



DIGESTIBILIDAD ILEAL APARENTE DE LA PROTEÍNA, EN POLLOS DE ENGORDE ALIMENTADOS PARCIALMENTE CON TORTA DE SACHA INCHI (*PLUKENETIA VOLUBILIS*)

APPARENT ILEAL DIGESTIBILITY OF THE PROTEIN IN BROILERS PARTIALLY FED WITH SACHA INCHI (*PLUKENETIA VOLUBILIS*) CAKE

José L. Alcívar-Cobeña^{*1}, Madeleidy Martínez-Pérez², María F. Figueroa-Toalombo¹ y Lizeth V. Salazar-Salazar¹

¹Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador.

²Instituto de Ciencia Animal, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba.

*Autor para correspondencia: jose.alcivar@unesum.edu.ec

Manuscrito recibido el 27 de mayo de 2021. Aceptado, tras revisión, el 03 de enero de 2022.

Resumen

El presente trabajo experimental se desarrolló en la finca experimental "Andil" de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Cantón Jipijapa, Manabí, Ecuador, con el objetivo de evaluar el comportamiento etológico y la digestibilidad ileal aparente de la materia seca (MS) y la proteína bruta (PB) de pollos Cobb 500 en jaulas individuales. Se utilizaron 36 pollos machos que se distribuyeron en cuatro tratamientos con diferentes niveles de inclusión de torta de sachá Inchi (TSI): T1 = testigo, sin TSI, T2 = 10% TSI, T3 = 20% TSI y T4 = 30% TSI. Para el análisis estadístico se empleó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), donde cada tratamiento contó con 12 repeticiones, ubicando un animal por unidad experimental. Los resultados determinaron que los pollos tuvieron buena respuesta en adaptarse rápidamente a las jaulas, además de no reportar mortalidad y de aceptar el alimento. La digestibilidad ileal aparente de la MS no mostró diferencia entre los tratamientos, en tanto que el nitrógeno (N) difirió entre el grupo testigo y la inclusión del T4 con 30% (TSI), el cual fue superior para este último (85,20 vs 90,23%). Los resultados permiten concluir que no se afecta el comportamiento etológico de los animales y se obtienen buenos índices de digestibilidad ileal de la MS y el N con la inclusión de TSI en la dieta de pollos de ceba.

Palabras clave: Fisiología animal, adaptabilidad, nutrición animal, metabolismo.

Abstract

This research was conducted at the experimental farm "Andil" of the State University of the South of Manabí, Cantón Jipijapa, Manabí, Ecuador, with the aim of evaluating the ethological behavior of the apparent ileal digestibility of dry matter (DM) and crude protein (CP) of Cobb 500 chickens in individual cages. 36 male chickens were used which were distributed in four treatments with different inclusion levels of Sacha Inchi cake (SIC): T1 = control, without SIC, T2 = 10% SIC, T3 = 20% SIC and T4 = 30% SIC. A Completely Randomized Design (DCA) was used for the statistical analysis, where each treatment had 12 repetitions, locating one animal per experimental unit. The results determined that chickens had a good response in quickly adapting to the cages, in addition to not reporting mortality and accepting food. The apparent ileal digestibility of DM did not show a difference between the treatments, while the N differed between the control group and the inclusion of T4 with 30% (SIC), which was higher for the latter (85.20 vs 90.23%). The results allow to conclude that the ethological behavior of the animals is not affected and good indices of ileal digestibility of DM and N are obtained when adding SIC in the diet of broilers.

Keywords: Animal physiology, adaptability, animal nutrition, metabolism.

Forma sugerida de citar: Alcívar-Cobeña, J., Martínez-Pérez, M., Figueroa-Toalombo, M. y Salazar-Salazar, L. (2024). Digestibilidad ileal aparente de la proteína, en pollos de engorde alimentados parcialmente con torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*). *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. [Acceso Temprano]

IDs Orcid:

José Luis Alcívar-Cobeña: <http://orcid.org/0000-0002-6648-3864>

Madeleidy Martínez-Pérez: <http://orcid.org/0000-0003-1585-2858>

María Figueroa-Toalombo: <http://orcid.org/0000-0002-3590-6051>

Lizeth Salazar-Salazar: <http://orcid.org/0000-0002-8798-6938>

1 Introducción

La creciente demanda alimenticia exige encontrar el modelo nutricional apropiado, empleando recursos funcionales, novedosos y eficientes para ser aplicados en la producción pecuaria. La avicultura en Ecuador involucra la producción agrícola para la obtención de materias primas y/o subproductos para la alimentación de las aves, para la posterior conversión productiva (Vargas González, 2016).

Cuando se quieren incluir alimentos no tradicionales en la alimentación animal, no basta con el conocimiento de las concentraciones de nutrientes, sino que es necesario conocer el estudio de la disponibilidad de los mismos (Adedokun y col., 2011). Según Atchade y col. (2019) la digestibilidad de los nutrientes se refiere a la biodisponibilidad y depende del animal, la composición del alimento y del tratamiento a que este pueda someterse. Cuando se quiere estudiar el valor nutricional de fuentes de proteína para las aves, se utiliza la digestibilidad ileal. Esto se debe a que estos animales poseen características anatómicas diferentes en el intestino grueso, por lo que el estudio de la digestibilidad fecal puede estar influenciada por la fermentación de los microorganismos que habitan esta porción (Denbow, 2015).

La soya (*Glycine max*) aporta excelente concentración y disponibilidad energética, aminoácidos y ácidos grasos esenciales, contenido de grasas (18 a 20%) y proteínas (37 a 38%), satisfaciendo las necesidades nutricionales de las líneas modernas de aves (Dei, 2011), presenta alta digestibilidad (82%) y buen balance de aminoácidos (García-Rebollar y col., 2016). En la alimentación de los pollos se utiliza en forma de harina como fuente principal de proteína en las dietas (Stefanello y col., 2016). Sin embargo, posee elevados precios en el mercado internacional, de ahí que se busquen fuentes alternativas que permitan su sustitución en las raciones.

La Sacha Inchi (SI) (*Plukenetia volubilis*) es una especie vegetal con excelentes rendimientos, contenidos de proteína bruta (29%), aminoácidos, ácidos grasos esenciales (54%) y vitamina A y E (Romero, Valdiviezo y Bonilla, 2019). Sus semillas, luego de extraer el aceite, poseen altos valores proteicos (59,13%) y grasa de 6,93% (Kodahl y Sørensen, 2021). Según Romero, Valdiviezo y Bonilla (2019)

el porcentaje de extracción de aceite por extrusión es menor (26,92%) si se compara con el obtenido en los análisis fisicoquímicos (42,03%). El producto residual conocido como torta de Sacha Inchi (TSI) se ha incorporado en la dieta de algunos monogástricos (Robles-Huaynate, Hurtado-Ramírez y Paredes-López, 2014). A pesar de que sus niveles de leucina y lisina son más bajos que los de la soya, estos son igual o mayores que en otras semillas (Wang, Zhu y Kakuda, 2018). En la actualidad el cultivo de SI es de creciente importancia en la Amazonía ecuatoriana que podría sustituir a los cultivos tradicionales de la zona (Andino Nájera y col., 2018). Las semillas de Sacha Inchi que no cumplen con los estándares establecidos para su comercialización podrían considerarse como alternativa para la alimentación animal (Viamonte y col., 2020).

Las semillas de SI contienen factores antinutricionales que afectan la digestibilidad e inhiben la actividad enzimática. Estos factores podrían inactivarse mediante el tratamiento químico o térmico (Reátegui y Reiner, 2012; Alayón y Echeverri, 2016). La TSI procesada térmicamente se considera un insumo de alta calidad, ya que posee un alto nivel de proteína y energía bruta (Alcívar-Cobeña y col., 2020a).

Desde el punto de vista nutricional han surgido investigaciones sobre nuevas técnicas y fuentes alimentarias con los recursos disponibles que son capaces de suplir a las tradicionales. Esto permite competir en calidad/precio en el mercado, siendo una buena alternativa la elaboración de subproductos de Sacha Inchi (Castro, Narváez Jiménez y Ortega Ojeda, 2017). Por lo tanto, el objetivo es evaluar el comportamiento etológico en jaulas individuales y la digestibilidad aparente de la materia seca (MS) y la proteína bruta (PB) de pollos de engorde Cobb 500 machos alimentados con TSI (*Plukenetia volubilis*) en tres niveles como sustitución parcial de la Soya (*Glycine max*).

2 Metodología

2.1 Metodología de investigación

Se empleó el método analítico, el cual consiste en la separación del todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos. En este caso, se observó el com-

portamiento etológico de cada pollo por jaula. De igual forma, se tomó en cuenta la revisión de la literatura científica relacionada con el tema de alimentación con tortas de diferentes oleaginosas, incluida la Sacha inchi, para la respectiva investigación. El método descriptivo: al momento de la investigación se tomaron datos cuantitativos y cualitativos (datos fisiológicos).

2.2 Ubicación del estudio

El presente estudio se realizó en la finca experimental Andil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, ubicada en la comuna Andil, parroquia San Lorenzo, del cantón Jipijapa, en la provincia de Manabí. Las coordenadas del sitio de estudio son: Norte 1° 15' 54" latitud Sur y 80° 41' 24" longitud occidental y suele presentarse una temperatura media anual de 24-26 °C.

2.3 Población muestral

Para el estudio se utilizaron 36 pollos machos de la línea Cobb 500 de 7 a 42 días de edad. Se seleccionó esta estirpe por considerar su alta resistencia a enfermedades dentro de la zona de estudio y la conversión rápida del alimento en masa muscular.

2.4 Tratamientos

Los tratamientos consistieron en: T1= testigo sin TSI, T2= 10% de TSI, T3= 20% de TSI y T4= 30% de TSI. Las dietas evaluadas en cada tratamiento se ofrecieron a partir del día 7 y este según las etapas fisiológicas como inicial (0-14 días), crecimiento (15-28 días) y engorde (29-42 días). Las dietas fueron las mismas que emplearon Alcívar-Cobeña y col. (2020b).

2.5 Diseño experimental

Se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) compuesto por 4 tratamientos y 9 repeticiones, donde tres animales se consideran como la unidad experimental para el análisis de la digestibilidad ileal de la MS y el N. Se utilizó la dócima de Tukey a $P < 0.05$ de probabilidad para la detección de diferencias en los casos necesarios, y para el procesamiento estadístico se utilizó el paquete estadístico InfoStat (Di Rienzo y col., 2012).

2.6 Manejo del estudio

2.6.1 Instalaciones

Antes de la llegada de las aves al galpón éste se limpió y fumigó, y el piso se desinfectó con cal. Un día previo a la llegada de las aves se encendió la criadora optimizando una temperatura entre 30 a 32 °C. La cama se construyó con viruta de arroz, removiéndola diariamente para mantener condiciones de aseo adecuadas, donde las aves permanecieron por 7 días. En la segunda semana se reemplazó la cama por las 48 jaulas de alambre galvanizado de 40 × 40 × 80 cm, equipadas con bebederos y comederos propios, en las que se colocó individualmente cada ave. Se aplicaron diariamente medidas de asepsia, lavado y desinfección.

2.6.2 Manejo del alimento

Durante la última semana que corresponde a la etapa de engorde (35-42 días de edad), se suministraron a los animales 200g diarios de alimento. Se dividieron en dos raciones: 100g por la mañana e igual cantidad por la tarde. El consumo de alimento se calculó a partir de la oferta y el rechazo.

2.6.3 Toma de muestra

A partir del séptimo día y hasta el día 14 se estudió la etología de los animales según (Cebrián, Canestrari y Baglione, 2011). Este momento coincidió con la adaptación al cambio de crianza en piso a jaulas individuales, situadas a un metro sobre el nivel del suelo junto al suministro del alimento que se formuló con la inclusión de TSI en diferentes porcentajes. Se anotó las veces que dedicaban al consumo de agua y alimentos y a la excreción y las manifestaciones de estrés por las condiciones de manejo. Con estos datos, se calculó el porcentaje dedicado a cada actividad tomando en consideración el tiempo total de observación (periodo comprendido entre las 8.00 am y las 6.00 pm), así como la relación ingestión-excreción (RIE). Para esta última se empleó la Ecuación 1.

$$RIE, \% = \frac{\text{No. veces consumiendo alimento}}{\text{No. veces excretando}} * 100 \quad (1)$$

La escala que se empleó en cada caso fue del 1 al 100% donde valores bajos representan estrés/rechazo, valores medios, neutralidad y valores altos o próximos a 100 significan buena adaptación

y aceptación dentro de las jaulas. Después de transcurrido este tiempo, se sacrificaron los animales para el estudio de la digestibilidad ileal aparente de la materia seca y la proteína bruta. Ambos componentes se determinaron en la dieta y el contenido ileal según las técnicas analíticas de la AOAC (2019). Las muestras se tomaron extrayendo manualmente el contenido en la sección intestinal, deslizando los dedos índice y pulgar a lo largo del íleon y se depositaron en placas Petri (Sebastian y col., 1997). Se tomó como una repetición el contenido ileal de tres pollos. Las muestras se almacenaron a -20°C hasta su posterior procesamiento.

2.6.4 Sacrificio de los animales y cálculo de la digestibilidad ileal aparente de nutrientes

Se sacrificaron las aves utilizando choque eléctrico para aturdirlos y reducir el nivel de estrés. Posteriormente, se abrió la cavidad abdominal y se localizó el íleon, que se define como la porción del intestino delgado que se extiende desde el divertículo de Meckel hasta la unión ileo-cecal (Castro y col., 2020).

Procesadas las muestras, se procedió al cálculo de la digestibilidad ileal aparente de MS y PB por el método directo según la Ecuación 2.

$$\text{Digestibilidad ileal, \%} = \frac{(MS \text{ ó } PB)_{\text{consumido}} - (MS \text{ ó } PB)_{\text{íleon}}}{(MS \text{ ó } PB)_{\text{consumido}}} \quad (2)$$

Donde $(MS \text{ ó } PB)_{\text{consumido}}$ y $(MS \text{ ó } PB)_{\text{íleon}}$, representan el contenido de ambos nutrientes en el alimento que consumieron y en el contenido ileal, respectivamente.

3 Resultados y Discusión

3.1 Análisis etológico de las aves en jaulas

En el estudio analítico descriptivo etológico (Tabla 1) se observó un nivel alto de estrés durante los dos primeros días. Se manifestó en las aves inquietud, por lo que se les administró por vía oral (disuelto en el bebedero) un regulador de estrés comercial "Trolvit", que además contenía electrolitos, aminoácidos y vitaminas. Esto contribuyó a que se alcanzara en

menor tiempo la adaptación al manejo.

Se evidenció que, en todas las variables entre los días 6 y 7, se obtuvieron buenas respuestas en el análisis etológico, valorado en una escala de porcentaje de 0 al 100%, que demostró un nivel de adaptación satisfactorio los días del estudio, logrando cumplir un buen control sanitario desde las jaulas. Los resultados se registran en la Tabla 1. El uso de las jaulas individuales dio buenos resultados y las aves empezaron a mostrar su adaptación a este medio a los dos días de su establecimiento. Los resultados concuerdan con los obtenidos por Martínez-Pérez y col. (2008), quienes plantearon un tiempo de adaptación a las jaulas y al alimento de 7 días, cuando se realizan estudios metabólicos en jaulas individuales para pollos de ceba.

Tabla 1. Análisis descriptivo de la etología de los pollos.

DC	CV	RCM	RIE
1	30 %	30 %	50 %
2	40 %	40 %	40 %
3	60 %	60 %	60 %
4	70 %	70 %	60 %
5	75 %	75 %	70 %
6	90 %	95 %	80 %
7	100 %	100 %	100 %

DC día de crianza, CV consumo voluntario agua y alimento, RCM respuesta a condiciones de manejo, RIE relación ingestión-excreción.

3.2 Digestibilidad ileal aparente de nutrientes con el uso de torta de Sacha inchi

La Tabla 2 muestra el análisis de varianza de la digestibilidad ileal de la MS. El valor de p no fue significativo para $p < 0.05$. Las medias por tratamientos se aprecian en la Tabla 3. Los coeficientes de digestibilidad ileal fueron elevados en todos los casos, lo que demuestra buena digestión de la TSI por los animales. Los pollos poseen un tracto gastrointestinal adaptable anatómico y fisiológicamente según el tipo de alimento que se le suministre (Flórez y Osorio, 2013), lo que favoreció a que el consumo de la torta no provoque cambios desfavorables al animal.

Tabla 2. Análisis de varianza de digestibilidad ileal aparente de materia seca.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamientos	0,33	3	0,11	0,10	0,9585 ^{NS}
Error	8,79	8	0,11		
Total	9,11	11			

NS: No significativo.

El análisis de varianza para la digestibilidad ileal aparente de la proteína bruta aparece en la Tabla 4. El valor de p en este caso fue significativo, por lo que al comparar las medias que se registran en la Tabla 5 se encontraron diferencias entre tratamientos. El grupo testigo y la inclusión de 30 % de TSI muestran diferencias entre sí, y sus coeficientes fueron el menor y el mayor, respectivamente. El 10 y 20 % de TSI fueron similares al resto de los tratamientos. Al parecer, la calidad de la proteína que aporta la torta de Sacha inchi es elevada, por lo que existe un eminente aprovechamiento por el animal, de ahí que se excrete en menor concentración y por ello aumenta la digestibilidad al incluirse en las raciones de las aves.

A pesar de las diferencias detectadas, los coeficientes de manera general fueron altos. Estos resultados no coinciden con los observados por Woyengo, Beltranena y Zijlstra (2017) al emplear torta de camelina (alrededor de 75,30%). Las diferencias

podrían explicarse por la composición química de ambos ingredientes, luego del proceso de extracción del aceite a que fueron sometidas las semillas de las oleaginosas. Estos autores reportaron valores de PB y FDN de 39,80 y 38,30%, respectivamente mientras que en la torta de Sacha inchi que se empleó en el presente estudio.

Alcívar-Cobeña y col. (2020a) obtuvieron valores de 41,49 y 16,64%, respectivamente. El hecho de poseer mayor concentración de proteína y menor contenido de fibra favorece su digestibilidad; diversos autores mencionan que el contenido de fibra tiene incidencia directa en el proceso digestivo (Zajac y col., 2020).

Por otra parte, según Woyengo, Beltranena y Zijlstra (2017) los productos resultantes de la extracción del aceite en semillas de oleaginosas generalmente contienen factores antinutricionales que pueden limitar la utilización de los nutrientes por el animal. La torta de Sacha inchi muestra presencia de alcaloides, saponinas y grupos α amino (Alcívar-Cobeña y col., 2020a), sin embargo, la concentración de estos componentes parece no ser muy elevada, ya que no incidieron desfavorablemente en la digestibilidad ileal de la MS y la PB.

Tabla 3. Análisis de medias mediante la prueba de Tukey para la digestibilidad ileal aparente de materia seca (DIAMS).

Variable (%)	Tratamientos	Medias	No.	E.E $\pm$
DIAMS	T4	82,59	3	0,61
	T3	82,51	3	0,61
	T2	82,50	3	0,61
	T1	82,16	3	0,61

Palpa (2009), determinó por recolecta de muestras de heces en pollos de engorde los nutrientes metabolizables y energía metabolizable aparente para la torta de sachá inchi precocida y precocida extruida. La materia seca metabolizable está entre 73,95 % y 74,78 %; la proteína cruda metabolizable entre 42,97 % y 44,26 % y la energía metabolizable aparente entre 4 570,0 y 4 578,91 kcal/kg, respectivamente. Siendo alta la cantidad de proteína y grasa en TSI, su aplicación pudiera optimizar los recursos disponibles para los productores, ya que la torta de

soya posee elevados precios en el mercado internacional y la actividad pecuaria importa aproximadamente cien mil toneladas al año (Benítez, Coronell y Martin, 2018).

Tabla 4. Análisis de varianza de la digestibilidad ileal aparente de la PB.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamientos	37,96	3	12,65	7,43	0,0107
Error	13,62	8	1,70		
Total	51,58	11			

Tabla 5. Análisis de medias mediante la prueba de Tukey para la digestibilidad ileal aparente de la PB (DIAPB).

Variable (%)	Tratamientos	Medias	No.	E.E±	
DIAPB	T4	90,23	3	0,75	A
	T3	87,79	3	0,75	AB
	T2	87,74	3	0,75	AB
	T1	85,20	3	0,75	B

Medias con letras diferentes difieren significativamente

4 Conclusiones

Etológicamente los pollos Cobb 500 obtuvieron una respuesta positiva para adaptarse satisfactoriamente a las jaulas individuales. Durante el proceso del estudio no se presentó mortalidad, además, se consiguió un mejor control en la ingestión del alimento y agua de bebida. El control sanitario fue mejor en comparación con la crianza en camas.

Se obtienen buenos índices de digestibilidad ileal de la MS y de N con la inclusión de TSI en la dieta de pollos de ceba, por lo que puede utilizarse como sustituto parcial de la soya en el alimento convencional para pollo de engorde Cobb 500. Para su aplicación en otras razas, se recomienda realizar más investigaciones con mayor variabilidad en los experimentos.

Agradecimiento

A la Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM) que contribuyó para la realización de esta investigación, que forma parte del proyecto titulado "Torta de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) como fuente de proteínas en pollos de engorde". Al Instituto de Ciencia Animal de la República de Cuba, por su contribución técnica, profesional y de formación doctoral del primer autor.

Contribución de los autores

Conceptualización, metodología y discusión: J.L.A.C.; Diseño Experimental y estadística: M.M.P.; Manejo de la investigación en campo, análisis de laboratorio: M.F.F.T.; Redacción y bibliografía: L.V.S.S.

Referencias

- AOAC (2019). «Official Methods of Analysis of AOAC International». En: vol. 1. AOAC. Cap. Animal Feed, págs. 1-77.
- Adedokun, S. y col. (2011). «Factors affecting endogenous amino acid flow in chickens and the need for consistency in methodology». En: *Poultry Science* 90.8, 1737-1748. Online: <https://bit.ly/3Er2Et4>.
- Alayón, A. e I. Echeverri (2016). «Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* Hnneo): ¿Una experiencia ancestral desaprovechada? Evidencias clínicas asociadas a su consumo». En: *Revista chilena de nutrición* 43.2, 167-171. Online: <https://n9.cl/qo6vv>.
- Alcívar-Cobeña, J. y col. (2020a). «Technical note on physical-chemical composition of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) cake». En: *Cuban Journal of Agricultural Science* 54.1, 19-23. Online: <https://bit.ly/3g1zFmf>.
- Alcívar-Cobeña, J. y col. (2020b). «Torta de Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis*) sustituto parcial de soya para alimentar pollos Broiler». En: *Revista Científica De La Facultad De Ciencias Veterinarias De La Universidad Del Zulia* 30.3, 134-141. Online: <https://bit.ly/3A87byb>.
- Andino Nájera, P.R. y col. (2018). «Evaluación de tres niveles de aceite de sachainchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta de pollos de engorde». En: *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, Online: <http://bit.ly/3TPDo43>.
- Atchade, G. y col. (2019). «Digestibility of feeds in broiler chicken (*Gallus gallus* Linnaeus, 1758) in Africa: a review». En: *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 13.2, 1127-1139. Online: <https://bit.ly/3TvAaTa>.
- Benítez, R., C. Coronell y J. Martín (2018). «Chemical characterization sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) seed: oleaginosa promising from the Colombian Amazon». En: *International Journal of Current Science Research and Review* 1.1, 1-12. Online: <https://n9.cl/b6px00>.
- Castro, E., P. Narváez Jiménez y C. Ortega Ojeda (2017). «Efecto de la suplementación con levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) y promotores en la gestación y recría de cuyes (*Cavia porcellus*)». En: *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida* 25.1, 45-52. Online: <https://n9.cl/lmeax>.
- Castro, F. y col. (2020). «The effects of total sulfur amino acids on the intestinal health status of broilers cha-

- lenged with *Eimeria* spp.» En: *Poultry science* 99.10, 5027-5036. Online: <https://bit.ly/3EsCPZF>.
- Cebrián, C., D. Canestrari y V. Baglione (2011). «Evaluación de la condición física en las aves y su aplicación a los estudios etológicos». En: *Sociedad Española de Etología*, 13. Online: <https://n9.cl/vuqiu>.
- Dei, H. (2011). «Recent trends for enhancing the diversity and quality of soybean products». En: *IntechOpen*. Cap. Soybean as a feed ingredient for livestock and poultry, págs. 215-226.
- Denbow, D. (2015). «Sturkie's Avian Physiology». En: Academic Press. Cap. Gastrointestinal Anatomy and Physiology, págs. 337-366.
- Di Rienzo, J. y col. (2012). *InfoStat*.
- Flórez, J. y J. Osorio (2013). «Perfil metabólico de aves comerciales mediante métodos directos». En: *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 24.2, 162-167. Online: <https://bit.ly/3fX3xAl>.
- García-Rebollar, P. y col. (2016). «Influence of the origin of the beans on the chemical composition and nutritive value of commercial soybean meals». En: *Animal Feed Science and Technology* 221, 245-261. Online: <https://bit.ly/3AeylTT>.
- Kodahl, N. y M. Sørensen (2021). «Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) is an underutilized crop with a great potential». En: *Agronomy* 11.6, 1066. Online: <https://bit.ly/3GhBI0f>.
- Martínez-Pérez, M. y col. (2008). «Protein and Amino Acid Apparent Ileal Digestibility in Broilers Fed Mucuna (*Mucuna deeringiana* [Bort Merr.] Foliage Meal in the Diet». En: *Journal of Animal and Veterinary Advances* 7.6, 669-672. Online: <https://bit.ly/3hJ5S22>.
- Palpa, P. (2009). «Determinación del valor nutricional de la torta de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Precocida y precocida extruida, en pollos parrilleros». Tesis de mtría. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Reátegui, I. y P. Reiner (2012). «Determinación del efecto del consumo de la torta de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) precocida sobre el perfil bioquímico sanguíneo de pollos en carne». Tesis de mtría. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Robles-Huaynate, R., L. Hurtado-Ramírez y D. Paredes-López (2014). «Efecto de la torta de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en el perfil bioquímico sanguíneo e histopatología del hígado de aves de postura». En: *Ciencia Amazónica (Iquitos)* 4.1, 60-66. Online: <https://bit.ly/3hB617P>.
- Romero, L., C. Valdiviezo y M. Bonilla (2019). «Caracterización del aceite de la semilla de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) del cantón San Vicente, Manabí, Ecuador, obtenida mediante procesos no térmicos de extrusión». En: *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida* 30.2, 77-87. Online: <https://bit.ly/3Ob5ghX>.
- Sebastian, S. y col. (1997). «Apparent digestibility of protein and amino acids in broiler chickens fed a corn-soybean diet supplemented with microbial phytase». En: *Poultry Science* 76.12, 1760-1769. Online: <https://bit.ly/3XhXNC7>.
- Stefanello, C. y col. (2016). «Energy and nutrient utilization of broilers fed soybean meal from two different Brazilian production areas with an exogenous protease». En: *Animal Feed Science and Technology* 221, 267-273. Online: <https://bit.ly/3Exl1g4>.
- Vargas González, O. (2016). *Avicultura*. Universidad Técnica de Machala.
- Viamonte, M. y col. (2020). «Digestibilidad aparente de una dieta con inclusión de harina de semillas de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en cerdos criollos de crecimiento». En: *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 31.4, e19245. Online: <https://n9.cl/mjn3m>.
- Wang, S., F. Zhu e Y. Kakuda (2018). «Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses». En: *Food chemistry* 265, 316-328. Online: <https://bit.ly/3E8k1xn>.
- Woyengo, T., E. Beltranena y R. Zijlstra (2017). «Effect of anti-nutritional factors of oilseed co-products on feed intake of pigs and poultry». En: *Animal Feed Science and Technology* 233, 76-86. Online: <https://bit.ly/3VgQWaf>.
- Zajac, M. y col. (2020). «Inclusion of camelina, flax, and sunflower seeds in the diets for broiler chickens: apparent digestibility of nutrients, growth performance, health status, and carcass and meat quality traits». En: *Animals* 10.2, 321-337. Online: <https://bit.ly/3EAlnTd>.