

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS

Departamento de Ciencia Animal



**SUPLEMENTACIÓN DE CODORNICES JAPONESAS (*Coturnix coturnix japonica*)
CON UNA EMULSIÓN EN POSTURA INICIAL DURANTE ESTACIÓN INVERNAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO A LA
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS DE
LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN, PARA
OPTAR AL TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO**

DANIEL ANTONIO GUTIÉRREZ CONTRERAS

CHILLÁN - CHILE

2024

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS

Departamento de Ciencia Animal

**SUPLEMENTACIÓN DE CODORNICES JAPONESAS (*Coturnix coturnix japonica*)
CON UNA EMULSIÓN EN POSTURA INICIAL DURANTE ESTACIÓN INVERNAL**

Por

DANIEL ANTONIO GUTIÉRREZ CONTRERAS

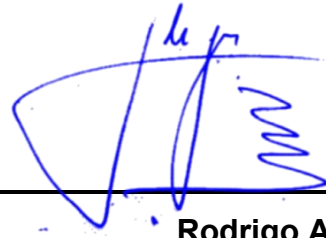
**TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO A LA
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS DE
LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN, PARA
OPTAR AL TÍTULO DE MÉDICO VETERINARIO**

CHILLÁN - CHILE

2024

**SUPLEMENTACIÓN DE CODORNICES JAPONESAS (*Coturnix coturnix japonica*)
CON UNA EMULSIÓN EN POSTURA INICIAL DURANTE ESTACIÓN INVERNAL**

Profesor Patrocinante



Rodrigo Allende V.
Médico Veterinario, Mg.Sc.
Profesor Asociado

Profesor Guía



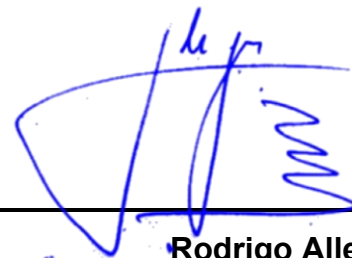
Jorge Avila S.
Médico Veterinario, Mg.Sc., Ph.D.
Profesor Asociado

Guía externo



Pablo Lagos S.
Bioquímico, Mg.Sc.
Guía Externo Empresa INNOCON

**Director Departamento
Ciencia Animal**



Rodrigo Allende V.
Médico Veterinario, Mg.Sc.
Profesor Asociado

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO	PÁGINA
I. RESUMEN.....	1
II. SUMMARY.....	2
III. INTRODUCCIÓN.....	3
IV. MATERIALES Y MÉTODO.....	10
V. RESULTADOS.....	14
VI. DISCUSIÓN.....	19
VII. CONCLUSIONES.....	23
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
IX. DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	30
X. APÉNDICE.....	31

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°	PÁGINA
EN EL TEXTO	
1. Aporte nutricional por kilogramos (kg) de dieta en base verde para diferentes etapas productivas de codorniz japonesa (Vásquez y Ballesteros, 2008)	7
2. Composición nutricional en base materia verde de emulsión prototipo para suplementación invernacional de codornices en postura utilizada en el presente estudio.....	12
3. Promedio $\pm$ error estándar de variables zootécnicas en postura de codornices entre el grupo control y tratamiento entre las 8 y 20 semanas de vida en el presente estudio.....	14
4. Promedio $\pm$ error estándar para variables zootécnicas en postura de codornices durante las 12 semanas experimentales (semana1-semana12) en el presente estudio	16

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PÁGINA
EN EL TEXTO	
1. Comportamiento del índice de postura del tratamiento control y emulsión con el diferencial de temperatura ambiental semanal observado en grados Celsius (°C) en 12 semanas experimentales con valor mínimo de temperatura ambiental de confort para codornices durante el presente estudio.....	17
EN EL APÉNDICE	
2. Certificado de Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Concepción (CB 19-2023) para el desarrollo del presente estudio.....	31

I. RESUMEN

SUPLEMENTACIÓN DE CODORNICES JAPONESAS (*Coturnix coturnix japonica*) CON UNA EMULSIÓN EN POSTURA INICIAL DURANTE ESTACIÓN INVERNAL

SUPPLEMENTATION OF JAPANESE QUAIL (*Coturnix coturnix japonica*) WITH AN EMULSION IN INITIAL POSITION DURING WINTER SEASON

El presente trabajo evaluó las respuestas productivas en el peso vivo, postura y conversión alimenticia en la primera etapa de postura de codornices utilizando suplementación energética con una emulsión en modalidad producto mínimo viable. Se utilizaron 180 codornices hembras asignadas aleatoriamente a un grupo control y tratamiento emulsión, ambos grupos recibieron dieta comercial (Performance®) para codornices en postura en la alimentación y el tratamiento se reemplazó un 4% de la dieta control por una emulsión. Cada tratamiento fue de tres jaulas (réplicas) con 30 aves cada una y el estudio se inició con 8 semanas de vida en la segunda semana de postura. Se realizó un período de acostumbamiento a los tratamientos de alimentación por 2 semanas con un período experimental de 12 semanas durante el invierno del año 2022. Se observó un mayor peso vivo final, ingesta diaria y mayor índice de postura con una menor conversión alimenticia por huevo en codornices suplementadas con emulsión. Los resultados fortalecen la estrategia de modificar la dieta para codornices en postura mediante la incorporación de grasa, como mecanismo para aumentar la concentración calórica. Los resultados observados validan la estrategia de aumentar el tenor energético mediante grasa dietaria como mecanismo para apoyar la termogénesis en codornices bajo condiciones de confort térmico invernal no controlado. Futuros estudios deben analizar el perfil de ácidos grasos en el plasma y huevos de codornices y las características de la dureza de la cáscara de los huevos, por la incorporación de la emulsión evaluada en el presente estudio.

Palabras clave: estrés térmico, omega 3, suplementación y parámetros zootécnicos.

II. SUMMARY

SUPPLEMENTATION OF JAPANESE QUAIL (*Coturnix coturnix japonica*) WITH AN EMULSION IN INITIAL POSITION DURING WINTER SEASON

The present work evaluated the productive responses in live weight, laying and feed conversion in the first stage of laying of quail using energy supplementation with an emulsion in minimum viable product mode. 180 female quails were used, randomly assigned to a control group and emulsion treatment. Both groups received a commercial diet (Performance®) for laying quails in feeding and the treatment replaced 4% of the control diet with an emulsion. Each treatment was three cages (replics) with 30 birds each and the study began at 8 weeks of age in the laying second week. A period of getting used to the feeding treatments was carried out for 2 weeks with an experimental period of 12 weeks during the winter of 2022. A higher final live weight, daily intake and laying index was observed with a lower feed conversion per egg. in quail supplemented with emulsion. The results strengthen the strategy of modifying the diet for laying quail by incorporating fat, as a mechanism to increase caloric concentration. The observed results validate the strategy of increasing energy content through dietary fat as a mechanism to support thermogenesis in quail under conditions of uncontrolled winter thermal comfort. Future studies should analyse the profile of fatty acids in the plasma and quail eggs and the characteristics of the hardness of the egg shell, due to the incorporation of the emulsion evaluated in the present study.

Keywords: thermal stress, omega 3, supplementation and zootechnical parameters.

III. INTRODUCCIÓN

La producción avícola se ha expandido en las diferentes latitudes del mundo en sus diversas áreas productivas, tanto en la producción de huevos y de carne en modelos industriales y de producción de traspatio. La codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) es una alternativa de producción aviar interesante para los granjeros porque, es considerada la especie aviar de producción con el menor requerimiento de superficie para crianza y producción. Las hembras son muy prolíficas, ya que comienzan la postura en promedio a las 6 semanas de vida con una producción entre 250 y 300 huevos al año, con niveles competitivos de eficiencia de conversión alimenticia (Bagh et al., 2016).

La producción de codornices japonesas ha aumentado por la calidad nutricional y sensorial de la carne y huevos (Molino et al., 2015), siendo una importante fuente de alimentos en muchos países, tanto por su carne como por sus huevos, estos últimos se destacan porque tienen un menor contenido de colesterol y un mayor índice proteico, comparados con el huevo de gallina, siendo factores nutricionales importantes para la alimentación de niños y ancianos. Además, las características organolépticas de los huevos de codorniz son apreciados por la industria culinaria y la carne de esta ave es valorada positivamente por el consumidor por sus características organolépticas y nutricionales (Carranza y Ortiz, 2019).

El confort térmico de la crianza de codornices es de fundamental importancia, estando entre 21 y 26 °C, pero especialmente para las codornices ponedoras porque las modificaciones de las temperaturas ambientales sin control inciden negativamente en el comportamiento de la producción de huevos (Santos et al., 2017; Furtado et al., 2018). Diferentes estudios han analizado los impactos negativos del estrés por calor en la producción de codornices, evidenciando efectos en la productividad y en el bienestar de las aves (Alagawany et al., 2017). El estrés por frío incide en el bienestar de las aves, como también genera una disminución en la producción con un mayor consumo de alimento; además, se considera que el estrés por frío en animales homeotérmicos induce respuestas fisiológicas que priorizan mantener la temperatura corporal (Santos et al., 2019). Las codornices en postura contrarrestan los efectos del estrés por frío mediante

un cambio en el comportamiento fisiológico para conservar el calor mediante la reducción del flujo sanguíneo a temperatura ambiente de 18 °C. El ave mantiene una circulación sanguínea mínima para disminuir la pérdida de calor metabólico al ambiente, adoptando posturas de menor movilidad como mecanismo de defensa termorregulador (Santos et al., 2019).

El consumo de alimento es un factor importante para determinar los flujos y balances de nutrientes en diferentes ambientes de confort térmico en la producción de carne y huevos. Este escenario condiciona al análisis e integración de la concentración calórica de la dieta con la infraestructura y manejo operacional en las diferentes estaciones climáticas de las zonas agroecológicas. Las diferentes combinaciones para estimular el consumo de alimento para satisfacer los requerimientos de las aves constituyen la base para maximizar la respuesta productiva (Quishpe, 2006).

Generalidades de la codorniz

Pertenece al orden Galliformes, familia Fasianidas, y género *Coturnix*, existiendo varias especies, siendo la más conocida y difundida la *Coturnix coturnix*. Dentro de esta especie, las dos subespecies más representativas son *Coturnix coturnix coturnix*, conocida como la codorniz europea o salvaje, ave silvestre y con aptitud para el vuelo cuando es producida en granja, y la *Coturnix coturnix japonica*, correspondiente a la codorniz japonesa o doméstica con selección para la producción comercial de carne y huevos (Diego, 2017).

La característica más importante de esta especie es la precocidad sexual, determinada por la edad del ave para iniciar la postura, entre 35 y 45 días de vida (Vargas et al., 2009). Una serie de factores ambientales inciden en la madurez sexual, destacándose el mes de nacimiento con evidencias no concluyentes para el inicio de la postura (Vargas et al., 2009). Asimismo, el peso corporal también está correlacionado con la edad al primer huevo, observándose que aves con mayor peso vivo tienden a la precocidad en la postura (Vargas et al., 2009).

La codorniz japonesa es utilizada para la producción de huevos y carne, la cual en promedio produce anualmente del orden 300 huevos por ave, destacando que si las

condiciones ambientales son controladas adecuadamente la postura se incrementa del orden de 500 huevos/año (Carranza y Ortiz, 2019). La precocidad en el crecimiento de las codornices requiere dietas con un mayor aporte de proteína cruda que en la postura, con un rango de consumo diario de 20 a 23 g de materia seca (Grimaldos, 2020). El ciclo productivo de la codorniz en promedio es de un año, desde su nacimiento hasta el final de su postura (Grimaldos, 2020). Tolera diferentes condiciones ambientales, pero para una explotación a gran escala, deben manejarse en zonas con temperatura entre 18 y 30 °C y una humedad relativa entre 60 al 65 % (Vásquez y Ballesteros, 2008; Alagawany et al., 2017). Al ser sensibles a las temperaturas frías, especialmente en las noches, es necesario hacer un manejo de la temperatura ambiental mediante cortinas para proveerles un medio ambiente óptimo (Vásquez y Ballesteros, 2008).

Un huevo de codorniz equivale, en calorías, proteínas y vitaminas, a 100 g de leche fresca, conteniendo más cantidad de hierro; además, comparado con el huevo de gallina, el de codorniz tiene mayor aporte proteico, menor cantidad de agua y de grasa por unidad de peso, siendo más nutritivos (Vásquez y Ballesteros, 2008; Carranza y Ortiz, 2019). El peso del huevo es un factor que incide en el valor comercial del producto y determina su incubabilidad con un rango entre 9,6 y 10 g (Vásquez y Ballesteros, 2008), reportándose valores de 15 g para la masa del huevo, destacándose que inciden en el peso del huevo la edad de las ponedoras, alimentación de las codornices y/o temperatura ambiente, de manera independiente o integradas (Carbo, 2022). Analógicamente, entre 5 a 6 huevos de codorniz equivalen al peso un huevo de gallina y en las proporciones los valores modales son similares, que en las codornices corresponden el 46,1 % para la clara, yema con el 42,3 %, cáscara con el 10,2 % y las membranas el 1,4 % (Grimaldos, 2020).

Cría: se inicia con el nacimiento del polluelo hasta la tercera semana de edad. Posterior a la eclosión, las aves tienen movimientos rápidos con apetito voraz, requiriendo entrega de agua de bebida y dieta en bebederos y comederos adecuados en cantidad y formato según el tamaño del ave; la producción del lote está correlacionada significativamente con el manejo alimentario recibido por las aves durante esta etapa, siendo la más crítica

en la producción de codornices con respecto a su manejo y el desarrollo (Cordero, 2012; Grimaldos, 2020).

La temperatura inicial de la criadora y durante los primeros siete días variará entre 35 y 38 °C y desde la cuarta semana de vida, los pollos necesitan calor con una temperatura ambiente de 30 °C o menos, siendo necesario mantenerlos entre 24 y 25 °C (Vásquez y Ballesteros, 2008).

Levante: comprende desde los 30 días hasta los 40 a 45 días de edad, y es al final de esta etapa que la codorniz inicia la postura de huevos (Grimaldos, 2020).

Postura: esta etapa tiene una duración desde los 45 días hasta completar un año, cumplida esta etapa los huevos empiezan a presentar cáscaras más débiles y la curva de postura empieza a declinar, señal productiva para el reemplazo de las aves (Grimaldos, 2020). La postura se efectúa durante la tarde o en horas de la noche, con la mayor frecuencia de postura entre el mediodía hasta las 19 h. Las primeras aves en postura diaria emiten un sonido estimulante particular, para que, en un lapso de 30 a 40 min, se genere una sincronización con la mayor frecuencia temporal de postura (Cordero, 2012).

Alimentación: las codornices son aves con altos requerimientos nutricionales y al confinarlas, el balance nutricional depende del plan de alimentación de la unidad avícola. La mayoría de los productores utilizan formulaciones personales o compran alimentos balanceados comerciales con mayor o menor capacidad para suplir los requerimientos nutricionales de la especie (Tabla 1), generando diferencias en los resultados bioeconómicos de la postura y engorda (Cordero, 2012). La importancia del balance ideal de aminoácidos esenciales en la dieta, integrando lisina, metionina + cistina, treonina y triptófano, permite optimizar el desempeño zootécnico de las codornices (de Moura et al., 2009).

Tabla 1. Aporte nutricional por kilogramo (kg) de dieta en base verde para diferentes etapas productivas de codorniz japonesa (Vásquez y Ballesteros, 2008).

Nutriente	Cría	Levante	Engorda	Producción de huevos
PC (%)	28	25	21 - 28	24
EM (Kcal)	3050	2850	3100	2800
EE (%)	3,3	3,5	4,8	4,3
FC (%)	6	6,5	6,5	6,2
Ca (%)	0,5	1,6	1,1	2,9 - 3,2
P (%)	0,7	0,7	0,7	0,7

PC: proteína cruda, EM: energía metabolizable, EE: extracto etéreo, FC: fibra cruda, Ca: calcio, P: fósforo.

El perfil de ácidos grasos de la carne de ave está influenciado por la cantidad y calidad de la grasa dietaria consumida por las aves, afectando el metabolismo energético y posterior lipogénesis tisular de los lípidos ingeridos. Los aceites vegetales y las grasas animales, incorporadas en las dietas para aves de corral, como una fuente concentrada de energía metabolizable incrementan el crecimiento y la eficiencia en la utilización de la dieta (Donaldson et al., 2017).

Las grasas de origen animal y aceites vegetales y/o marinos son fuentes de energía de mayor concentración para la formulación de la dieta, comparado con los granos de cereal, destacando que la incorporación de lípidos de alta densidad calórica genera efectos positivos en la ingesta de dieta, termorregulación y metabolismo energético con un menor incremento calórico (Saleh et al., 2020). Se destaca el uso de aceites de soya (*Glycine max*) y girasol (*Helianthus annuus*) hasta aceites de colza (*Brassica napus*) y palma (*Elaeis guineensis*), grasa de pollo, manteca de cerdo o mezclas de grasas animales. Para las dietas iniciales es recomendable utilizar aceites vegetales poliinsaturados por su mayor digestibilidad, en comparación a grasas de origen animal (Lázaro et al., 2005).

En la producción avícola, las ventajas de utilizar aceites en las dietas implican una reducción del polvo de la dieta, mejora en la hidrólisis y absorción de las lipoproteínas que aportan los ácidos grasos, además, siendo la principal fuente de energía complementaria para las aves por su mayor valor calórico (Alagawany et al., 2019). Las

grasas y los aceites tienen como estructura principal a los triglicéridos, compuestos de una molécula de glicerol ligado a tres ácidos grasos; se diferencian según la naturaleza y la ubicación de los ácidos grasos, siendo llamados triglicéridos simples si están compuestos por un mismo ácido graso, y triglicéridos mixtos si se componen de distintos ácidos grasos (Alfaro, 2014).

La grasa tisular es producida por la biosíntesis endógena por exceso calórico y/o desbalance dietario proteico junto con la oferta de ácidos grasos, destacando que la principal fuente energía para la síntesis tisular de ácidos grasos son los carbohidratos y los aminoácidos de la dieta. La mayoría de los ácidos grasos contiene solo un grupo carboxilo y son de cadena lineal, clasificándose en saturados e insaturados con diferencias en sus propiedades físicas (Alfaro, 2014). El grado de saturación de las grasas afecta directamente al proceso de solubilización micelar, cumple una función en la digestión y absorción de grasas, por lo cual, al ser más saturadas, se requiere una mayor cantidad de sales biliares para el proceso de emulsificación, por lo tanto, las sales biliares incrementan el valor de la energía metabolizable de la dieta con mayor proporción de ácidos grasos saturados (Alfaro, 2014).

El paso de lípidos metabólicos a través de la membrana celular es por transporte pasivo y las tasas de absorción varían con la longitud de la cadena de ácidos grasos y grado de saturación, el transporte y la absorción de los ácidos grasos en el citoplasma de la célula esta influenciada por la proteína FABP, acrónimo de fatty acid binding protein, biomolécula con una mayor afinidad por los ácidos grasos insaturado que por los ácidos grasos saturados y ninguna afinidad para ácidos grasos de mediano o de cadena corta (Alfaro, 2014).

Existen factores intrínsecos y extrínsecos en estos ingredientes que inciden en su digestibilidad, destacando la composición de los ácidos grasos, el nivel de inclusión de la grasa en la dieta y la edad del ave, estado que requiere el uso de emulsificantes en la dieta para apoyar sinérgicamente a las sales biliares, incrementando el nivel de energía digestible de la dieta aportado por las grasas (Alfaro, 2014).

El presente trabajo evaluó las respuestas productivas en el peso vivo, postura y conversión alimenticia en las primeras etapas de producción de codornices en postura utilizando suplementación energética en la alimentación mediante un prototipo de producto en modalidad emulsión aceite en agua.

Hipótesis

La incorporación de una emulsión energética en alimentación invernacional de codornices en postura aumenta la eficiencia en parámetros de interés zootécnico.

Objetivo general

Analizar los parámetros zootécnicos de postura en codorniz japónica con suplementación de una emulsión energética en producción invernacional con confort térmico no controlado.

Objetivos específicos

1. Analizar el comportamiento del peso vivo de codornices por la inclusión de una emulsión energética en producción invernacional con confort térmico no controlado.
2. Analizar la ingesta de ración por codornices por la inclusión de una emulsión energética en producción invernacional con confort térmico no controlado.
3. Analizar la postura de codornices por la inclusión de una emulsión energética en producción invernacional con confort térmico no controlado.
4. Analizar la conversión alimenticia para la producción de huevos por la inclusión de una emulsión energética en producción invernacional con confort térmico no controlado.

IV. MATERIALES Y MÉTODO

Unidad experimental

Se utilizaron 180 codornices hembras asignadas aleatoriamente a un grupo tratamiento control y tratamiento de emulsión en la alimentación. Las actividades del experimento fueron aprobadas por el Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Concepción con el certificado CBE 19-2023 (Figura 2, Apéndice).

Las codornices de cada tratamiento fueron distribuidas en tres jaulas (replicas) con 30 aves cada una. Al inicio del estudio las aves tenían 8 semanas de vida y estaban en el inicio de la segunda semana de postura. Se realizó un período de acostumbramiento a los tratamientos de alimentación por un período de 2 semanas y con un período experimental de 12 semanas durante el invierno del año 2022.

Las unidades experimentales estaban en la localidad de Santa Clara, comuna de Bulnes, región de Ñuble. La postura no utilizó efecto macho y fue controlada mediante el manejo de la luminosidad utilizando fotoperíodo controlado de 16 h de luz/día mediante iluminación fría con LED de color blanco.

Las codornices fueron criadas con dieta para pollo broiler inicial (Performance®): proteína cruda 19,5 %, extracto etéreo 3,5 %, fibra cruda 6 % y humedad 13 %. El peso vivo mínimo, al finalizar el período de crianza (6 semanas de vida), fue de 150 g para incorporar el ave al estudio.

Materiales

Las jaulas se encontraban dentro de una misma pieza sin temperatura y ventilación controlada, solo se mantuvo fotoperíodo controlado con ampollitas led. El sistema de alimentación fue de dos comederos de madera por jaula (n=30), estos comederos estaban ubicados en la parte externa de la jaula, en donde las aves, a través de la malla, tienen acceso a la dieta. Los bebederos fueron de sistema niples con copas plásticas distribuidas 8 por jaula.

Las jaulas utilizadas fueron de fabricación casera, principalmente armadas de madera con el frente de malla tipo hexagonal, siendo los pilares de madera, base y techo de las

jaulas de Eternit® (fibrocemento), con un largo de 3,5m, altura mínima de 0,25 m y mayor de 0,40 m y un ancho de 0,4 m, con una superficie de 0,046 m²/codorniz. El piso de las jaulas tenía aserrín de madera para una mayor absorción del guano de las aves y un mejor bienestar. Se utilizó una balanza digital de sobremesa marca Veto® modelo A6702177, con capacidad de 10 kg ($\pm$ 2 g) para control de peso vivo semanal de una muestra 15 codornices individualizadas por jaula.

Método

Durante el período de acostumbramiento y de estudio experimental, todas las aves fueron alimentadas con una dieta comercial industrial de postura para codornices (Performance®): proteína cruda 20% (PC), extracto etéreo 3,5% (EE), fibra cruda 5,5% (FC), humedad 13%, con plan de medicina preventiva estándar. Al inicio del período de acostumbramiento, la ración inicial fue de 30 g/codorniz para ambos tratamientos, reemplazando el 12% de la ración con emulsión en el tratamiento experimental, del orden de 4 g emulsión/codorniz, con composición nutricional descrita en la Tabla 2.

La emulsión analizada fue un producto mínimo viable (PMV) en la escala de innovación y desarrollo de producto. El bioensayo con codornices evaluó este prototipo con funciones mínimas vinculadas con inocuidad alimentaria e ingesta normal, como etapa primaria para diseñar e implementar modificaciones en la innovación del producto en desarrollo. La emulsión fue de tipo aceite en agua, previamente al inicio del estudio, se evaluó la estabilidad física durante un mes analizando separación de fases acuosa y oleosa de la emulsión. Se complementó con un estudio de estabilidad oxidativa acelerada en reactor Oxitest®. La estabilidad microbiológica acelerada analizó el comportamiento de un inóculo de la emulsión para aerobios mesófilos, enterobacterias, hongos y levaduras por 14 días. Anteriormente, se realizó un estudio de estabilidad microbiológica por 6 meses con el producto mínimo viable envasado, cuantificando los mismos parámetros microbiológicos.

Tabla 2. Composición nutricional en base materia verde de emulsión prototipo para suplementación invernacional de codornices en postura utilizada en el presente estudio.

Nutriente	Valor kg MV
Na (%)	1,3
Cl (%)	2,0
Ca (%)	7,8
K (%)	1,5
P (%)	0,6
Mg (%)	0,3
S (%)	0,6
Zn (%)	0,5
Lisina (%)	2,0
Metionina (%)	1,3
Fenilalanina (%)	0,7
Vitamina E (UI)	0,7
EM (Kcal)	2.940
Ácido alfa linoleico (%)	5,2
Ácido alfa linolénico (%)	1,8
Ácidos grasos saturados (%)	6,3
Ácidos grasos monoinsaturados (%)	17,1
Ácidos grasos polinsaturados (%)	11,2
Ácidos grasos omega 3 (%)	4,6
Ácidos grasos omega 6 (%)	5,3
EPA (%)	1,2
DHA (%)	1,5
Ácido araquidónico (%)	0,15
Relación omega 6/omega 3	1,15

MV: materia verde; Na: sodio; Cl: cloro; K: potasio; P: fosforo; Mg: magnesio; S: azufre; EM: energía metabolizable; EPA: ácido graso eicosapentaenoico, DHA: ácido graso docosahexaenoico.

Diariamente, se registró la oferta y el rechazo de ración (g/jaula) y se ajustó la oferta inicial considerando un residuo entre el 3 y 5%. En horario matinal se recuperó el rechazo

de la ración en cada jaula y en el mismo período se suministró la nueva ración (oferta). Diariamente, se registró la postura por jaula/tratamiento con colecta de huevos entre las 8:00 a 9:00 am. El 50% de las aves de cada jaula se identificó mediante un anillo de marcaje en el tarso metatarso de una pata, mecanismo para el control individual del peso vivo semanal en las réplicas del grupo control y tratamiento emulsión. El pesaje se realizó en las mañanas antes del suministro de la ración correspondiente y se mantuvo similar secuencia en todos los pesajes realizados, iniciando con una jaula control posteriormente una réplica tratamiento y así sucesivamente con un orden alterno.

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar y se utilizó ANDEVA de medidas repetidas (Morris, 1998) para el contraste del peso vivo semanal (codorniz). La temporalidad para la comparación de la ingesta y rechazo de la ración (g /ave), postura (índice) y conversión alimenticia (g/huevo) fue diaria. La cuantificación del índice de postura fue la comparación por jaula del n° huevos recolectados con el número de aves y la conversión alimenticia fue estimada entre la ingesta por jaula contrastada con el número de huevos recolectados. La significancia fue del 5% en la comparación de medias. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software Infostat® con interfaz módulo R (Di Rienzo et al., 2019). El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \text{Tratamiento}_i + \text{Período}_j + (\text{Tratamiento} * \text{Período})_k + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = para cada variable de índice de postura (huevos/jaula/día), ingesta (g MV/jaula/día), rechazo (g MV/jaula/día), peso vivo (g PV/ave/semana postura) y conversión alimenticia (jaula/día).

μ = media del tratamiento,

Tratamiento_i: control – emulsión

Período_j: diario para variables de ingesta y fijo (semanal) para el peso vivo de codorniz

Tratamiento * período_k: Interacción tratamiento con tiempo

ε_{ijk} = error experimental del modelo.

V. RESULTADOS

Peso vivo

Se analizaron 12 semanas de postura de 180 codornices agrupadas en dos tratamientos ($n = 90$ c/u) con tres réplicas por tratamiento asociados con jaulas ($n = 30$ c/u). El peso vivo fue registrado semanalmente de 15 aves por jaula presentando una distribución normal ($P = 0,71$). Al inicio del estudio, los pesos vivos de las codornices fueron similares: control: 200 ± 18 g PV y emulsión con 207 ± 13 g PV ($P = 0,89$). La mayor oferta energética en el tratamiento emulsión incrementó el peso vivo durante el período experimental ($P = 0,0001$, $R^2 = 0,12$) con una diferencia de media significativa (DMS) de 2,20 g PV/semana, representado un incremental del 2,3% por la incorporación de la emulsión en la ración. Se observó un efecto no lineal del peso vivo por efecto de la semana experimental (Tabla 4; $P < 0,0001$), con una tendencia de interacción del tratamiento con la semana de postura ($P = 0,0710$, Tabla 4). Los mayores pesos vivos de las codornices se observaron desde la semana 8 experimental (Tabla 4, DMS=5,62 g/ave) y el menor peso vivo en ambos grupos fue entre la semana 5 y 6 de estudio (Tabla 4; $P < 0,05$), con una disminución superior en el grupo control, período asociado con la mayor diferencia numérica entre la temperatura ambiental de confort para postura en codornices y la temperatura máxima observada en el período de 12 semanas evaluado, asociado a la etapa invernal 2022 (Figura 1), registrado con sensores de temperatura mínima y máxima en las jaulas experimentales.

Tabla 3. Promedio $\pm$ error estándar de variables zootécnicas en postura de codornices entre el grupo control y tratamiento entre las 8 y 20 semanas de vida en el presente estudio.

Variable	Control	Emulsión	EE	<i>P</i>
Peso vivo (g/codorniz)	206,0b	210,8a	0,80	<0,0001
Ingesta (g MV/codorniz/d)	30,5b	31,6a	0,31	0,0147
Rechazo (g MV/codorniz/d)	1,44	1,51	0,20	0,8005
Conversión (g MV/huevo)	41,3	39,5	0,65	0,0570
Postura de huevos (índice)	0,75b	0,81a	0,01	0,0001

^{a, b} Letras distintas en filas indican diferencias estadísticamente significativas con test de Fisher ($P \leq 0,05$).

El menor peso vivo observado fue en la semana 5 (Tabla 4) en el grupo emulsión ($192 \pm 3,1$ g PV/codorniz) y el mayor fue en el mismo tratamiento, al finalizar el período experimental ($219 \pm 2,8$ g PV/codorniz). Se destaca la mayor tasa de recuperación del peso vivo en el tratamiento emulsión del orden del 9,7%, en comparación al control con 4,5%, durante el período de menor confort térmico ambiental entre las semanas 5 a 7 del estudio (Figura 1).

Consumo voluntario de dieta

La ingesta diaria fue superior en grupo emulsión ($P = 0,0147$, $R^2 = 0,66$, DMS = 0,88 g MV/d). Se observó un menor consumo de dieta en las dos primeras semanas del estudio y mayor ingesta desde la semana 8 hasta finalizar el período experimental ($P < 0,0001$, DMS= 2,16 g MV/ave/d) sin interacción entre tratamiento y semana de postura (Tabla 4; $P = 0,37$). Durante el período de estrés térmico entre las semanas 5 a 7, la tasa de ingesta en el grupo control se incrementó en 10%, en contraste con el grupo emulsión, con una disminución del 2%.

La ración rechazada fue similar entre grupos ($P = 0,08005$, $R^2 = 0,40$, DMS = 0,58 g MV/d), del orden del 4,5% de la ración, observándose un efecto de la semana de postura ($P = 0,0002$, DMS=1,42 g MV/d) sin interacción del tiempo con los grupos analizados (Tabla 4; $P = 0,51$).

Conversión alimenticia

La conversión alimenticia fue superior numéricamente en el grupo con menor concentración calórica (control) del orden de +4,5% (Tabla 3; $P = 0,057$; $R^2 = 0,71$, DMS = 4,50 g MV/huevo). La mayor conversión alimenticia observada fue entre la semana 5 a la 7 (Tabla 4; $P < 0,0001$, DMS = 4,50 g MV/d), concordante con el período de mayor diferencial de temperatura ambiental de confort térmico, reportándose el menor valor al inicio del estudio hasta la semana 3 (Tabla 4). No se observaron interacciones entre grupo y semana experimental (Tabla 4; $P = 0,65$). En el período de estrés térmico entre las semanas 5 a 7, la conversión alimenticia en el grupo control se incrementó en 4%, en contraste con el grupo emulsión, con un incremental del 7%.

Tabla 4. Promedio $\pm$ error estándar para variables zootécnicas en postura de codornices durante las 12 semanas experimentales (semana1-semana12) en el presente estudio.

Semanas	Grupos	Conversión alimenticia (g/huevo)	Ingesta (g/ave/día)	Peso vivo (g/codorniz)	Índice postura	Rechazo (g MV/codorniz/día)
S1	Control	32,5 j	23,1 h	196,0 ij	0,80 bcd	1,8 ab
	Emulsión	34,2 ij	29,5 efg	211,7 abcd	0,86 ab	1,9 ab
S2	Control	35,9 hij	29,0 fgh	200,2 ghij	0,81 abcd	0,3 b
	Emulsión	35,2 hij	31,0 bcdef	206,9 cdef	0,88 ab	1,1 ab
S3	Control	37,3 ghij	31,1 bcdef	211,7 abcd	0,83 abc	0,4 b
	Emulsión	35,0 hij	31,7 abcdef	212,4 abcd	0,91 a	0,6 ab
S4	Control	39,1 fghi	27,7 gh	204,6 efg	0,72 defg	3,4 a
	Emulsión	39,0 fghi	29,7 efg	206,4 defg	0,76 cde	2,3 ab
S5	Control	47,1 abcd	27,5 gh	196,4 hij	0,59 i	2,0 ab
	Emulsión	44,6 abcdef	31,0 bcdef	192,9 j	0,70 efgh	0,6 ab
S6	Control	50,7 a	30,0 defg	201,7 fghi	0,60 hi	0,8 ab
	Emulsión	46,1 abcde	32,3 abcde	203,9 efgh	0,70 efg	1,2 ab
S7	Control	49,2 ab	30,4 cdefg	205,3 defg	0,62 ghi	0,6 ab
	Emulsión	48,1 abc	30,4 cdefg	211,6 abcde	0,64 fghi	2,1 abe
S8	Control	42,6 cdefg	34,3 a	208,1 cdef	0,80 bcd	0,6 ab
	Emulsión	41,3 defgh	33,2 abc	213,5 abc	0,81 abcd	0,8 ab
S9	Control	40,0 efghi	33,8 ab	218,7 ab	0,84 abc	2,1 ab
	Emulsión	39,3 fghi	33,0 abcd	216,8 abc	0,84 abc	1,3 ab
S10	Control	39,1 fghi	32,3 abcde	209,8 bcde	0,83 abc	1,6 ab
	Emulsión	40,0 efghi	34,2 a	212,7 abcd	0,86 abc	1,4 ab
S11	Control	39,0 fghi	33,0 abcd	210,8 bcde	0,85 abc	1,4 ab
	Emulsión	37,5 ghij	33,5 ab	217,0 ab	0,89 ab	1,8 ab
S12	Control	43,3 bcdefg	30,9 bcdef	209,6 bcde	0,73 def	2,4 a
	Emulsión	34,3 ij	30,1 defg	219,2 a	0,88 ab	3,0 a
EE		1,6	0,76	2,1	0,02	0,42
P (tratamiento)		<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002
P (tratamiento x tiempo)		0,65	0,37	0,07	0,58	0,51

a, b, c, d, e, f, g, h, i, j Letras distintas en columnas indican diferencias estadísticamente significativas por tratamiento y semana mediante test de Fisher ($P \leq 0,05$)

Postura de huevos

La postura promedio durante el período experimental fue superior en el grupo emulsión (Tabla 3; $P = 0,0001$, $R^2 = 0,79$; DMS = 0,028), destacándose una marcada disminución en las semanas con menor confort térmico desde las semanas 5 a 7 (Tabla 4; $P < 0,0001$; DMS = 0,068) sin interacción entre grupos con semanas de postura evaluada ($P = 0,58$). En la semana 5 el índice de postura en el grupo control fue 0,59, en contraste con 0,70 en el grupo emulsión (Figura 1), índice que disminuyó a 0,64 en la semana 7 (-15%).

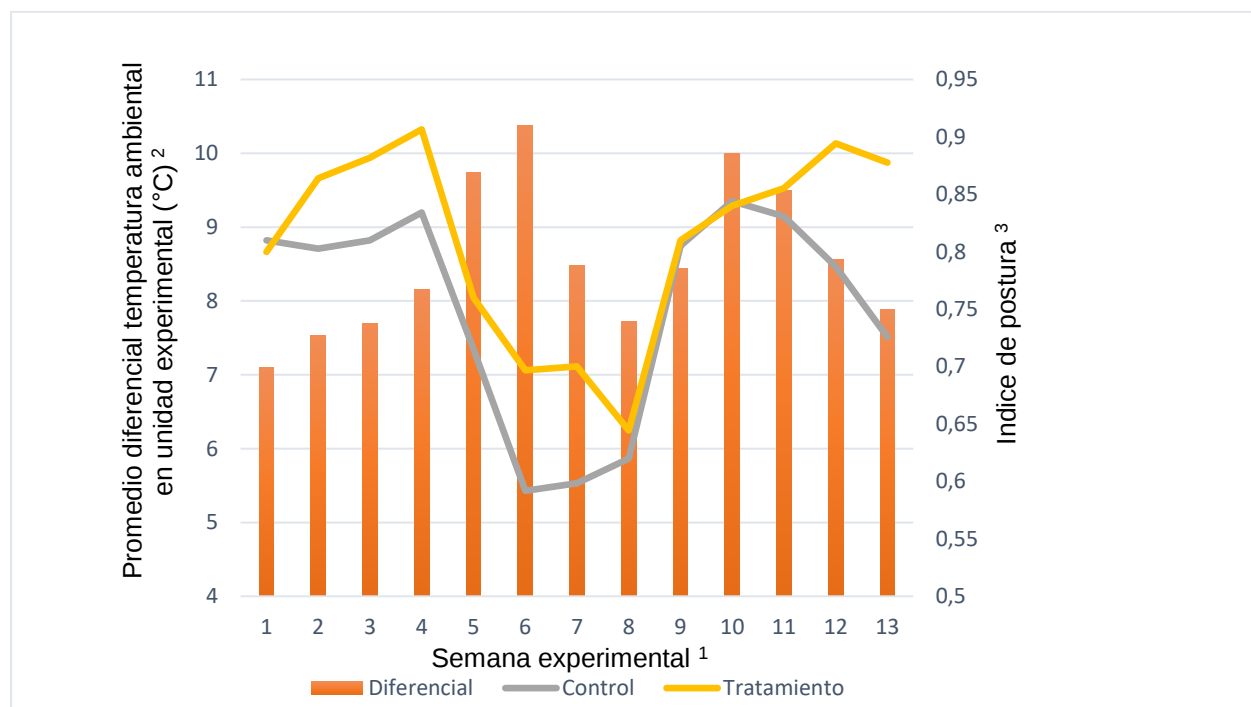


Figura 1. Comportamiento del índice de postura del tratamiento control y emulsión con el diferencial de temperatura ambiental semanal observado en grados Celsius (°C) en 12 semanas experimentales con valor mínimo de temperatura ambiental de confort para codornices durante el presente estudio.

¹Semana experimental: semana 1 corresponde al período de acostumbramiento (10 días), ²Diferencial: 18 °C menos temperatura máxima registrada en jaula, ³Índice de postura: huevos día de la semana/ codornices en postura.

Una aproximación económica para el tratamiento emulsión utilizó la producción incremental observada por jaula ($n = 30$) de 160 huevos para el período experimental de 84 días, con una ingesta incremental de 2.805 g MV para el mismo período. El valor de mercado promedio es de \$CLP 2.500 con IVA para una bandeja de 24 huevos de codorniz

(\$CLP = 104 unidad), generándose un costo marginal máximo de \$CLP = 5,94 g MV por el incremental de ingesta en grupo emulsión, equivalente al 5,7% del valor de mercado por huevo. El precio de mercado para la dieta de postura de codornices fue de \$CLP = 17.000 con IVA (25 kg), infiriendo un costo por g MV de la dieta control de \$CLP = 0,72. Al considerar que la emulsión incorporada en la ración fue del 12%, el valor máximo por kg MV de emulsión sería del orden de \$CLP = 34, equivalente a un valor del suplemento de \$CLP= 283 por kg de emulsión, destacándose que este análisis no ha considerado el efecto de disminución de costos fijos por unidad de producto al incrementar la postura, resultado observado en el grupo emulsión, situación que permitiría un incremento en el valor máximo de la innovación alimenticia evaluada.

VI. DISCUSIÓN

En estudios anteriores se menciona que la disminución de la producción es generada por el estrés en las aves, considerando como un punto crítico común para las gallinas ponedoras criadas en condiciones comerciales (Berenjian et al., 2021). Este escenario altera los procesos de homeostasis fisiológica con efectos negativos en el rendimiento productivo. La manipulación nutricional es una de las principales estrategias para optimizar la producción para mitigar el estrés en las aves en ambientes con limitaciones en la zona de termoneutralidad (Ben-Hamo et al., 2011; Berenjian et al., 2021). La codorniz, al igual que otras especies de aves, modula el consumo de alimento en función de la temperatura y la densidad energética de la dieta (Silva et al., 2012), además, codorniz es capaz de tolerar múltiples condiciones ambientales, sin embargo, para una óptima producción en postura debe ser entre los 18° y 24° C (Grimaldos, 2020). Sin embargo, en el presente estudio se obtuvieron diferenciales de menor temperatura ambiente entre 7-11° C, en contraste con la temperatura mínima de confort para las codornices, comportamiento observado durante todo el período analizado (Figura 1).

Peso vivo

Lázaro et al. (2005) y Serpa et al. (2023) mencionan que el rango de peso corporal de codornices hembra adulta (*Coturnix coturnix japonica*) varía desde 192 a 250 g PV, mientras que en machos el rango está entre 148 a 230 g PV. Los pesos vivos registrados en los tratamientos y durante las 12 semanas experimentales fueron similares al rango modal (Tabla 4) con 206,1 g PV en control y 210 g PV en grupo tratamiento ($P < 0,0001$). El incremento del peso corporal del grupo emulsión se asocia con el mayor aporte de energía metabolizable (EM) en la ración (Ben-Hamo et al., 2011) del orden de 10-12 Kcal EM/ave día. La alimentación comercial actual de las aves tiene deficiencia en la relación de los ácidos grasos omega 3 y omega 6, limitando la expresión del peso vivo en las aves, destacando que suplementar con adecuados niveles de ácidos grasos tiene efectos positivos en el peso vivo y producción (Tarlton et al., 2013).

El estrés fisiológico asociado con disminución de la temperatura ambiental integrado con una reducción del consumo de alimento, implica que las aves generan un proceso adaptativo de hipotermia facultativa controlada, con una reducción en el metabolismo y

temperatura corporal del ave, escenario que favorece una disminución del peso corporal del ave, comportamiento observado en ambos grupos en las semanas de menor temperatura ambiental (Ben-Hamo et al., 2011; Berenjian et al., 2021).

Ingesta alimenticia

Las codornices del grupo emulsión tuvieron un consumo diario promedio de 31,6 g y en el caso del grupo control fue de 30,5 g, valores similares al rango reportado de 30-35 g en el estudio de Mahrose et al. (2022). Adicionar ácidos grasos esenciales y antioxidantes generan un aumento en el consumo promedio reportado en gallinas en postura (Vlaicu et al., 2021). Una mayor ingesta de alimento se vincula con un aumento en la conversión alimenticia por unidad de huevo con dietas desbalanceadas energéticamente (Serpa et al., 2023), estado no observado en el presente estudio, destacando el efecto positivo para disminuir la conversión alimenticia al aumentar el tenor de ingesta de energía metabolizable en condiciones de estrés térmico por frío.

Un estudio en codornices en la etapa de postura indica una relación energía-proteína dietaria de 15 Kcal EM/g PC (Agboola et al., 2016) con mayores resultados productivos de las aves y con mejores parámetros de conformación del huevo ($P < 0,05$). Estos valores fueron similares para el tratamiento control con 14,9 Kcal EM/g PC y de 15,2 Kcal EM/g PC para el tratamiento emulsión.

Producción de huevos

La codorniz es un ave eficiente convirtiendo el alimento ingerido en carne y huevo, con un desarrollo precoz y eficiente en la producción de huevo (Rosario y Nieves, 2015). Este comportamiento está correlacionado con la calidad nutricional de la dieta, destacando que desbalances generan una menor producción diaria y acumulada (Barreto et al., 2007).

Los días de menor postura de ambos grupos experimentales estuvieron asociados con el período de menor confort térmico, concordando con los resultados reportados por Santos et al. (2019), destacándose que el estrés por frío es perjudicial para las aves con un efecto detrimental en la producción de huevos. Este estado metabólico induce

respuestas fisiológicas de alta prioridad con requerimientos de energía adicional para mantener la temperatura corporal (Alagawany et al., 2017).

La incorporación de los ácidos grasos dietarios estimula un incremental en los parámetros de producción y calidad del huevo en postura, con mejoras en las características físicas y nutricionales (Ben-Hamo et al., 2011; Tarlton et al., 2013). Además, la utilización de aceites o aditivos en modalidad emulsión como fuentes de ácidos grasos esenciales omega 3 en la dieta no generan efectos negativos en los parámetros de postura en gallinas (Liu et al., 2003a; Liu et al., 2003b; Irawan et al., 2022), con reportes positivos en las características nutricionales por un mayor aporte de ácidos grasos esenciales en los huevos (Tarlton et al., 2013; Santos et al., 2019). Adicionar excesos de ácidos grasos en la dieta y/o una combinación inadecuada de ácidos grasos omega 3: omega 6 no generan beneficios en gallinas en postura (Tarlton et al., 2013).

Conversión alimenticia

El grupo control del ensayo presentó una mayor conversión alimenticia numéricamente ($P = 0,057$) con un mayor consumo de alimento, registrando un valor de 41,3 g MV/huevo, en contraste con 39,5 g MV/huevo del grupo emulsión. Se ha reportado que, en condiciones de confort térmico, el uso de emulsiones en la dieta para codornices en postura genera una disminución en la ingesta diaria de materia seca debido a una mayor concentración calórica de la dieta (Angulo et al., 1993; Vlaicu et al., 2021; Serpa et al., 2023). Si el ambiente favorece estados de estrés ambiental, la adición de emulsiones proporcionaría energía metabolizable para satisfacer el diferencial por la menor ingesta de energía y nutrientes del ave (Serpa et al., 2023).

Los ácidos grasos poliinsaturados n-3 (PUFA), incorporados en el grupo tratamiento emulsión, tienen efectos beneficiosos en la dieta de las personas, destacándose el efecto de los PUFA n-3 en la salud para la prevención de enfermedades cardiovasculares y enfermedades inflamatorias (Lee et al., 2021). El ácido docosahexaenoico (DHA) tiene efectos beneficiosos para las personas, en enfermedades como la hipertensión, la artritis, la aterosclerosis, la depresión, la diabetes mellitus del adulto, el infarto de miocardio, la trombosis y algunos cánceres (Kuratko et al., 2013; Mangano et al., 2013; Sun et al., 2018; Ghasemi et al., 2019; Lee et al., 2019; Lee et al., 2021; Li et al., 2021),

complementariamente, el DHA mantiene un rol vital en la estructura y función del cerebro y los ojos, en el desarrollo en las etapas fetales e infantiles, destacándose la necesidad de un suministro adecuado en la alimentación de las personas para una correcta programación fetal y desarrollo. El enriquecimiento de dietas con DHA en animales, como fue el caso del grupo emulsión, fue del orden de una ingesta de 45 mg DHA/codorniz/día, sin cuantificar el aporte del mismo ácido graso esencial por huevo.

La adición de una emulsión a la dieta de codornices en postura resultó en respuestas positivas en las variables zootécnicas de interés, como una mayor producción de huevos con una menor ingesta por unidad de producto (huevo), además de un aumento en el peso vivo por ave al finalizar el período experimental de 12 semanas en período invernal. Estos comportamientos fortalecen la estrategia de modificar la dieta para codornices en postura mediante la incorporación de ácidos grasos, como un mecanismo más eficiente para aumentar la concentración calórica, en contraste con aumentos de carbohidratos no estructurales en la dieta mediante granos de cereal (almidón).

Los resultados obtenidos respaldan la estrategia de aumentar el tenor energético de la dieta mediante lípidos como mecanismo para favorecer la termogénesis en condiciones de confort térmico invernal no controlado. Futuros estudios deben analizar el perfil de ácidos grasos y las características de dureza de la cáscara de los huevos, posterior a la incorporación de un suplemento en modalidad de emulsión aceite en agua, debido a los efectos positivos sobre las características organolépticas y nutricionales del producto final de la postura de codornices.

VII. CONCLUSIONES

1. Se observó un mayor peso vivo final en codornices suplementadas por 12 semanas con emulsión en la etapa de postura inicial en un ambiente invernal con una disminución entre 7-10 °C de la temperatura confort mínima.
2. Se observó una mayor ingesta diaria en codornices suplementadas por 12 semanas con emulsión en la etapa de postura inicial en un ambiente invernal con una disminución entre 7-10 °C de la temperatura confort mínima.
3. Se observó un mayor índice de postura en codornices suplementadas por 12 semanas con emulsión en la etapa de postura inicial en un ambiente invernal con una disminución entre 7-10 °C de la temperatura confort mínima.
4. Se registró una menor conversión alimenticia por huevo en codornices suplementadas por 12 semanas con emulsión en la etapa de postura inicial en un ambiente invernal con una disminución entre 7-10 °C de la temperatura confort mínima.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agboola, A., Omidwura, B., Ologbosere, D., & Iyayi, E. (2016). Determination of crude protein and metabolisable energy of Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*) during laying period. *Journal of World's Poultry Research*, 6(3), 131-138. [https://jwpr.science-line.com/attachments/article/38/J%20World%20Poult%20Res%206\(3\)%20131-138,%202016.pdf](https://jwpr.science-line.com/attachments/article/38/J%20World%20Poult%20Res%206(3)%20131-138,%202016.pdf).
2. Alagawany, M., Elnesr, S., Farag, M., Abd El-Hack, M., Khafaga, A., Taha, A., Tiwari, R., Yatoo, M., Bhatt, P., Khurana, S., & Dhama, K. (2019). Omega-3 and omega-6 fatty acids in poultry nutrition: effect on production performance and health. *Animals (Basel)*, 9(8), 573. <https://doi.org/10.3390/ani9080573>.
3. Alagawany, M., Farag, M., Abd El-Hack, M., & Patra, A. (2017). Heat stress: effects on productive and reproductive performance of quail. *World's Poultry Science Journal*, 73(4), 747-756. <https://doi.org/10.1017/S0043933917000782>.
4. Alfaro, R. (2014). *Efecto del uso de un emulsificante en la dieta sobre el comportamiento productivo de pollos de carne hasta los 21 días de edad* [Trabajo de titulación, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2426>.
5. Angulo, E., Brufau, J., Miquel, A., & Esteve-Garcia, E. (1993). Research Note: Effect of diet density and pelleting on productive parameters of Japanese Quail. *Poultry Science*, 72(3), 607-610. <https://doi.org/10.3382/ps.0720607>.
6. Bagh, J., Panigrahi, B., Panda, N., Pradhan, C., Mallik, B., Majhi, B., & Rout, S. (2016). Body weight, egg production, and egg quality traits of gray, brown, and white varieties of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) in coastal climatic condition of Odisha. *Veterinary World*, 9(8), 832-836. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.832-836>.
7. Barreto, S., Quirino, B., Brito, C., Umigi, R., de Araujo, M., Coimbra, J., Rojas, E., de Freitas, J., & Reis, R. (2007). Níveis de energia metabolizável para codornas japonesas na fase inicial de postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(1). <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000100010>.
8. Ben-Hamo, M., McCue, M. D., McWilliams, S., & Pinshow, B. (2011). Dietary fatty acid composition influences tissue lipid profiles and regulation of body temperature in

- Japanese quail. *Journal of Comparative Physiology B*, 181(6), 807-816. <https://doi.org/10.1007/s00360-011-0558-2>.
9. Berenjian, A., Sharifi, S., Mohammadi-Sangcheshmeh, A., & Bakhtiarizadeh, M. (2021). Omega-3 fatty acids reduce the negative effects of dexamethasone-induced physiological stress in laying hens by acting through the nutrient digestibility and gut morphometry. *Poultry Science*, 100(3), 100889. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.002>.
 10. Carbo, H. (2022). *Parámetros de producción en la crianza de codorniz (Coturnix coturnix japónica) en el Ecuador* [Trabajo de titulación, Universidad técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13374>.
 11. Carranza, Á., y Ortiz, J. (2019). *Aplicación del huevo de codorniz (Coturnix coturnix) como sustituto del huevo de gallina (Gallus gallus domesticus) en la pastelería* [Trabajo de titulación, Universidad de Guayaquil]. https://www.academia.edu/118394692/Aplicaci%C3%B3n_del_huevo_de_codorniz_coturnix_coturnix_como_sustituto_del_huevo_de_gallina_Gallus_gallus_domesticus_en_la_pasteler%C3%ADa.
 12. Cordero, R. (2012). *Modulo resumido codornices*. <https://repositorio.uned.ac.cr/handle/120809/530>.
 13. de Moura, A., da Trindade, R., Fonseca, J., Mendonça, A., y Hurtado, V. (2009). Efecto de diferentes niveles dietéticos de lisina total sobre la calidad del huevo de codornices japonesas (*Coturnix japonica*). In A. L. d. P. Animal (Ed.), *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 17(3-4), 67 - 75. <https://www.bioline.org.br/request?la09010>.
 14. Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. (2019). *InfoStat version 20159 Grupo InfoStat, FCA Argentina* Patent No. U. N. d. Córdoba. <http://www.infostat.com.ar>.
 15. Diego, N. (2017). *Efecto del sexo y de la granja de origen sobre la distancia de huida en codorniz de granja cinegética* [Trabajo de titulación, Universidad de Sevilla]. <https://idus.us.es/handle/11441/70608>.
 16. Donaldson, J., Madziva, M., & Erlwanger, K. (2017). The effects of high-fat diets composed of different animal and vegetable fat sources on the health status and tissue

- lipid profiles of male Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS)*, 30(5), 700-711. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0486>.
17. Furtado, D., Braz, J., Nascimento, J., Lopes Neto, J., & Oliveira, D. (2018). Production and quality of japanese quail eggs submitted to environments with different light spectrums. *Engenharia Agrícola*, 38(4), 504-509. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n4p504-509/2018>.
 18. Ghasemi, S., Wang, F., Sinclair, A., Elliott, G., & Turchini, G. (2019). How does high DHA fish oil affect health? A systematic review of evidence. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(11), 1684-1727. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1425978>.
 19. Grimaldos, D. (2020). *Guía para la producción de codornices y sus derivados* [Trabajo de titulación, Universidad cooperativa de Colombia]. <https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/d83b82ff-10d0-4711-b46f-6ae9b9d63e0f>.
 20. Irawan, A., Ningsih, N., Hafizuddin, Rusli, R., Suprayogi, W., Akhirini, N., Hadi, R., Setyono, W., & Jayanegara, A. (2022). Supplementary n-3 fatty acids sources on performance and formation of omega-3 in egg of laying hens: a meta-analysis. *Poultry Science*, 101(1). <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101566>.
 21. Kuratko, C., Barrett, E., Nelson, E., & Salem, N. (2013). The relationship of docosahexaenoic acid (DHA) with learning and behavior in healthy children: A review. *Nutrients*, 5(7), 2777-2810. <https://doi.org/10.3390/nu5072777>.
 22. Lázaro, R., Serrano, M., y Capdevilla, J. (2005). Nutrición y Alimentación de avicultura complementaria: codornices. In P. García, C. de Blas, & G. González (Eds.), *Avances en nutrición y alimentación animal* (pp. 369-408). https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/24_05_18_CAP_XV.pdf.
 23. Lee, J., Notay, K., Klingel, S., Chabowski, A., Mutch, D., & Millar, P. (2019). Docosahexaenoic acid reduces resting blood pressure but increases muscle sympathetic outflow compared with eicosapentaenoic acid in healthy men and women.

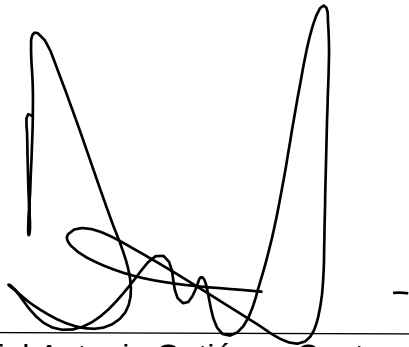
- American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology*, 316(4), H873-H881. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00677.2018>.
24. Lee, S., Kim, Y., Kim, D., Lee, D., Lee, H., Jha, R., & Lee, K. (2021). Dietary soluble flaxseed oils as a source of omega-3 polyunsaturated fatty acids for laying hens. *Poultry Science*, 100(8). <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101276>.
 25. Li, J., Pora, B., Dong, K., & Hasjim, J. (2021). Health benefits of docosahexaenoic acid and its bioavailability: A review. *Food Science & Nutrition*, 9(9), 5229-5243. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2299>.
 26. Liu, D., Veit, H., Wilson, J., & Denbow, D. (2003a). Long-term supplementation of various dietary lipids alters bone mineral content, mechanical properties and histological characteristics of Japanese quail. *Poultry Science*, 82(5), 831-839. <https://doi.org/10.1093/ps/82.5.831>.
 27. Liu, D., Veit, H., Wilson, J., & Denbow, D. (2003b). Maternal dietary lipids alter bone chemical composition, mechanical properties, and histological characteristics of progeny of Japanese quail. *Poultry Science*, 82(3), 463-473. <https://doi.org/10.1093/ps/82.3.463>.
 28. Mahrose, K., Abol-Ela, S., Amin, R., & Abou-Kassem, D. (2022). Restricted feeding could enhance feed conversion ratio and egg quality of laying Japanese quail kept under different stocking densities. *Animal Biotechnology*, 33(1), 141-149. <https://doi.org/10.1080/10495398.2020.1810059>.
 29. Mangano, K., Sahni, S., Kerstetter, J., Kenny, A., & Hannan, M. (2013). Polyunsaturated fatty acids and their relation with bone and muscle health in adults. *Curr Osteoporos Rep*, 11(3), 203-212. <https://doi.org/10.1007/s11914-013-0149-0>.
 30. Molino, A., Garcia, E., Santos, G., Vieira Filho, J., Baldo, G., & Almeida Paz, I. (2015). Photostimulation of Japanese quail. *Poultry Science*, 94(2), 156-161. <https://doi.org/10.3382/ps/peu039>.
 31. Morris, T. (1998). *Experimental Design and Analysis in Animal Sciences*. CABI Publishing. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/book/10.1079/9780851993492.0000>.

32. Quishpe, G. (2006). *Factores que afectan el consumo de alimento en pollos de engorde y postura* [Trabajo de titulación, Universidad Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/items/e9e05a2f-fb23-412e-ba7f-82ce2d406310>.
33. Rosario, J., y Nieves, D. (2015). Producción y calidad de huevos de codornices alimentadas con dietas con harina de residuos aserrados de carnicerías. *Revista Científica*, 25(2), 139-144. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95935857008>.
34. Saleh, A., Amber, K., Mousa, M., Nada, A., Awad, W., Dawood, M., El-Moneim, A., Ebeid, T., & Abdel-Daim, M. (2020). A mixture of exogenous emulsifiers increased the acceptance of broilers to low energy diets: growth performance, blood chemistry, and fatty acids traits. *Animals (Basel)*, 10(3), 1-15. <https://doi.org/10.3390/ani10030437>.
35. Santos, T., Gates, R., Tinôco, I., Zolnier, S., & Baêta, F. (2017). Behavior of Japanese quail in different air velocities and air temperatures. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(5), 344-354. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000500008>.
36. Santos, T., Gates, R., Tinôco, I., Zolnier, S., Rocha, K., & Freitas, L. (2019). Productive performance and surface temperatures of Japanese quail exposed to different environment conditions at start of lay. *Poultry Science*, 98(7), 2830-2839. <https://doi.org/10.3382/ps/pez068>.
37. Serpa, F., Garcia, R., de Castro, M., Komiyama, C., Valentim, J., de Castilho, V., Flora, D., Przybulinski, B., Cardoso, C., Caldara, F., & de Goes, R. (2023). Lipid sources and emulsifiers in Japanese quail diets as modulators of performance, egg quality and yolk fatty acid profile. *Animal Science Papers and Reports*, 41(3), 261-280. <https://doi.org/10.2478/aspr-2023-0011>.
38. Silva, J., Jordão Filho, J., Costa, F., Lacerda, P., Vargas, D., & Lima, M. (2012). Exigências nutricionais de codornas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13(3), 775-790. <https://www.scielo.br/j/rbspa/a/kJDrVVLb6cMr7p6hskmZKzj/?format=pdf&lang=p>.
39. Sun, G., Simonyi, A., Fritsche, K., Chuang, D., Hannink, M., Gu, Z., Greenlief, C., Yao, J., Lee, J., & Beversdorf, D. (2018). Docosahexaenoic acid (DHA): An essential nutrient and a nutraceutical for brain health and diseases. *Prostaglandins, Leukot Essent Fatty Acids*, 136, 3-13. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2017.03.006>.

40. Tarlton, J., Wilkins, L., Toscano, M., Avery, N., & Knott, L. (2013). Reduced bone breakage and increased bone strength in free range laying hens fed omega-3 polyunsaturated fatty acid supplemented diets. *Bone*, 52(2), 578-586. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2012.11.003>.
41. Vargas, D., Galíndez, R., De Basilio, V., y Martínez, G. (2009). Edad al primer huevo en codorniz japonesa (*coturnix coturnix japonica*) bajo condiciones experimentales. *Revista Científica*, 19(2), 181-186. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592009000200012&nrm=iso.
42. Vásquez, R., y Ballesteros, H. (2008). *La cría de codornices (Coturnicultura)*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13273>.
43. Vlaicu, P., Panaite, T., & Turcu, R. (2021). Enriching laying hens eggs by feeding diets with different fatty acid composition and antioxidants. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00343-1>.

IX. DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro que el trabajo presentado es personal e inédito, que cada una de las citas bibliográficas son correctas y están debidamente reconocidas, que no contiene copias totales ni parciales de otros investigadores excepto citas aceptadas como trabajos científicos, que no afectan los derechos de autor y que se mantiene dentro del marco ético de trabajos científicos de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Concepción.

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and curves, positioned above a horizontal line.

Daniel Antonio Gutiérrez Contreras

X. APÉNDICE



UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
Facultad de Ciencias Veterinarias
Comité de Bioética

CERTIFICADO

CBE-19-23

Chillán, 05 de Julio 2023

Sr.

Daniel Gutierrez.

PRESENTE

De nuestra consideración,

Le informamos que el Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Concepción, ha revisado los protocolos de experimentación animal incluidos en su proyecto titulado *“Evaluación de una emulsión en postura inicial de codornices japonesas (Coturnix coturnix japónica) en ambiente productivo no controlado en temporada invernal”* y se ha determinado que los procedimientos descritos están de acuerdo con los estándares bioéticos de la Facultad de Ciencias Veterinarias. El Comité se reserva el derecho de comprobar que los protocolos se cumplen durante la ejecución del proyecto.

Le saluda atentamente,

Dr. Jorge Avila S.
CBE

Facultad de Ciencias Veterinarias
Universidad de Concepción

CC - Archivo

Figura 2. Certificado de Comité de Bioética de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Concepción (CB 19-2023) para el desarrollo del presente estudio.