

Comportamiento fisiológico del tracto gastrointestinal en pollos de engorde alimentados con pasta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*)

Physiological behavior of the Gastrointestinal Tract in broilers feed with Sacha Inchi paste (*Plukenetia volubilis*)

José Luis Alcivar-Cobeña^{1*} , Raquel Vera-Velázquez¹ , Edwin Isidro Zambrano-Saltos², Wilfrido Javier Del Valle-Holguín¹ , Cesar Cabrera-Verdesoto¹  y Madeleidy Martínez-Pérez³ 

¹Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí, Ecuador. ²Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ingeniero Agropecuario. Jipijapa, Manabí, Ecuador.

³Instituto de Ciencia Animal. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Correo electrónico: jluisalcivar@gmail.com

RESUMEN

La investigación se desarrolló en la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador, carrera de Ingeniería Agropecuaria. El objetivo del estudio fue establecer cuál fue el comportamiento fisiológico del tracto gastrointestinal (TGI) en pollos de engorde (PdE) alimentados con pasta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) (PSI), a través de la comparación del aumento en el peso y la longitud de los órganos que forman parte del TGI. Se determinó la respuesta digestiva de PdE mediante análisis de varianza, aplicando el diseño experimental de bloques completos al azar y para la comparación de las medias se realizó la prueba de Tukey al 0,05 % por medio del software estadístico Infostat. La muestra estuvo conformada por 48 PdE, hembras y machos de la línea Cobb 500, con 4 tratamientos con niveles de 0; 15; 25 y 35 %, respectivamente (doce pollos-tratamiento⁻¹), que fueron alimentados con PSI, la que contiene valores de proteínas y fibra bruta de 59,0 y 4,5 %, con alta digestibilidad, llegando al 92,2 %, y la más completa y mejor composición de aminoácidos con relación a otras oleaginosas, sustituyendo de forma parcial a la torta de soya en la dieta; los animales se sometieron a la dieta experimental hasta el día cuarenta y dos, obteniendo como resultado que ninguno de los órganos analizados presentó diferencias significativas en cuanto a su peso y longitud. Estableciendo que aun cuando la PSI presenta una adecuada composición nutricional, lo cual permite que sea un producto apto para el consumo de animales monogástricos, no obstante, la presencia de factores antinutricionales como el tanino puede inhibir el desarrollo de los órganos en el TGI; sin embargo, puede ser considerada como una fuente alternativa económica y ecológica en sustitución de productos como la soya para la alimentación de PdE.

Palabras clave: Proteína; nutricional; monogástricos; alimentación y oleaginosa

ABSTRACT

The research was developed at the Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador, Agricultural Engineering career. The objective of the study was to establish what was the physiological behavior of the gastrointestinal tract (GIT) in broilers (PdE) fed with Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) paste (PSI), through the comparison of the increase in weight and length of the organs that are part of the GIT. The digestive response of PdE was determined by analysis of variance, applying the experimental design of complete random blocks and for the comparison of the means, the Tukey test at 0.05 % was performed using the Infostat statistical software. The sample consisted of 48 PdE, females and males of the Cobb 500 line, with four treatments with levels of 0; 15; 25; 35 %, respectively (twelve chickens-treatment⁻¹), which were fed with PSI, which contains values of proteins and crude fiber of 59.0 and 4.5 %, with high digestibility, reaching 92.2 %, and the most complete and best composition of amino acids in relation to other oilseeds, partially replacing soybean cake in the diet ; the animals were subjected to the experimental diet until day forty-two, obtaining as a result that none of the analyzed organs presented significant differences in terms of their weight and length. Establishing that even when PSI has an adequate nutritional composition, which allows it to be a product suitable for consumption by monogastric animals, however, the presence of antinutritional factors such as tannin can inhibit the development of organs in the GIT; however, it can be considered as an economic and ecological alternative source in substitution of products such as soy for the feeding of PdE.

Key words: Protein; nutritional; monogastric; food and oilseed

INTRODUCCIÓN

El Sacha Inchi (SI) con el nombre científico actual: *Plukenetia volubilis* Linneo, es una planta de origen amazónico peruano, también conocido como “maní de los incas”, es una leguminosa que crece en las zonas más bajas de los Andes de Sudamérica. Originalmente fue cultivada por aborígenes de estas regiones y luego por los Incas, sin embargo, luego de la conquista española se perdió el interés por este cultivo. Esta especie fue redescubierta hace alrededor de 20 años (a) cuando se encontró que una comunidad rural en el Perú aún la cultivaba y la utilizaba en sus comidas debido a los beneficios que brindaba a la salud [10].

La SI es considerada como la más completa oleaginosa pues su semilla es rica en aminoácidos esenciales y no esenciales: tiene un alto valor de proteína (33 %) y un bajo contenido de ácidos grasos saturados (6,2 %), adicionalmente tiene antioxidantes, vitamina A, alfa-tocoferol y vitamina E. Además, su digestibilidad es superior a la de otras leguminosas [14].

En Ecuador, la siembra y cosecha del SI se desarrolla desde hace seis años, especialmente en zonas del cantón Quinindé donde existen 200 hectáreas (ha) de esta oleaginosa, 813 ha se encuentran divididas en Manabí con la mayor cantidad de producción de un total aproximado de 250 ha, al noroccidente de Pichincha con 150 ha, en el Oro se localizan un plan de expansión para el cultivo con un total de 100 ha y en la provincia de Morona Santiago, en el cantón Huamboya se producen 113 ha [3].

El mejor uso del SI es consumirlo en forma de aceite, porque es cómodo y fácil de encontrar, aunque también se puede tomar directamente y usarlo como aceite común para aliñar las pastas, ensaladas o cualquier uso en la cocina. Los aceites de SI se encuentran en herbolarios ecológicos, lo que garantiza su contenido nutritivo y su gran pureza, incluso se puede conseguir en extracto para hacer un té de SI [10]. La pasta de Sacha Inchi (PSI) no solo sirve como alimento humano sino también como alimento animal en reemplazo de la torta de soya (TS), lo que presupone una importante alternativa económica para los campesinos [4].

La PSI tiene un alto contenido de proteína, en comparación con otras oleaginosas, es más completa en aminoácidos esenciales y no esenciales y con mayores niveles que muchas semillas oleaginosas. Los aminoácidos azufrados (metionina + cisteína), tirosina, treonina y triptófano, están presentes en cantidades más elevadas que otras oleaginosas como la soya (*Glycine max*), maní (*Arachis hypogaea*), algodón (*Gossypium*) y girasol (*Helianthus annuus*). Los niveles de leucina y lisina son más bajos que los de la proteína de la soya, aunque igual o mayor que los niveles de la proteína de maní, semilla de algodón o de girasol, surge como alternativa de la TS, pues en la actividad pecuaria, ella es la más importante como fuente de proteína vegetal [4].

La utilización de la PSI como alternativa de sustituto de la soya que ha sido estudiada en el pasado, ésta es una planta nativa autóctona de la selva Amazonia Peruana, descrita por primera vez como especie en el año 1753 por el naturalista Linneo, cuyas semillas son muy ricas en aceite (49 %) y proteína (33 %), y han sido parte de la dieta ancestral de muchos grupos nativos de la región [14].

El alimento animal es un aspecto de gran importancia económica en la cría de aves de corral comerciales, no solo porque es el principal responsable de la respuesta del crecimiento, sino porque representa el mayor costo en el ciclo de producción [9]. Considerando lo planteado anteriormente, fue indispensable buscar una nueva materia prima para

la elaboración de balanceado en los pollos (*Gallus gallus domesticus*) de engorde (PdE), haciendo mayor énfasis en la sustitución de la soya, dado que es el insumo del alimento convencional que representa mayor costo y elevado valor nutricional, reemplazándolo por la PSI.

Por todo lo antes expuesto, el objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento digestivo del tracto gastrointestinal (TGI) en PdE alimentados con PSI.

MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en la Unidad de Experimentación Pecuaria (UEPE) de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, perteneciente a la Universidad Estatal del Sur de Manabí, ubicada en el kilómetro (km) uno y medio, vía a Noboa, sitio Los Ángeles, la cual obtuvo una duración de 6 semanas entre los meses de febrero a marzo del año 2020.

Las condiciones meteorológicas de la zona eran de una temperatura de 18-24°C, las precipitaciones en el año fueron de 537 milímetros (mm), la velocidad de los vientos era de 12 a 28 km por hora (km·h⁻¹), la humedad atmosférica es del 82 al 85 %, la heliofanía anual fue de 1354 h luz y la altura de 400 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m).

Se utilizaron materiales de campo: 48 pollos Cobb 500 (Machos y hembras); bebederos y comederos para pollos plástico, artesanales fabricados en Ambato Ecuador; vacunas (Gumboro y NewCastle); complejo B, electrolitos; vitaminas (Trolvit®); desinfectantes (Fulltrex); galpón; balanza electrónica industrial Rinomaquinaria, fabricante Ecuador, Guayaquil; criadoras a gas marca MAGNI Ecuatoriana; termómetro Silver Line DC Mexicano; gas; cuchillos; mesa; fundas; agua; palas; focos; energía eléctrica; equipo quirúrgico y bisturí.

- **Macro alimentos:** maíz (*Zea mays*); soya (*Glycine max*); polvillo de arroz (PA) (*Oryza sativa*); aceite de palma (AP) y PSI.
- **Micro alimentos:** bióforo; bicarbonato de calcio; núcleo.
- **Materiales de oficina:** 1 computador (Hp Compaq Elite 8300), fabricante EUA; 1 impresora (Epson), fabricada en EUA; 1 cámara de fotos (Epson) fabricada en EUA; 1 libreta; 1 kit material bibliográfico; 1 equipo de disección; formato para la recolección de datos; software estadístico (Infostat) [8].
- **Factor en estudio:** respuesta del TGI en PdE alimentados con la PSI.

En la TABLA I se presenta el análisis físico-químico de la torta de SI.

En el estudio se manejaron diferentes niveles (porcentaje) de PSI en el alimento balanceado en PdE desde la etapa inicial, donde se utilizaron los siguientes tratamientos.

- » **Tratamiento 1:** testigo: balanceado artesanal elaborado por el autor con fosfato, aceite, carbonato de calcio, soya, maíz, núcleo, polvillo y PSI.
- » **Tratamiento 2:** sustitución de la TS en la elaboración del balanceado con un 15 % de PSI.
- » **Tratamiento 3:** sustitución de la TS en la elaboración del balanceado con un 25 % de PSI.
- » **Tratamiento 4:** sustitución de la TS en la elaboración del balanceado con un 35 % de PSI.

TABLA I
Caracterización física y química de la torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*)

Indicadores (% Ms)	Media	DE ±	C.V (%)	Mínimo	Máximo
Contenidos de Materia Seca (MS)	89,24	0,40	0,45	88,63	89,68
Extracto Etéreo (EE)	9,05	1,06	11,77	7,94	10,68
Ceniza	4,89	0,21	4,29	4,56	5,08
Proteína Bruta (PB)	41,49	0,35	0,84	40,90	41,80
Fibra Bruta (FB)	7,63	1,77	23,15	5,83	10,27
Fibra Detergente Neutro (FDN)	16,64	1,54	9,24	15,32	18,41
Fibra Detergente Ácido (FDA)	12,70	1,96	15,43	9,95	15,03
Lignina	1,25	0,20	15,90	1,03	1,50
Hemilcelulosa	3,94	0,92	23,39	3,01	5,37
Solubilidad (%)	7,96	0,94	11,85	6,99	9,18
Volumen (mL·g ⁻¹)	3,92	0,20	22,59	3,72	4,22
Capacidad de adsorción de agua (g·g ⁻¹)	2,16	0,49	5,13	1,30	2,50

Adaptado de Alcívar y col. 2020

- **Métodos:** Se trata de una investigación de tipo experimental, que recurre al razonamiento hipotético-deductivo y a métodos cuantitativos

Metodología de elaboración del balanceado artesanal

La formulación del balanceado se calculó utilizando el cuadrado de Pearson, determinado las cantidades requeridas de cada ingrediente según su contenido nutricional en cuanto a niveles de proteína, energía, grasa, fibra, minerales y los niveles de aminoácidos y ácidos grasos para cubrir las necesidades de los PdE en cada una de sus

etapas productivas (Crecimiento, desarrollo y final). El procedimiento se realizó con una mezcladora de alimentos balanceados horizontal maquiagro producida en Ecuador, se fueron agregando los insumos de mayor cantidad maíz, soya, polvillo, aceite de palma y así sucesivamente se fueron incorporando los micronutrientes fosfato, núcleo, carbonato de calcio, se mezclaron todos los insumos hasta obtener una mezcla. Estos insumos se utilizaron para el testigo (T1), para los demás tratamientos se les agregó el macronutriente la PSI, considerado como fuente de proteína (TABLA II).

TABLA II
Dieta suministrada en la etapa de crecimiento

Materia prima	Tratamiento en libras			
	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Fosfato	1,5	1,4	1,4	1,4
Aceite de palma	0,5	0,5	0,5	0,5
Carbonato de calcio	1,2	1,4	1,4	1,4
Torta de soya	29,0	26,6	24,0	24,0
Maíz molido	64,0	62,4	62,0	59,0
Núcleo	1,5	1,5	1,5	1,5
Polvillo de arroz	2,3	2,0	3,2	3,8
Sacha Inchi	0	4,0	6,0	8,4
Total	100	99,8	100	100

Diseño experimental

Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) utilizado por León-Peñañiel [8], compuesto de 4 tratamientos, 6 repeticiones con 2 unidades experimentales (12 pollos-tratamiento⁻¹), para un total de 48 PdE de 240 que estaban en el galpón.

Se manejaron 48 PdE, hembras y machos de la línea Cobb 500 distribuidos en cuatro tratamientos con niveles de 0; 15; 25 y 35 % de PSI (12 pollos-tratamiento⁻¹), sustituyendo de forma parcial a la TS en la dieta, los animales se sometieron a la dieta experimental hasta el día (d) 42. En la TABLA III se presenta un resumen de las características del experimento.

Se suspendieron los comederos 2 horas (h) y 30 minutos (min) antes del sacrificio, considerando que la investigación, tenía tareas puntuales específicamente en el sistema digestivo de las aves, por lo tanto, debería estar en su mayoría libre de alimentos.

Se sacrificaron 2 pollos por repeticiones experimentales, los animales se pesaron con una balanza electrónica industrial Rinomaquinaria, fabricante Guayaquil, Ecuador, inmediatamente después de su sacrificio, se abrió la cavidad abdominal y se extrajeron los órganos del sistema digestivo: tracto digestivo, proventrículo, buche, molleja, intestino delgado (duodeno, yeyuno, ileón), intestino grueso (ciegos, porción final del colon) y ano.

Los órganos del TGI se separaron para su respectiva medición con una cinta métrica Humval mexicana, la cual está dada en centímetros (cm); también se pesaron llenos y vacíos, se eliminó el contenido digestivo desplazando con los dedos índice y pulgar para vaciarlas y se utilizó una balanza electrónica industrial, para la toma de los respectivos pesos.

TABLA III
Delineamiento experimental

Unidades experimentales (población)	240
Número de repeticiones por tratamiento	6
Número de tratamientos	4
Números de pollos por tratamientos	12
Unidades experimentales (muestra)	48
Número de pollos por repetición	2
Número de pollos	8 × m ²
Área total de la investigación	30 m ²

Modelo estadístico

Se determinó la respuesta digestiva del PdE mediante análisis de varianza aplicando el diseño experimental bloques completos al azar, el modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde: Y_{ijk} = Características del experimento; β_i = Efecto del bloque i ; t_i = Efecto del tratamiento; μ = Media general; ϵ_{ij} = Error experimental.

Análisis funcional

La comparación de las medias se realizó mediante la prueba de Tukey al 0,05 % de probabilidades por medio del software estadístico Infostat, esta prueba se realizó en función a los resultados obtenidos en los datos con la aplicación del ADEVA (TABLA IV), lo cual permitió demostrar que no hubo diferencias significativas en las medias de los tratamientos. León-Peñañiel [8].

El coeficiente de variación se calculó con la siguiente formula:

$$CV \% = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \times 100$$

TABLA IV
Esquema del Análisis de la Varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	t-1
Bloques	b-1
Error experimental	(b-1) (t-1)
Total	bt-1

Para el análisis estadístico de los datos recolectados, se aplicó la prueba de distribución de normalidad Kolmogorov-Smirnov (TABLA V), en la que se establece:

- Si Sig. (P-valor) > 0,05 se acepta H_0 (hipótesis nula) → distribución normal.
- Si Sig. (P-valor) < 0,05 se rechaza H_0 (hipótesis nula) → distribución no normal.

TABLA V
Parámetros para la prueba de normalidad de las variables estudiadas

Resultado	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	GL	Sig
Datos del TGI	0,86	480	0,0759

^a: corrección de significación de Lilliefors; GL: grados de libertad; Sig: significancia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de los análisis estadísticos para determinar la normalidad de los resultados se obtuvo que, los datos presentan una distribución normal, dado que el valor de P es mayor de 0,05 por lo que, el análisis estadístico se realizó a partir de pruebas paramétricas.

En base a los datos estadísticos obtenidos según la metodología descrita previamente y a través del diseño experimental bloques completos al azar, se obtuvieron los siguientes resultados:

Según se muestra en la TABLA V, se determinó, que ninguna de las variables presentó diferencia significativa, por lo que se puede establecer que el consumo de PSI no produjo un mayor desarrollo de TGI, dado que los órganos analizados no mostraron cambios importantes en relación a su peso para cada uno de los tratamientos analizados, por lo tanto, se rechazó la hipótesis planteada en la investigación y se aceptó la hipótesis nula, estableciendo que no existe diferencia estadística en relación al peso de los órganos entre tratamientos.

A continuación, se muestra los resultados de la media en el peso de los órganos del TGI (TABLA VI).

Los resultados de la media del peso en gramos (g) del TGI para cada uno de los tratamientos utilizados están reflejados en la TABLA VI, donde se observa el TGI lleno, resultó un mayor peso para el tratamiento T2, obteniéndose poca diferencia entre el T2 y T3, además que presentaron valores muy similares al T1, que corresponde al testigo. En relación al TGI vacío se obtuvo que, la mayor media en el peso fue con el T2, seguido del T3 y finalmente el de menor aporte fue el de T4, en el cual se obtuvo una media menor que la obtenida en relación al tratamiento T1(testigo).

En la FIG.1 se observa que la mayor media correspondió al tratamiento T2, obteniéndose poca diferencia entre los tratamientos 3 y 4, mostrando que el T1(testigo) fue el que el presentó el menor peso de los pollos vivos.

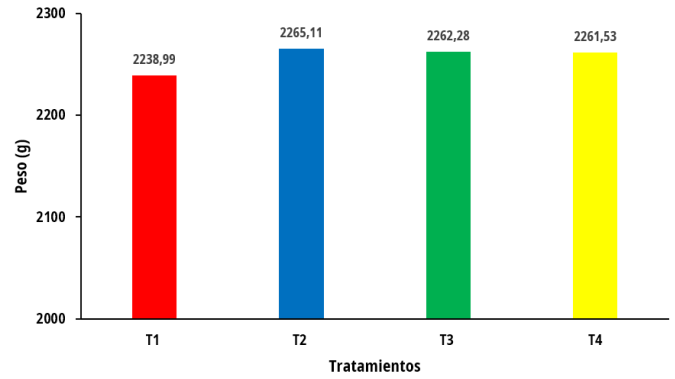


FIGURA 1. Valores de pesos promedios (g) de los pollos vivos para cada uno de los tratamientos utilizados

Los resultados de la media del peso (g) del buche lleno y vacío para cada uno de los tratamientos utilizados, en la TABLA VI se observó el buche lleno con mayor peso el tratamiento T4, seguido del T2 y finalmente el T3, no obstante, en los tres tratamientos se obtuvo un aumento importante en el peso en comparación al T1(testigo). En relación al buche vacío se obtuvo el mayor peso con el T2, seguido del T3, y finalmente el de menor aporte fue el T4, en el cual se obtuvo una media menor que la mostrada por el buche vacío sin el consumo con PSI.

TABLA VI
Efecto de los diferentes tratamientos sobre el peso del TGI de aves alimentadas con PSI

Medias (g)	T1 (testigo)	T2 (15 % sachá)	T3 (25 % sachá)	T4 (35 % sachá)	EE	P Valor
Peso vivo	2238,99	2265,11	2262,28	2261,53	8,79	0,1637
TGI lleno	296,24	312,64	296,15	287,37	7,53	0,1524
TGI vacío	226,19	232,72	230,29	219,28	7,27	0,5897
Buche lleno	5,67	7,66	7,07	7,71	0,61	0,0937
Buche vacío	1,94	2,41	2,32	1,87	0,24	0,3116
Proventrículo lleno	6,73	7,54	7,07	7,66	0,44	0,4413
Proventrículo vacío	2,76	2,45	2,33	2,64	0,19	0,3822
Molleja llena	49,66	52,92	47,09	44,0	2,32	0,0745
Molleja vacía	27,26	29,73	29,57	26,67	1,73	0,4927
Intestino delgado lleno	87,52	97,17	89,58	83,52	4,01	0,1404
Intestino delgado vacío	81,9	83,02	80,22	73,26	4,36	0,4096
Ciego derecho lleno	30,09	28,64	29,04	27,66	1,71	0,7927
Ciego derecho vacío	20,28	19,39	19,04	18,40	1,10	0,6848
Ciego izquierdo lleno	24,98	25,98	27,69	27,54	1,58	0,5791
Ciego izquierdo vacío	17,21	17,43	18,97	17,23	1,17	0,6724
Intestino grueso lleno	91,59	92,73	88,61	89,28	3,19	0,7788
Intestino grueso vacío	74,85	78,29	77,84	79,22	3,82	0,8648

EE: Error Estandar

Los resultados de la media del peso (g) del proventrículo lleno y vacío para cada uno de los tratamientos utilizados, en la TABLA VI se observó que el proventrículo lleno con mayor peso fue el tratamiento T4, seguido del T2 y finalmente el T3, no obstante, en los tres tratamientos se obtuvo un aumento importante en el peso en comparación con el T1 (testigo). En relación al proventrículo vacío se obtuvo el mayor incremento en el peso con el T4, seguido del T2, y finalmente el de menor aporte fue el T3, sin embargo, es importante destacar que en ninguno de los tres tratamientos se observó un incremento superior al presentado por el testigo, sin tratamiento.

Los resultados de la media del peso (g) de la molleja llena y vacía para cada uno de los tratamientos utilizados, en la TABLA VI se observó que la molleja llena con mayor peso se consiguió con el tratamiento T2, seguido del T3 y finalmente el T4, no obstante, en los tratamientos T3 y T4 se obtuvo una reducción en el peso en comparación con el T1 (testigo). En relación a la molleja vacía se obtuvo el mayor incremento en el peso con el T2, seguido del T3 y finalmente el de menor aporte fue el T4, sin embargo, es importante destacar que en el tratamiento T4 se observó un peso menor que el presentado por el testigo, es decir, sin inclusión de la PSI.

Los resultados de la media del peso (g) del intestino delgado lleno y vacío para cada uno de los tratamientos utilizados, en la TABLA VI, se observó que el intestino delgado lleno con mayor peso se consiguió con el tratamiento T2, seguido del T3 y finalmente el T4, no obstante, en el tratamiento T4 se obtuvo una reducción en el peso en comparación con el T1 (testigo). En relación al intestino delgado vacío se obtuvo el mayor incremento en el peso con el T2, seguido del T3, y finalmente el de menor aporte fue el T4, sin embargo, es importante destacar que en los tratamientos T3 y T4 se observó un peso menor que el presentado por el testigo, es decir, con 0 % de PSI.

Los resultados de la media del peso (g) del intestino grueso lleno y vacío para cada uno de los tratamientos utilizados, en la TABLA VI se observó que el intestino grueso lleno con mayor peso se consiguió con el tratamiento T2, seguido del T4 y finalmente el T3, no obstante, con los tratamientos T3 y T4 se obtuvo una reducción en el peso en comparación con el T1 (testigo). En relación al intestino grueso vacío se obtuvo el mayor incremento en el peso con el T4, seguido del T2, y finalmente el de menor aporte fue el T3, sin embargo, es importante destacar que todos los tratamientos produjeron un aumento en el peso en comparación con el obtenido con el testigo.

Los resultados de la media del peso (g) del ciego derecho lleno y vacío para cada uno de los tratamientos utilizados, en la TABLA VI se observó que el ciego derecho lleno con mayor peso se consiguió con el tratamiento T3, seguido del T2 y finalmente el T4, no obstante, con ninguno de los tratamientos se obtuvo un incremento en el peso en

comparación con el T1 (testigo). En relación al ciego derecho vacío se obtuvo el mayor incremento en el peso con el T2, seguido del T3, y finalmente el de menor aporte fue el T4, sin embargo, es importante destacar que ninguno de los tratamientos produjo un aumento en el peso en comparación con el obtenido con el testigo.

Los resultados de la media del peso (g) del ciego izquierdo lleno y vacío para cada uno de los tratamientos utilizados, en la TABLA VI se observó que el ciego izquierdo lleno con mayor peso se consiguió con el tratamiento T3, seguido del T4 y finalmente el T2, no obstante, con todos los tratamientos se obtuvo un incremento en el peso en comparación con el T1 (testigo). En relación al ciego izquierdo vacío se obtuvo el mayor incremento en el peso con el T3, seguido del T2, y finalmente el de menor aporte fue el T3, sin embargo, es importante destacar que todos los tratamientos produjeron un aumento en el peso en comparación con el obtenido con el testigo, es decir, con 0 % de PSI.

Se estimó la longitud del TGI (TABLA VII) de los PdE alimentados con PSI. En relación a la longitud de los intestinos delgado y grueso, asimismo como de los ciegos derechos e izquierdos, se obtuvo que ninguno de los órganos mostró diferencia significativa ($P < 0,05$) en relación a su longitud debido al consumo de los tratamientos utilizados en el presente estudio. A continuación, se muestran las medias obtenidas para cada uno de las experiencias analizadas:

En la TABLA VII se muestran los resultados de la longitud en cm del ciego derecho e izquierdo para cada uno de los tratamientos utilizados, se observa que la longitud para el ciego derecho es la misma para los tratamientos T2 y T3 y es el mismo valor que el obtenido en el testigo, por lo que no se detectó cambios en el crecimiento, mientras que en el caso del T4 se obtuvo un valor menor que todos los tratamientos y el testigo. En relación al ciego izquierdo se obtuvo que iguales longitudes entre el testigo y el T2, mientras que el T3 y T4, obtuvo valores inferiores al mostrado por testigo.

Los resultados de la longitud (cm) del intestino delgado y grueso para cada uno de los tratamientos utilizados, en la TABLA VII se observó que la mayor longitud del intestino delgado se obtuvo con el tratamiento T3, seguido del T2 y T4, no obstante, todos presentan valores de longitud mayores al testigo. Asimismo, se observó que la mayor longitud del intestino grueso se obtuvo con el tratamiento T3, seguido del T2 y T4, no obstante, todos presentan valores de longitud mayores al testigo.

Los resultados obtenidos en base a los análisis estadísticos muestran que no existe una diferencia significativa en relación al peso del TGI en los pollos que consumieron PSI en relación a los tres tipos de tratamientos T2 (con 15 % de PSI), T3 (con 25 % de PSI) y T4 (con 35 % de PSI), y el testigo que fue nutrido con alimento balanceado artesanal.

TABLA VII
Efecto de los diferentes tratamientos, sobre la longitud del TGI de aves alimentadas con PSI

Medias (cm)	T1 (testigo)	T2 (15 % sachá)	T3 (25 % sachá)	T4 (35 % sachá)	EE	P valor
Intestino delgado	148,17	154,67	158,50	148,67	4,27	0,2857
Ciego derecho	16	16	16	15	1,00	0,6292
Ciego Izquierdo	16	16	15	15	1,00	0,7752
Intestino grueso	100,67	106,0	112,83	105,17	4,79	0,3719

EE: Error estandar

Estos hallazgos son concordantes con investigaciones previas, como la desarrollada por León-Peñañiel [8], que obtuvo como resultado que los PdE alimentados con PSI, tuvieron un aumento en el peso estadísticamente diferentes en los órganos buche lleno (T2), intestino delgado lleno (T1): 0 % Inclusión de PSI, intestino grueso lleno (T2: 10 % Inclusión de PSI, intestino grueso lleno (T1 y T2), intestino grueso sin contenido de digesta (T2), así como en la longitud del intestino delgado y el ciego derecho; sin embargo, se obtuvo como resultado general que el consumo de SI no produjo cambios morfológicos o fisiológicos en el peso o la longitud de los órganos analizados de los pollos.

Asimismo, se revisó el trabajo de León-Peñañiel [8] que analizó el desarrollo del TGI en base a distintos porcentajes de aceite de SI aplicados en la alimentación de pollos, obteniendo que un 6 % de aceite mostró un crecimiento en el peso del ciego hasta alcanzar 17,79 g, no obstante, la conclusión general está referida a que no se observa diferencia significativa en el crecimiento del TGI producto del consumo del aceite.

En este contexto, aunque no se hallan observado diferencias de crecimiento entre los órganos, se analizó los requerimientos y comportamientos de éstos, a fin de determinar las causas por las que no se produjeron cambios significativos, por lo que se revisó el estudio desarrollado por Amerah y col. [2], en el que se estableció que el volumen de la molleja puede aumentar sustancialmente cuando se agregan componentes estructurales a la dieta como cereales enteros o molidos en grano, o materiales de fibra, como cáscaras o virutas de madera, aumentando en ocasiones hasta más del doble del tamaño original, así como también con la retención de las partículas más grandes [5]. En este sentido, Svihus [13] estableció que a un mayor tamaño de la molleja, mejora la capacidad de molienda y a la vez admite un mayor tiempo de retención y estas condiciones permiten optimizar el proceso de nutrición. Por lo que en el presente estudio, la consistencia de la PSI o sus componentes estructurales puede ser similar a la alimentación balanceado artesanal (T1), lo cual generó que no existiera cambios en el crecimiento de la molleja, observándose incluso para el T4 (35 %) de PSI una reducción en el peso de la molleja vacía.

Verdal y col. [15] informaron de un vínculo entre el agrandamiento de la molleja y la disminución del peso relativo del intestino delgado. Según estos autores, esto podría representar una adaptación de las porciones inferiores del TGI a una mayor disponibilidad de nutrientes, probablemente involucrando procesos de regulación hormonal. Demostraron también, que la dilatación proventricular provocó marcadas diferencias en las características de la digesta, como la viscosidad, que apareció correlacionada negativamente con la densidad intestinal. Así, la menor densidad intestinal podría estar relacionada con el mayor desarrollo de la molleja y los proventriculos. No obstante, en el presente estudio, tanto la molleja como los proventriculos, mostraron aumentos de peso con el T2 en comparación con el testigo así mismo, se detectó que ambos órganos presentaron una reducción en su peso con los tratamientos T3 y T4.

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que, la longitud del intestino grueso y delgado, y del ciego derecho e izquierdo en los PdE que consumieron los distintos tratamientos en base a la PSI, no mostraron diferencias, lo que permite establecer que este alimento no influye en el desarrollo del TGI, estos resultados son concordantes con el trabajo desarrollado por León-Peñañiel [8], en el que obtuvo que la PSI no influye en la longitud de estos órganos; asimismo, el trabajo de Vera [14], quien estudio el comportamiento del

TGI en PdE alimentados con 0; 2; 4 y 6 % de aceite de SI, obteniendo como resultado que este tipo de alimentación no produjo un aumento significativo en la longitud total del tracto digestivo TGI.

Esta situación se puede deber, a que aún cuando estudios previos han establecido que las características nutricionales que presenta la PSI son adecuadas para el consumo de este tipo de animales, dado que presenta un contenido proteico de 55,99 % y una capacidad de digestibilidad entre el 77 al 88 %, en el estudio de Ruiz y col. [12], se indicaron valores de proteínas y fibra bruta de 59,0 y 4,5 %, respectivamente.

En el estudio de Alcivar y col. [1] se concluyó, que este producto es adecuado para el consumo animal debido a sus propiedades fisico-químicas, no obstante, estableció que la PSI presenta una reducida solubilidad, así como baja capacidad de adsorción de agua, debido a la interacción entre los diferentes compuestos químicos presentes además de un reducido contenido de lignina, considerando que es posible que predomine el contenido de insolubles entre las hemicelulosas que corresponde a la fracción no soluble de la fibra, y que son responsables de la regulación del TGI de los animales monogástricos.

En este sentido, las características morfológicas y funcionales de los TGI generalmente reflejan la química de los alimentos, como el contenido de carbohidratos, proteínas, grasas y materiales refractarios a la digestión rápida (por ejemplo, celulosa), por lo que, la eficiencia digestiva media de los tipos de alimentos está inversamente relacionada con la cantidad relativa de material refractario en los alimentos [6]. Asimismo, las fibras dietéticas también se han clasificado como fibras dietéticas insolubles y fibras dietéticas solubles en función de su digestibilidad, entre estas fibras, los Factores Anti Nutricionales (FAN) son un grupo heterogéneo de polisacáridos no α -glucano con diversos grados de estructura, tamaño y solubilidad en agua e incluyen celulosa, hemicelulosa (arabinoxilanos), β -glucanos, fructanos, entre otros [11]. Estos resultados son similares a los alcanzados por Knudsen [7], quien estableció que el trigo (*Triticum*) contiene mayores cantidades de arabinoxilanos de alto peso molecular con un 7,3 % del total de materia seca y mostró considerables propiedades antinutritivas.

CONCLUSIONES

Se obtuvo que el consumo de PSI en diferentes proporciones (T2 = 15 % PSI, 3: 25 % y T4: 35 %) no produjo un aumento en el peso del TGI del pollo, dado que como resultados del análisis estadístico ADEVA, no se obtuvieron diferencias significativas sustentadas en P valor mayor a 0,5 y comparados con el peso de los órganos que se obtuvieron del testigo que consistió en pollos cuya nutrición se base en una alimentación convencional.

Se concluyó que el uso de PSI en diferentes proporciones no afecta la longitud de los intestinos delgado y grueso y el ciego derecho e izquierdo dado que no se obtuvieron diferencias significativas sustentadas en P valor mayor a 0,5. Asimismo, se obtuvo que la longitud para el ciego derecho es igual entre el testigo y el T2, T3 (16 cm), mientras que en el T4 se obtuvo una menor longitud (15 cm), la misma situación se observó en la longitud del ciego derecho en el cual el testigo y el T2 presentaron la misma longitud (16 cm), mientras que en el T3 y T4 se obtuvo menores longitudes (15 cm). En relación a la longitud del intestino delgado y grueso todos los tratamientos presentaron valores superiores al testigo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALCÍVAR, J; MARTÍNEZ, M; LEZCANO, P; SCULL, I; VALVERDE, A. Technical note on physical-chemical composition of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) cake. **Cuban J. Sci.** 54(1): 19-23. 2020.
- [2] AMERAH, A; RAVINDRAN, R; LENTLE, R. Influence of insoluble fiber and whole wheat inclusion on the performance, digestive tract development and ileal microbiota profile of broiler chickens. **Br. Poult. Sci.** 50: 366-375. 2009. <https://doi.org/fd55pb>.
- [3] BURBANO, P; NORIEGA, L. Análisis de la producción de Sacha Inchi para la potencialización de la exportación del aceite. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Carrera de Ingeniería en Comercios y Finanzas. Guayaquil - Ecuador. Tesis de Grado. 80 pp. 2015.
- [4] COLQUEHUANCA, E. Efecto de diferentes niveles de dietas alimentarias en base a torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) en la alimentación de paco (*Piaractus brachypomus*) en la región Madre de Dios". Universidad Nacional de Altiplano, Ciencias Biológicas. Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Tesis de Grado. 68 pp. 2015.
- [5] HETLAND, H; KROGDAHL, B; SVIHUS, A. Effects of oat hulls and wood shavings on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. **Br. Poult. Sci.** 44: 275-282. 2003.
- [6] KARASOV, W; DOUGLAS, A. Comparative Digestive Physiology. **Compr. Physiol.** 3(2): 741-783. 2013. <https://doi.org/hqj4>.
- [7] KNUDSEN, K. Fiber and nonstarch polysaccharide content and variation in common crops used in broiler diets. **Poult. Sci.** 93(9): 2380-2393. 2014. <https://doi.org/f6grf3>.
- [8] LEÓN-PEÑAFIEL, J.G. Respuesta fisiológica a nivel digestivo de los pollos de engorde alimentados con torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L). Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM). Facultad de Ciencias Naturales y de la Agricultura. Tesis de Grado. 119 pp. 2019.
- [9] NEVES, D.P; BANHAZI, T.M; NÄÄS, I.A . Feeding Behaviour of Broiler Chickens: a Review on the Biomechanical Characteristics. **Rev. Brasil. Cien. Avíc.** 16(2): 1-16. 2014. <https://doi.org/hqj7>.
- [10] ORRALA, M; SIMBALA, K. Estudio del Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) y su aplicación en la repostería ecuatoriana. Universidad de Guayaquil, Ingeniería Química. Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química. Tesis de Grado. 68 pp. 2019.
- [11] RAZA, A; BASHIR, S; TABASSUM, R. An update on carbohydrases: growth performance and intestinal health of poultry. **Heliyon.** 5(4): 1-6. 2019. <https://doi.org/gk962v>.
- [12] RUIZ, C; DÍAZ, C; ANAYA, J; ROJAS, R. Análisis proximal, antinutrientes, perfil de ácidos grasos y de aminoácidos de semillas y tortas de 2 especies de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). **Rev. Soc. Quím. Perú.** 79(1): 29-36. 2013. <https://bit.ly/36od6U4>.
- [13] SVIHUS, B. Function of the digestive system. **J. Appl. Poult. Res.** 23: 306-314. 2014. <https://doi.org/f57bjq>.
- [14] VERA, H.I. Efecto de tres niveles de aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) en la dieta de pollos de engorde en la línea Cobb. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Ecuador. Tesis de Grado. 83 pp. 2015.
- [15] VERDAL, H.D; MIGNON, S; JEULIN, C; BIHAN, E.L; LÉCONTE, M; MALLET, S; NARCY, A. Digestive tract measurements and histological adaptation in broiler lines divergently selected for digestive efficiency. **Poult. Sci.** 89(9): 1955-1961. 2010. <https://doi.org/bvbjch>.