



Requerimientos nutricionales del guajolote doméstico (*Meleagris gallopavo*): una revisión

Nutritional requirements of domestic turkey (*Meleagris gallopavo*): a review

Alejandro Vargas-Cornejo¹, Leodan Tadeo Rodríguez-Ortega*¹,
Alejandro Rodríguez-Ortega¹, Elba Ronquillo de Jesús¹

RESUMEN

El guajolote (*Meleagris gallopavo*), es un ave doméstica, que ha sido aprovechada por su capacidad forrajera y rendimiento productivo, la carne representa ser una proteína de alto valor nutricional y el huevo ofrece una composición óptima de aminoácidos y ácidos grasos omega seis y omega tres, benéficos para la dieta humana. La crianza de esta especie es conocida como meleagricultura, es una actividad adecuada para practicarse por pequeños productores. Su producción se adapta al sistema de producción intensivo, semi extensivos y extensivo. El objetivo de esta revisión fue sintetizar y analizar la literatura sobre las etapas fisiológicas del guajolote y las raciones alimenticias ofrecidas en investigaciones realizadas en distintos países. Esto permitió identificar los requerimientos nutricionales esenciales en cada etapa de producción. A pesar de la rusticidad del guajolote, resistencia a enfermedades, instinto omnívoro y forrajero, persiste la escasez de investigación nutricional adaptada a las diversas zonas geográficas y sistemas de producción. En base a lo anterior, se requiere realizar investigaciones que diluciden los insumos más apropiados para la alimentación de esta especie.

Palabras clave: etapas fisiológicas, guajolote, nutrición

ABSTRACT

Domestic turkeys (*Meleagris gallopavo*) are valued for their foraging ability and productive yield. Its meat offers high nutritional value, and its eggs provide an optimal composition of amino acids and beneficial omega-3 and omega-6 fatty acids for human diets. Turkey farming, known as meleagriculture, is a suitable activity for small-scale producers, adapting well to intensive, semi-extensive, and extensive production systems. The objective of this review was to synthesize and analyze the literature on the physiological stages of turkeys and the feed ratios used in research conducted across different countries. This allowed the identification of the essential nutritional requirements at each production stage. Despite the robustness, disease resistance, omnivorousness, and foraging instincts of turkeys, there is a persistent lack of nutritional research adapted to diverse geographical zones and production systems. Further research is needed to elucidate the most appropriate feed inputs for this species.

Keywords: physiological stages, turkey, nutrition

*Autor para correspondencia: ltrodriguez@upfim.edu.mx

Fecha de aceptación: 21 de julio de 2025

Fecha de recepción: 1 de mayo de 2025

Fecha de publicación: 28 de agosto de 2025

¹Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Francisco I. Madero, Hidalgo, México.

INTRODUCCIÓN

El guajolote (*Meleagris gallopavo*), es un ave que ha sido aprovechada tradicionalmente por su actividad diurna, capacidad forrajera y buen rendimiento productivo. Su carne puede considerarse un alimento funcional a causa del aporte proteico y de ácidos grasos omega seis y omega tres, benéficos para la dieta humana (Al-Shadeedi, 2020). En México, la producción de estas aves se remonta a la época precolombina, en donde la cultura azteca y maya la domesticaron (Rodríguez Licea et al., 2021). Actualmente, la crianza de esta especie, conocida como meleagricultura, representa un sustento para familias en áreas rurales y conurbadas, que naturalmente operan con recursos limitados (alojamiento, equipo y manejo). Su propósito principal es la producción de carne, valorada para la elaboración de platillos regionales en festividades decembrinas (Paramasivam et al., 2012).

Perezgrovas Garza et al. (2020) describen diversos sistemas de producción del guajolote con diferencias en las características de su alimentación. Los individuos en confinamiento son alimentados *ad libitum* y cuentan con espacio por animal delimitado. En cambio, el sistema semi extensivo consiste en pastoreo diurno, que inicia desde horas tempranas y por las tardes se complementa la oferta alimenticia. Por otro lado, las aves en extensivo, se alimentan en pastizales, de los cuales aprovechan el forraje verde y tierno para satisfacer sus necesidades nutricionales.

A pesar de la importancia y versatilidad de la especie, existe escasez de literatura sobre los requerimientos nutricionales del guajolote. A través de los años, las recomendaciones se han basado en las necesidades de otras aves de corral, sin embargo, no es lo apropiado debido a que el guajolote presenta diferencias en tamaño, desarrollo corporal y necesidades nutricionales, con respecto a otras aves de granja. En virtud de lo expuesto, el objetivo de esta revisión sintetizar la información disponible sobre las etapas fisiológicas y las formulaciones dietéticas empleadas en estudios internacionales.

DESARROLLO DEL TEMA

Requerimiento de nutrientes

En la meleagricultura, existen diferencias en la tasa de ganancia de peso y conformación de carcasa en estirpes comerciales y razas locales de guajolotes, por lo que se sugiere que las variedades de pavos en el mundo, responden de manera distinta a los niveles de nutrientes (Akinsuyi, 2023). Es por eso que se propone realizar investigaciones para definir los requerimientos nutricionales en los distintos linajes existentes.

Las etapas fisiológicas (mantenimiento, reproducción, producción de huevos y/o carne), requieren de diferentes niveles de energía, proteína, minerales y vitaminas. Estos requerimientos se ven afectados por factores intrínsecos (genética, sexo, tipo y etapa productiva) y extrínsecos (medio ambiente, estrés, condiciones de crianza). Por lo que es necesario que la consideración integral de todos los nutrientes de la ración alimenticia sea un punto importante en la nutrición de esta especie, debido a que regula la productividad en crecimiento y calidad de canal (Akinsuyi, 2023).

Etapas de la crianza y requerimiento nutricional

Las etapas fisiológicas en la producción del guajolote comprenden: inicio (desde el día de eclosión a la cuarta semana de edad), desarrollo (fase uno; a partir de la semana cuatro a ocho de vida; fase

dos; semana ocho a doce de edad), crecimiento (semana doce a dieciséis de vida), finalización (fase uno; semana dieciséis a veinte de edad; fase dos; de la semana veinte a veinticuatro de vida), reproductores (a partir de la semana veinticinco de edad) (Camacho Escobar et al., 2020; National Research Council, 1994). Las necesidades nutricionales expresadas en las tablas del National Research Council (1994), se expresan como concentraciones en el alimento, de esta manera se asegura la ingesta total y adecuada, procurando el balance de nutrientes necesario. Una ración alimenticia, que contenga concentraciones de nutrientes inferiores a los requerimientos, impide el desarrollo adecuado del ave. Por el contrario, una mayor concentración de nutrientes garantiza la suficiencia, sin embargo, no será rentable.

La importancia del tamaño de partícula en nutrición avícola, es un factor de interés, que va más allá de la digestión de nutrientes. Se ha demostrado que una partícula de alimento adecuada (migaja), además de beneficiar la digestión, reduce el desperdicio de alimento e impacta en el comportamiento del pavo. Administrar alimento en pellets o con partículas más gruesas, propicia que el tiempo de consumo sea más prolongado. Esto puede ser benéfico para desviar la atención de las aves y evitar actividades indeseables como el síndrome de picaje a causa del estrés (Marchewka et al., 2013). En este sentido, investigaciones recientes aluden que un tamaño de partícula mayor, estimula el desarrollo del tracto gastrointestinal, al mejorar la digestibilidad de los nutrientes y el rendimiento productivo. Al prolongar el tiempo de ingestión y satisfacer la necesidad natural de forrajeo de las aves, contribuye a la reducción del nivel de estrés y previene la aparición de estereotipias (picaje de plumas y canibalismo) (Tejeda & Kim, 2021).

Al comparar el manejo alimenticio de guajolotes en sistema tradicional con el industrial, Camacho Escobar et al. (2020), encontraron similitudes en las etapas de crianza, necesidades nutricionales, edad para realizar los cambios en la dieta y textura del alimento según la etapa fisiológica o productiva. Lo que indica que existe un conocimiento empírico en el sistema de producción tradicional, debido a lo anterior posiblemente este sistema ha logrado contribuir al bienestar familiar incentivando la seguridad alimentaria y disponibilidad de recursos económicos (Romero López, 2021). Los requerimientos nutricionales por grupo de edad se reportan en la Tabla 1, los cuales a su vez se describen a detalle a continuación.

■ Tabla 1. Requerimientos nutricionales de guajolotes como porcentaje o unidades por kilogramo de dieta (90 por ciento de materia seca).

Etapa Productiva	Crecimiento de guajolotes; machos y hembras						Reproductores	
	Inicio	Desarrollo (Fase uno)	Desarrollo (Fase dos)	Crecimiento	Finalización (Fase uno)	Finalización (Fase uno)	Mantenimiento	Hembras ponedoras
Machos: Edad (semanas)	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24	A partir de las 25 semanas	
Hembras: Edad (semanas)	0-4	4-8	8-11	11-14	14-17	17-20		A partir de las 25 semanas
Nutriente (unidad)								
Energía metabolizable/kg dieta (kcal)	2800	2900	3000	3100	3200	3300	2900	2900

Proteínas y aminoácidos (%)								
Proteína	28	26	22	19	16.5	14	12	14
Arginina	1.6	1.4	1.1	0.9	0.75	0.6	0.5	0.6
Glicina+serina	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.5
Histidina	0.58	0.5	0.4	0.3	0.25	0.2	0.2	0.3
Isoleucina	1.1	1.0	0.8	0.6	0.5	0.45	0.4	0.5
Leucina	1.9	1.75	1.5	1.25	1.0	0.8	0.5	0.5
Lisina	1.6	1.5	1.3	1.0	0.8	0.65	0.5	0.6
Metionina	0.55	0.45	0.4	0.35	0.25	0.25	0.2	0.2
Metionina+cistina	1.05	0.95	0.8	0.65	0.55	0.45	0.4	0.4
Fenilalanina	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.55
Fenilalanina+tirosina	1.8	1.6	1.2	1.0	0.9	0.9	0.8	1.0
Treonina	1.0	0.95	0.8	0.75	0.6	0.5	0.4	0.45
Triptófano	0.26	0.24	0.2	0.18	0.15	0.13	0.1	0.13
Valina	1.2	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.58
Grasa (%)								
Ácido linoleico	1.0	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.1
Macrominerales (%)								
Calcio	1.2	1.0	0.85	0.75	0.65	0.55	0.5	2.25
Fósforo no fitato	0.6	0.5	0.42	0.38	0.32	0.28	0.25	0.35
Potasio	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.6
Sodio	0.17	0.15	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Cloro	0.15	0.14	0.14	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Magnesio (mg)	500	500	500	500	500	500	500	500
Minerales traza (mg)								
Manganeso	60	60	60	60	60	60	60	60
Zinc	70	65	50	40	40	40	40	65
Hierro	80	60	60	60	50	50	50	60
Cobre	8	8	6	6	6	6	6	8
Yodo	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Selenio	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Vitaminas liposolubles								
A (IU)	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
D3 (ICU)	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
E (IU)	12	12	10	10	10	10	10	25
K (mg)	1.75	1.5	1.0	0.75	0.75	0.50	0.5	1.0
Vitaminas hidrosolubles (mg)								
B12	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Biotina	0.25	0.2	0.125	0.125	0.100	0.100	0.100	0.20

Colina	1600	1400	1100	1100	950	800	800	1100
Folacina	1.0	1.0	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	1.0
Niacina	60.0	60.0	50.0	50.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Acido pantoténico	10.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	16.0
Piridoxina	4.5	4.5	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	4.0
Riboflavina	4.0	3.6	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	4.0
Tiamina	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

Adaptado de National Research Council, (1994); Camacho Escobar et al., (2020).

Fase de inicio (día cero de vida hasta la cuarta semana de edad)

Inicialmente el National Research Council (1994), indica un requerimiento de proteína cruda del 28% y en la parte energética, necesitan de la inclusión de 2800 kcal, por cada kilogramo de dieta, cifras contenidas en el 90% de materia seca (MS). Un nivel inferior a este, puede disminuir el crecimiento inicial.

De acuerdo a la investigación de Ross et al. (2019), la razón por la cual debe existir un contenido alto de proteína en esta etapa, es que los pavos recién nacidos sufren de un déficit proteico al nacer, a causa de que este nutriente es degradado en aminoácidos y empleado como fuente precursora de energía para realizar movimientos embrionarios en incubación, respiración externa al eclosionar y desarrollo corporal. Este proceso es conocido como gluconeogénesis, y tiene por objetivo incrementar el bajo contenido de carbohidratos del huevo, a partir de la síntesis de glucosa desde fuentes de carbono (lactato, aminoácidos y glicerol). En complemento de lo anterior, Shibata et al. (2023), mencionan que en el desarrollo embrionario existe un nivel hiperglucémico en sangre del producto, y se acentúa conforme se acerca la eclosión. Esta condición fisiológica tiene su fundamento en el ciclo de cori; que ocurre en periodos de ayuno prolongado y ejercicio extenuante en mamíferos y humanos. En cambio, en aves sucede en dos estadios, el primero en etapas tempranas de incubación, en donde la hipoxia provoca niveles altos de lactato en la membrana del saco vitelino. El segundo, es durante la eclosión; debido a la intensa actividad muscular del polluelo para romper el cascarón. En ambos casos existe condición de anaerobiosis, dando lugar a lactato; este es absorbido por el torrente sanguíneo y desplazado al hígado para convertirse en glucosa por gluconeogénesis. La glucosa originada es secretada al torrente sanguíneo desde el hígado y saco vitelino, posteriormente se absorbe en células musculares para su utilización en actividades de vitalidad, motricidad del embrión y recién nacido. Posteriormente a su oxidación al conjuntarse con el glucógeno almacenado en los hepatocitos y la enzima glucosa 6 fosfatasa, se origina piruvato a través de glicólisis efectuada en el citoplasma (Stryer et al., 2013). Estos fundamentos bioquímicos refuerzan las altas demandas de proteína y energía señaladas por el National Research Council (1994), para esta fase inicial.

En la investigación de Kop-Bozbay & Ocak (2022), se observó que la alimentación retrasada en las primeras 48 horas de vida, sin la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada (BCAA) (valina, leucina, isoleucina); comprometió significativamente la capacidad de los polluelos para cubrir sus requerimientos nutricionales esenciales de energía y proteína. Lo anterior generó una disminución del peso corporal, consumo de alimento y retraso en el desarrollo de fibras musculares. En cambio, la administración de BCAA, para lograr la nutrición temprana, ya sea por inyección en el amnios del huevo al día 22 de incubación o mediante la dieta inicial (Peebles, 2018), demostró

ser efectiva para satisfacer estos requerimientos críticos, lo que dio como resultado, un mejor desarrollo. Esto evidencia, que más allá de disponer nutrientes clave (energía, proteína) a través de la dieta, la prontitud de administrar la ración alimenticia juega un papel importante para mejorar el desarrollo de los polluelos.

Es importante señalar que, aunque el National Research Council (1994), proporciona las bases nutricionales, la investigación en otras aves de corral pudiera ofrecer alguna perspectiva de interés. Es el caso de los pollos de engorda, que en dietas por debajo del 16% de proteína cruda y 3000 kcal de EM/kg, han demostrado reducir la resistencia ósea y tendinosa, por lo tanto, se sugiere que la dieta inicial de aves de corral no debe formularse con menos de 17% de proteína cruda y 3000 kcal de EM/kg, de esta manera se podrían evitar casos de osteodisplasia a causa del desbalance nutricional ofertado (Rodríguez-Ortega et al., 2022). Aunque estos valores difieren a los mencionados por el National Research Council (1994), para guajolotes a causa del mayor tamaño y tasa de crecimiento, se requieren de concentraciones elevadas (proteína cruda del 28% y 2800 kcal en la parte energética).

En resumen, es importante proveer a los recién nacidos niveles adecuados de proteína y aminoácidos de alta calidad en la dieta, inmediatamente después de la eclosión, para conseguir un adecuado funcionamiento corporal, proliferación de miocitos y en un futuro próximo, adecuada producción de carne.

Fase de desarrollo uno (semana cuatro a ocho de vida)

Para esta etapa el National Research Council (1994), determina necesario el 26% de proteína cruda, 2900 kcal de energía.

En este contexto, en la investigación de Adebowale et al. (2019), se estudió la mejora de estos requerimientos al alimentar a tres grupos de guajolotes machos de la línea BUT de cuatro semanas de edad. Estos animales recibieron dietas comerciales a base de maíz y harina de soya, formuladas para cubrir los requerimientos nutricionales del National Research Council (1994), para los polluelos de guajolote. Se compararon tres niveles de inclusión de niacina (vitamina B3): 0 mg/kg, 60 mg/kg y 180 mg/kg. En el estudio se encontró que el incremento de la ganancia de peso estaba relacionado con el aumento de la inclusión de niacina, lo que sugiere que este compuesto es esencial para la ganancia de peso de la especie. El consumo de alimento, se observó disminuido al incluir niacina en la dieta a una dosis recomendada de 60 mg/kg; mientras que la conversión alimenticia y la ganancia de peso mejoraron con la inclusión de niacina a una dosis alta de 180 mg/kg, lo que sugiere que el compuesto estudiado es esencial para el crecimiento de la especie. De esta manera, puede mencionarse que aunque el National Research Council (1994), proporcione las bases nutricionales, el optimizar micronutrientes (niacina), regula la eficiencia de la producción del guajolote, debido a que la suplementación con vitaminas específicas puede potenciar el aprovechamiento de nutrientes presentes en la dieta de esta fase.

El mejor aprovechamiento de la energía y proteína presentes en dieta, así como la digestibilidad de la fibra, es un objetivo constante en la nutrición avícola. Por lo que Oke et al. (2017), investigaron el impacto de la inclusión de brotes de sorgo malteado (MSP), un subproducto de la industria cervecera y el efecto de suplementaciones con enzimas (endo-1, 4-xilanas (EC 3.2.1.8), endo-1, 3(4)-b glucanasa (EC 3.2.1.6) y endo-1, 4-b-glucanasa (EC 3.2.1.4) de (*Trichoderma reesei*) y levadura

de industria panadera (*Saccharomyces cerevisiae*) en guajolotes. Se observó que el MSP, debido a su naturaleza fibrosa y la presencia de anti nutrientes como ácido cianhídrico y taninos (inhibidores enzimáticos), disminuyó el consumo de alimento, la ganancia de peso y de digestibilidad, al reducirse la capacidad de las aves de aprovechar la energía y proteína del alimento. En contraste, los grupos suplementados con enzimas, mostraron una mejora en la conversión alimenticia y digestibilidad de proteína, lo que significó una mayor ganancia de peso. Esto indica que las enzimas, pueden mitigar los efectos negativos de baja o alta calidad de fibra, al permitir que las aves extraigan los nutrientes esenciales de la dieta y se aproximen a los requerimientos óptimos de proteína y energía a pesar de la presencia de factores limitantes.

En resumen, la consideración de requerimientos nutricionales como indica el National Research Council (1994), en esta etapa, son adecuados para la crianza de esta especie, sin embargo sería importante considerar la interacción de micronutrientes y aditivos, al mismo tiempo de adicionar levadura de industria panadera (*Saccharomyces cerevisiae*) e inclusión de enzimas que provengan del hongo (*Trichoderma reesei*), esto traería como beneficios: mejora de conversión alimenticia, digestibilidad de fibra, incremento de conversión alimenticia, ganancia diaria de peso y disminución de consumo de alimento. No obstante, la alimentación de guajolotes con subproductos de industria cervecera debe tomarse con cautela, debido a la concentración de taninos y factores nocivos. Se reitera la necesidad de evaluar insumos locales accesibles y asegurar su aporte nutricional, para cubrir las necesidades de energía y proteína del guajolote.

Fase de desarrollo dos (semana ocho a doce de edad)

Lo que sustenta el National Research Council (1994), es necesario un aporte proteico de 22% y 3000 kcal de energía. Estos requerimientos son fundamentales para incentivar el crecimiento óseo y muscular acorde a la edad.

El mejoramiento de la digestibilidad y aprovechamiento de nutrientes (proteína y energía) basándose en el National Research Council (1994), sigue siendo un tema de interés. En la investigación de Oke et al. (2017), se demostró que la suplementación enzimática en la dieta mejoró la conversión alimenticia y se logró disminuir en el consumo de alimento, de esta manera, se evidenció mayor eficiencia en la absorción de nutrientes. Esto sugiere que las enzimas permiten a las aves aprovechar eficazmente los nutrientes esenciales presentes, contribuyendo a satisfacer los requerimientos del National Research Council (1994) de mejor manera.

En complemento de lo anterior, Piscocoya et al. (2021), evaluaron el impacto de las sales minerales orgánicas y nucleótidos sobre la ganancia de peso vivo en 90 pavos machos de línea Hybrad. A partir de la semana nueve de edad, se obtuvieron las mejores ganancias de peso (expresadas en kg) en los tratamientos tres= 4.39; seis= 4,27 kg, y cuatro= 4.23 y 4.21 kg; mientras que, en la décima semana, la mayor ganancia de peso (kg) se presentó en el tratamiento tres= 5.95 kg y seis= 5.71 kg. De igual manera en la semana once de edad, los mismos tratamientos presentaron mayores ganancias de peso; obteniendo los siguientes valores: tratamiento tres= 7.49 kg y seis= 7.18 kg. En base a lo encontrado, el tratamiento tres (0.5% de sales orgánicas; 0% de nucleótidos), en conjunto del tratamiento seis (1% de sales orgánicas; 0.5% de nucleótidos); evidenciaron una mejor ganancia de peso en pavos en fase de crecimiento. Lo anterior sugiere que los minerales en la alimentación de aves de corral y en específico en guajolotes, se comportan como cofactores, activando a las enzimas que son proteínas reguladoras del metabolismo, mejorando la eficiencia

metabólica de los nutrientes. Por su parte, los nucleótidos demostraron un efecto promotor de crecimiento; basado en la protección intestinal, principalmente en la microbiota; favoreciendo el desarrollo de las vellosidades intestinales, lo que incentiva la absorción de nutrientes, incluida la energía y fracción proteica, para la promoción del desarrollo general del ave. Cañada Lugo et al. (2021), mencionan que los nucleótidos son compuestos intracelulares contenidos en algunas plantas y en alimentos de origen animal, se conforman de una base nitrogenada, un azúcar y grupos fosfatos. Estas composiciones tienen participación en la conformación de ácidos nucleicos, como fuente de energía, coenzimas y reguladores fisiológicos, teniendo impacto en el comportamiento productivo y la salud de los animales en especies monogástricas (cerdos y aves). Adicional a lo descrito, Gamboa-Delgado et al. (2022), mencionan que son sustancias que estimulan las células olfativas y gustativas, por lo que son consideradas agentes mejoradores de sabor, lo que aumenta la palatabilidad de los productos alimenticios. Sin embargo, los animales terrestres, al igual que humanos, no son capaces de tolerar altos niveles de nucleótidos dietarios, debido a que incrementan la presencia de ácido úrico, por tanto, debería tomarse con reserva el uso de estos compuestos en la alimentación de aves de corral.

En resumen, la inclusión de levaduras y enzimas mejora la conversión alimenticia y disminuye la ingesta de alimento, mientras que la inclusión de minerales orgánicos optimiza la eficiencia nutrimental y el uso racionado de nucleótidos, además de mejorar la palatabilidad de la dieta, promueven el crecimiento, basando este efecto en la protección de microbiota intestinal, mejor desarrollo de vellosidades luminales, traduciéndose en una mejora del aprovechamiento de la dieta para cubrir los requerimientos de proteína, energía y otros nutrientes esenciales del National Research Council (1994).

Fase de crecimiento (semana 12 a 16 de edad).

Con base en la literatura del National Research Council (1994), se menciona que, por cada kilogramo de dieta ofrecida, se requiere de 19% de proteína cruda y en la parte energética, necesitan de la inclusión de 3100 kcal. Estas concentraciones buscan sostener un desarrollo continuo, donde la formación de masa muscular y ósea siguen siendo prioritarias (ver Tabla 1).

Sin embargo, la búsqueda de insumos que satisfagan estos requerimientos a bajo costo, puede representar un problema si solo se evalúa el peso corporal. Mikulski et al. (2012), evaluaron el efecto de cuatro niveles dietéticos (0, 60, 120, 180 gramos/kilogramo) de harina de colza (RSM) también conocida como canola, un subproducto de (*Brassica napus*). Este producto fue adicionado a una dieta base, encontrándose que el peso corporal y mortalidad de pavos alimentados con dietas que contenían RSM, no mostraron diferencias significativas, comparando los niveles dietéticos al grupo control. Por lo que en la pesquisa se concluyó que el uso de RSM hasta una cantidad de 180 g/kg, no tuvo efecto sobre el peso corporal, masa muscular y contenido de grasa. Sin embargo, se menciona que la inclusión desde cantidades mínimas (60 g/kg) provocó una disminución del nivel de contenidos séricos (triyodotironina libre) (T3) en el torrente sanguíneo; Pacheco Coello y Nieto (2024), indican que esta hormona, al igual de la tiroxina (T4) son de origen tiroideo, son necesarias para llevar a cabo los procesos vitales. Estas hormonas son detectadas por la hipófisis y en niveles séricos adecuados, regulan la producción de la Hormona Estimulante (TSH), que tiene incidencia en la estimulación de la glándula tiroides para producir nuevamente T3 y T4. Estas hormonas regulan el crecimiento, desarrollo, actividad cardiaca, presión arterial y modo de utilización de energía y proteína. En el caso de una disminución de T3, se originará hipotiroidismo, caracterizado

por un lento crecimiento corporal, lo que podría relacionarse a la nula diferencia de peso de canales que recibieron diferentes niveles de inclusión de RSM. Esto pone de manifiesto que la satisfacción de los requerimientos de proteína y energía, va más allá de la ganancia de peso y exige considerarse la calidad de los insumos y su impacto en la fisiología animal.

Además del crecimiento, Strasburg y Chiang (2009), mencionan que la secreción deficiente de T4, se asocia a la inclusión de RSM en la dieta; retrasa la cocción de la carne y la funcionalidad de las proteínas, por lo que se considera que afecta la calidad de la carne de guajolotes, al ver las diferencias significativas del peso de la molleja, más alto en el grupo del tratamiento de 180 g/kg de RSM, posiblemente se deba a una hipertrofia muscular por un mayor gasto de este órgano para reducir de tamaño las partículas de la dieta y facilitar la degradación de fibra no digestible de este insumo (Svihus, 2011).

De manera preliminar, la dieta de guajolotes para esta etapa se propone sea considerando los requerimientos nutricionales del NRC, con una evaluación crítica de las fuentes de energéticas y proteicas. Se propone la sustitución de harina de colza por otra fuente proteica más segura o posiblemente haciendo uso de brassicáceas en un estado vegetativo de fácil digestión, además de considerar insumos de fácil acceso en la región o en su defecto esquilmos de cocina que pudieran enriquecer la nutrición, siempre y cuando se conozcan los aportes nutricionales de los insumos.

Fase de finalización uno (semana 16 a 20 de edad).

En la información del National Research Council (1994), se determina una necesidad proteica de 16.5% y necesitan de la inclusión de 3200 kcal en la parte energética. De esta manera, se busca continuar el crecimiento de las aves y la deposición de carne.

En este tenor, la investigación de Arslan y Cetin (2023), incluyó los requerimientos nutricionales para esta etapa, y evaluó el efecto de diferentes sistemas de crianza en 123 pavos americanos de la raza bronceado americano. Posteriormente a diez semanas de crianza, se dividieron en tres grupos experimentales. Intensivo o grupo control (alimentado solamente con concentrado a libre acceso), semi intensivo (con oferta del 75% de concentrado además de pastoreo) y extensivo (su alimentación se vio completada con el 50% de concentrado y acceso a pastoreo). Los grupos semi intensivo y extensivo tuvieron acceso al pastoreo en horario de las nueve de la mañana a las cinco de la tarde. Entre las semanas 17 y 18, el grupo semi intensivo mostró los mayores pesos vivos (machos 3.20 kg y hembras 2.52 kg) y las mayores ganancias de peso semanales (526.68 g) y diarias (37.6 g). Este grupo también presentó la mejor conversión alimenticia (3.86), seguido por el extensivo (4.28) y el intensivo (4.22). Como era de esperar, el consumo de concentrado fue mayor en el sistema intensivo. Para las semanas 19-20, los machos de los grupos intensivo y semi intensivo, tuvieron pesos similares (3.79 kg), mientras que las hembras del sistema semi intensivo continuaron siendo las más pesadas (3.0 kg). Sin embargo, la ganancia de peso semanal fue más alta en el sistema intensivo (689.9). La conversión alimenticia en esta etapa fue mejor en el sistema extensivo (3.78). El consumo diario de alimento concentrado fue más alto en el sistema intensivo, seguido por el semi intensivo y finalmente el extensivo. Estos hallazgos, sugieren, que a pesar de que el National Research Council (1994), indica los requerimientos nutricionales de la especie, la manera en la que se suministran, y el acceso al pastoreo, pueden influir en el aprovechamiento de nutrientes, conversión alimenticia, ganancia diaria y semanal de peso. El pastoreo, proporciona la oportunidad de forrajeo natural, reduce la necesidad de alimento concentrado y optimiza la

conversión de proteína y energía de la dieta. La mejora de eficiencia alimenticia en sistemas con acceso a pastoreo, radica en la capacidad del ave para complementar su ración con un recurso económico y de fácil acceso, lo que podría significar un modelo productivo más accesible.

La eficacia en la absorción de proteína y energía depende fundamentalmente de la salud y desarrollo del tracto gastrointestinal. En las aves de corral, como en otras especies, la absorción nutrimental se efectúa en el intestino delgado, conformado por serosa, muscular, submucosa y mucosa. Las estructuras que sobresalen de la mucosa son vellosidades y su altura propicia el grado de absorción nutrimental. Entre una vellosidad y otra, se encuentran unas depresiones glandulares, llamadas criptas de Liberkuhn, que secretan enzimas participantes en la digestión. El desarrollo de estas criptas, se debe al tipo de alimentación y proceso de crianza. En el caso de pavos, sometidos a sistemas de producción intensiva, el crecimiento es mayor, lo que origina una mejor eficiencia intestinal (Saleh et al., 2022).

Masyitha et al. (2023), realizaron un estudio en el que se determinó la histomorfometría del intestino delgado en diferentes semanas de edad. Se evaluaron pavos machos seccionados en ocho, dieciséis y veinticuatro semanas de vida. En una necropsia se diseccionaron las porciones del intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon), encontrándose que el grosor del epitelio intestinal aumentaba de manera proporcional al grupo de edad, siendo el duodeno la porción morfológica más gruesa, seguido por el yeyuno e íleon. Esta diferencia de alturas afecta el proceso digestivo y grado de absorción de nutrientes. En el trabajo de Iñiguez Heredia et al. (2021); se menciona que el epitelio intestinal puede ser afectado por patógenos, que ocasionan erosión de la mucosa, interrupción de suministro vascular, o inmunosupresión. Esto retrasa el crecimiento y el momento del periodo reproductivo, por lo tanto, el equilibrio de la microbiota y producción de enzimas digestivas propicia un desempeño adecuado del ave. Lo anterior, subraya que además de la formulación de la dieta basada en los requerimientos del National Research Council (1994), la integridad y funcionalidad del intestino, son críticas para el aprovechamiento real de los nutrimentos. Un intestino sano asegura que la proteína, energía y otros nutrientes ofrecidos, sean aprovechados por el organismo. En este sentido, el uso de aditivos alimenticios (levaduras, prebióticos y probióticos), son necesarios para optimizar funciones del tracto digestivo en la avicultura (fortalecimiento de la microflora y estimulan la producción de enzimas) para degradar de mejor manera los alimentos (Iñiguez Heredia et al., 2021). De manera preliminar, el uso de levaduras en dieta de guajolotes, como *Saccharomyces cerevisiae* traerá como beneficios una fácil digestión, revitalización de mucosa y mejora del aprovechamiento de nutrientes, representándose en la adecuada producción de carne o huevos en el caso de reproductores. El acceso a enzimas tendrá que ser acorde a la región, de las cuales, se debe considerar el costo, conservación y empleo como parte de la dieta.

Fase de finalización dos (semana 20 a 24 de edad)

El National Research Council (1994), menciona un requerimiento nutricional de 14 % de proteína cruda, además de precisar de la inclusión de 3300 kcal. Estos niveles buscan maximizar la conversión alimenticia, antes del sacrificio o la transición a la fase reproductiva.

En la experimentación de Arslan y Cetin (2023), que se revisó en la etapa anterior, durante las semanas 21-22, los pesos en machos de los sistemas intensivo (4.48 kg), semi intensivo (4.49 kg) y extensivo (3.68 kg). Las hembras pesaron 3.25 kg en el sistema intensivo, 3.57 kg en el semi intensivo, y 3.09 kg en el extensivo. En el sistema semi intensivo, se obtuvo la mejor ganancia de peso

semanal con 617 g, seguido por 563 g en el sistema extensivo, y 469 g en la producción intensiva. La ganancia diaria de peso se encuentra en la misma tendencia. Sin embargo, el confinamiento resultó ser el sistema de alimentación en el que mayor consumo de alimento se registró, lo cual se asocia al estilo de alimentación *ad libitum* de concentrado. Por otra parte, la conversión alimenticia en el sistema extensivo fue el que mejor se comportó, al precisar de 2.49 kg de alimento para producir un kilo de carne, seguido del semi intensivo (3.4 kg) y el confinamiento total (6.6 kg). En el periodo de la semana 23 a 24 de vida, los pesos finales de los machos fueron 5.12 kg en el sistema intensivo, 4.88 kg en el semi intensivo, y 4.15 kg en el extensivo. En el caso de las hembras los pesos finales fueron, 3.56 kg en el sistema intensivo, 3.70 kg en el semi intensivo, y 3.29 kg en el extensivo. La ganancia de peso semanal fue mayor en el sistema intensivo (462.98 g), seguido del extensivo (304.0 g) y del semi intensivo (292.0 g). La conversión alimenticia en los sistemas extensivo, confinamiento y semi intensivo fueron 4.53, 5.61 y 8.09, respectivamente. Se sugiere que el acceso al pastoreo en la etapa de finalización, permitirá el ahorro de recursos económicos destinados a la alimentación, sin descuidar la ganancia de peso y conseguir una mejor conversión alimenticia. Lo anterior, resalta una limitación de las recomendaciones del National Research Council (1994), que se enfocan únicamente en dietas concentradas, que, aunque cubren los requerimientos de proteína y energía en un sistema de confinamiento, no reflejan la eficiencia superior que pueden lograrse en sistemas con acceso a pastoreo, recurso donde el ave complementa su dieta a través del forrajeo. Al investigar al respecto, esta práctica tiene fundamentación en la investigación de Svihus (2011), donde se menciona que el acceso a este recurso alimenticio, tiene origen en que las aves buscan componentes estructurales de su entorno. La naturaleza del pasto, al ser una fibra verde, constituida de hemicelulosa y celulosa, se secciona en partículas gruesas que ayudan a mejorar el proceso digestivo. Esta práctica, se asemeja a la dieta de los ancestros silvestres de estas aves.

De manera paralela, la capacidad de estas aves para sintetizar nutrientes es determinante. Masyitha et al. (2023), investigaron la histomorfometría de las vellosidades intestinales y determinaron que, las vellosidades duodenales son más altas en comparación a la del yeyuno e íleon. Sin embargo, el ancho y alto de estas, en la semana 24, no se observaron diferencias significativas en comparación de la semana 16 de vida, los autores indican que, en los pavos machos a la edad de 24 semanas, el intestino delgado ha alcanzado la etapa óptima de desarrollo, por lo que debe considerarse la etapa de finalización. En este sentido, en los métodos de crianza que se prolongan más allá de esta edad, posiblemente no se verán resultados alentadores, debido a que la capacidad de absorción de nutrientes en el intestino delgado se verá reducida, a causa de que las vellosidades intestinales no crecerán más allá del desarrollo en semanas previas.

En resumen, prolongar los métodos después de las 24 semanas de edad, podría no generar resultados productivos significativos, ya que la capacidad de absorción de nutrientes (proteína y energía) por las vellosidades intestinales, no aumentará sustancialmente más allá de este punto. Por lo tanto, la fase de finalización dos, debe ser cuidadosamente medida para maximizar la conversión de alimento en carne, en el momento de mayor eficiencia fisiológica del intestino delgado.

Etapa de reproductores

En esta etapa fisiológica, la nutrición se vuelve fundamental para la viabilidad de la progenie, trascendiendo el crecimiento corporal. Basándose en la información de los requerimientos nutricionales del National Research Council (1994), la investigación busca optimizar la calidad de los embriones y la incubabilidad.

Yahaya et al. (2019), realizaron una investigación en pavos nigerianos que se caracterizan por un bajo índice de fecundidad. El objetivo del estudio fue describir la calidad del semen al comparar la variación de proteína cruda concentrada en la dieta. Se emplearon 15 machos sanos de 30-32 semanas de edad, con peso vivo de 3.5-4 kg. Fueron evaluadas tres raciones alimenticias, el grupo uno al 12% de proteína, el dos al 16% y el tercero con 20%. En cada grupo se consideró el consumo de 400 g por ave al día. Se obtuvieron dos eyaculados por colecta, dos veces a la semana, por trece semanas. Se encontró que las variables de peso vivo, pH, anormalidades en espermatozoides no mostraron diferencias significativas. Por otro lado, el volumen de eyaculado, movilidad en masa, movilidad individual, concentración del semen ($\times 10^9$), y el porcentaje de espermatozoides vivos mostraron diferencias significativas entre las raciones alimenticias utilizadas. Por lo tanto, los autores infieren que, a mayor concentración proteica en la dieta ofertada, se incrementará la fertilidad. En base a lo anterior, podría ser benéfico buscar niveles de proteína en el límite superior o incluso por encima del rango general, dependiendo de la genética y objetivo reproductivo. La adecuación de la proteína es crucial no solo para el desarrollo del ave, sino para viabilidad y calidad de sus células reproductivas.

Por otro lado, Ismail et al. (2016) emplearon 84 guajolotas de linaje bronceado de 32 semanas de edad, distribuidas en siete grupos y alimentadas con dieta basada en los requerimientos nutricionales del National Research Council (1994). Se compararon diferentes aportes minerales observándose que las hembras de los grupos de suplementación mineral con zinc y selenio, con el grupo control, disminuyeron significativamente ($p < 0.05$) el consumo de alimento, mejoraron la tasa de conversión alimenticia y aumentaron significativamente ($p < 0.05$) la tasa de producción de huevos por día en el periodo de 32 a 44 semanas de edad. Los grupos suplementados con selenio orgánico, nano zinc, selenio inorgánico, y zinc orgánico mostraron mayor cantidad de huevo. Sin embargo, las guajolotas con acceso a selenio y zinc en cualquier presentación, produjeron huevos significativamente más pesados ($p < 0.05$) en comparación con los huevos colectados en el grupo control. Los mejores valores de conversión alimenticia se obtuvieron al utilizar la suplementación alimenticia con formas minerales orgánicas y nano selenio. Con respecto a los componentes de huevo y su calidad, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos dietéticos en el peso de la albúmina, yema, cáscara, índice de forma, índice de yema y coloración de la yema de huevo. En la variable de espesor de la cáscara de huevo, se obtuvo que la dieta suplementada con selenio, aumentó significativamente ($p < 0.05$), por lo que se mejoró la calidad de la cáscara en comparación de las pavas de control. No se observaron diferencias significativas en el espesor de la cáscara del huevo entre los otros grupos de hembras.

Los índices de fertilidad e incubabilidad de los huevos, en los grupos adicionados con zinc y/o selenio, fueron significativamente mayores que los controles. Esto evidencia que al administrar dietas basadas en el National Research Council (1994), con la cantidad y forma precisa de microminerales, se puede potenciar la productividad y eficiencia de reproductoras, optimizando el uso de energía y proteína de la ración alimenticia en la producción de huevos. Específicamente, las formas orgánicas y de nano selenio, generaron las mejores conversiones alimenticias. Aunque la calidad interna del huevo (peso de albúmina, yema y cascarón) no evidenció diferencias significativas. La suplementación con selenio aumentó el espesor de la cáscara, un factor crítico para la incubabilidad. La importancia del zinc y selenio, va más allá de la producción de huevos, Maysa et al. (2008), sugieren que actúan como antioxidantes; al incluirse en la dieta, reducen el estrés oxidativo de la eclosión y se mejora la tasa de incubabilidad de los huevos. De modo que, en base a la manera de administrar micro minerales en dieta, se puede potenciar la productividad

y eficiencia de las reproductoras, al optimizar el uso de energía y proteína de la dieta para la producción de huevos. Además, Sogunle et al. (2018), detallan que el zinc participa en la respuesta inmunitaria del ave, producción hormonal, crecimiento, desarrollo óseo, emplume y regulación del apetito en aves de corral. Este compuesto se puede adicionar a manera de sulfato, debido a que es altamente soluble en agua; mientras que el selenio se transfiere fácilmente de reproductoras a los huevos y en un futuro al embrión; sin embargo, en casos de deficiencia, se afecta el crecimiento y desarrollo corporal. La corrección de esta limitante, se consigue con la inclusión de selenio inorgánico (selenito de sodio) en ración alimenticia y/o con la introducción in ovo al embrión. La enzima lisil oxidasa, que requiere cobre como cofactor, es esencial para constituir la membrana externa y promover la resistencia del cascarón. Con la delimitación de membranas internas y externas del cascarón, se origina la cámara de aire, que usa el embrión como reserva de oxígeno durante el picoteo al nacer (Sogunle et al., 2018). Estos datos, profundizan en como la adecuada suplementación de micro minerales mencionados en el National Research Council (1994), es vital para los procesos fisiológicos complejos que impactan directamente la viabilidad embrionaria y la calidad del recién nacido, al asegurar el aporte protéico y energético, se traducirá en el éxito de la reproducción.

Otro desafío en el periodo de postura, es la aparición de huevos sin cascarón o delgadez del mismo (Camacho Escobar et al., 2020), esto puede asociarse a falta de alimento o déficit de calcio, que al conjuntarse con la deficiencia de fósforo, vitamina D3, biotina, colina, magnesio y zinc, puede afectar la anatomía de las patas, causando condrodistrófia (Austic, 2016). Ismail et al. (2016), vincularon la suplementación con zinc y selenio a aumentos significativos en los títulos de anticuerpos séricos contra el virus del Newcastle, lo que indica que una nutrición mineral adecuada fortalece la inmunidad, por lo tanto, la inadecuada inclusión de estos elementos podría provocar la involución de órganos linfoides (timo y bazo) que a su vez dañan la función linfocitaria, responsable de la proliferación de células T y B (Ahmed & Schurig, 2020). Esto pone de manifiesto, que la deficiencia de minerales no solo afecta la producción o calidad del huevo, también a la salud inmunitaria de la reproductora, lo que indirectamente impacta la viabilidad de la granja.

A manera de conclusión del apartado, se sugiere evitar la incubación de huevos ovipositados por reproductoras en condiciones de deficiencia y desbalance nutricional. Debido a que afectan negativamente el desarrollo embrionario, al originar polluelos con mermas en su estado de salud y desarrollo corporal.

DISCUSIÓN

La nutrición temprana del guajolote es un factor crítico que comienza antes de la eclosión. Los nutrientes almacenados en el huevo desempeñan un papel fundamental en la vitalidad y desarrollo embrionario (Ross et al., 2019). Shibata et al. (2023) sugieren que, durante la embriogénesis, ocurre una transformación metabólica de aminoácidos en fuentes energéticas para sustentar los movimientos del embrión y el esfuerzo extenuante durante la eclosión. Este consumo energético pre eclosión, genera una demanda de nutrientes post eclosión. En este sentido, la formulación de dietas con altos porcentajes de proteína cruda y energía para la fase inicial es vital, para compensar el déficit hipoglucémico e incentivar la pronta recuperación muscular e iniciar el desarrollo corporal tras el nacimiento (Kop-Bozbay & Ocak, 2022).

Para optimizar el crecimiento, la formulación de raciones avícolas con niveles proteicos y energéticos

adecuados y ajustados es imperativo, para maximizar el potencial cárnico del guajolote (National Research Council, 1994). El desarrollo acelerado de los sistemas óseo y muscular, solicitan un aporte constante de estos macronutrientes. La proliferación de miocitos desde etapas iniciales de vida y la transformación eficiente de aminoácidos precursores, son procesos biológicos necesarios para el desarrollo corporal de la especie. Una nutrición equilibrada, significa una ganancia de peso superior y menor incidencia de problemas asociados al rápido crecimiento (Austic, 2016; National Research Council, 1994; Rodríguez-Ortega et al., 2022). Bajo este contexto, en la dinámica de desarrollo, la meleagricultura sugiere la existencia de fases de crecimiento isométrico en etapas iniciales de los guajolotes, seguidas de un crecimiento alométrico a partir de las 7 - 8 semanas de edad. Este tipo de crecimiento diferencial es crucial, ya que fundamenta la demanda de nutrientes específicos (proteína, energía, lisina, metionina, calcio, fósforo y vitaminas) y la consecuente predisposición a problemas de locomoción (National Research Council, 1994). Durante el crecimiento alométrico, las patas y esqueleto se desarrollan más rápido en comparación de otros tejidos corporales. Este desfase puede traer como consecuencia que el organismo no logre sustentar el ritmo del incremento de peso, manifestándose en trastornos esqueléticos (Austic, 2016). En base a lo anterior, se recalca la necesidad de formular dietas precisas en las fases críticas del desarrollo alométrico, lo que permitirá disminuir estas dificultades.

A pesar de que los requerimientos de proteína y energía son fundamentales en la formulación de dietas, el considerar minerales también es importante (National Research Council, 1994). Estos elementos, actúan como moduladores estratégicos en cada fase del desarrollo; su deficiencia compromete la fertilidad de los reproductores y la viabilidad de la producción (Maysa et al., 2008; Piscoya et al., 2021; Sogunle et al., 2018). Esta situación se intensifica en el traspatio, donde la disponibilidad de insumos, además de monitoreo nutricional son limitados. Es en este sistema de producción, donde las problemáticas de deficiencia pueden observarse. Esta diferencia nutricional es un factor limitante, esto puede explicar porque los índices productivos de los guajolotes criados en traspatio no son iguales a los de líneas genéticas comerciales (Akinsuyi, 2023).

La incorporación de enzimas a las raciones alimenticias, podría ser una estrategia para mejorar la digestibilidad de insumos que son subutilizados por el guajolote. Al facilitar la hidrólisis de componentes complejos, como polisacáridos no amiláceos o fitatos, estas enzimas optimizan el aprovechamiento de nutrientes clave como la proteína y energía; esto no solo se traduce en una mayor ganancia de peso y eficiencia alimenticia, sino que también puede permitir la inclusión de subproductos agroindustriales, al reducir costos y promoción de la sostenibilidad en la crianza de la especie (Oke et al., 2017).

La búsqueda de la eficiencia económica en la alimentación del guajolote, especialmente en sectores con recursos limitados, sugiere algunos desafíos. La alimentación inadecuada o el priorizar el ahorro económico, pueden dar paso a deficiencias en la ganancia de peso y salud disminuida de las aves. En este tenor, el uso de subproductos agroindustriales representa una opción para reducir costos. No obstante, su práctica requiere de conocimiento del impacto real de estas materias primas en el desarrollo corporal y su perfil nutricional, para evitar la aparición de desórdenes y patologías asociadas a deficiencias nutricionales (Oke et al., 2017).

En contexto con la optimización de costos y eficiencia alimenticia, es fundamental investigar a fondo el impacto de la inclusión de levaduras o enzimas digestivas en la dieta del guajolote. Estos aditivos podrían mejorar el aprovechamiento de nutrientes ofertados, al tornar insumos poco

asimilables por el sistema digestivo en componentes de valor nutricional, lo que podría traducirse en resultados alentadores para la productividad y salud (Iñiguez Heredia et al., 2021; Oke et al., 2017).

Finalmente, se requieren de estudios específicos que evalúen de manera detallada la relación e interacción de minerales y proteínas en la dieta del guajolote. Investigar como la producción y disponibilidad de estos compuestos influyen en el desarrollo esquelético y muscular, sería adecuado. Se sugiere que una complementación equilibrada de estos nutrientes podría llevar a un desarrollo corporal superior y a una mayor resistencia a desórdenes metabólicos en comparación de individuos con deficiencias nutricionales, abriendo nuevas vías para la formulación de dietas de precisión.

CONCLUSIONES

Esta revisión destaca la escasez de literatura actualizada de los requerimientos nutricionales del guajolote doméstico (*Meleagris gallopavo*) y los distintos sistemas de producción. Aunque las referencias del National Research Council, han sentado las bases para la nutrición de esta especie; las diferentes estirpes de guajolotes y las condiciones de crianza actuales, demandan una re-evaluación en las recomendaciones dietéticas. Por otro lado, los estudios disponibles pueden presentar limitaciones en su diseño o especificidad, lo que dificulta una extrapolación directa a las distintas condiciones de crianza de la especie. Dada la rusticidad, e instinto omnívoro y forrajero del guajolote, se plantea que esta especie sea considerada como alternativa ganadera para la obtención de proteína de origen animal a bajo costo. Por lo tanto, investigaciones futuras deberían enfocarse en validar los requerimientos nutricionales del guajolote en diferentes sistemas de producción. Es necesario explorar el impacto de nuevas materias primas y subproductos agroindustriales en la digestibilidad de nutrientes, para optimizar la salud, bienestar y rendimiento cárnico del guajolote doméstico.

REFERENCIAS

- Adebowale, T., Oso, A., Liu, H., Tossou, M., Chen, J., Li, H., Kang, B., & Yao, K. (2019). Effect of dietary niacin supplementation on growth performance, nutrient digestibility, hematology, and lipoprotein concentrations of young turkeys, *Meleagris gallopavo*. *The Journal of Poultry Science*, 56(2), 112-119. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0170212>
- Ahmed, S. A., & Schurig, G. G. (2020). Respuesta inmunitaria específica: inmunidad adquirida. En B. G. Klein, & P. L. Lorenzo González (Eds.), *Fisiología veterinaria* (6a ed., pp. 617-626). Elsevier.
- Akinsuyi, M. A. (2023). Effect of energy/protein ratio and strain on performance, nutrient digestibility and serum biochemical indices of exotic and locally adapted turkey. *International Journal of Biochemistry and Biomolecules Research*, 1(2), 37-45. <https://journals.stmjournals.com/ijbbr/article=2023/view=130065/>
- Al-Shadeedi, S. M. J. (2020). Comparison of weight, components and chemical composition of eggs in Guinea fowl, turkey, and domestic chicken. *Journal of World Poultry Research*, 10(1), 52-56. <https://doi.org/10.36380/jwpr.2020.7>
- Arslan, E., & Cetin, O. (2023). Effects of different rearing systems on growth and fattening performance of American bronze turkeys. *Eurasian Journal of Veterinary Science*, 39(3), 114-123. <https://doi.org/10.15312/EurasianJVetSci.2023.406>

- Austic, R. E. (2016). Aves de corral. En D. C. Church, W. G. Pond, K. R. Pond, & J. L. Laparra Vega (Eds.), *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales* (pp. 515-535). Limusa S.A. de C.V.
- Camacho Escobar, M. A., Pérez Lara, E., & Jerez Salas, M. P. (2020). Etología, patrones de actividad, manejo tradicional y uso del guajolote nativo en la costa de Oaxaca. En R. A. Perezgrovas Garza, M. A. Camacho Escobar, & A. Juárez Caratachea (Eds.), *El guajolote nativo de México: estudios recientes y perspectivas* (1a. ed., pp. 273-323). BUAP, Red Mexicana CONBIAND, A.C. https://www.researchgate.net/profile/Raul-Perezgrovas/publication/355478927_El_guajolote_nativo_de_Mexico_estudios_recientes_y_perspectivas/links/6172f06b3c987366c3ca49dd/El-guajolote-nativo-de-Mexico-estudios-recientes-y-perspectivas.pdf
- Cañada-Lugo, M. G., Lara-Bueno, A., Mendoza-Martínez, G. D., Espinosa-Ayala, E., Hernández-García, P. A., & Miranda-Romero, L. A. (2021). Suplementación con nucleótidos durante la lactancia artificial de terneros Holstein. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 8(1), 155-162. <https://revistaremaeitvo.mx/index.php/remae/article/view/214/194>
- Gamboa-Delgado, J., Márquez-Reyes, J. M., & Godínez-Siordia, D. E. (2022). Producción masiva de microorganismos para la obtención de proteína sustentable con alto valor biológico. *CIENCIA ergo-sum*, 30(3), 1-13. <https://www.scielo.org.mx/pdf/cies/v30n3/2395-8782-CES-30-03-215.pdf>
- Iñiguez Heredia, F. A., Espinoza Bustamante, X. E., & Galarza Molina, E. L. (2021). Uso de probióticos y ácidos orgánicos como estimulantes del desarrollo de aves de engorde: artículo de revisión. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 5(14), 166-172. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.107>
- Ismail, F. S., Mostafa, M. Y., Azzam, M. M., & Gorgy, M. A. L. (2016). Effect of some sources of antioxidants on the productive and reproductive performance of turkey hens. *Journal of Animal and Poultry Production*, 7(10), 393-401. <https://doi.org/10.21608/jappmu.2016.48747>
- Kop-Bozbay, C., & Ocak, N. (2022). Administration of branched-chain amino acids in the pre- or post-hatch period improves the fiber characteristics of pectoralis major muscle in Turkey poult subjected to early or delayed feeding. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(6), 1142-1148. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i6.1142-1148.4965>
- Marchewka, J., Watanabe, T. T. N., Ferrante, V., & Estevez, I. (2013). Review of the social and environmental factors affecting the behavior and welfare of turkeys (*Meleagris gallopavo*). *Poultry Science*, 92(6), 1467-1473. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02943>
- Masyitha, D., Armita, N., Akmal, M., Zainuddin, Z., Rahmi, E., Jalaluddin, M., Salim, M. N., Sabri, M., Iskandar, C. D., & Zulkifli, B. (2023). The histomorphometry of the small intestine on turkey (*Meleagris gallopavo*) at different age levels. *The International Journal of Tropical Veterinary and Biomedical Research*, 8(1), 23-28. <https://doi.org/10.21157/ijtvbr.v8i1.32094>
- Maysa, M. H., El-Sheikh, A. M., & Abdalla, E. A. (2008). The effect of organic selenium supplementation on productive and physiological performance in a local strain of chicken. 1 - the effect of organic selenium (Sel-Plex™) on productive, reproductive and physiological traits of Bandarah local strain. *Egyptian Poultry Science Journal*, 29(4), 1061-1084. <https://scispace.com/papers/the-effect-of-organic-selenium-supplementation-on-productive-1saufr7say>
- Mikulski, D., Jankowski, J., Zdunczyk, Z., Juskiewicz, J., & Slominski, B. A. (2012). The effect of different dietary levels of rapeseed meal on growth performance, carcass traits, and meat quality in turkeys. *Poultry Science*, 91(1), 215-223. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01587>
- National Research Council. (1994). *Nutrient requirements of poultry* (9a. ed.). The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/2114>
- Oke, F. O., Oso, A. O., Oduguwa, O. O., Jegede, A. V., Sudekum, K. H., Fafiolu, A. O., & Pirgozliev, V.

- (2017). Growth, nutrient digestibility, ileal digesta viscosity, and energy metabolizability of growing turkeys fed diets containing malted sorghum sprouts supplemented with enzyme or yeast. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(3), 449-456. <https://doi.org/10.1111/jpn.12597>
- Pacheco Coello, F. J., & Nieto, P. (2024). Asociación de la hormona estimulante de tiroide, tiroxina y triyodotironina con los metales pesados plomo y mercurio en pacientes con posible hipertiroidismo. *Biociencias*, 19(2), 31-41. <https://doi.org/10.18041/2390-0512/biociencias.2.11756>
- Paramasivam, A., Kumar, P., Rajarajan, G., Anandh, A. M., & Jagatheesan, R. P. (2012). Effect of rearing systems on reproductive performance of turkey. *Veterinary World*, 5(4), 226-229. <https://doi.org/10.5455/vetworld.2012.226-229>
- Peebles, E. D. (2018). In ovo applications in poultry: A review. *Poultry Science*, 97(7), 2322-2338. <https://doi.org/10.3382/ps/pey081>
- Perezgrovas Garza, R. A., Camacho Escobar, M. A., & Juárez Caratachea, A. (2020). El guajolote nativo de México: estudios recientes y perspectivas. BUAP, Red Mexicana CONBIAND, A.C. https://www.researchgate.net/publication/355478927_El_guajolote_nativo_de_Mexico_estudios_recientes_y_perspectivas
- Piscoya, C. A., Vílchez, J. L., & Díaz García, M. L. (2021). Sales minerales orgánicas, nucleótidos sobre alimentación de pavos *Meleagris gallopavo*, línea Hybrad en crecimiento. *Ciencia y Sociedad*, 1(1), 7-20. <https://revistas2.unprg.edu.pe/ojs/index.php/CURSO/article/view/529>
- Rodríguez Licea, G., Hernández Martínez, J., Gamboa Alvarado, J. G., & González Razo, F. J. (2021). Competitividade da Mexiquense Meleagricultura: uma análise espacial do ponto de vista técnico-econômico. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(4), 6404-6418. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-124>
- Rodríguez-Ortega, L. T., Rodríguez-Ortega, A., Mera-Zuñiga, F., Pro-Martínez, A., Hernández-Guzmán, F. J., Sosa-Montes, E., González-Cerón, F., & Leyva-Jimenez, H. (2022). Effect of varying dietary crude protein and metabolizable energy levels on leg abnormalities and performance in broiler chickens. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 35(3), 153-164. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v35n3a01>
- Romero-López, A. R. (2021). Las funciones de las aves en la producción avícola de pequeña escala: el caso de una comunidad rural en Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(1), 217-237. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i1.5088>
- Ross, M. L., Bryan, D. D. S. L., Abbott, D. A., & Classen, H. L. (2019). Effect of protein sources on performance characteristics of turkeys in the first three weeks of life. *Animal Nutrition*, 5(4), 396-406. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.09.002>
- Saleh, T. F., Altaey, O. Y., & Ahmed, N. S. (2022). Avian caecal tonsils anatomy and histology, a species comparison in five Iraqi domesticated birds: Review article. *Al-Qadisiyah Journal of Veterinary Medicine Sciences*, 21(2), 19-30.
- Shibata, M., Iwasawa, A., & Yayota, M. (2023). Gluconeogenesis in the yolk sac membrane: enzyme activity, gene expression, and metabolites during layer chicken development. *Japan Poultry Science Association*, 60(2), 2023020. <https://doi.org/10.2141/jpsa.2023020>
- Sogunle, O. M., Elangovan, A. V., David, C. G., Ghosh, J., & Awachat, V. B. (2018). Response of broiler chicken to in ovo administration of inorganic salts of zinc, selenium and copper or their combination. *Slovak Journal of Animal Science*, 51(1), 8-19. <https://office.sjas-journal.org/index.php/sjas/article/view/61/50>
- Strasburg, G. M., & Chiang, W. (2009). Pale, soft, exudative turkey-The role of ryanodine receptor variation in meat quality. *Poultry Science*, 88(7), 1497-1505. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00181>
- Stryer, L., Berg, J. M., Tymoczko, J. L., & Gatto Jr., G. J. (2013). *Bioquímica con aplicaciones*

clínicas (7a. ed.). Editorial Reverté.

- Svihus, B. (2011). The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *World's Poultry Science Journal*, 67(2), 207-224. <https://doi.org/10.1017/S0043933911000249>
- Tejeda, O. J., & Kim, W. K. (2021). Effects of fiber type, particle size, and inclusion level on the growth performance, digestive organ growth, intestinal morphology, intestinal viscosity, and gene expression of broilers. *Poultry Science*, 100(10), 101397. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101397>
- Yahaya, M. S., Nwannenna, A. I., Fadason, S. T., & Rekwot, P. I. (2019). Optimal nutrition, a key to addressing reproductive performance in Nigerian local turkey toms. *Nigerian Veterinary Journal*, 40(3), 201-210. <https://doi.org/10.4314/nvj.v40i3.4>