

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE CIENCIAS VETERINARIAS



“EFECTO DE DIFERENTES FUENTES DE PROTEÍNA EN DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDA ROSS SOBRE COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y COMPOSICIÓN DE LA CARNE “.

TESIS
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS VETERINARIAS

PRESENTA
FRANCISCO COTA ALMARAZ

DIRECTOR DE TESIS
DR. MARTIN FRANCISCO MONTAÑO GÓMEZ

MEXICALI, B.C., MEXICO

ENERO DE 2023.

Efecto de diferentes fuentes de proteína en dietas para pollos de engorda Ross sobre comportamiento productivo, características de la canal y composición de la carne. Tesis presentada por Francisco Cota Almaraz, como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el siguiente comité:

Dr. Martin Francisco Montaña Gómez
Director

M.C. Armando Corral Madrid
Secretario

M.C. Miguel Ángel Vega Cázares
Asesor

Dr. Juan Octavio Chirino Romero
Asesor

Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez
Asesor

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dr. Martin Francisco Montaña Gómez, mi director de tesis; a los miembros de mi comité M.C. Armando Corral Madrid, M.C. Miguel Ángel Vega Cázares, Dr. Juan Octavio Chirino Romero, y Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez por el apoyo brindado durante mis estudios de maestría así como para la realización del proyecto.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada, lo cual hizo posible este logro.

Al Instituto de Investigaciones de Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California, por prestar las instalaciones y brindar facilidades durante la realización del proyecto.

A mi alma máter, UABC, por inspirarme y ayudarme a buscar la superación profesional.

A mis compañeros, por compartirme sus conocimientos y experiencia.

A mi familia y amigos, por su comprensión y apoyo a lo largo de este periodo.

DEDICATORIA

Agradezco al Dr. Martin Francisco Montaña Gómez ya que me dio las herramientas y me dio guía para la realización de mi trabajo. Además de su ejemplar liderazgo que nos llevó a la creación del Laboratorio de Experimentación Avícola.

Agradezco a M.C. Armando Corral Madrid por su apoyo en el proceso de recepción de las aves y por la ayuda en el esquema de vacunación.

Agradezco al Dr. Juan Octavio Chirino por su apoyo y ayuda en la parte estadística del proyecto y por la ayuda en el sacrificio de las aves.

A mis padres que con su apoyo, paciencia, tolerancia y amor pude culminar mi proyecto.

A mi hermano que con su apoyo en todo el curso de maestría estuvo a mi lado apoyándome moral y físicamente en mi proyecto.

A mis compañeros David Paredes Díaz, Guillermo López y Gerson Mauricio Sánchez Cruz, quienes me apoyaron, aconsejaron y ayudaron en la construcción de jaulas y del área avícola en general.

Agradezco al CONACyT ya que me apoyó con la beca en estos 2 años de Maestría, lo cual me facilitó bastante el poder culminar este proyecto.

Agradezco al Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias por el programa de Maestría y por proporcionarnos un área para la realización de este proyecto.

Agradezco en forma general tanto a Maestros como alumnos que me apoyaron en el sacrificio de las aves, ya que fue una tarea tardada y cansada.

ABSTRACT

A study of 42 d was conducted in the Poultry Laboratory of the Research Institute of Veterinary Sciences of the Autonomous University of Baja California, in Mexicali, B. C. Two hundred one-day-old male Ross line chickens were used. Productive behavior, carcass characteristics and meat composition were evaluated. Ten birds were accommodated per pen (1 m²). Each of them had automatic drinkers and manual filling feeders. Water and diets were offered *ad libitum*. A based-sorghum diet was used, comparing the supplementation of TMT1 soybean meal against the supplementation of a combination (50:50) of soybean meal / dry distillers grains with solubles (DDG's) TMT2. A Completely Random Design with four treatments and five repetitions was used. Analysis of variance was applied using Tukey's test for mean comparisons. A significant effect ($P < .05$) on weight gain and feed consumption in response to T1 was observed during the final phase. Similar responses were observed for the total test. A statistically significant effect ($P < .05$) on live weight, hot carcass weight, long leg, wings, liver, heart and gizzard was observed in response to T1. No statistically significant effects ($P > .05$) of treatments on meat chemical composition were observed.

Key words: Protein source, Productive behavior, Carcass, Meat composition, Broiler

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN	¡Error! Marcador no definido.
ABSTRACT	iii
LISTA DE CUADROS	v
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	3
HIPÓTESIS	4
OBJETIVO GENERAL	5
REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
Principales funciones de las proteínas.....	6
Principales aminoácidos limitantes y su función.....	7
Perfil ideal de aminoácidos.....	8
Estrategia de formulación.....	8
Requerimientos proteicos en dietas de pollos de engorda.....	10
Requerimientos de aminoácidos en dietas de pollo de engorda	12
Inclusión de harina de soya en dietas para pollos de engorda.....	15
Inclusión de granos secos de destilería (DDG ´S) en dietas para pollos de engorda	17
MATERIALES Y MÉTODOS	20
Localización del área de estudio	20
Duración del estudio	20
Variables evaluadas.....	20
Metodología	21
Comportamiento productivo	21
Rendimiento de canal	22
Composición química de la carne	22
Diseño del experimento y Análisis estadístico	22
Modelo estadístico:	23
RESULTADOS Y DISCUSION.....	26
CONCLUSIONES.....	30
LITERATURA CITADA.....	31

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Requerimientos Nutricionales para Pollos de Engorda Machos con Desempeño Medio.....	9
2	Dieta para pollos de engorda para la fase inicial (1-21 días de edad).....	24
3	Dietas para pollos de engorda para la fase de finalizado (22-42 días de edad).....	25
4	Efecto de los tratamientos sobre comportamiento productivo....	26
5	Efecto de los tratamientos sobre características de la canal.....	27
6	Efecto de los tratamientos sobre composición química de la carne.....	28

INTRODUCCIÓN

La carne de pollo es la de mayor demanda en nuestro país, esta demanda se encuentra determinada tanto por los gustos como por los precios en mercado (FAO, 2012). Al cierre del 2019, la industria avícola mexicana registró un crecimiento de 2.8%, respecto a lo obtenido en 2018. En ese sentido la avicultura produjo el año pasado 5'574,554 toneladas de alimento, de las cuales 2'994,254 corresponden a la producción de pollo. Es oportuno mencionar que al cierre del 2019, la producción de carne de pollo creció 3% (Unión Nacional de Avicultores, 2019). Acorde con la Unión Nacional de Avicultores UNA (2019), la industria avícola generó el 63.3% de la producción animal en México durante el año de 2018. Para atender de manera adecuada tal demanda, es necesario producir pollos de buena calidad, a bajo costo y en el menor tiempo posible, para lo cual el uso de suplementos nutricionales se ha convertido en una de las estrategias empleadas (FAO, 2012). Al mismo tiempo, para la elaboración de dietas de engorda de monogástricos usualmente la primera opción como fuente de proteína vegetal es la harina de soya (NRC 1988). Es importante mencionar que los niveles de proteína cruda de la dieta no indican por si solos la calidad de las proteínas, pues ésta depende principalmente de la presencia y balance de aminoácidos esenciales de los ingredientes. Lo más importante es la disponibilidad de estos aminoácidos esenciales para el ave, por lo que las dietas se deben formular utilizando como criterio base además de cantidad de aminoácidos su

digestibilidad, la cual varía de acuerdo con la fuente proteica (Infante-Rodríguez et al., 2020).

En México, la producción de carne de pollo representa aproximadamente el 50% de la producción total cárnica, siendo un problema ya que la producción nacional de carne de pollo no ha crecido para abastecer la demanda que se requiere actualmente. La demanda de carne de pollo ha ido en aumento un 2.8% desde el 2003, sin embargo la producción de carne de pollo no es suficiente para abastecer la demanda del país, las importaciones de carne han crecido un 100% durante los años 2003 y 2016. La carne de pollo es la más consumida por los habitantes del país y se prevé un aumento del consumo para el 2025 (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2018).

Los productores avícolas tendrán una gran importancia en el mercado porque para producir un kilo de carne de pollo se requieren tan solo dos kilogramos de insumos, siendo un hecho que responde a las necesidades del productor tanto en precio como en cantidad, si se compara con bovinos se ocupa 4 kilos de insumo para un kilo de carne y para porcinos se necesitan alrededor de tres kilos de insumo para un kilo de carne (NRC, 1998).

JUSTIFICACIÓN

Para incrementar el comportamiento productivo, características y calidad de canal en pollos de engorda, son necesarias estrategias de formulación que proporcionen los aminoácidos esenciales limitantes que requieren los pollos de engorda.

Estudios realizados por Cancherini et al., (2005a) y Ansari et al., (2007), han usado proteínas de mayor costo y han encontrado diferencias significativas respecto a las características de canal y calidad de canal. Estudios realizados por Carrillo et al., (2012) y Toomer et al., (2019) han utilizado proteínas de menor costo y también han encontrado diferencias significativas respecto a las características y calidad de canal. Las comparaciones habituales en este tipo de estudios se han realizado comparando diferentes tratamientos contra una dieta a base de harina de soya, la cual sin embargo, puede presentar limitantes en cuanto a su aporte de aminoácidos esenciales. En el presente experimento se comparó una dieta a base de harina de soya como tratamiento control contra una dieta en la cual se utilizó una combinación de fuentes proteica (50% harina de soya:50% Granos secos de destilería (DDG's)).

Al comparar diferentes fuentes de proteína se busca evaluar su efecto sobre comportamiento productivo, características de la canal y composición de la carne.

HIPÓTESIS

La combinación de fuentes de proteína vegetal suplementaria puede ser igual de efectiva sobre variables de comportamiento productivo, rendimiento en canal y composición de la carne en pollos de engorda Ross.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la suplementación de diferentes fuentes de proteína de origen vegetal sobre comportamiento productivo, rendimiento del canal y composición de la carne en pollos de engorda Ross.

Objetivos Específicos:

- Evaluar el efecto de los tratamientos sobre comportamiento productivo.
- Evaluar el efecto de los tratamientos sobre características de la canal.
- Evaluar el efecto de los tratamientos sobre composición de la carne.

REVISIÓN DE LITERATURA

Principales funciones de las proteínas

Acorde con Cuca y Ávila (2018) las principales fuentes de proteína para la alimentación de aves son tanto la proteína de origen animal como la de origen vegetal. Se considera que la proteína de origen animal es superior a la de origen vegetal principalmente debido a su alto contenido de aminoácidos esenciales y al hecho de que algunas proteínas vegetales requieren procesarse adecuadamente con la finalidad de mejorar su valor nutritivo.

Las proteínas se encuentran en el centro de acción de los procesos biológicos. Casi todas las transformaciones moleculares que definen el metabolismo celular están medidas por catalizadores proteicos. Las proteínas son las moléculas orgánicas más complejas y abundantes de la célula viva y constituyen más del 50% del peso seco. Estas moléculas están conformadas por cadenas de aminoácidos, sin embargo tienen una amplia gama de funciones en los organismos. Una de las principales funciones de estas son la de actividad enzimática (tripsina: hidroliza ciertos péptidos), reguladoras (calmodulina: modulador intracelular unido al calcio), reserva (ferritina: almacén de hierro en el bazo), transporte (hemoglobina: transporte de O₂ en la sangre de los vertebrados), contráctiles (actina: filamentos móviles de las miofibrillas), protección (anticuerpos: forman complejos con las proteínas extrañas), hormonas (insulina: regula el

metabolismo de la glucosa), estructurales (alfa-queratina: piel, plumas, uñas y pesuñas (Pratt et al., 2016).

Es sabido que los pollos de engorda requieren que su dieta contenga una cantidad específica de aminoácidos esenciales, así como niveles adecuados de nitrógeno para la síntesis de aminoácidos no esenciales (Gómez et al., 2011).

Principales aminoácidos limitantes y su función

Waldroup et al., (2005) informan que en la mayoría de las formulaciones para pollos de engorda, la metionina se presenta como el primer aminoácido limitante, seguida por la lisina como el segundo y la treonina como el tercer limitante.

Los aminoácidos lisina, treonina y los azufrados son conocidos por tener efectos sobre la composición de la canal de pollos de engorda. La suplementación de lisina superior al del requerimiento para una tasa de crecimiento alta, tiene efecto significativo sobre la composición de la canal, principalmente sobre el rendimiento de pechuga. Sin embargo, el aumento de los niveles de lisina en la dieta mejora la conversión alimenticia y disminuye el costo del alimento. Además, hay un aumento del crecimiento muscular y disminución de la grasa abdominal de las aves (Aginomoto, 2019).

Perfil ideal de aminoácidos

Es importante proporcionar al pollo productor de carne un balance apropiado de aminoácidos digestibles. Como una ayuda para lograr este objetivo se puede utilizar el perfil ideal de aminoácidos, sistema en el que se calcula el requerimiento de los aminoácidos principales que pueden ser limitantes en los alimentos para el pollo y luego se utiliza la lisina como aminoácido de referencia, para establecer las proporciones de los demás aminoácidos con respecto a esta (Ross, 2019).

Estrategia de formulación

Los niveles de aminoácidos en la ración se deben considerar en conjunto con todos los demás nutrientes, incluyendo los niveles de energía. Los niveles recomendados de los ocho aminoácidos que pueden ser limitantes en las dietas prácticas se muestran en el Cuadro 1. La formulación del alimento tiene por objeto suministrar un nivel adecuado y balanceado de aminoácidos para el ave. Es necesario determinar y registrar los niveles de proteína de los ingredientes mediante el análisis directo de las materias primas utilizadas en las formulaciones. Si se detectan cambios en el nivel de proteína de un ingrediente, será necesario hacer ajustes en los valores de aminoácidos totales y digestibles, en la matriz de la formulación (Albino et al., 2011).

Cuadro 1. Requerimientos nutricionales para pollos de engorde machos con desempeño medio.

Edad (días)	1-7	8-21	22-33	34-42	43-46
Rango de Peso, kg	0.04-0.18	0.21-0.89	0.96-1.94	2.03-2.83	2.93-3.21
Req. Lisina Dig. g/ día	0.325	0.889	1.656	2.030	1.961
EM, kcal/kg	2950	3000	3100	3150	3200
Proteína, %	22.20	20.80	19.50	18.00	17.30
Aminoácidos Digestibles					
Lisina, %	1.310	1.174	1.078	1.010	0.936
Metionina, %	0.511	0.458	0.431	0.404	0.374
Metionina+ Cistina, %	0.944	0.846	0.787	0.737	0.683
Treonina, %	0.852	0.763	0.701	0.656	0.608
Triptófano, %	0.223	0.200	0.194	0.182	0.168
Valina, %	1.009	0.904	0.841	0.788	0.730

(Albino et al., 2011)

Requerimientos proteicos en dietas de pollos de engorda

Las proteínas son biomoléculas formadas básicamente por carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno adicionadas en las dietas para el suministro de aminoácidos (Novoa, 2018).

Novoa, 2018 nos menciona que el exceso de este nutriente implica el catabolismo de los aminoácidos, funcionando como aporte de energía en las dietas. Esta función no es recomendable debido a su elevado costo como fuente energética. De esta manera, las dietas de pollos de engorda deben ofrecer un nivel proteico que minimice el uso de aminoácidos como fuente de energía.

El exceso de energía y proteína es convertido en grasa, debido a que las aves tienen gran facilidad de acumulo de grasa, por la baja capacidad de almacenar carbohidratos y proteínas y un tejido adiposo que acumula gran cantidad de grasa, así, el mecanismo genético que determina la síntesis de proteína es más complejo que el de síntesis de grasa; el exceso de nutrientes ingeridos, es utilizado en la síntesis de grasa. Por su parte, reducir los niveles de proteína, disminuye el tejido magro y aumenta la grasa abdominal (Novoa, 2018).

Es difícil definir los requerimientos de aminoácidos de las aves, ya que están influenciados por la densidad calórica de la dieta, las condiciones ambientales, la densidad poblacional, el estado de salud, entre otros. Las aves no presentan una gran demanda de proteína cruda, pero estas necesitan suficiente cantidad de nitrógeno para poder sintetizar aminoácidos no esenciales (Cancherini et al., 2004).

Gou et al., (2016), estudiaron los efectos de dietas altas en pasta de cacahuete a niveles reducidos de proteína cruda (PC) complementado con aminoácidos esenciales (AAE) en el rendimiento, características de la canal, índices bioquímicos en plasma, y la retención de nitrógeno (N) de pollos de engorda “Lingnan Yellow” machos y hembras desde el día 22 hasta el día 42 de edad. Utilizaron cuatro tratamientos dietéticos (nivel de PC en la dieta de 19%, 18%, 17% o 16%, reducido en base al nivel de suplementación de pasta de cacahuete). Las tres dietas con PC reducido se complementaron con 5 AAE para cumplir con los requisitos y proporcionar los mismos niveles que en la dieta 19% PC. Estos autores observaron que la ganancia diaria promedio y la eficiencia de la dieta disminuyeron linealmente ($P < 0.05$) en ambos sexos en respuesta a la reducción del porcentaje de PC. El porcentaje de piel y plumas aumentó linealmente ($P < 0.05$) a medida que disminuyó PC en los machos ($P < 0.05$) mientras que el porcentaje de muslo se redujo ligeramente en forma lineal ($P < 0.05$) en las hembras. El porcentaje de grasa abdominal de los machos alimentados con el 17% de PC fue el más bajo ($P < 0.05$). A medida que la PC disminuyó, el ácido úrico plasmático aumentó linealmente en hembras ($p < 0,05$), pero no en machos. La eficiencia de la retención de N aumentó y la excreción N disminuyó notablemente con dietas de PC más bajas ($P < 0.001$), y ambas variables mostraron efectos lineales y cuadráticos significativos ($P < 0.05$). Estos autores concluyen que existe un límite al que se puede reducir la PC dietética de los pollos de engorde sin efectos adversos. La PC dietética podría reducirse al 17% para machos y al 18% para hembras (o al 18% cuando se juntan) entre el día 22 y el día 42, siempre y cuando las dietas se complementen con AAE sintéticos.

Requerimientos de aminoácidos en dietas de pollo de engorda

Santiago et al. (2011) realizaron dos experimentos con seis tratamientos y tres réplicas con 30 aves cada una, en dietas con y sin reducción de 2 unidades percentiles de proteína bruta con un programa de alimentación trifásico: dos fases (0-21 y 22-49 días de edad), tres fases (0-21, 22-42 y 43-49 días de edad) y cuatro fases (0-7, 8-21, 22-35 y 36-49 días de edad). Se utilizaron las siguientes dietas; en el experimento 1 se dietas de sorgo + harina de soja, y en el experimento 2 sorgos + soya + harina de carne + harina de gluten de maíz amarillo. En ambos experimentos, las dietas incluyeron aminoácidos sintéticos. Mientras que en el experimento 1 se utilizó lisina, metionina y treonina, en el experimento 2 se utilizó lisina, metionina, triptófano, treonina y arginina. En cuanto el experimento 1 el crecimiento fue similar ($P > 0.05$) entre las dietas y las fases de alimentación. Los resultados de la conversión alimenticia fueron mejores en el programa de cuatro fases ($P < 0.05$). Canal, pecho y pierna, así como proteína y grasa de la canal no mostraron diferencias ($P > 0.05$). En relación al segundo experimento, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) sobre aumento de peso, conversión de alimenticia, peso de la canal, pecho, pierna y rendimientos totales de grasa. Estos resultados indican que los pollos de engorda alimentados en dietas con y sin reducción de dos unidades percentiles de proteína bruta en alimentación de 2, 3 y 4 fases presentan rendimiento similar. La formulación de dietas reducidas de proteínas, complementadas con aminoácidos sintéticos en cada fase, fueron eficientes en cuanto a conversión alimenticia y rendimiento de la canal.

Walk et al. (2019) realizaron dos experimentos para determinar la influencia de fitasa en el rendimiento y digestibilidad ileal aparente de los aminoácidos en pollos de engorda alimentados con concentraciones graduales de lisina digestible. En el experimento 1 el consumo de alimento aumentó ($P < 0.05$) a medida que aumentaba la lisina digestible en la dieta. El peso corporal incrementó ($P < 0.05$) a medida que aumentaba la concentración de lisina digestible o la dosis de fitasa en la dieta. A medida que la dosis de fitasa aumentó, el índice de conversión alimenticia mejoró ($P < 0.05$). Durante el experimento 2, el consumo de alimento aumentó ($P < 0.05$) a medida que aumentaba la lisina digestible en la dieta. El aumento de la concentración de lisina digestible o fitasa en la dieta incrementó ($P < 0.05$) el peso corporal y mejoró ($P < 0.05$) la conversión alimenticia. La digestibilidad ileal aparente de la mayoría de los aminoácidos fue influenciada por una interacción lisina digestible \times fitasa ($P < 0.05$), excepto treonina, valina, triptófano, serina, cisteína o leucina, donde la fitasa mejoró la digestibilidad ileal aparente en aves alimentadas con dietas con 80, 88, o el 96% del requisito de lisina digestible, pero no las aves alimentadas con el 104%. El rendimiento óptimo en ausencia de fitasa podría lograrse con niveles mucho más bajos de lisina en presencia de fitasa.

Potenca et al. (2015) evaluaron el efecto de la relación valina:lisina digestible en la dieta de pollos de engorda sobre el comportamiento productivo, emplume, así como diámetro y perfil de fibras musculares. Los tratamientos consistieron de diferentes relaciones de valina:lisina digestible (66, 71, 76, 81 y 86 %). La relación valina:lisina digestible no afectó el comportamiento productivo de

las aves ($P > 0.05$). Se observó efecto positivo de la relación valina:lisina digestible sobre longitud de las plumas del dorso y en la puntuación de emplume del muslo y pechuga ($P < 0.05$). El perfil de las fibras musculares no se vio afectado por los tratamientos ($P > 0.05$). Estos autores concluyeron que la relación valina:lisina de 66 % es suficiente para maximizar el comportamiento productivo de pollos de engorda en la fase de 1 a 14 días, y que una mayor relación de valina:lisina digestible (76 %) es necesaria para maximizar el crecimiento de las fibras musculares. Por su parte Morales et al. (2004) realizaron tres experimentos durante la etapa de iniciación con el fin de conocer las necesidades de aminoácidos metionina + cistina (Met + Cis) de pollos de engorda. En el primer experimento se utilizó una dieta a base de sorgo y pasta de soya con 22% de proteína y 3,000 Kcal de energía metabolizable por kg, suplementada con DL-Met en distintas cantidades para contar con cinco niveles de Met + Cis; 0.69%, 0.76%, 0.83%, 0.90% y 0.97%. En el segundo experimento se empleó una dieta similar (23% proteína; 3,000 Kcal EM/kg) suplementada con DL-Met en distintas proporciones para evaluar cinco niveles de Met + Cis (0.68%, 0.75%, 0.82%, 0.90%, y 0.97%). En el tercer experimento, se consideró una dieta semejante (22 % proteína; 3,100 kcal EM/kg), en él se evaluaron cinco niveles de Met + Cis (0.66%, 0.74%, 0.82%, 0.89% y 0.97%). Los autores concluyeron que dietas para pollos de engorda en iniciación (1 a 21 días de edad) con 0.90 % de Met + Cis como aminoácidos totales, equivalentes a 0.81% de Met + Cis digeribles, dan como resultado un mayor aumento de peso corporal y mejor eficiencia alimenticia.

Inclusión de harina de soya en dietas para pollos de engorda

Cortes et al. (2014) realizaron un experimento para conocer la biodisponibilidad de lisina para pollos de dos pastas de soya (PSA y PSB), con diferente actividad ureasica (AU 0.11 y 0.17 unidades de incremento de pH). Se utilizaron 210 pollitos Ross de 1 a 21 días de edad, los cuales se distribuyeron al azar en 7 tratamientos con tres repeticiones. Los tratamientos fueron: 1) dieta basal sorgo-soya-ajonjolí (deficiente en lisina), 2) dieta basal + 0.05% de L-lisina, 3) dieta basal+0.10% de L-lisina, 4) dieta basal+0.05% de lisina a partir de PSA, 5) dieta basal+0.10% de lisina a partir de PSA, 6) dieta basal+0.05% de lisina a partir de PSB y 7) dieta basal+0.10% de lisina a partir de PSB. Los resultados de crecimiento se obtuvieron al comparar la pasta de soya A y B, con la obtenida con L-lisina (100%), se tuvieron biodisponibilidades de lisina de 97 y 99 % para las pastas de soya A y B respectivamente. Estos resultados indican que la AU de la pasta de soya afecta la biodisponibilidad de lisina; a mayor actividad ureásica, menor es la disponibilidad.

Cowieson et al. (2019) realizaron un experimento en el cual realizaron un bioensayo de digestibilidad para determinar la aditividad de los valores de digestibilidad de aminoácidos (AA) aparentes o estandarizados para maíz, harina de soja (SBM) o una mezcla de maíz y SBM. Utilizaron un total de 144 pollos de engorda Ross 308. Se usó una dieta comercial estándar desde el día 1 al 21. Se dividieron en 4 tratamientos (6 jaulas por tratamiento; 6 aves por jaula) y recibieron dietas semipurificadas a base de maíz, SBM o una mezcla de maíz y SBM o una dieta libre de nitrógeno (para la estimación de pérdidas de AA endógenas

basales). Los valores de digestibilidad ileal aparente y estandarizada de AA se determinaron el día 28 y los valores medidos para la mezcla de maíz y SBM se compararon estadísticamente con los valores calculados basados en la digestibilidad de las materias primas individuales y su concentración en la dieta mixta. El uso de valores de digestibilidad ileal aparente de AA para ingredientes individuales resultó en una subestimación ($P < 0.05$) de la digestibilidad del alimento mixto para nitrógeno, Lys, Arg, Thr, Asp y Gly. Se concluyó que los valores de digestibilidad ileal estandarizados de AA son más aditivos que los valores aparentes y deben usarse, cuando sea posible, para mejorar la precisión de la formulación del alimento y reducir tanto el costo de la dieta como el impacto ambiental de la contaminación por nitrógeno.

Siegert et al. (2018) realizaron un experimento donde se trituro la harina de maíz y harina de soya para determinar la digestibilidad prececal de los aminoácidos en pollos de engorda. Cada dieta se probó utilizando 6 repeticiones de 10 aves cada uno. Se aplicó el método de regresión para calcular la digestibilidad prececal (pc) de AA de los ingredientes de prueba. Se investigó si las diferentes distribuciones de tamaño de partícula de los ingredientes del pienso logradas triturando a través de una rejilla de 2 o 3 mm tendrían un efecto sobre la digestibilidad prececal (pc) de aminoácidos (AA). Se utilizaron harina de maíz y soya como ingredientes de prueba. Se trituro harina de maíz y soya con tamaños de cuadrícula de 2 o 3 mm. Se prepararon nueve dietas. La dieta base contenía 500 g / kg de almidón de maíz. Las otras dietas experimentales contenían muestras de harina de maíz y soya en concentraciones de 250 y 500 y 150 y 300

g / kg, respectivamente, en lugar de almidón de maíz. La reducción del tamaño de la rejilla de 3 a 2 mm redujo el tamaño de partícula promedio tanto del maíz como de la harina de soya, principalmente al reducir la proporción de partículas gruesas. La reducción del tamaño de la rejilla de forma significativa ($P < 0.050$) aumentó la digestibilidad por pc de todo el AA en la harina de soya. En el maíz, la reducción del tamaño de la cuadrícula disminuyó numéricamente la digestibilidad de todos los AA, pero no significativamente ($P > 0.050$). Llegaron a la conclusión que se recomienda la trituration a 3 mm de harina de soya ya que se obtiene una mayor disponibilidad y digestibilidad de los aminoácidos.

Inclusión de granos secos de destilería (DDG´S) en dietas para pollos de engorda

Carrillo et al. (2012) al probar diferentes niveles de DDGS en dietas para pollos de engorda: T1) dieta control sorgo-soya, T2) Dieta Control+7% DDGS, T3) Dieta Control+14% de DDGS, 4) Dieta Control+21% de DDGS. Observaron que con la adición del 7% de DDGS, se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a comportamiento productivo y características de la canal ($P < 0.05$), por lo que estos autores concluyen que la adición de DDGS en dietas en base sorgo-soya suplementadas con 7 % de DDGS puede ser una fuente alternativa de proteína.

Por su parte Alaeldein et al. (2017) investigaron el efecto de granos secos de destilería de maíz con solubles (DDGS) y suplementación enzimática sobre eficiencia del crecimiento y rendimiento de la canal en pollos de engorda. Las dietas contenían cinco niveles de DDGS (0, 6, 12, 18 y 24%) y fueron

suplementadas con enzimas digestivas. Las dietas que contenían 12, 18 y 24% de DDGS fueron menos eficientes ($P < 0.05$) al comienzo de la prueba a los 0-10 días. La inclusión de enzimas durante la primera etapa de iniciación (0-10 días) mejoró la ganancia de peso y la eficiencia de la dieta. ($P < 0.05$). Durante los períodos de crecimiento (11-24 días) y finalización (25-35 días), los pollos que habían recibido 0, 6 o 12% de DDGS convirtieron el alimento en peso corporal de manera más eficiente ($P < 0.05$). La suplementación con enzimas mejoró el índice de conversión alimenticia para los períodos (11-24 y 25-35 días, respectivamente; $P < 0.05$). Acorde con estos autores, el nivel máximo de DDGS sugerido para dietas de iniciación es del 6%, el cual podría aumentarse durante los períodos de crecimiento y finalización al 12%. Al mismo tiempo, la suplementación de enzimas en dietas que contienen DDGS puede mejorar la conversión alimenticia y la ganancia de peso en pollos de engorda.

Ángeles y Gómez (2017), realizaron 2 experimentos, en el experimento 1 se consideró un período de 21 a 35 días de edad, utilizándose una dieta control en base a sorgo-maíz y 4 niveles de DDGS (0, 5, 10 y 15 %). Los aminoácidos se calcularon con base en su digestibilidad ileal verdadera y se mantuvo la proporción de proteína ideal entre los limitantes: lisina, metionina y treonina; el resto de los aminoácidos aportados por los ingredientes fueron excedentes respecto a la relación de proteína ideal. Los pollos que recibieron los niveles crecientes de DDGS, presentaron un comportamiento cuadrático ($P < 0.05$) para consumo de alimento y ganancia de peso, los cuales presentaron un incremento en respuesta a la suplementación de 0 a 10 % de DDGS, para luego disminuir de forma ligera

en respuesta al 15 % de suplementación. Al mismo tiempo, la conversión alimenticia disminuyó linealmente de 0 y 10 % de DDGS, incrementando en respuesta al nivel de 15 % de DDGS. En el experimento 2 se utilizó la misma dieta base y los mismos tratamientos del experimento 1 en pollos de los 35 a 49 días de vida. Al final del experimento, seis pollos de cada tratamiento se sacrificaron para obtener datos de la pechuga. No se observaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.10$) en ninguna de las variables de respuesta a los tratamientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El estudio se realizó en el Laboratorio Avícola del Instituto de Investigaciones de Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California, en Mexicali, Baja California (Zona extremo noroeste de México). La zona se ubica en los 32°39'48" N, 115°28'4" W, a una altitud de 8.23 m.

Duración del estudio

El presente experimento tuvo una duración de 42 días.

Unidades experimentales

Se utilizaron doscientos pollos de engorda línea Ross machos sanos de un día de edad, provenientes de un criadero comercial con un peso promedio de 42g.

VARIABLES EVALUADAS

Se evaluó el comportamiento productivo, características en canal y composición de la carne. Para comportamiento productivo se consideró ganancia de peso (GP), consumo de alimento (CA) y conversión alimenticia (GP/CA). En características de la canal se midieron los pesos de la canal caliente (PCC), pecho, pierna larga, alas, hígado, corazón y molleja. En composición de la carne se midió humedad, proteína, grasa y cenizas.

Metodología

Durante el experimento las aves se alojaron 10 aves por corraleta (1 m²), misma que contó con estructura de metal y malla pollera en suelo y paredes. Se acondicionó una cama de aserrín en cada una de las corraletas. Cada una de ellas contó con bebederos automáticos y comederos de llenado manual. Tanto el agua como las dietas fueron ofrecidas *ad libitum*.

Se utilizó una dieta en basa sorgo gano, comparando la suplementación de harina de soya TMT1 contra la suplementación de una combinación (50:50) de harina de soya / Granos secos de destilería mas solubles (DDG's) TMT2. La fase de inicio se muestra en el Cuadro 3 y finalización en el Cuadro 4 respectivamente. Se utilizaron dos fases de alimentación: 1-21 y 22-42 días de edad. Los niveles de proteína cruda (PC) que se utilizaron en las dietas de iniciación y finalización fueron para TMT1: 23.14 y 19.97, mientras que para TMT2 se consideraron valores de 22.82 y 21.59, respectivamente.

Comportamiento productivo

El peso corporal y el consumo de alimento se midieron semanalmente en una balanza electrónica con una capacidad de 40 kg (\pm g; Rhino Modelo BA8-8, México), se calculó el índice de conversión alimenticia (consumo de alimento, g / ganancia de peso).

Rendimiento de canal

Al final del experimento, se sacrificaron dos aves por corral, seleccionadas al azar, mediante dislocación cervical (ley oficial mexicana NOM 033-ZOO-1995) para determinar características de la canal y acceder a la composición química de la carne de pechuga y muslo. Se utilizó el peso de la canal sin vísceras para estimar el rendimiento de la canal caliente. Las canales fueron diseccionadas para la obtención de cortes principales: pechuga, muslos más baquetas, alas, espalda, grasa de la espalda recortada, hígado, corazón y molleja. Los respectivos pesos de estos cortes se registraron utilizando una balanza electrónica con una capacidad de 10 kg (± 1 g; Rhino BAPO-10, México).

Composición química de la carne

Se obtuvo una muestra de aproximadamente 150 g de pechuga y muslo izquierdos de cada canal y se congelaron (-20 °C). Las muestras fueron analizadas para materia seca (horno a 105 ° C durante 24 h), cenizas (horno a 550 ° C durante 3 h), grasa y proteína cruda (AOAC, 1990) (Infante-Rodríguez et al. 2020).

Diseño del experimento y Análisis estadístico

Se utilizó un diseño Completamente al Azar con dos tratamientos y cinco repeticiones para comportamiento productivo y características de la canal. Para la composición química se realizó una DCA con submuestreo. Se aplicó un análisis de varianza utilizando la prueba de Tukey para comparaciones de medias

considerando un nivel de significancia menor a 0.05. Para el análisis estadístico se utilizó el procedimiento de modelo lineal generalizado (GLM) de SAS (2007).

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} Es la variable de respuesta de la ij-ésima unidad experimental

μ Efecto de la media general

τ_i Efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} Efecto del error experimental asociado a la i-ésima unidad experimental

Cuadro 2. Dietas fase de iniciación BS

Ingredientes, %	TMT1	TMT2
Sorgo, grano	53.92	41.33
Soya, pasta	37.52	25.69
DDGS	0.00	25.69
Aceite	4.50	3.31
Premezcla	4.06	3.98
Total	100	100
Composición nutrimental		
PC	23.14	22.82
EM, cal	3068	3025
Lisina	1.24	1.05
Metionina	0.50	0.55
Metionina + Cistina	0.86	1.28
Treonina	0.85	0.82
Triptofano	0.32	0.27
Ca	0.98	1.03
P disponible	0.72	0.93

Cuadro 3. Dietas fase de finalización

Ingredientes, %	TMT1	TMT2
Trigo, grano	68.95	73.86
Soya, harina	24.50	
DDGS		18.57
Aceite	2.55	2.57
Premezcla	4.00	4.00
Total	100	100
Composición nutrimental		
PC	19.97	21.59
EM, cal	3135	3105
Lisina	1.02	0.98
Metionina	0.46	0.53
Metionina + Cistina	0.78	1.21
Treonina	0.73	0.78
Triptofano	0.27	0.25
Ca	0.96	1.02
P disponible	0.69	0.90

RESULTADOS Y DISCUSION

Los efectos de los tratamientos sobre comportamiento productivo se muestran en el Cuadro 5. Mientras que no se observó efecto estadísticamente significativo ($P > .05$) de los tratamientos sobre ganancia de peso, consumo de alimento ni eficiencia alimenticia durante la fase inicial, observamos una disminución significativa ($P < .05$) sobre ganancia de peso y consumo de alimento en respuesta a T2 durante la fase final, manteniéndose la eficiencia alimenticia sin cambios significativos. Lo anterior nos indica que DDGS como única fuente de proteína suplementaria no fue suficiente para mantener respuestas similares a la suplementación de soya. Respuestas similares fueron observadas para la prueba total. Lo anterior concuerda con Cortes et al. (2012), quienes reportaron que en dietas soya-sorgo para pollo de engorda se pueden esperar efectos benéficos sobre comportamiento productivo suplementando hasta un 7% de DDGS.

Cuadro 4.- Efecto de los tratamientos sobre comportamiento productivo.

	T1	T2	CME
FASE INICIAL (1-21 días)			
Ganancia de peso	630 ^a	570 ^a	0.0149
Consumo de alimento	730 ^a	728 ^a	0.00095
Eficiencia de conversión de alimento	1288 ^a	1340 ^a	0.153
FASE FINAL (22-42 días)			
Ganancia de peso	1762 ^a	1416 ^b	0.074
Consumo de alimento	2704 ^a	2354 ^b	0.0958
Eficiencia de conversión de alimento	1.61 ^a	1.74 ^a	0.165
FASE TOTAL (1-42 días)			
Ganancia de peso	2367 ^a	1963 ^b	0.153
Consumo de alimento	3468 ^a	3074 ^b	0.077
Eficiencia de conversión de alimento	1495 ^a	1675 ^a	0.238

Los efectos de los tratamientos sobre comportamiento características de la canal en el Cuadro 6. Se observó un efecto estadísticamente significativo ($P < .05$) sobre peso vivo, peso de la canal caliente, pierna larga, alas, hígado, corazón y molleja en respuesta al T1. No se observaron efectos estadísticamente significativos ($P > .05$) sobre pecho y espalda. Lo anterior concuerda con Cortes et al. (2012), quienes reportaron que en dietas soya-sorgo para pollo de engorda se pueden esperar efectos benéficos sobre características de la canal suplementando hasta un 7% de DDGS.

Cuadro 5.- Efecto de los tratamientos sobre características de la canal.

	T1	T2	CME
Peso vivo (g)	2407 ^a	2003 ^b	0.153
Peso canal caliente (g)	1919 ^a	1615 ^b	0.067
Pecho	587 ^a	544 ^a	0.012
Pierna larga	521 ^a	457 ^b	0.006
Alas	201 ^a	174 ^b	0.002
Hígado	40 ^a	33 ^b	0.00007
Espalda	372 ^a	352 ^a	0.007
Corazón	11 ^a	9 ^b	0.00001
Molleja	67 ^a	46 ^b	0.004

Los efectos de los tratamientos sobre comportamiento características de la canal en el Cuadro 7. Acorde con Ángeles y Gómez (2017), no se observaron efectos estadísticamente significativos ($P > .05$) de los tratamientos sobre las variables de respuesta. Por su parte Schilling et al. (2010) al alimentar pollos de engorda con dietas conteniendo 0, 6, 12, 18 y 24% de DDGS durante 42 días, observaron que sin importar el nivel de DDGS, se obtuvo carne de pechuga de alta calidad. Al mismo tiempo, la calidad de la carne del muslo fue similar entre las

aves alimentadas con las dietas de 0 a 12% de DDGS, reportando que los niveles de inclusión mayores resultaron en una carne más susceptible a la oxidación.

Cuadro 6.- Efecto de los tratamientos sobre composición química de la carne.

	T1	T2	CME
Pecho			
Humedad (%)	76.74 ^a	74.40 ^a	8.32
Proteína (%)	20.84 ^a	20.03 ^a	0.73
Grasa (%)	4.07 ^a	5.65 ^a	12.31
Cenizas (%)	1.26 ^a	1.25 ^a	0.04
Muslo			
Humedad (%)	73.31 ^a	71.61 ^a	3.01
Proteína (%)	20.31 ^a	19.85 ^a	0.33
N de Grasa (%)	8.24 ^a	10.17 ^a	4.70
Cenizas (%)	1.23 ^a	1.30 ^a	0.009

La menor eficiencia observada como resultado de la inclusión de granos secos de destilería con solubles pudo ser debida en parte al menor aporte de lisina (0.90%) comparado con pasta de soya (2.98%). Con la finalidad de evitar afectar tanto las variables de producción como calidad de la carne, se recomiendan máximos de DDGS del 6% de la dieta en el periodo de iniciación y de 12 - 15% en las fases de crecimiento y finalización de la producción de pollos de engorda (Lumpkins et al., 2004;Choi et al., 2008). Además, aunque las dietas fueron formuladas considerando aporte suficiente de lisina acorde con los requerimientos, la digestibilidad de la misma podría haber sido inadecuada, especialmente en los DDGS, además de que el perfil de aminoácidos en la harina de soya es más apto para cumplir los requerimientos de éstos en los pollos que las fuentes de proteína de maíz (Pahm et al., 2009). Acorde con de Blas et. Al. (2007), el calor aplicado durante los procesos de fermentación, destilación y

secado reducen la solubilidad de la proteína y aumentan su indegradabilidad. Sin embargo, la digestibilidad intestinal de sus aminoácidos, tanto para monogástricos como para rumiantes no es muy elevada, especialmente cuando las temperaturas en el proceso de secado superan los 100 °C durante varios minutos. Además de ello, Pahm et al. (2009) en un estudio en el que compararon la concentración de lisina digestible estandarizada (SDD) y lisina biodisponible relativa en 7 fuentes de DDGS de maíz, observaron que el promedio de lisina SDD y los valores de biodisponibilidad relativa de la lisina fueron solo de 61.4% y 69.0%, respectivamente. Estos mismos autores sugieren que cuando se formulen dietas que contienen DDGS de maíz, deben usarse valores de aminoácidos digestibles, especialmente para lisina, metionina, cistina y treonina. Las dietas también deben formularse mediante el establecimiento de niveles mínimos aceptables de triptófano y arginina, debido a la naturaleza de segundo aminoácido limitante en la proteína de los DDGS de maíz.

CONCLUSIONES

La suplementación de DDGS como fuente de proteína suplementaria disminuyó los parámetros productivos al compararse con pasta de soya.

LITERATURA CITADA

- Alaeldein, A., R. Al-Atiyat, S. Dragons, H. Albatshan, R. Aljassim. 2017. El efecto de los granos secos de destilería de maíz con solubles (DDGS) fortificados con enzima sobre el crecimiento del pollo de engorda. Disponible en: *Investigación en ciencias ambientales y contaminación* 9:21412-21421.
- Ángeles, L. M., S. R. Gómez. 2017. Granos secos de destilería con solubles y enzimas en dietas para pollos de engorda. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 4:359-369.
- Ansari, N. N., K. H. Sohail, K. Tabinda. 2007. Efecto de diferentes niveles de harina de sangre en el rendimiento de los pollos de engorde durante dos fases de crecimiento. *International Journal of Poultry Science*. 6:860-865.
- Albino, F. L., J. R. Valdir, S. C. Cruz, H. S. Rostagno. Universidad Federal de Viçosa (Brasil). 2011. "Latinoamérica: Reserva alimentaria mundial en armonía con el ambiente". XXII Congreso Latinoamericano de Avicultura. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Buenos Aires. Argentina.
- Ajinomoto Animal Nutrition. 2019. Nivel de Lisina en los Alimentos de Pollos de Engorde Requerimiento Actualizado de Lisina. Disponible en: <https://www.lysine.com/es/>. Fecha de acceso: 11 de Marzo del 2021.
- Branson, A. y G. Hernández. 2012. Mexico- Poultry and Products Semi-annual Sector Integration and Strong Demand Continue. Global Agricultural Information Network. Report Number: (MX2012):1-6.
- Cancherini, C. L., O. M. Junqueira, M. O. Andreotti, J. M. Barbosa, C. M. Oliveira. 2004. Uso de subproductos animales en dietas para pollos de engorde basadas en el concepto de proteínas crudas e ideales, desde los 43 a los 49 días de edad. *Revista brasileira de zootecnia*. 33(6): 2060-2065.
- Cancherini, C. L., O. M. Junqueira, C. M. Oliveira, M. O. Andreotti, J. M. Barbosa. 2005a. Uso de subproductos animales en dietas formuladas a base de proteína cruda y proteína ideal para pollos de engorde de 1 a 21 días de edad. *Revista brasileira de zootecnia*. 34:529-534.
- Cancherini, C. L., O. M. Junqueira, C. M. Oliveira, M. O. Andreotti, J. M. Barbosa. 2005b. Utilización de subproductos animales en dietas formuladas a base de proteína bruta y proteína ideal para pollos de engorde de 22 a 42 días de edad. *Revista brasileira de zootecnia*. 34(2):535-540.
- Choi, H. S., H. L. Lee, M. H. Shin, C. Jo, S. K. Lee, B. D. Lee. 2008. Nutritive and economic values of corn distiller's dried grains with solubles in broiler diets. *Asian-Australasian J. Animal Science*. 21(3):414-419.
- Cortes, A., C. A. Esparza, G. Sanabria, J. M. Iriarte, M. Ornelas, E. Ávila. 2012. El uso de granos secos de destilería con solubles (DDGS) en dietas sorgo-soya

- para pollos de engorda y gallinas de postura. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 3(3):331-341.
- Cortes, C. A., C. A. Martínez, G. V. Gómez, C. C. López, E. G. Ávila. 2014. Biodisponibilidad de lisina en dos pastas de soya con diferente nivel de actividad ureásica en pollos de engorda. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 5(1):17-24.
- Carrillo, C. A., A. C. Cortes, E. Esparza, G. S. Iriarte, J. M. Roa, M. Ornelas. 2012. El uso de granos secos de destilería con solubles (DDGS) en dietas sorgo-soya para pollos de engorda y gallinas de postura. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 3:331-341.
- Costa, E. F., R. I. Bakalli, H. P. Ewing, B. R. Miller, G. M. Pesti. 2001. Studies on feeding peanut meal as a protein source to broilers. *Poultry Science*. 80:306-313.
- Cowieson, A., J. O. Sorbara, G. Pappenberger, M. R. Abdollahi, F. F. Ross., V. Ravindran. 2019. Additivity of apparent and standardized ileal amino acid digestibility of corn and soybean meal in broiler diets. *Poultry Science*. 9:3722-3728.
- NRC. 1998. *Nutrient Requirements of Swine (10th Ed.)*. National Academies Press. Washington, DC.
- Cuca, G. M., y G. E. Ávila. 2020. Fuentes de energía y proteínas para la alimentación de las aves. Disponible en: <https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol2/CVv2c12.pdf>. Fecha de acceso: 27 Septiembre del 2020.
- de Blas, C., G. G. Mateos, P. G. Rebollar. 2007. DDGS de maíz (granos de destilería, DDG Solubles, DDS). Universidad Politécnica de Madrid, España. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar
- Driver, J. P., H. M. Edwards, G. M. Pesti. 2006. Improvements in nitrogen-corrected apparent metabolizable energy of groundnut meal in response to phytase supplementation. *Poultry Science*. 85:96-99.
- Egbewande, O. O. 2020. Effect of alum-treated peanut (*Arachis hypogea*) shell meal on blood chemistry and carcass characteristics of broiler chickens. *Journal of Applied Sciences & Environmental Management*. 24:1555-1561.
- FAO. 2012. Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación revisión del desarrollo avícola. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-al704s.pdf>. Fecha de acceso: 15 de octubre del 2020.
- Gómez, S. R., A. C. Cuevas, C. L. Coello, E. A. Gonzáles. 2011. Evaluación de tres programas de alimentación para pollos de engorda con base en dietas sorgo-soya con distintos porcentajes de proteína. 42(4): 299-309.

- Gou, Z. Y., S. Q. Jiang, Z. Y. Jiang, C. T. Zheng, L. Li, D. Ruan, F. Chen, and X. J. Lin. 2016. Effects of high-level peanut meal with different crude protein level supplemented with amino acids on performance, carcass characteristics and nitrogen retention of Chinese yellow broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 100:657-664.
- Infante, R. F., M. A. Muñoz, M. F. Montaña-Gómez, M. E. Hume, R. C. Anderson, O. M. Manríquez-Núñez, E. A. Acevedo, Y. Martínez y J. Chavira. 2020. Efecto de la concentración de proteína en la dieta sobre rendimiento productivo, características de la canal y composición química de carne de pollos de engorda en el trópico seco. *Nova Scientia*. 25:1-18.
- Lumpkins, B., A. Batal, N. Dale. 2004. Evaluation of distillers dried grains with solubles as a feed ingredient for broilers. *Poultry Science*. 83:1891-1896.
- Morales, J. E. y E. Ávila. 2004. Necesidades de metionina + cistina para pollos de engorda en iniciación. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 8:48-54.
- Novoa, M. D. 2018. Exigencias nutricionales de proteína bruta y energía metabolizable para pollos de engorde. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 9(1): 106-113.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, (OCDE). Estudio de caso del mercado de la carne de pollo. 2018. Disponible: <https://www.oecd.org/daf/competition/ESP-WEB-REPORT-Chicken-MeatMarketMexico2018.pdf>. Fecha de acceso: 13 de abril de 2021
- Pahm, A. A., C. S. Scherer, J. E. Pettigrew, D. H. Baker, C. M. Parsons, H. H. Stein. 2009. Standardized amino acid digestibility in cecectomized roosters and lysine bioavailability in chicks fed distillers dried grains with solubles. *Poultry Science*. 88(3):571-8.
- Potença, A., A. E. Murakami, C. I. Ospina, I. J. Muller. 2015. Relación valina:lisina digestible en la dieta de pollos de engorda. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 6:25-37.
- Pratt, W. C., J. G. Voet, D. Voet. 2016. Fundamentos de bioquímica: la vida a nivel molecular. En: *Proteínas: estructura primaria*. (4ª ed). Editorial Médica Panamericana. P. 93. Ciudad de México.
- Schilling, M.W. V. Battula, R.E. Loar II, V. Jackson, S. Kin, A. Corzo. 2010. Dietary inclusion level effects of distillers dried grains with solubles on broiler meat quality. *Poultry Science*. 89:752-760.
- Retureta, F., J. S. Chavira, F. I. Rodríguez, J. C. Licón, M. V. Díaz, R. Y. Puente, M. F. Montaña-Gómez, O. M. Manríquez-Núñez, V. M. Vizcarra, R. F. Castillo. 2013. Comportamiento productivo de pollos de engorda en dietas suplementadas con un complejo enzimático de proteasas y carbohidrasas y

diferentes ingredientes proteicos. XXIII Reunión Internacional sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos. UABC. Mexicali, B.C.

ROSS. 2019. Pollo de engorde Ross. Disponible en: https://es.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/RossBroilerNutritionSpecs2019-ES.pdf. Fecha de acceso: 04 de diciembre del 2020.

Santiago, G. R., A. C. Cortés, C. C. López, E. G. Ávila. 2011. Evaluación de tres programas de alimentación para pollos de engorda basados en dietas de sorgo-soja con diferentes porcentajes de proteína. Veterinaria México. 42:299-309.

Siegert, W., C. Ganzer, H. Kluth, M. Rodehutschord. 2018. Effect of particle size distribution of maize and soybean meal on the precaecal amino acid digestibility in broiler chickens. Br Poult Sci. 59(1):68-75.

Toomer, O. T., M. L. Livingston, B. Wall, E. Sanders, T. C. Vu, R. D. Malheiros, K. A. Livingston, L. V. Carvalho, and P. R. Ferker. 2019. Meat quality and sensory attributes of meat produced from broiler chickens fed a high oleic peanut diet. Poultry Science. 98:5188-5197.

Toomer, O. T., M. Livingston, B. Wall, E. Sanders, T. Vu, R. D. Malheiros, A. Livingston, L. V. Carvalho, P. R. Ferker, and L. L. Dean. 2020. Feeding high-oleic peanuts to meat-type broiler chickens enhances the fatty acid profile of the meat produced. Poultry Science. 99:2236-2245.

Unión Nacional de Avicultores (UNA). 2019. Crecerá 2.5% la avicultura mexicana. Disponible en: <http://www.una.org.mx/index.php/component/content/article?layout=edit&id=56> Fecha de acceso: 25 de septiembre del 2020.

Walk, C. L., R.V. Rao. 2019. Dosis altas de fitasa sobre el rendimiento del crecimiento y la digestibilidad ileal aparente de aminoácidos de pollos de engorda alimentados con dietas con concentraciones graduadas de lisina digestible. Revista de Ciencia Animal. 97:698-713.

Waldroup, P.W., Jiang, Q. And Fritts, C.A. Effects of supplementing broiler diets low in crude protein with essential and nonessential amino acids. Int. Journal of Poultry Science. 4:425-431.

Wright, C. 2013. Qué tan competitiva es la avicultura mexicana. México - El Sitio Avícola. Disponible en: <http://www.elsitioavicola.com/poultrynews/26269/nqua-tan-competitiva-es-la-avicultura-mexicana#sthash.USJ4kvkX.dpuf>. Fecha de acceso: 27 de noviembre de 2020.