniz en etapa de postura.	30
Figura 5.	Proporción del tamaño de partículas del alimento para codornices en etapa de postura con la adición de 0, 5 y 10 % de hojas de <i>Moringa oleifera</i> .	31
Figura 6.	Peso vivo de codornices en etapa de postura alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de <i>Moringa oleifera</i> durante un periodo ocho semanas.	35
Figura 7.	Utilización de proteína cruda de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de <i>Moringa oleifera</i> .	37
Figura 8.	Utilización de energía de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de <i>Moringa oleifera</i> .	38

Figura 9.	Peso promedio del huevo de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de <i>Moringa oleifera</i> durante ocho semanas de periodo experimental.	40
Figura 10.	Producción de masa de huevo (g) semanal de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de <i>Moringa oleifera</i> durante ocho semanas de periodo experimental.	41
Figura 11.	Pigmentación de yema de huevo de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de <i>Moringa oleifera</i> .	45

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURA

g	Gramos
MOL	<i>Moringa oleifera</i> Lam.
IF	Índice de forma
GDP	Ganancia diaria de peso
µm	Micro micras
a*	Coefficiente de color de tendencias de verde a rojo
b*	Coefficiente de color de tendencias de azul a amarillo
L	Luminosidad (tendencia de color negro a blanco)
PC	Proteína cruda
cm ²	Centímetros cuadrados
cm	centímetros
kcal	Kilocalorías
°C	Grados centígrados
mg	Miligramos
L	Litros
MS	Materia seca
UI	Unidades internacionales
EEM	Error estándar de la media
ME	Energía metabolizable

CDA	Coeficiente de digestibilidad aparente
m	Metros
mm	Milímetros
pH	Potencial de hidrógeno
FC	Fibra cruda
CHOOS	Carbohidratos
d	Días
h	Horas
EB	Energía bruta
N	Nitrógeno
mL	Mililitros
μ	Micras
μg	Microgramos
TRT	Tratamiento

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. Dieciocho codornices de postura de 7 semanas de edad, con un peso vivo inicial de 140 ± 5 g, se alojadas y asignaron individualmente a tres tratamientos (T1 0%, T2 5% y T3 10% de hojas de MOL en la dieta). Durante las primeras 8 semanas del ciclo de puesta, se registró peso de la codorniz y consumo de alimento; en un periodo de 48 horas se colectaron excretas para determinar la utilización de energía y proteína. Se seleccionaron 59 huevos de cada tratamiento para análisis de calidad y contenido nutrimental del huevo. El experimento fue un diseño completamente al azar, y comparación de medias por el método de Tukey. Los análisis estadísticos no mostraron diferencias ($P > 0.05$) en consumo de alimento, GDP, peso final y producción de huevo. El porcentaje de utilización de proteína y energía y el contenido de estos nutrientes en huevo no fueron diferentes 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 (80.0 vs 77.5%) y la proporción de cáscara de huevo (16.6 vs 15.3%), fueron mayor en T3 ($P < 0.05$). La proporción de yema (34.5%) y albúmina (49.8%) fueron similares entre TRT ($P > 0.05$). 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, y sin reducir algunos parámetros de calidad de huevo.

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effect of adding 0 (T1), 5 (T2) and 10% (T3) moringa leaf (*Moringa oleifera* Lam.) meal in the diet for laying quails (*Coturnix japonica*) about nutrient utilization, egg quality and production. Eighteen 7-wk old laying quails, with an initial live weight (LW) of 140 ± 5 g, were housed individually and randomly assigned to the three treatments (T1 0%, T2 5% and T3 10 %). During the first 8 wk of the laying cycle, quail LW and feed intake were recorded weekly. In a period of 48 hours, excrete were collected to determine the use of energy and protein. Produced eggs (n = 59 per treatment) were identified, weighed and measured. The experimental design used was a completely randomized design; statistical analyses were performed with SPSS® software, and mean comparisons using Tukey. The percentage of utilization of protein and energy of the diets and the content of these nutrients in egg were not different among treatments ($P > 0.05$). The egg weight was greater for T1 ($P < 0.05$) than T2 and T3. The egg shell was higher (313 vs 279 μm , $P < 0.05$) on T1. The shape index (80.0 vs 77.5%) and the egg shell ratio (16.6 vs 15.3%), were higher in T3 ($P < 0.05$). The proportion of yolk (34.5%) and albumin (49.8%) were similar among treatments ($P > 0.05$). Eggs from T2 and T3 had higher a^* and b^* color parameter values ($P < 0.001$). The L^* parameter was higher ($P < 0.001$) for T1. In conclusion, including moringa leaf meal up to 10% in quail diets at the beginning of the laying cycle had positive effects on the pigmentation of quail egg yolk, without affecting efficiency of egg, the use of protein and energy, and without reducing some egg quality parameters.

1. INTRODUCCIÓN

La creciente 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 (Thornton, 2010).

La producción de huevo tiene una importante función socioeconómica en países en vías de desarrollo, ya que el huevo representa una de las fuentes principales de proteína para el consumo humano (Kondombo, 2005).

Aunque la industria del huevo está dominada por la producción de huevos de gallina (*Gallus gallus domesticus*), una pequeña proporción de los huevos producidos de otras especies avícolas se comercializan como tipo gourmet, tales como los huevos de pato y ganso, así como los de codorniz (Tserveni-Goussi y Fortomaris, 2011).

Entre los diversos tipos de codornices en el mundo, la codorniz japonesa (*Coturnix japonica*), es la representante más utilizada en la producción de huevos principalmente en los países asiáticos y Brasil (Minvielle, 2004).

En la producción de codorniz la alimentación y específicamente una fuente de proteína de buena calidad son de los factores más importantes para la formulación de la dieta (Alagawany et al., 2014).

Dado que actualmente la demanda de productos para la alimentación animal y para consumo humano se encuentran compitiendo, la disponibilidad de granos para la nutrición animal disminuye, por ello, en busca de alternativas para la nutrición animal, se propone el uso de plantas con altos contenidos de nutrientes, como lo

es la harina de hojas de *Moringa oleifera* Lam (MOL), debido a su alto contenido en proteína y otros nutrientes (Abou-Elezzet et al., 2012).

Aunque el valor nutricional de la moringa puede variar, dependiendo de la variedad y los métodos de cultivo utilizados para su producción, se ha reportado (Moyo et al., 2011) que *Moringa oleifera* contiene 30.3% de proteína cruda (PC), 0.30% de metionina, 1.64 % de lisina, 1.46% de treonina y 2.75% de tirosina. Todo ello permite considerar a la moringa como una alternativa en la alimentación de codornices.

Por lo anterior, en el presente trabajo, se tuvo como objetivo, evaluar el efecto de incluir 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. ANTECEDENTES

El huevo representa uno de los alimentos básicos para consumo humano, ya que ha sido reconocido como una de las fuentes de proteína de calidad y de nutrientes importantes en la nutrición del ser humano. Su consumo comenzó desde que los cazadores recogían los huevos de aves silvestres, y continúa desde la domesticación de dichas aves y su mejoramiento genético para obtener huevo de mejor calidad. En la actualidad el huevo es un ingrediente esencial para la dieta de muchas personas alrededor del mundo (McNamara, 2005).

En México, así como en muchos otros países del mundo, la producción de huevo de gallina es dominante (INEGI, 2007) y existen pocos datos de la contribución de otras especies, entre ellas la codorniz (Tserveni-Goussi y Fortomaris, 2011).

2.1. Codorniz

La codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) se utiliza para la producción comercial de huevo y carne, considerada por poseer características importantes tales como 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).

En los últimos años, la cría de codornices ha tomado un lugar importante en la producción de aves de corral alternativa (Swain et al., 2014).

La producción de huevo de codorniz representa una fuente importante de proteína para consumo humano, considerándola como una alternativa en las regiones donde

existan las condiciones geográficas, sociales, y económicas favorables para su desarrollo. Sin embargo, la producción de este tipo de huevo es considerada como un producto gourmet y no es tan intensiva en muchas regiones, siendo los mayores productores y consumidores los países asiáticos, europeos, del medio oriente y Brasil (Minvielle, 2004).

La demanda y consumo de productos de origen avícola, ya sea carne o huevo de aves, principalmente de corral se encuentra en constante crecimiento, y se prevé que esta tendencia continuará en la primera mitad del siglo XXI (FAO, 2017).

2.1.1. Características de la codorniz (*Conturnix japonica*)

Las codornices son aves pertenecientes al orden *Galliformes* de la familia *Phasianidae* del género *Coturnix* (Lucotte, 1990).

Entre los diversos géneros de codornices en todo el mundo, el representante más utilizado en la producción de huevos es la codorniz japonesa. Éstas suelen mantenerse en jaulas en condiciones comerciales, pero también pueden mantenerse en sistemas de pisos de arena profunda. La cantidad mínima de espacio requerida para codornices es de 145 cm² cuando son criadas en suelo, y de 125 cm² cuando se crían en jaulas. Las codornices criadas en condiciones intensivas requieren cuidados adecuados y programas de prevención y control de enfermedades (Tserveni-Goussi y Fortomaris, 2011).

Dentro de las características físicas de la codorniz se destaca que estas son aves de tamaño mediano, con una talla de 17 cm de longitud, siendo los machos de menor tamaño que las hembras. Las hembras y machos silvestres pesan

aproximadamente 100 y 90 g, respectivamente, mientras que las hembras y machos domesticados adultos pesan en promedio 140 y 130 g (Baer et al., 2015).

Las codornices tienen plumas de color marrón oscuro que cubre desde la parte superior de la cabeza con dirección a la nuca con una raya de bronceado sobre los ojos. Las hembras tienen plumas con un color negro moteado en su pecho y garganta, mientras que los machos son caracterizados por un pecho color marrón y las plumas color café óxido del pecho (Baer et al., 2015).

Las principales características de reproducción de las codornices japonesas se pueden resumir de la siguiente manera: edad a la madurez: 6-7 semanas; edad en producción máxima de huevo: 7-8 semanas; esperanza de vida: 2.5 años; período de incubación: 17-18 días, peso del huevo 6-16 g, producción de huevos hasta 280-300 huevos / ave en el primer año (Reddish et al., 2003).

La codorniz japonesa se utiliza también como modelo animal de laboratorio para diversas áreas de investigación científica, tales como biología del desarrollo, endocrinología, envejecimiento, inmunología, etología, y una variedad de trastornos genéticos humanos (Baer et al., 2015).

2.1.2. Calidad de huevo

El contenido nutricional de huevo de codorniz es muy similar al del huevo de gallina, aún y cuando son diferentes en peso y tamaño (Cuadro 1; McNamara, 2005).

La calidad del huevo para consumo humano está dada por los requisitos de los consumidores, y corresponden a parámetros de características generales del huevo como lo son: huevo con cascara intacta (peso, tamaño, forma y apariencia

del cascarón), la proporción de las partes del huevo (albúmina, yema y cascaron) y la cantidad de nutrientes contenidos en el huevo (Genchev, 2012).

Cuadro 1. Comparación de la composición de algunos macronutrientes por cada 100 g de huevo de codorniz y gallina (McNamara, 2005)

Nutriente	Especies (promedio de peso de huevo)	
	Codorniz	Gallina
Peso promedio del huevo (g)	9	60
Agua (g)	74.4	76.2
Energía (kcal)	158	143
Proteína (g)	13.1	12.6
Lípidos (g)	11.1	9.5

Baylan et al. (2011) refieren que la calidad de huevo de codorniz está influenciada positivamente por la suplementación de levadura de selenio, y negativamente por el tiempo y la temperatura de conservación; esto resalta la importancia de la suplementación de minerales, vitaminas y fuentes de proteína de alta calidad, para la calidad del huevo.

Desde el punto de vista de los consumidores, el peso del huevo representa una característica de mayor calidad. En codornices este peso está relacionado con la madurez sexual, tipo de producción, edad, ciclo de producción, tipo y forma de alimentación de las codornices, etc. (Akdemir and Sahin, 2009; Genchev, 2012).

Las variantes de peso de huevo de codorniz de acuerdo con diferentes tipos de crianza y líneas genéticas han sido ya descritas por diferentes autores.

Genchev (2012) reportó que el peso del huevo de la codorniz se encuentra en constante cambio durante los primeros siete meses de edad, siendo los menores pesos registrados para el primer trimestre del ciclo de postura; el promedio de peso de huevo durante los primeros siete meses de edad fue de 13.25 g.

Sahin et al. (2002) reportaron huevos de hasta 12 g, bajo condiciones óptimas de temperatura, que oscilan alrededor de los 22 °C y con una dieta basal común. De igual manera Sahin et al. (2001) habían registrado peso similar (12.56 g) en el huevo de codorniz suplementadas con 1200 mg de cromo en la dieta.

La forma de los huevos se puede describir usando un índice de forma (IF). Las formas más frecuentemente encontradas son los huevos alargados/agudos, normales (estándar) y redondos que se enumeran en el IF como <72, 72-76 y > 76, respectivamente; se sugiere que, a mayor índice de forma de huevo, se necesita mayor fuerza para romperse (Altuntas y Sekeroglu, 2008).

Esta característica física del huevo de codorniz puede verse afectada de acuerdo con la etapa productiva, alimentación y condiciones ambientales.

En relación con la edad de las codornices Genchev (2012) reportó que la forma del huevo de la codorniz es más bien elongada durante los primeros tres meses del ciclo de postura.

También se han descrito diferencias significativas entre los índices de forma de diferentes líneas genéticas. Buchar et al. (2015) reportaron en codornices europeas salvajes, alimentadas con una dieta estándar, huevos con 78.14% de IF. Sahin et al. (2001) registraron IF de 81.56% con una dieta común, el cual se veía disminuido al aumentar los niveles de cromo en la dieta (200 a 1200 mg).

Un índice de forma de 76% es reportado por Baylan et al. (2011) en su estudio de suplementación a codornices japonesas de 10 semanas de edad con diferentes fuentes y niveles de selenio en la dieta.

La calidad del cascarón del huevo en las aves es una de las características de calidad del huevo, que resulta de la densidad y composición mineral, lo que conlleva a una resistencia mecánica superior (Tatara et al., 2016).

Existe amplia variación de grosor de cascarón, como resultado de influencias por la alimentación y edad de las codornices. Sahin et al. (2002) reportaron, bajo condiciones de termo neutralidad, cascarón de huevo de 230 μm , sin embargo, Buchar et al. (2015) recolectaron huevos de codorniz “salvaje” de la región europea con huevos de 180 μm de grosor en la cascara.

Swain et al. (2014) reportaron que el uso de probióticos comerciales hasta de 1.5 g/L de agua (Biovet®) en la crianza de codornices aumenta considerablemente el grosor de cascarón, respecto a dietas sin probióticos, durante las siete semanas de la etapa inicial de postura.

2.1.3. Contenido nutrimental del huevo

Los niveles de los nutrientes en el huevo están influenciados por la edad, y la raza o tipo de ave, así como el número de ciclo de postura o el tipo de la alimentación de las aves. A pesar de esto, la variación de los nutrientes en el huevo resultan ser mínimas, sin embargo, la composición de ácidos grasos en los lípidos contenidos en el huevo puede ser modificados significativamente mediante el cambio de los ingredientes en las dietas de las aves de postura.

El contenido nutricional de los huevos de codorniz se encuentra formado por el 74% de agua, 13% de proteína y 11.9% de lípidos, así como también vitaminas, minerales y pequeñas cantidades de carbohidratos (Cuadro 2; McNamara, 2005; Dudusola, 2010).

Cuadro 2. Contenido nutricional de huevo de Codorniz (McNamara, 2005; Dudusola, 2010)

Nutriente	Dudusola, 2010	McNamara, 2005
PC %	11.98	13.05
Lípidos	11.91	11.09
Humedad	74.26	74.35
Cenizas	1.04	
Energía (kcal)		158

2.1.4. Pigmentación del huevo

La pigmentación amarillo-anaranjada de la yema de huevo es dada por las xantofilas y carotenoides presentes en los alimentos, los cuales contribuyen también a la pigmentación de grasa, piel, pierna y pechuga.

Las xantofilas se caracterizan por la presencia de grupos hidroxilos, siendo los carotenoides los más importantes en la avicultura. Las xantofilas más comunes son la luteína contenida en forrajes como la alfalfa y la zeaxantina contenida en los granos de maíz.

En la Cuadro 3 se muestran los contenidos de xantofilas y luteína de algunos ingredientes considerados en la alimentación de aves de postura.

Las xantofilas como tal no tienen tanto valor en la pigmentación de la yema de huevo, sin embargo, la presencia de productos como carotenoides, otro tipo de xantofilas y algunos productos sintéticos tienen valores de pigmentación importantes en piel y el huevo.

Menos del 1% de los carotenoides contenidos en la dieta son los responsables de la pigmentación de la yema, especialmente la zeaxantina encontrada principalmente en el maíz. La harina de alfalfa contiene algunos tipos de xantofilas,

pero una de las más abundantes y de mayor importancia es la luteína, la cual impacta directamente en el color de la yema (NRC, 1994).

Cuadro 3. Contenido de pigmentos en algunos ingredientes seleccionados (NRC, 1994)

Ingrediente	Xantofilas (mg/kg)	Luteína (mg/kg)
Harina de alfalfa, 17% PC	220	143
Harina de alfalfa, 22% PC	330	--
Alfalfa concentrada 40% PC	800	--
Harina de alga	2000	--
Maíz	17	--
Harina de gluten de maíz, 60% PC	290	0.12
Harina de pétalo de flor de cempaxúchitl	7000	120

--Líneas indican que la información no está disponible (NRC, 1994)

2.2. Nutrición

En muchos de los casos las dietas de las aves de corral están basadas en maíz-harina de soya. En este tipo de dietas algunos aminoácidos son limitantes; tal es el caso de la metionina, que debe ser suplementado de manera individual o mediante la aplicación de otras fuentes de proteína. Los requerimientos nutricionales de la codorniz reportados en NRC (1994) pudieran no ser los suficientes para un crecimiento y una producción óptima (Khosravi et al., 2016).

Hajkhodadadi et al. (2014) señalan que los requerimientos nutricionales establecidos por el NRC (1994) en cuanto a lisina no son los adecuados para codornices de 21 a 42 días de edad bajo ciertas condiciones ambientales o durante algunas infecciones.

La precisión en la administración de los alimentos puede ayudar a la reducción de los costos de producción, disminución del impacto ambiental, y una mala higiene en el alojamiento de las aves, resultando en bienestar animal adecuado (Kaur et al., 2008).

Los alimentos y el agua se proporcionan a las codornices con métodos que dependen del tipo de alojamiento y de la edad de las aves. El diseño del comedero debe facilitar el acceso fácil de la cabeza del ave, mientras se evita que ellas ensucien las porciones no consumidas. Por ejemplo, las codornices en jaulas con los platos de la comida podrían anidar dentro de ellos, dando por resultado derramamiento y suciedad (Randall y Bolla, 2008).

La colocación de comederos fuera de la jaula reduce el desperdicio de alimento y la contaminación por excretas, además permite y facilita el suministro de estos. Los alimentadores de canal y los bebederos colocados fuera de la jaula se usan comúnmente en jaulas de baterías. Las aves tienden a investigar activamente las fuentes de agua, y por ello, se pueden tener derramamientos de aguas en caso de colocar los bebederos dentro de una jaula de piso sólido o dentro de la jaula de batería, pueden ocurrir inundaciones en las jaulas (Randall y Bolla, 2008).

Un punto importante para el suministro de agua es que las codornices se adaptan fácilmente al uso de una válvula de beber automática integrada a un cilindro, mientras que los bebederos de campana que suministran el agua por gravedad se utilizan comúnmente para los polluelos recién nacidos y juveniles (Randall y Bolla, 2008).

Algunos autores sugieren que el consumo de alimento de la codorniz puede llegar a ser de hasta 36.3 g esto, bajo un régimen de suplementación de hasta 1200 mg de cromo en la dieta, de esta manera haciendo más eficiente la alimentación (Sahin et al., 2001).

La suplementación a la dieta basal de codornices con hasta 500 mg/kg de vitamina E ha dado como resultado consumos de 31 g de alimento en condiciones de termo

neutralidad (22 °C), sin embargo, dicho consumo puede verse afectado en condiciones de estrés por calor siendo la temperatura considerada para esta condición de 35 °C (Sahin et al., 2002).

2.2.1. Requerimientos nutricionales en etapa de postura

Existe amplia información referente a una alimentación alternativa y la suplementación de las dietas, ya que los requerimientos nutricionales varían de acuerdo con la etapa productiva, fin zootécnico (carne y/o huevo) y las condiciones regionales de crianza. Por lo tanto, los parámetros de crecimiento y producción se pueden ver afectados por el tipo de alimentación y las condiciones de los sistemas de producción de la codorniz.

El cuadro 4 indica los requerimientos nutricionales para codornices en diferentes etapas (NRC, 1994).

Cuadro 4. Requerimientos nutricionales de codorniz (*Coturnixjaponica*) en porcentaje o unidades por kilogramo de dieta (90% MS) (NRC, 1994).

Nutriente	Unidad	Postura; 2,900 ^a
Proteína y aminoácidos		
Proteína	%	20.00
Arginina	%	1.26
Glicina + serina	%	1.17
Histidina	%	0.42
Isoleucina	%	0.90
Leucina	%	1.42
Lisina	%	1.00
Metionina	%	0.45
Metionina + cistina	%	0.70
Grasa		
Ácido linoleico	%	1.00
Macrominerales		
Calcio	%	2.50
Cloro	%	0.14
Magnesio	mg	500.00
Fósforo no fitato	%	0.35
Potasio	%	0.40
Sodio	%	0.15
Minerales traza		
Cobre	mg	5.00
Iodo	mg	0.30
Selenio	mg	0.30
Zinc	mg	50.00
Vitaminas solubles en grasa		
Arginina	IU	3,300
D	ICU	900
E	IU	25
K	mg	1
Vitaminas hidrosolubles		
B12	mg	0.003
Biotina	mg	0.15
Colina	mg	1,500
Ácido fólico	mg	1
Ácido pantoténico	mg	15
Riboflavina	mg	4
Tiamina	mg	2

Datos en negrita y cursiva indican datos experimentales faltantes y representan una estimación basada en los valores obtenidos de acuerdo con la edad y la especie.

^a Concentración de energía expresada en kcal ME_n /kg de dieta

2.2.2. Proteína

Los requerimientos de proteína cruda de los animales representan, en realidad, el contenido de aminoácidos dentro de la proteína de la dieta, que son utilizados por las aves para llevar a cabo diversas funciones. Los aminoácidos son los componentes principales de los tejidos estructurales, tales como la piel, las plumas, los huesos y los ligamentos, así como también de los órganos y los músculos (NRC, 1994).

Los requerimientos de aminoácidos y de proteína varían de acuerdo con la etapa productiva en que se encuentre el ave. La capacidad de absorción y digestión de los alimentos que pueden tener las aves es un factor importante en la administración de los aminoácidos. Los requerimientos de proteína y de aminoácidos usualmente son expresados en porcentaje dentro de la dieta, es decir la cantidad de ellos que se necesita para una buena producción (NRC, 1994).

Algunos investigadores se han dado a la tarea de evaluar y establecer requerimientos de aminoácidos y proteína cruda de acuerdo con las condiciones geográficas y edad de las aves.

Hajkhodadadi et al. (2014) mencionan que la lisina representa el segundo aminoácido limitante seguido de la metionina en la harina de maíz, por lo tanto, en la alimentación de las aves es importante el considerar estos dos aminoácidos para suplementar individualmente.

Reda et al. (2015) concluyeron que usar un 22% de proteína cruda en las dietas resultaba en un mayor crecimiento de las codornices japonesas, además de señalar que en el periodo de inicio (1-3 semanas de edad) la cantidad de lisina era necesario incrementarla hasta un 1.45% en la dieta.

2.2.3. Energía

La energía es una propiedad importante de los nutrientes, cuando éstos son oxidados durante el metabolismo. La energía metabolizable es la más comúnmente usada para definir la energía disponible para las aves, y para para la formulación de las dietas (NRC, 1994).

Reda et al. (2015) concluyen que un nivel óptimo de energía para el crecimiento de la codorniz oscila alrededor de las 2900 kcal ME/kg.

2.2.4. Utilización de nutrientes

La digestibilidad de los nutrientes es expresada como la cantidad del alimento que consumieron los animales y que no fue excretado en heces, considerando que los nutrientes no excretados fueron absorbidos en el intestino. La digestión prepara los nutrientes de los alimentos (ej. proteína, grasa, carbohidratos), en sus moléculas más pequeñas (aminoácidos, ácidos grasos), para que puedan ser absorbidas en el intestino. La digestibilidad es uno de los indicadores de la calidad de los ingredientes que forman una dieta, y se expresa, por lo general, como un coeficiente o como porcentaje. Cuando en el cálculo de la eficiencia de utilización de nutrientes se incluyen las pérdidas de los estos en orina, se calcula la metabolización o utilización de nutrientes.

En aves, dado que la orina es excretada junto con las heces, el “coeficiente de digestibilidad aparente o CDA” se calcula utilizando la fórmula descrita por McDonald et al. (2002).

$$*CDA = \frac{(\text{Nutriente ingerido} - \text{nutriente excretado})}{\text{Nutriente ingerido}} \times 100$$

La energía y proteína metabolizable puede ser determinada por varios procedimientos que consideran el consumo del nutriente menos la excreta del mismo nutriente en un periodo de 2 a 5 días (NRC, 1994).

La metabolización de los nutrientes puede verse afectada por el estrés de calor, y puede ocasionar una menor producción de huevo en cantidad y calidad (Sahin y Kucuk, 2001).

Sahin et al. (2002) reportaron que la digestibilidad de la proteína cruda en las codornices puede ser hasta de 74% con la suplementación dietética con acetato de α -tocoferol, la cual ofrece una manera factible de reducir disminución del rendimiento de codornices japonesas criadas bajo estrés por calor y una suplementación de 250 mg/kg de vitamina E en la dieta puede ser la dosis más eficaz.

2.2.5. Tamaño de partícula

Un aspecto importante en la producción avícola que tiende a ser poco considerado es el tamaño de la partícula de la dieta. La uniformidad de los nutrientes es fundamental para una nutrición adecuada cuando los animales están consumiendo las dietas en las diferentes etapas de crecimiento. El análisis del mezclado es importante al evaluar las dietas, y sus resultados dependen del tamaño de partícula de los ingredientes crudos, uso y desgaste en las partes del mezclador, o métodos de mezclado, muestreo individual y tiempo de mezcla (Clark et al., 2007).

En el alimento el tamaño de partícula es muy variado, ya que se tienen partículas desde muy finas hasta muy gruesas. El tamaño de las mismas puede influir en el rendimiento final de la producción de ave, aun y cuando el requerimiento nutricional este cubierto en su totalidad.

2.3. *Moringa oleifera* Lam.

2.3.1. Características generales

Moringa oleifera Lam. es una de las plantas usadas y más estudiadas en la actualidad. Los usos principales son de origen medicinal hasta la purificación de agua, y la producción de biopesticidas y biodiesel (Leone et al., 2015).

En el género de la *Moringa* de la familia *Moringaceae* existen en total 13 especies distribuidas en todo el mundo, principalmente en el continente africano. De ellas, *Moringa oleifera* (originaria del norte de la India), es actualmente la más utilizada y estudiada de estas especies (Paliwal et al., 2011).

La moringa es un árbol de rápido crecimiento que puede llegar a medir hasta 12 m de altura en la región del Himalaya, al norte de Pakistán y Nepal. Las hojas son compuestas por grupos de 5 pares de folíolos acomodados sobre el pecíolo principal y con un folíolo en la parte terminal. Los folíolos consisten en láminas foliares ovaladas de 200 mm de área foliar, organizadas frontalmente entre ellas en grupos de 5 a 6. Las hojas compuestas son alternas con una longitud total de 30 a 70 cm (Paliwal et al., 2011)

La MO puede crecer en lugares con clima tropical o subtropical seco a húmedo, con una precipitación anual de 760 a 2500 mm (requiere menos de 800 mm de riego) y una temperatura entre 18 y 28 °C. Crece en cualquier tipo de suelo, con pH entre 4.5 y 8, a una altitud de hasta 2,000 m (Nouman et al., 2014; Popoola y Obembe, 2013).

La *Moringa* fue traída a México por los marineros procedentes de Filipinas, que la consideraban como un producto alimenticio. En los últimos 10 años la industria ha

impulsado el cultivo de la moringa de manera más intensiva. Se han documentado 67 localidades de cultivo de *M. oleifera* Lam (Figura 1) en al menos 15 estados de la República Mexicana, sobre todo en las regiones del Pacífico (Olson y Alvarado, 2016).

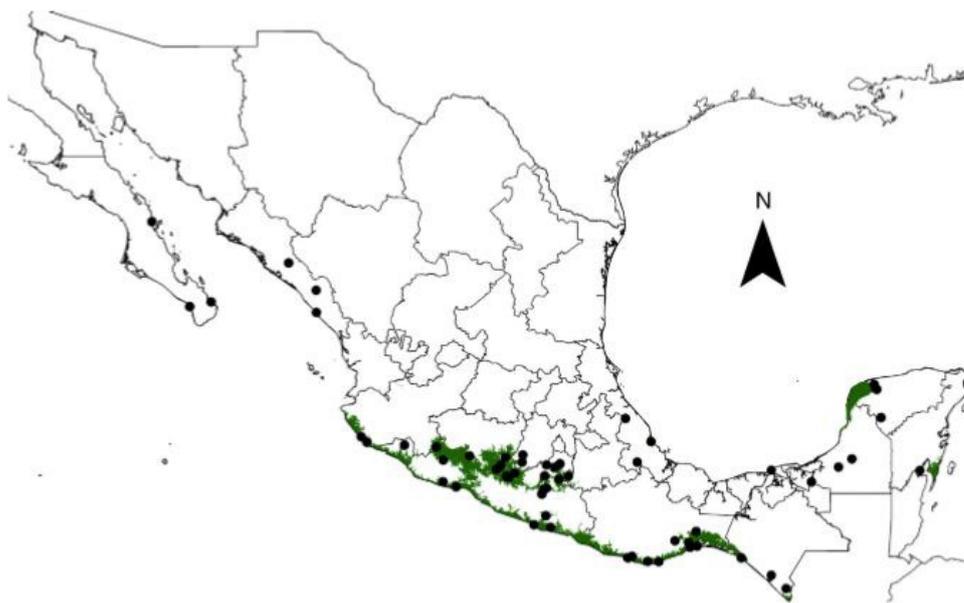


Figura 1. Distribución de zonas localizadas de cultivo de MOL como planta de horticultura en México.

Los puntos negros indican las 67 regiones en las cuales se ha establecido el cultivo de MOL como parte de horticultura familia. Mientras que el área sombreada indica las regiones que tienen las características climáticas favorables para el cultivo y crecimiento óptimo de la MOL.

2.3.2. Contenido nutricional de moringa

Moringa oleifera contiene una cantidad considerable de proteína, cuya solubilidad y digestibilidad, tal como ha sido determinada en ensayos realizados *in vitro*, no son necesariamente altas. Contiene además altos niveles de lípidos, minerales, especialmente hierro. Se han identificado también significativos contenidos de

carotenoides, tales como β -carotenoides y luteína, y bajos niveles de sustancias anti-nutricionales (Teixeira et al., 2014).

La cantidad de nutrientes esenciales en hojas y ramitas de Moringa, tales como vitaminas A y B, calcio, hierro, cobre, azufre y proteína, además de los antioxidantes presentes en la moringa, podrían justificar el desarrollo de su atractividad como uno de los principales alimentos locales (Lannaon, 2007).

Diferentes autores han descrito el contenido nutricional de las hojas, semillas y tallos de *M. oleifera* Lam. En el Cuadro 5 se muestra un resumen de resultados obtenidos en investigaciones previas.

Cuadro 5. Contenido nutricional de hojas de Moringa oleifera reportado por varios autores (Expresado en base a materia seca)

	Oduro et al., 2008	Bamishaiye et al., 2011	Mukunzi et al., 2011		Moyo et al., 2011
			China	Rwanda	
PC (%)	27.10	27.61	29.54	25.25	30.29
FC (%)	19.25	9.80			11.40
Cenizas (%)	7.13	5.75	13.42	17.26	7.64
Grasa (%)	2.23	1.50	6.48	7.56	6.50
CHOOS (%)	43.88	55.14			
Calcio (%)	2.00				3.65

2.4. *Moringa oleifera* Lam. en la avicultura

Algunos estudios recientes han sido publicados acerca de posibilidades de uso de las hojas de la planta como ingrediente para alimentación humana y animal. Con la aplicación de técnicas de procesamiento adecuadas, se puede producir harina de hojas de *Moringa oleifera* de alto valor para la industria alimentaria de hoy en día (Paguia et al., 2014).

Melesse et al. (2013) reemplazaron harina de soya por harina de hojas de *Moringa stenopetala*, dando como resultado una mejora general en cuanto a crecimiento, la

eficiencia de la alimentación y el rendimiento de la canal de los pollos Koekoek. Los mejores resultados se obtuvieron a partir de la tasa de inclusión de 110 g/kg de harina de hoja de *Moringa stenopetala*.

La sustitución de la harina de soya por harina de Moringa hasta 140 g/kg de alimento podría ser una estrategia de alimentación alternativa en las prácticas rurales y periurbanas de producción de pollo de ciudades con clima tropical dentro de los países que se encuentran en vías de desarrollo.

Pagua et al. (2014) reportaron que la utilización de harina de hojas de moringa hasta en un 0.1% de reemplazo en la dieta no mejoró significativamente la calidad de huevo en gallinas Lohmann. Además, reportaron que los parámetros de crecimiento de pollos de engorda de 1 a 35 días de edad de la línea Cobbs no fueron mejores con la adición de hasta 0.5% de hojas de moringa en las dietas.

Según Nkukwana et al. (2014) la adición de 8 entre 1 y 25 g de harina de hoja de MOL por kg de alimento en pollos de engorda (de 1 a 30 d) mejoró el crecimiento, la digestibilidad y la eficiencia de utilización del alimento.

3. JUSTIFICACIÓN

El huevo representa una de las fuentes más importantes de proteína animal en la nutrición humana. Aunque la mayor cantidad de huevo es producido por gallinas, es importante reconocer otras especies avícolas, como la codorniz japonesa, como alternativa potencial para producir una valiosa fuente de carne y/o huevo, e ingresos suplementarios, debido al valor monetario más alto comparado con el huevo de gallina.

Por otro lado, la demanda de proteína animal para el consumo humano continuará creciendo conforme al crecimiento de la población y de su desarrollo económico; con esto, se espera un incremento en la demanda de materias primas para la alimentación animal y afectaciones en la disponibilidad y variabilidad de los precios de algunos granos, como el maíz, sorgo y la harina de soya.

En la actualidad se está haciendo un llamado para una búsqueda de fuentes alternativas de proteína de calidad para la nutrición animal.

La utilización de estas fuentes alternativas de nutrientes para animales no solo podría disminuir la dependencia de la industria de materia prima de los ingredientes importados, sino que podrá reducir el costo de producción, derivando esto en una mayor eficiencia económica del productor y un mayor valor del producto final.

4. HIPÓTESIS

Las hojas de Moringa oleifera son una fuente alternativa de nutrientes que pueden ser adicionadas a la dieta de codornices en postura, sin comprometer la eficiencia productiva, calidad fisicoquímica del huevo y la utilización de proteína cruda y energía.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de tres niveles de hojas de Moringa oleifera en la dieta para codornices en inicio de postura sobre la producción, calidad del huevo y la utilización de proteína y energía de las dietas utilizadas.

5.1.2. Objetivos Específicos

1. Medir características de las dietas formuladas (densidad y tamaño de partícula)
2. Medir aceptabilidad (consumo voluntario) de dietas adicionadas con moringa
3. Evaluar parámetros productivos de codornices
4. Evaluar la tasa de postura
5. Evaluar calidad del huevo
6. Evaluar la utilización de nutrientes de las dietas formuladas

6. MATERIALES Y MÉTODOS

La etapa experimental se realizó en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de Alimentos, en el Centro de Exposiciones Agropecuarias y en 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 del 2016, precedido de dos semanas de adaptación de las codornices al medio ambiente y a las dietas experimentales. Las hojas de Moringa utilizadas en las dietas experimentales fueron proporcionadas por el Centro de Agricultura Protegida (CAP) de la Facultad de Agronomía (UANL).

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.

La temperatura diaria y la humedad relativa ambiental fueron registradas diariamente durante la etapa experimental, utilizando un termómetro – higrómetro digital (445702: Extech, U.S.A.). Diariamente se registraron los datos mínimos y máximos de temperatura y de humedad relativa. Con estos valores se calcularon los valores medios diarios de temperatura y de humedad relativa.

Durante el periodo experimental se obtuvo un mínimo de 23.1° C de temperatura y un máximo de 38.9° C, los promedios de temperatura diaria se muestran en la Figura 2 y la figura 3 muestra la humedad relativa mínima registrada la cual fue de 17 % y la máxima de 85 %.

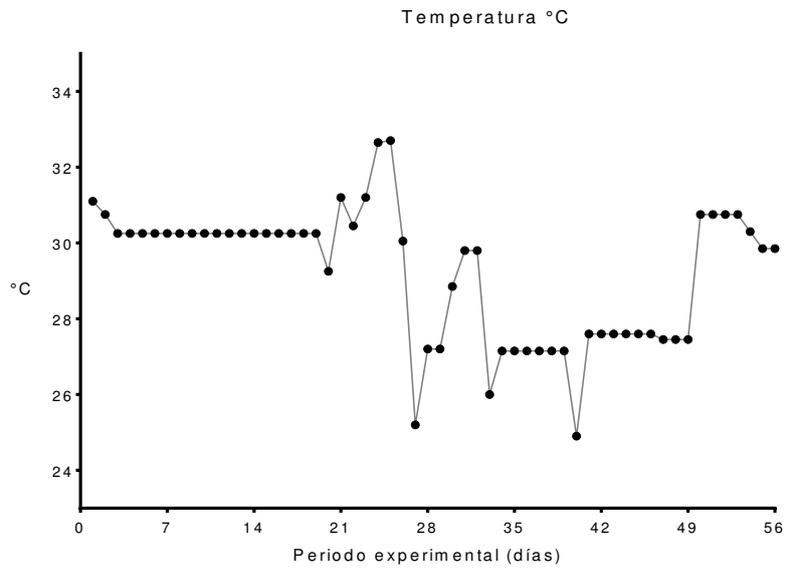


Figura 2. Temperatura media diaria durante el periodo experimental (56 días)

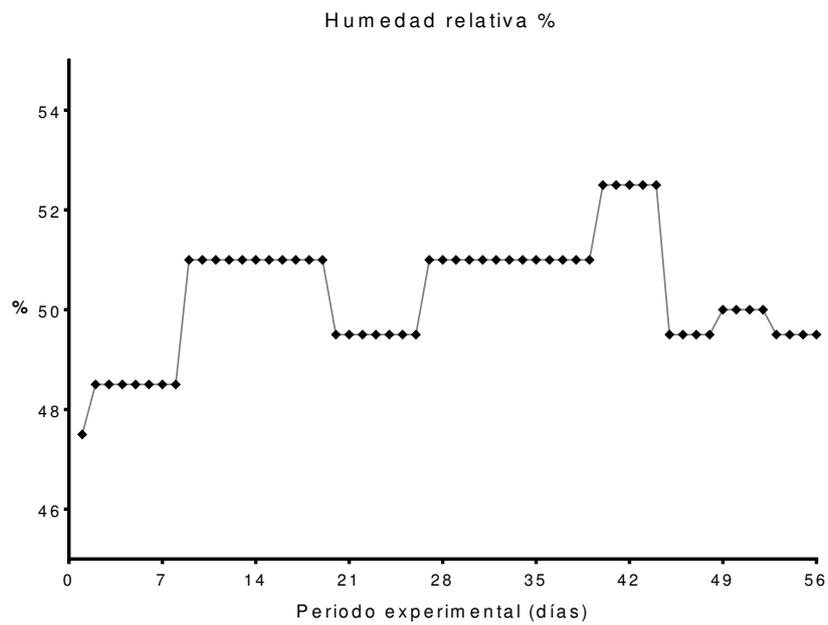


Figura 3. Humedad relativa media diaria durante el periodo experimental (56 días)

6.1. Manejo de Animales

En el experimento se utilizaron 18 codornices de primer ciclo de postura (*Coturnix japonica*) de siete semanas de edad con un peso inicial de 140 ± 5 g, fueron distribuidas aleatoriamente en una de las tres dietas experimentales durante ocho semanas de experimentación.

Las codornices fueron alojadas individualmente en jaulas tipo batería de 27 x 25 cm, y recibieron un régimen de 17 h de luz diariamente. Cada jaula contaba con un comedero y un bebedero.

El peso vivo de cada codorniz se registró al inicio del experimento y semanalmente hasta la finalización de este, para lo cual se utilizó una báscula electrónica (ESNOVA HS9120®, México), con capacidad de 5000 g y división mínima de 1 g.

El alimento se proporcionó diariamente a las 7:30 h, suministrando al inicio del periodo experimental 20 g por codorniz, cantidad que se ajustó individualmente en función del consumo. El registro del alimento rechazado se realizó semanalmente utilizando una báscula electrónica (ESNOVA HS9120®, México).

6.2. Dietas experimentales

Las dietas experimentales (Cuadro 6) se formularon en base a los requerimientos establecidos por el NRC (1994) para la etapa de postura, estas dietas fueron isoproteicas e isoenergéticas, teniendo como base la harina de soya y sorgo molido como principal fuente de proteína.

Las dietas para evaluar fueron: dieta testigo con el 0% de moringa, y dos dietas adicionales se formularon remplazando el 5 y 10% de los ingredientes principales por hojas de moringa.

Cuadro 6. Ingredientes de la dieta para alimentación de codornices en etapa de postura con la adición de diferentes niveles (0, 5 y 10%) de hojas de *Moringa oleifera*

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 monocálcico	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

*Por cada 1000 kg de alimento: Vitaminas A 12000000 UI, D3 3500000 UI, E 20000 UI, K3 5 g, B1 2 g, B2 6.50 g, B6 1 g, B12 20 mg, Biotina 100 mg, Nicotinamida 35 g, Acido pantoténico 10 g, Ácido Fólico 1 g; Minerales traza: Manganeso 37.5 g, Zinc 37.5 g, Hierro 20 g, Cobre 4 g, Yodo 0.50 g, Selenio 0.10 g.

6.3. 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 para analizarlas y determinar su contenido de energía y proteína cruda (Khosravi et al., 2016; Kaur et al., 2008).

Los valores de utilización de la proteína y energía fueron calculados utilizando la fórmula propuesta por McDonald (2002):

*Utilización de nutrientes**= $((\text{Nutriente ingerido} - \text{nutriente excretado})) / (\text{Nutriente ingerido}) \times 100$.

6.4. Calidad de huevo

Los huevos producidos por las codornices durante el periodo experimental se colectaron diariamente, se identificaron, y pesaron individualmente, utilizando una balanza con capacidad de 210 g y división mínima de 0.1 mg (A&D Weighing HR-200, Japón).

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).

Se seleccionaron en promedio 59 huevos por tratamiento, del total de la postura durante las ocho semanas de experimento, para llevar a cabo medición de rasgos de calidad física y análisis químico.

Para medir las proporciones de yema, albumen y cascarón de huevo, se procedió a quebrar el cascarón con un bisturí, y 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) y para la determinar el color de yema se tomaron en cuenta los valores a*, b* y L, los cuales fueron obtenidos utilizando un colorímetro digital (TCD100®, China).

6.5. 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).

Materia seca (MS): 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 método consiste en la pérdida de agua por desecado de la muestra en una estufa a 105 °C. La pérdida de agua se considera contenido de humedad de la muestra; la muestra sobrante se considera Materia Seca.

Proteína (PC): 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).

El método cuantifica el N total de la muestra; el cálculo del valor proteico de los alimentos se basa en dos supuestos: en primer lugar, que todo el nitrógeno de los alimentos se encuentra en las proteínas, y, en segundo lugar, que todas las proteínas tienen 160 g N/ kg. En consecuencia, el contenido de nitrógeno de los alimentos se expresa en proteína bruta (PB) que se calcula del modo siguiente (McDonald et al., 2002):

$$PB \text{ (g / kg)} = g \text{ N / kg} \times 6.26$$

Energía: 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).

6.6. Evaluación de comportamiento de la codorniz

Para evaluar el comportamiento de las codornices de acuerdo con la alimentación, se registró si un comportamiento determinado ocurre (1) o no ocurre (0) en un cierto periodo de tiempo, a horas definidas del día o momentos preestablecidos, sin registrar la frecuencia de la ocurrencia (Vaz-Ferreira *et al.*, 1984).

Los comportamientos considerados para evaluar fueron: animales de pie (1), animales descansando (2) y animales comiendo (3).

Las observaciones se realizaron por un periodo de diez horas consecutivas durante 6 días de experimentación.

6.7. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el diseño completamente al azar, realizando un ANOVA 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 para la evaluación del comportamiento de las codornices se realizó una tabla de frecuencia y un ANOVA.

Los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico (SPSS®, versión 21).

Las diferencias se consideraron significativas si $P < 0.05$.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Características físicas del alimento

La densidad del alimento mostró diferencias significativas entre los tratamientos. La comparación de medias mostró que no hubo diferencia significativa entre T1 y T2 ($P > 0.05$); sin embargo, la densidad de T1 y T2 fue mayor ($P < 0.05$) respecto a la densidad de la dieta del T3, observando una disminución de la densidad importante al incluir 10% de hojas de moringa (Figura 4).

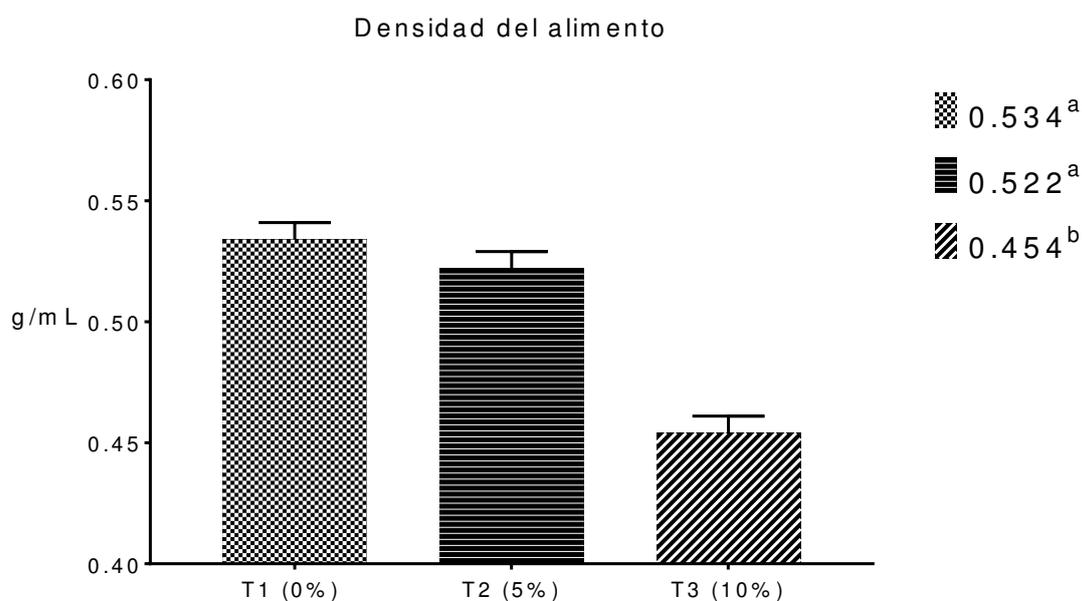


Figura 4. Densidad (g/mL) de las dietas formuladas con la adición de tres niveles de hojas de *Moringa oleifera* (0, 5 y 10%) para codorniz en etapa de postura.

Existe poca información reportada respecto a la densidad como peso por unidad de volumen, debido a que la densidad que se maneja en nutrición animal hace más referencia a la densidad de nutrientes en la dieta.

La densidad obtenida para el T3 (10% MOL) se debió principalmente a la cantidad de forraje de hojas de moringa incluido, así como ocasionada por el tamaño de partícula de la dieta.

Respecto al tamaño de partículas de las dietas al adicionar 5 y 10% de hojas de moringa, se redujo la proporción de partículas de entre 1000 y 600 μm , así como la proporción de partículas menores a 250 μm , pero se incrementó la proporción de partículas entre 500 y 300 μm (Figura 5).

No hubo diferencia entre T1 y T2 para partículas de 1000 a 590 μm , pero la proporción de este tamaño de partículas fue menor ($P < 0.05$) en la dieta del T3.

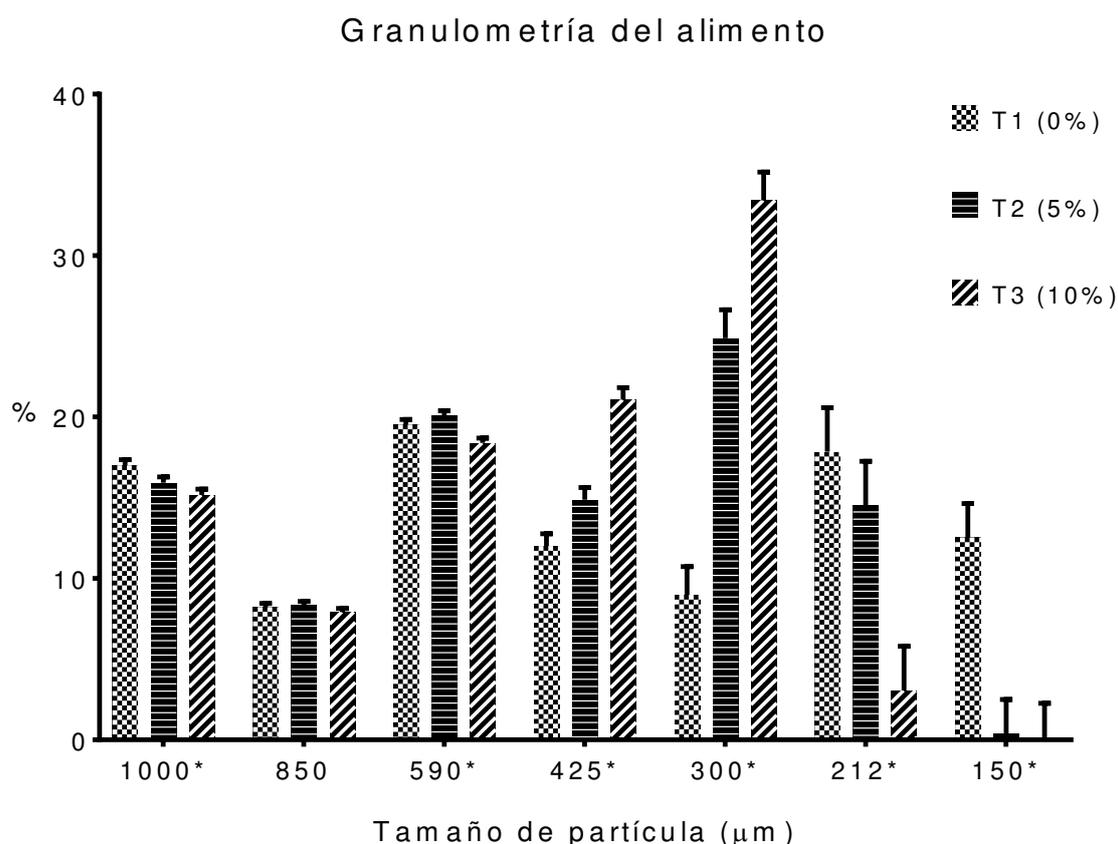


Figura 5. Proporción del tamaño de partículas del alimento para codornices en etapa de postura con la adición de 0, 5 y 10 % de hojas de *Moringa oleifera*. (*indica diferencia significativa entre tratamientos $P < 0.05$)

Cuadro 7. Granulometría de las dietas para codornices de postura con la adición de 0, 5 y 10% de hojas de *Moringa oleifera*

Tamaño de partícula (µm)	Adición de hojas de <i>M. oleifera</i>				Valor <i>P</i>
	T1 (0%)	T2 (5%)	T3 (10%)	EEM	
1000	17.00 ^a	15.93 ^{ab}	15.17 ^b	0.353	0.011
850	8.22	8.34	7.92	0.222	0.402
590	19.54 ^a	20.08 ^a	18.40 ^b	0.299	0.005
425	12.01 ^c	14.87 ^b	21.06 ^a	0.747	0.001
300	8.99 ^c	24.88 ^b	33.42 ^a	1.752	0.001
212	17.84 ^a	14.52 ^a	3.06 ^b	2.732	0.006
150	12.53 ^a	0.40 ^b	0.15 ^b	2.104	0.002

7.2. Comportamiento de las codornices

Los resultados obtenidos de la frecuencia de actividades de las codornices (de pie, descansando, comiendo) se muestran en el cuadro 8.

No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos en la frecuencia de las actividades evaluadas (de pie, comiendo y descansando) lo que pudiese indicar que aún y cuando se obtuvieron diferencias significativas en tamaño de partícula y la densidad del alimento la aceptabilidad y el comportamiento de las codornices no se afectó.

Cuadro 8. Evaluación del comportamiento de codornices de acuerdo a la alimentación con dietas adicionadas con tres niveles (0%, 5% y 10%) de hojas de *Moringa oleifera*

Actividad	Adición de hojas de <i>M. oleifera</i>				Valor <i>P</i>
	T1 (0%)	T2 (5%)	T3 (10%)	EEM	
De pie	61.2	55.6	59.5	5.233	0.715
Comiendo	6.7	6.6	14.9	2.285	0.064
Descansando	31.6	34.7	25.1	4.484	0.332

7.3. Datos productivos de los animales

En el Cuadro 9 se presentan los datos productivos de las codornices en todo el periodo experimental. En las variables de producción no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

Cuadro 9. 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	Valor P
	T1 (0%)	T2 (5%)	T3 (10%)		
Peso inicial (g)	145.17	137.50	137.33	3.444	0.218
Consumo diario de alimento (g)	23.60	22.99	22.17	1.239	0.719
Aumento diario de peso (g/d)	0.43	0.41	0.45	0.207	0.988
Peso final (g)	170.00	160.50	162.83	4.445	0.317
Postura (%)	48.64	60.73	51.21	7.964	0.524
Masa de huevo (g huevo/ codorniz)	265.70	319.51	268.09	41.152	0.564
Conversión alimenticia (g alim/ g huevo)	4.77	3.72	4.62	0.714	0.521

De acuerdo con los resultados que se obtuvieron en la presente investigación, la hoja de moringa puede reemplazar hasta 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.

Estos resultados fueron similares a los reportados por Nkukwana et al. (2014) en el sentido de 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, Sebola et al. (2015) 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%).

Sin embargo, Abou-Elezz et al. (2012) reportaron que el consumo de alimento de gallinas de postura se vio disminuido significativamente en las dietas adicionadas con hojas de moringa. Un factor que podría estar involucrado en la disminución del consumo de alimento puede ser la baja palatabilidad de las hojas de moringa, ya que estas presentan un fuerte olor, y un ligero sabor amargo (Teixeira et al., 2014).

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.

La Figura 6 muestra el peso vivo promedio por tratamientos de las codornices durante las ocho semanas de estudio, tiempo en que 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) durante todo el periodo experimental.

En forma similar, Abou-Elezz et al. (2012) 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.

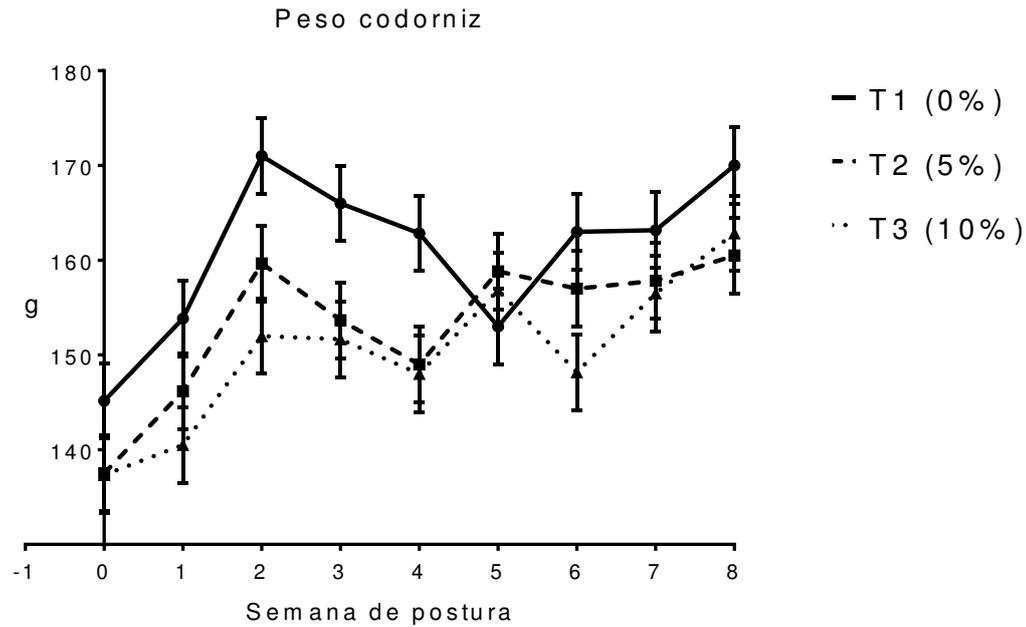


Figura 6. Peso vivo de codornices en etapa de postura alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de *Moringa oleifera* durante un periodo ocho semanas.

Aunque el peso de los animales se mantuvo relativamente constante, hubo una pequeña 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 una ganancia de peso diferente a la registrada 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%.

La conversión alimenticia en el presente trabajo fue similar entre tratamientos, siendo el promedio general de 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 Güçlü 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 Abou-Elezz et al. (2012) quienes reportaron que la adición de moringa en la dieta de gallinas de postura favorecía una mejor conversión alimenticia 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 (60.73%) fue superior a lo reportado por Attia et al. (2008), quienes reportan hasta el 56.3% de producción de huevo en codornices de 42 días de edad alimentadas con dietas que contenían 33% de *Nigella sativa* L.

7.4. Utilización de energía y proteína

El porcentaje de la utilización de la proteína cruda en este estudio no fue diferente entre tratamientos ($P > 0.05$; Figura 7).

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, similar a los resultados obtenidos en este estudio.

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 (N) de 40 hasta 43%.

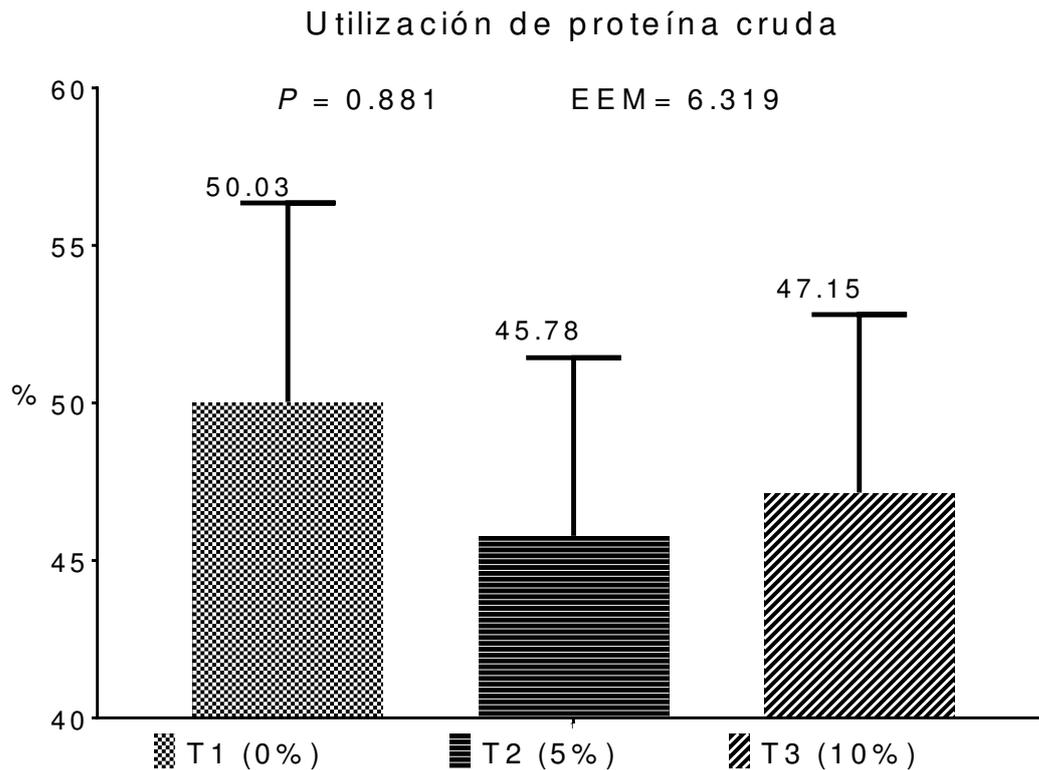


Figura 7. Utilización de proteína cruda de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de *Moringa oleifera*.

Sin embargo, la adición de hojas de moringa en la dieta de codorniz hasta en un 10% mostró resultados de digestibilidad menor comparado 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 machos 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 se muestran en la Figura 8, en los cuales no hubo diferencia ($P > 0.05$) en las dietas para codorniz con 0. 5 y 10% de adición de MOL siendo 77.08, 73.72 y 72.38% respectivamente.

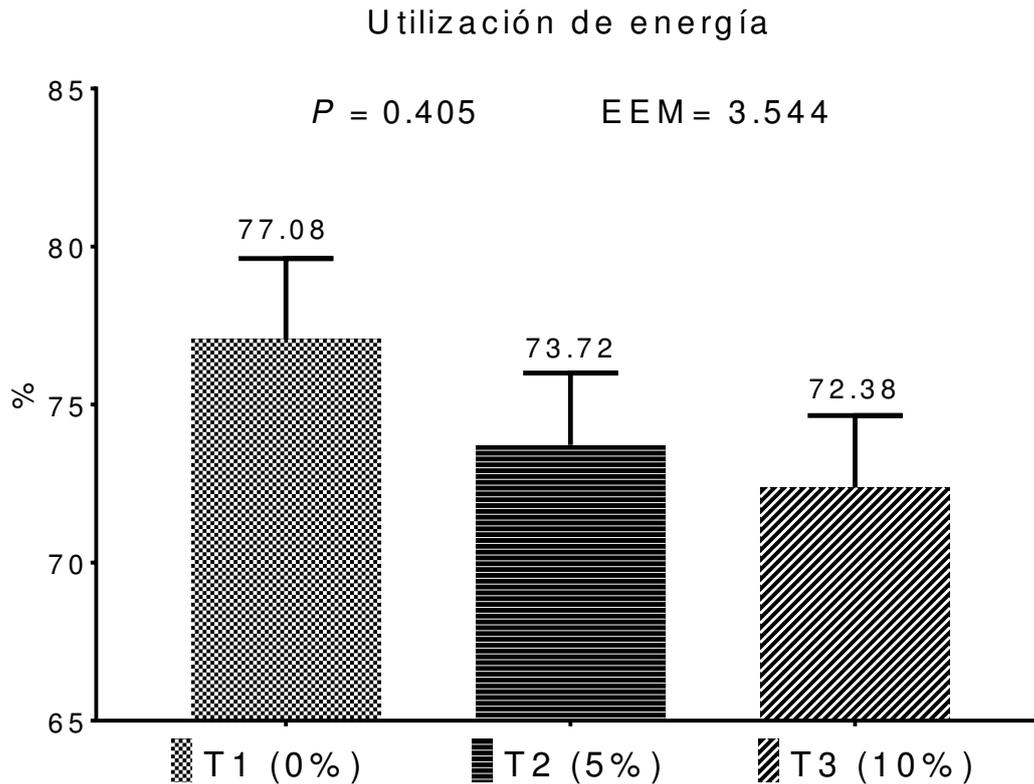


Figura 8. Utilización de energía de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de *Moringa oleifera*.

Fernandes et al. (2016) reportó 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.

7.5. Características físicas del huevo

El cuadro 10 muestra los resultados obtenidos de las características físicas de calidad del huevo.

Donde el promedio del peso del huevo durante las ocho semanas del periodo experimental (Figura 8), fue mayor ($P < 0.05$) en las codornices del T1 (9.87 g)

registrándose una disminución ($P < 0.001$) del peso del huevo en las codornices alimentadas con un 10% de hoja de moringa.

Cuadro 10. 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

	Adición de hojas de <i>M. oleifera</i>				Valor <i>P</i>
	T1 (0 %)	T2 (5%)	T3 (10%)	EEM	
Peso del huevo(g)*	9.91 ^a	9.58 ^b	9.46 ^b	0.071	<0.001
Índice de forma (%)**	77.00 ^c	78.81 ^b	80.75 ^a	0.341	<0.001
Grosor cascarón (μ)***	311 ^a	288 ^{ab}	279 ^b	8.858	0.040
Proporciones de huevo (%)					
Yema***	34.13	35.11	34.26	0.665	0.482
Clara***	50.30	49.67	49.34	0.726	0.631
Cascarón***	15.56 ^b	15.21 ^b	16.39 ^a	0.316	0.012

Los asteriscos indican el número de huevos evaluados por tratamiento

* T1: 180 T2: 191 T3: 159

** T1: 140 T2: 165 T3: 136

*** T1: 58 T2:60 T3: 60

Esto difiere con lo reportado por Abou-Elezz et al. (2012) ya que en su trabajo registraron que el peso del huevo de gallinas alimentadas con hojas de moringa se mantuvo igual que el de las alimentadas sin hoja de moringa.

Sin embargo, el peso del huevo obtenido en este estudio fue similar al de los reportados por Suppadit et al. (2012), quienes al suplementar con 16% de *W. arrihza* tuvieron huevos con peso de 10.2 g, y al adicionar 20% del alga el peso del huevo fue de 9.95 g.

Esto es contrario a los resultados obtenidos por Güclu 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 constante, resaltando que

la presente investigación se realizó durante las primeras ocho semanas del primer ciclo de postura.

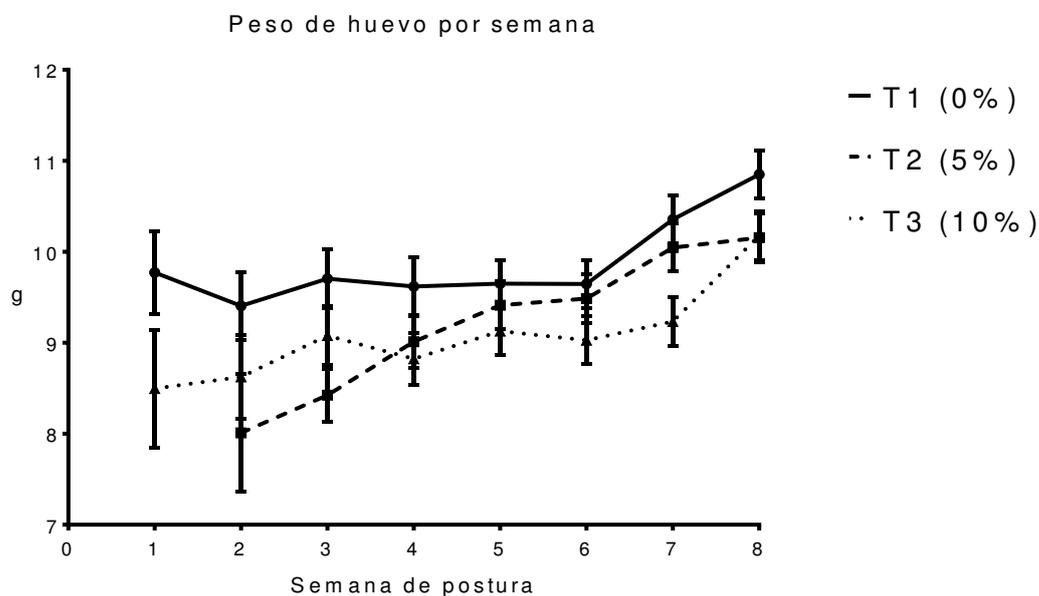


Figura 9. Peso promedio del huevo de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de *Moringa oleifera* durante ocho semanas de periodo experimental.

Pesos superiores del huevo de codorniz respecto a los obtenidos en el presente estudio han sido reportados bajo sistemas de suplementación no proteicas, tal como lo muestra Atakisi et al (2009), 13.68 g con la suplementación de zinc, y 12.90 g con la suplementación de L-arginina en codornices de 20 semanas de edad, y Sahin et al. (2010), quienes obtuvieron huevos de 11.68-12.12 g, al adicionar 400 mg de resveratrol a la dieta de codornices de nueve semanas de edad.

Jukic-Stojcic et al., (2012) reportan pesos de huevo entre 11 y 12 g en codornices de 25 a 30 semanas de edad, alimentadas con dietas convencionales.

La producción de masa de huevo por semana no mostró diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos sin y con la inclusión de hojas de moringa, aún y cuando el peso del huevo del tratamiento 1 fue mayor (Figura 10).

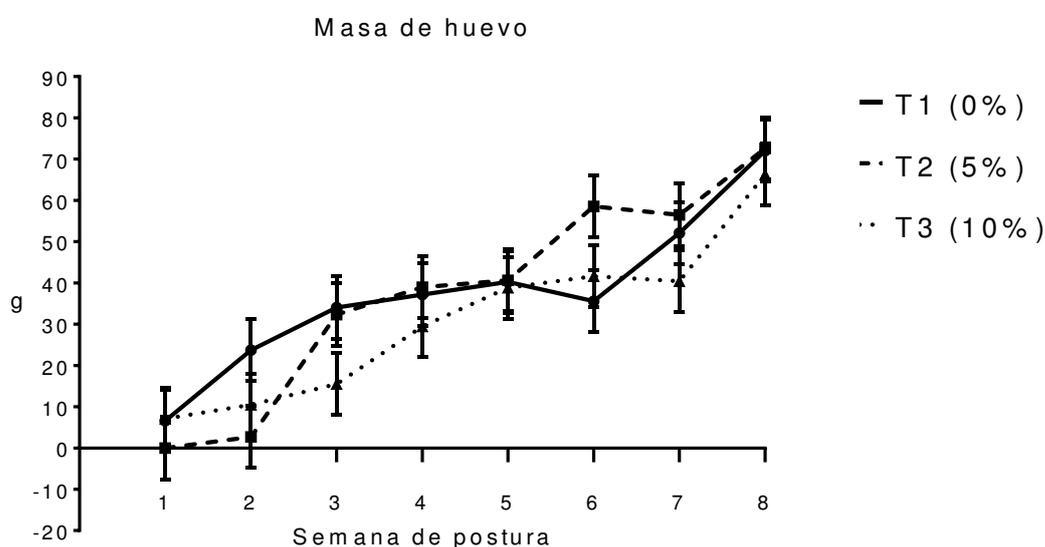


Figura 10. Producción de masa de huevo (g) semanal de codornices alimentadas con dietas adicionadas con tres niveles (0, 5 y 10%) de hoja de *Moringa oleifera* durante ocho semanas de periodo experimental.

El índice de forma del huevo fue mayor ($P < 0.05$) al incrementar el nivel de hoja de moringa en la dieta. Esto es diferente a los resultados de Abou-Elezz et al. (2012), quienes no encontraron diferencias del índice de forma del huevo asociadas a la inclusión de hojas de moringa en la dieta de gallinas de postura. El índice de forma obtenido en nuestra investigación con un nivel del 5% de hojas de moringa concuerda con lo reportado por Sahin et al. (2010) y por Sari et al. (2016).

Jukic-Stojcic et al. (2012) reportaron IF de 77% en huevo de codorniz de granjas comerciales; también, 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, lo que es menor a lo encontrado en el presente trabajo con la adición de hojas de moringa hasta en un 10% (pudiendo alcanzar hasta el 80%

de índice de forma), lo cual corresponde a huevos de forma estándar o establecida dentro de los parámetros de calidad.

La proporción de yema y clara no fue diferente entre tratamiento ($P > 0.05$), lo cual concuerda 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.

En el presente trabajo no se encontró diferencia entre tratamientos ($P > 0.05$) en cuanto a la proporción de clara de huevo, en forma similar a lo reportado por Abou-Elezz et al. (2012) al incluir moringa en la dieta de gallinas de postura. Sin embargo, en general los valores obtenidos en la presente investigación (49.8%) fueron menores a lo reportado por Jukic-Stojcic et al. (2012) y a los obtenidos por Attia et al. (2008).

Los resultados obtenidos en esta investigación indican que 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). Esto difiere de los resultados obtenidos por Abou-Elezz et al. (2012) quienes encontraron que la proporción de cascarón en el huevo fue similar entre las gallinas alimentadas con y sin moringa.

Jukic-Stojcic et al. (2012) reportaron 14.9% de proporción en cascarón en huevos de codornices alimentadas con dietas comerciales. Este valor fue menor a lo encontrado con la adición de 10% de hojas de moringa (16.4%), lo que puede indicar que la adición de hojas provee una mayor protección de las partes internas del huevo.

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 μ). 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 μ), Suppadit et al. (2012; 206 a 220 μ), Jukic-Stojcic et al. (2012; 194 μ) y Hsu et al. (2015).

Sahin et al. (2010) determinaron que el cascarón podía llegar a medir hasta 300 μ con la adición de otros suplementos no proteicos en la dieta, tales como el resveratrol, siendo estos resultados mayores a los obtenidos en el presente trabajo con la adición de hojas de moringa hasta en un 5 y 10% en la dieta.

Según Abou-Elezzet 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 se tenga una menor disponibilidad del calcio contenido en la moringa, como presuponen también Teixeira et al. (2014), y como lo reportan Amalraj y Pius (2015) en estudios *in vitro*, en donde encontraron que la disponibilidad del calcio contenido en la moringa es baja (19.4 %) y, debido del contenido total de oxalatos de calcio, reportando que el 50.2% son de baja solubilidad, lo que estaría impidiendo la correcta absorción del calcio disponible.

Por lo que es importante realizar otros estudios, para evaluar la biodisponibilidad del calcio contenido en la moringa.

7.6. Contenido de proteína y energía del huevo

Los resultados bromatológicos del análisis del huevo se muestran en el Cuadro 11.

EL análisis proximal del huevo no mostro diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos en lo que se refiere a humedad, materia seca, proteína cruda y energía bruta.

Cuadro 11. Análisis proximal de huevos de codorniz (n= 59 / trat) 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>				
	T1 (0%)	T2 (5%)	T3 (%)	SEM	Valor P
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	49.810	0.296

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).

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).

7.7. 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 12.

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.

Cuadro 12. Valores de color (L^* , a^* y b^*) de yema de huevos 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>				Valor <i>P</i>
	T1 (0 %)	T2 (5%)	T3 (10%)	SEM	
a^*	-1.35 ^c	5.56 ^a	7.50 ^a	0.560	<0.001
b^*	25.50 ^b	49.94 ^b	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

En la Figura 11 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 11. 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 resultados 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.

Se presume que esto pueda deberse a la cantidad de xantofilas, luteína y carotenos presentes en las hojas de moringa, tal como lo describe Saini et al. (2014) y Pasaporte et al. (2014) quienes reportan niveles de 160 - 500 $\mu\text{g/g}$ de luteína ya sea de manera fresca o hervida respectivamente, además de los niveles relativamente altos de zeaxantina de moringa en su estado fresco (48 $\mu\text{g/g}$).

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.

8. CONCLUSIONES

En el presente trabajo, al adicionar 0, 5 o 10% de hojas de moringa a la dieta de codornices en postura, se puede concluir lo siguiente:

La densidad del alimento fue menor al incluir 10% de hojas de moringa a la dieta.

Al adicionar 5 y 10% de hojas de moringa a la dieta, se redujo la proporción de partículas de entre 1000 y 600 μm , así como la proporción de partículas menores a 250 μm , pero se incrementó la proporción de partículas entre 300 y 500 μm .

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 y algunas 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 mantuvo constante al adicionar hojas de *Moringa oleifera* hasta en un 10% en la dieta de codorniz.

Al incluir 5 y 10% de hojas de moringa a la dieta se tuvo un efecto positivo sobre la pigmentación de la yema de huevo.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Abou-Elezz, K. F., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R., y Francisco Solorio-Sanchez, J. 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.
- Akdemir, F., y Sahin, K. 2009. Genistein supplementation to the quail: Effects on egg production and egg yolk genistein, daidzein, and lipid peroxidation levels. *Poultry Science*. 88 (10):2125-2131.
- 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.
- Altuntas, E. y Sekeroglu, A. 2008. Effect of egg shape index on mechanical properties of chicken eggs. *Journal of Food Engineering*. 85(4):606-612.
- AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, V.A
- 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.
- 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.

- Baer, J., Lansford, R. y Cheng, K. 2015. Japanese Quail as a Laboratory Animal Model. In Laboratory Animal Medicine. Cap. 22: 1087–1108.
- Bamishaiye, I.E., Olayemi, F.F., Awagu, E.F. y Bamshaiye, O.M. 2011. Proximate and Phytochemical Composition of *Moringa oleifera* Leaves at Three Stages of Maturation. Advance Journal of Food Science and Technology. 3(4): 233-237.
- Baylan, M., Canogullari, S., Ayasan, T. y Copur, G. 2011. Effects of Dietary Selenium Source, Storage Time, and Temperature on the Quality of Quail Eggs. Biological Trace Element Research. 143(2): 957-964.
- Buchar, J., Nedomova, S., Trnka, J., y Strnkova, J. 2015. Behaviour of Japanese Quail Eggs Under Mechanical Compression. International Journal of Food Properties. 18(5): 1110-1118.
- Clark, P. M., Behnke, K. C. y Poole, D. R. 2007. Effects of marker selection and mix time on the coefficient of variation (Mix uniformity) of broiler feed. Journal of Applied Poultry Research. 16(3): 464-470.
- Dudusola IO. 2010. Comparative evaluation of internal and external qualities of eggs from quail and guinea fowl. Journal of Plant Science. 1(15): 112-115
- El-Tarabany, M. S. 2016. Effect of thermal stress on fertility and egg quality of Japanese quail. Journal of Thermal Biology. 61:38-43.
- 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.

FAO. 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/publications/en/> (accesado 19 diciembre 2017).

Fernandes, D. R., Freitas, E. R., Watanabe, P. H., Filgueira, T. M. B., Cruz, C. E. B., do Nascimento, G. A. J., . . . Nascimento, E. R. M. (2016). Cashew nut meal in the feeding of meat quails. *Tropical Animal Health and Production*, 48(4), 711-717.

Genchev A. 2012. Quality and composition of Japanese Quail eggs (*coturnix japonica*). *Trakia Journal of Sciences*. 10(2):91-101

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.

Güçlü, B. K., İscan, K. M., Uyanık, F., Eren, M. y Ağca, 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.

Hajkhodadadi, I., Moravej, H., Shivazad, M., Ghasemi H. y ZarehShahneh A. 2014. Lysine Requirements of Female Japanese Quails Base on Performance and Carcass Variables from Twenty-One to Forty-Two Days of Age. *Iranian Journal of Applied Animal Science*. 4(3):629-635.

Hsu, W. T., Chiang, C. J., Chao, Y. P., Chang, C. H., Lin, L. J., Yu, B. y Lee, T. T. 2015. Effects of recombinant lycopene dietary supplement on the egg quality and blood characteristics of laying quails. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 120(5): 539-543.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Consultado 18- Diciembre- 2017 en

- Jukic-Stojcic, 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.
- 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.
- 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.
- Kondombo, S. R. 2005. Improvement of village chicken production in a mixed (chicken-ram) farming system in Burkina Faso. PhD: 208. Wageningen Institute of Animal Sciences.
- Lannaon, W.J. 2007. Herbal Plants as Source of Antibiotics for Broilers. *Agriculture Magazine*. 11(2):55
- Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J. y Bertoli, S. 2015. Cultivation, Genetic, Ethnopharmacology, Phytochemistry and Pharmacology of *Moringa oleifera* Leaves: An Overview. *International Journal of Molecular Sciences*. 16(6):12791-12835.
- Lucotte, G., 1990. La codorniz cría y exportación. Ediciones Mundi-prensa. Madrid España. 61–99
- McDonald P. Edwards RA. Greenhalgh JFD. Morgan CA. 2002. *Animal Nutrition*. 6th ed. Pearson Education Limited. Harlow, U.K. p. 693

- McNamara. 2005. Eggs for Health Consulting. Elsevier Ltd. H.S Thesmar. Vol. 2:86-92. Washington, DC, USA.
- Melesse, A., Getye, Y., Berihun, K. y Banerjee, S. 2013. Effect of feeding graded levels of *Moringastenopetala* leaf meal on growth performance, carcass traits and some serum biochemical parameters of Koekoek chickens. *Livestock Science*. 157(2-3):498-505.
- Minvielle, F. 2004. The future of Japanese quail for research and production. *Worlds Poultry Science Journal*. 60(4):500-507.
- 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.
- Mukunzi, D., Nsor-Atindana, J., Xiaoming, Z., Gahungu, A., Karangwa, E. y Mukamurezi, M. 2011. Comparison of Volatile Profile of *Moringa oleifera* Leaves from Rwanda and China Using HS-SPME. *Pakistan Journal of Nutrition*. 10(7):602-608.
- 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.
- Nation Research Council. 1994. Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, 1994. Washington, DC: The National Academies Press.
- 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.

- Nouman, W., Basra, S. M. A., Siddiqui, M. T., Yasmeen, A., Gull, T. y Alcayde, M. A. C. 2014. Potential of *Moringa oleifera* L. as livestock fodder crop: a review. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 38(1):1-14.
- Oduro, I., Ellis, W. O. y Owusu, D. 2008. Nutritional potential of two leafy vegetables: *Moringa oleifera* and *Ipomoea batatas* leaves. Scientific Research and Essays. 3(2):57-60.
- Olson M. E. y Alvarado L. O. 2016. ¿Dónde cultivar el árbol milagro, *Moringa oleifera*, en México? Un análisis de su distribución potencial. Revista Mexicana de Biodiversidad.
- Pagua, H.M., Pagua, R.Q., Balba, C. y Flores RC. 2014. Utilization and Evaluation of *Moringaoleifera* L. As Poultry Feeds. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 8: 343–347
- Paliwal, R., Sharma, V. y Pracheta. 2011. A Review on Horse Radish Tree (*Moringa oleifera*): A Multipurpose Tree with High Economic and Commercial Importance. Asian Journal of Biotechnology. 3:317-328.
- 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.
- Popoola, J. O. y Obembe, O. O. 2013. Local knowledge, use pattern and geographical distribution of *Moringa oleifera* Lam. (*Moringaceae*) in Nigeria. Journal of Ethnopharmacology. 150(2):682-691.

- 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.
- Randall, M. y Bolla, G. 2008. Raising Japanese quail. Primefact. 602. Second Edition. January:1-5.
- Reda, F.M., Ashour, M., Alagawany y Abd El-Hack, M.E. 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.
- Reddish, J. M., Nestor, K. E. y Lilburn, M. S. 2003. Effect of selection for growth on onset of sexual maturity in random bred and growth-selected lines of Japanese quail. *Poultry Science*. 82(2):187-191.
- 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.
- Sahin, K. y Kucuk, O. 2001. Effects of vitamin C and vitamin E on performance, digestion of nutrients and carcass characteristics of Japanese quails reared under chronic heat stress (34 degrees C). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 85(11-12):335-341.
- Sahin, K., Kucuk, O., Sahin, N. y Ozbey, O. 2001. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on egg production, egg quality and serum concentrations of insulin, corticosterone, and some metabolites of Japanese quails. *Nutrition Research*. 21(9):1315-1321.

- Sahin, K., Sahin, N. y Onderci, M. 2002. Vitamin E supplementation can alleviate negative effects of heat stress on egg production, egg quality, digestibility of nutrients and egg yolk mineral concentrations of Japanese quails. *Research in Veterinary Science*. 73(3):307-312.
- Saini, R. K., Shetty, N. P. y Giridhar, P. 2014. Carotenoid content in vegetative and reproductive parts of commercially grown *Moringaoleifera* Lam. cultivars from India by LC-APCI-MS. *European Food Research and Technology*. 238(6):971–978.
- Saldaña, B., Gewehr, C. E., Guzman, P., Garcia, J. yMateos, 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.
- 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.
- 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 *Moringaoleifera* leaf meal. *Livestock Science*. 178:202-208.
- Shibi T. K., Richard P. N., Lurthu T. y Rajendran D. 2016. Nutrient composition of japanese quail eggs. *International Journal of Science, Enviroment and Technology*. 5(3): 1293- 1295.
- Suppadit, T., Jaturasitha, S., Sunthorn, N., y Pongsuk, 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.

- Swain, B. K., Naik, P. K., Chakurkar, E. B. y Singh, N. P. 2014. Effect of Biovet on performance, egg quality characteristics and hatchability in quail breeders. *Indian Journal of Animal Research*. 48(3):281-285.
- Tatara, M. R., Charuta, A., Krupski, W., Luszczewska-Sierakowska, I., Korwin-Kossakowska, A., Sartowska K., Szpetnar M. y Horbanczuk, J. O. 2016. Interrelationships between Morphological, Densitometric and Mechanical Properties of Eggs in Japanese Quails (*Coturnix Japonica*). *Journal of Poultry Science*. 53(1):51-57.
- 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.
- Thornton, P. K. 2010. Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*. 365(1554):2853-2867.
- Tserveni-Goussi, A. y Fortomaris, P. 2011. Production and quality of quail, pheasant, goose and turkey eggs for uses other than human consumption. In *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products: Egg Chemistry, Production and Consumption* (pp. 509–537). Elsevier Inc.
- Vaz-Ferreira, R. y Regional Scientific and Technological Development Program. (1984). *Etología: El estudio biológico del comportamiento animal*. Washington, D.C: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. 1: 4-6.