

Nutrición y alimentación animal

Artículo corto de investigación

Composición nutricional y digestibilidad de semilla, torta y cáscara de dos especies de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*)

Nutritional Composition and Digestibility of Seeds, Cake Meal and Skin of Two Species of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* y *P. huayllabambana*)

 Raquel Taipe Cuadra ¹  Melisa Fernández Curi ^{1*}
 María Elena Villanueva Espinoza ¹  Carlos Gómez Bravo ^{1*}

¹ Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

*Autor de correspondencia: Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n - La Molina, Lima, Perú.
cagomez@lamolina.edu.pe

Recibido: 27 de noviembre de 2020
Aprobado: 04 de marzo de 2022
Publicado: 01 de agosto de 2022

Editor temático: Edwin Castro Rincón, (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]), Bogotá, Colombia.

Para citar este artículo: Taipe Cuadra, R., Fernández Curi, M., Villanueva Espinoza, M. E., & Gómez Bravo, C. (2022). Composición nutricional y digestibilidad de semilla, torta y cáscara de dos especies de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(2), e2355.

DOI
https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num2_art:2355

Resumen: En Perú, sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) tiene un gran potencial de producción y de industrialización; sin embargo, aún no se conoce el valor real de la semilla y sus subproductos para uso en alimentación animal. El objetivo del estudio fue determinar la composición nutricional y contenido de antinutrientes (saponinas y taninos) de las tortas de *Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*, así como la composición proximal de las semillas y de las cáscaras. Para ello, se determinó el contenido de humedad, proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, cenizas, fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), así como el contenido de taninos, saponinas, perfil de ácidos grasos y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) de torta de sacha inchi. No se encontraron diferencias estadísticas ($p > 0,05$) para los componentes nutricionales evaluados en semilla, cáscara y torta de ambas especies de sacha inchi. Sin embargo, las semillas de *P. huayllabambana* presentaron mayor cantidad de extracto etéreo, pero menor contenido de proteínas que *P. volubilis*. Asimismo, en *P. volubilis* el contenido de proteína de la torta fue menor que *P. huayllabambana*. La cáscara de *P. volubilis* presenta un menor contenido de fibra que *P. huayllabambana*. Los DIVMO de torta *P. volubilis* y *P. huayllabambana* no mostró diferencias estadísticas ($p > 0,05$). La concentración de ácidos grasos poliinsaturados fue superior en *P. volubilis* ($p < 0,05$). La torta de sacha inchi de ambas especies presenta potencial para ser utilizadas en alimentación animal por su alto valor nutricional y ausencia de antinutrientes.

Palabras clave: ácidos grasos, digestibilidad *in vitro*, saponinas, taninos, valor nutritivo.

Abstract: In Peru, sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) has great production and industrialization potential; however, the real value of the seed and its by-products for use in animal feeding is not yet known. The objective of the study was to determine the nutritional composition, and content of antinutrients (saponins and tannins) of the cake meals (residues after oil extraction) of *Plukenetia volubilis* and *Plukenetia huayllabambana*, as well as the proximal composition of the seeds and skin. The moisture content, crude protein, crude fibre, ether extract, nitrogen-free extract, ash, neutral detergent fibre (NDF) and acid detergent fibre (ADF) were determined; as well as the content of tannins, saponins, fatty acid profile and *in vitro* digestibility of organic matter (IVDOM) of sacha inchi meal. No statistical differences were found ($p > 0,05$) for the nutritional components evaluated in seed, skin and cake meal of both species of sacha inchi. However, the seeds of *P. huayllabambana* present higher amounts of fat, but lower protein content than *P. volubilis*. Likewise, in *P. volubilis* the protein content of the meal was lower than *P. huayllabambana*. The IVDOM of sacha inchi meal did not show statistical differences. The skin of *P. volubilis* has a lower content of crude fiber than *P. huayllabambana*. The concentration of polyunsaturated fatty acids was higher in *P. volubilis* ($p < 0,05$). No traces of saponins or tannins were found in the sacha inchi meal of both species. The sacha inchi meal of both species has potential to be used in animal feed due to its high nutritional value and absence of antinutrients.

Keywords: fatty acids, *in vitro* digestibility, nutritive value, saponins, tannins.



Introducción

Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) es una oleaginosa silvestre que pertenece a la familia Euphorbiaceae distribuida desde América Central hasta la Amazonia, incluido el Perú en donde en los departamentos de San Martín, Cusco, Junín, Pasco, Amazonas, Madre de Dios y Loreto, mientras que otra especie, *P. huayllabambana*, se viene cultivando principalmente en Amazonas (Bussmann et al., 2009). Las semillas de sachá inchi son de gran interés por su alto contenido en aceite, que alcanza los 54,3 %, y altos niveles de ácido linolénico (ω -3) y linoleico (ω -6), que alcanzan los 58,7 % en *P. huayllabambana* (Bardales et al., 2019) y 34,6 % en *P. volubilis* (Ruiz et al., 2013), del total de los ácidos grasos (AG), respectivamente.

Por su parte, la torta de sachá inchi se caracteriza por presentar un alto contenido proteico que va desde 30 % (Alcívar et al., 2020; Henao et al., 2020; López et al., 2016; Mondragón, 2009) hasta 59 % (Ruiz et al., 2013), ambos en base seca. A pesar del valor nutricional de la torta de sachá inchi por su alto aporte de proteína, semejante al de torta de soya (49,9 %) (National Research Council [NRC], 2001), este producto debe ser evaluado considerando su digestibilidad, es decir, la proporción de alimento que será absorbido y convertido en sustancias útiles para el animal. A la fecha, no se cuenta con datos sobre digestibilidad de la torta de sachá inchi, por lo que sería importante conocer su potencial uso en reemplazo de insumos proteicos de uso tradicional en alimentación animal como la torta de soya, que presenta una digestibilidad de la materia orgánica de 86,8 % (Salas et al., 2017).

A pesar del gran valor nutricional de la torta de sachá inchi, su utilización aún es limitada, posiblemente por su sabor amargo-astringente (Mondragón, 2009), atribuido al contenido de factores antinutricionales como saponinas o taninos (Mondragón, 2009; Ruiz et al., 2013; Vásquez, 2016). Algunos de estos factores son termolábiles (Vásquez, 2016), por lo que el tratamiento térmico mejoraría la asimilación de sus nutrientes. Por otro lado, la cáscara de sachá inchi representa aproximadamente entre el 33 % y el 35 % del contenido de la semilla (Chirinos et al., 2009) y contiene 77,8 % de fibra cruda en base seca (Benítez et al., 2015), de modo que su caracterización nutricional podría permitir conocer su potencial uso en la alimentación de rumiantes.

El sachá inchi tiene un gran potencial de producción y de industrialización. Sin embargo, en el Perú aún no se conoce el valor real de la semilla y sus subproductos, ya que son limitadas las investigaciones que indiquen sus características nutricionales. En este sentido, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar la composición nutricional de la semilla de sachá inchi, así como de los subproductos generados en el proceso de extracción del aceite con el propósito de evaluar su utilización potencial en la alimentación animal.

Materiales y métodos

Localización

El trabajo experimental se realizó en los laboratorios de la Facultad de Zootecnia y en La Molina Calidad Total de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), así como en el

Laboratorio Certificaciones del Perú S. A. Los laboratorios están localizados en la ciudad de Lima, departamento de Lima, Perú.

Materia prima

Las muestras utilizadas para el estudio fueron semilla descascarada, cáscara y torta de sachá inchi procedentes de diferentes plantas procesadoras de aceite que participaron en esta investigación: Amazon Health, Olivos del Sur, Agroindustrias Intikilla Wasi y Agroindustrias Amazónicas. Estas plantas procesaban semillas provenientes de los departamentos de San Martín y Amazonas, y accedieron a brindar dos muestras de diferentes lotes tanto de semilla como de cáscara y torta para la obtención de una muestra compuesta, la cual se utilizó para la realización de los análisis nutricionales. La planta Olivos del Sur fue la única que proporcionó muestra de las especies *P. huayllabambana* y *P. volubilis*.

Análisis químico

El análisis químico proximal de la semilla, la torta y la cáscara de sachá inchi se realizó según los métodos recomendados por la Association of Official Analytical Chemist (AOAC, 2005) en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de alimentos del Departamento Académico de Nutrición de la Facultad de Zootecnia de la UNALM. La determinación de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se llevó a cabo mediante el método de Ankom Technology (2017a). La determinación de la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) de la torta de sachá inchi se realizó mediante el método Ankom Technology (2017b), utilizando el equipo Daisy Incubator. El fundamento de este método consiste en establecer condiciones de incubación similares a las que se dan *in vivo*, utilizando soluciones como minerales, fuentes de nitrógeno y agentes reductores que propician la anaerobiosis necesaria en el proceso (Giraldo et al., 2007). El proceso de incubación duró 48 horas. Ambas pruebas fueron realizadas en el Laboratorio de Nutrición de Rumiantes, del Departamento Académico de Nutrición, de la UNALM.

El perfil de ácidos grasos de torta de sachá inchi fue realizado en el Laboratorio de Certificaciones del Perú (CERPER) a través de cromatografía de gases por el método 996.06 de la AOAC (2016). El análisis cuantitativo de saponinas y taninos de torta de sachá inchi se llevó a cabo en el Laboratorio La Molina Calidad Total. Para el análisis de saponinas se utilizó el método NTE 1 672 (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 1988), mientras que para taninos se utilizó el método 955.35 (AOAC, 2016).

Análisis estadístico

En la investigación se emplearon medidas de estadística descriptiva tales como promedios y desviación estándar de los resultados nutricionales de semilla, torta y cáscara de las dos especies de sachá inchi evaluadas (*P. huayllabambana* y *P. volubilis*). Asimismo, el análisis de variancia (ANOVA) para el diseño completamente al azar (DCA) se llevó a cabo usando el programa estadístico SAS (1999) y las diferencias entre medias de tratamientos fueron determinadas usando la prueba de medias de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Resultados y discusión

En la tabla 1 se muestran los resultados del análisis proximal, FDN y FDA de semilla descascarada, torta y cáscara de sachá inchi. El análisis estadístico indica que los valores del análisis proximal, FDN y FDA en semilla, cáscara y torta de ambas especies de sachá inchi no son estadísticamente diferentes ($p > 0,05$). Sin embargo, las semillas de *P. huayllabambana* presentan un mayor contenido de extracto etéreo (59,3 %) que las de *P. volubilis* (50,7 %). Estos valores son más altos que los reportados por Hurtado (2013), Ruiz et al. (2013) y Bardales et al. (2019), quienes indicaron valores de 45 %, 49 % y 52,9 %, respectivamente.

Tabla 1. Composición proximal (% en base seca) de semillas descascaradas, torta y cáscara de dos especies de sachá inchi (*P. volubilis* y *P. huayllabambana*)

	<i>Plukenetia volubilis</i>			<i>Plukenetia huayllabambana</i>		
	Semilla	Torta	Cáscara	Semilla	Torta	Cáscara
Proteína cruda	31,7 ± 1,8	56,1 ± 5,3	7,3 ± 1,7	28,2	58,8	6,8
Extracto etéreo	50,7 ± 5,2	16,2 ± 8,6	5,7 ± 3,8	59,3	10,3	1,4
Fibra cruda	5,4 ± 2,7	3,9 ± 0,6	62,5 ± 6,7	3,0	6,0	76,6
Ceniza	2,7 ± 0,1	5,3 ± 0,4	1,5 ± 0,2	2,6	5,7	1,2
ELN	9,5 ± 2,0	18,5 ± 3,0	23,0 ± 5,3	6,9	19,2	14,0
FDN	34,1 ± 13,9	20,8 ± 4,4	87,3 ± 4,2	14,4	14,1	82,6
FDA	17,6 ± 9,1	9,4 ± 1,6	83,2 ± 4,0	6,5	7,4	79,9

Convenciones ELN: extracto libre de nitrógeno; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; DIVMO: digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica. Media ± desviación estándar.

Fuente: Elaboración propia

Ambas especies presentan un alto contenido de extracto etéreo comparadas con otras semillas oleaginosas, como soya (23,31 %) (Anrique et al., 2014) o algodón (18,4 %) (De Blas et al., 2010). Por otro lado, las semillas presentan un alto contenido de proteínas, siendo mayor en *P. volubilis* (31,7 %) que en *P. huayllabambana* (28,2 %). Estos valores fueron superiores a los publicados por Adrianzén et al. (2011), Muñoz et al. (2013) y Ruiz et al. (2013), quienes reportaron valores proteicos en semillas de 26,9 %, 22,1 % y 24,5 %, respectivamente. La cáscara de *P. volubilis* presentó menor contenido de fibra, FDN y FDA que la de *P. huayllabambana*, mientras que el contenido proteico de la cáscara en ambas especies fue superior al 2,8 % reportado por Benítez et al. (2015). Sin embargo, estos valores deben ser respaldados por un análisis de digestibilidad como la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (Ankom Technology, 2017a) o digestibilidad verdadera *in vitro* (Ankom Technology, 2017b), ya que la proteína podría ser indigestible en la cáscara de sachá inchi.

El análisis proximal de la torta de *P. volubilis* mostró resultados muy variables en comparación con otros estudios (Henao et al., 2020; Hurtado, 2013; Mondragón, 2019; Ruiz et al., 2013; Vásquez, 2016). En el caso de *P. volubilis*, el valor promedio de proteína (56,1 %) fue cercano a lo reportado por Zakaria et al. (2019) y Rodríguez et al. (2018), quienes indicaron valores de 54,08 % y 55,71 %, respectivamente. Por otra parte, en el caso de *P. huayllabambana*, el contenido de proteína (58,8 %) y extracto etéreo (10,3 %) fue superior a los valores reportados por Ruiz et al. (2013), quienes indicaron valores de 46,1 % y 9,7 %, respectivamente. Esta variabilidad podría

deberse al método de extracción de aceite que no es un proceso estandarizado, lo que puede evidenciarse en el contenido de extracto etéreo en *P. volubilis* que fue de 16,2 % un valor muy superior a la de tortas de semillas oleaginosas como la soya, la cual presenta 1,6 % de extracto etéreo (NRC, 2001). En procesos estandarizados de extracción de aceite de sachá inchi, se pueden encontrar valores de extracto etéreo menores a los reportados en este estudio, como los 4,79 % indicado por Rodríguez et al. (2018). Posiblemente esa falta de estandarización de procesos, así como el lugar de procedencia de las semillas, el tiempo de cosecha y el tipo de almacenamiento, sean también causales de variación del contenido nutricional de sachá inchi.

En la tabla 2 se puede observar que la torta de *P. volubilis* tiene un mayor contenido de ácidos poliinsaturados (AGPI) que la torta de *P. huayllabambana* (79,2 % vs. 44,2 %, respectivamente), así como de ácidos grasos linoleico y linolénico ($p < 0,05$). Los valores de AGPI de *P. huayllabambana* son muy inferiores a los reportados por Ruiz et al. (2013), quienes obtienen valores de 83 % con un 54,6 % de ácido graso linolénico. Entre tanto, los valores de AGPI, así como de ácidos de grasos linoleico y linolénico de *P. volubilis*, fueron cercanos a los reportados por Ruiz et al. (2013) (83,1 %, 36 % y 47,1 %, respectivamente). Por otro lado, al comparar el contenido de ácidos grasos linoleico y linolénico de torta de *P. volubilis* con los de torta de soya, *P. volubilis* presentó un mayor contenido de ácido graso linolénico (44,2 %) que la torta de soya (10,1 %), pero menor de linoleico donde la torta de soya contiene 55,2 % (Lee et al., 2013). Este mayor aporte de ácido linolénico (ω -3), junto a su alto aporte proteico, podría conferirle una ventaja para su uso en alimentación animal como alternativa a la torta de soya.

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos (%) de tortas de dos especies de sachá inchi (*P. volubilis* y *P. huayllabambana*)

Ácidos grasos	<i>Plukenetia volubilis</i>	<i>Plukenetia huayllabambana</i>
Palmítico (C16:0)	6,1 ± 1,1	5,7
Esteárico (C18:0)	3,3 ± 0,4	1,4
Oleico (C18:1 ω -9 cis)	8,1 ± 0,5	3,7
Linoleico (C18:2 ω -6 cis)	35,0 ± 2,0	15,1
Linolénico (C18:3 ω -3)	44,2 ± 2,8	29,0
No identificados	3,3 ± 1,8	45,1
Total AGS	9,6 ± 1,6	7,1
Total AGMI	8,4 ± 1,1	3,6
Total AGPI	79,2 ± 1,7	44,2
Total AGNI	2,8 ± 1,3	45,1

Convenciones EPA: ácido eicosapentaenoico; DHA: ácido docosahexaenoico; AGS: ácidos grasos saturados; AGMI: ácidos grasos monoinsaturados; AGPI: ácidos grasos poliinsaturados; AGNI: ácidos grasos no identificados. Media \pm desviación estándar.

Fuente: Elaboración propia

No se encontraron saponinas ni taninos en las muestras de torta de sachá inchi evaluadas, por lo que podría utilizarse en alimentación animal. Esto difiere del trabajo por Ruiz et al. (2013), quienes reportaron 6,35 mg de taninos y 1,06 g de saponinas por cada 100 g de torta de sachá inchi *P. volubilis*. Asimismo, Alcívar et al. (2020) encontraron presencia abundante de saponinas

y taninos en torta de sachá inchi *P. volubilis*. Sin embargo, estas cantidades estaban dentro de los parámetros aceptables para uso en alimentación animal.

Los porcentajes de DIVMO de torta *P. volubilis* y *P. huayllabambana* fueron 40,5 % y 45,8 %, respectivamente. Estos valores no mostraron diferencias estadísticas ($p > 0,05$). A la fecha no se han realizado estudios previos sobre la DIVMO de torta de sachá inchi. Sin embargo, al comparar estos valores con las harinas o tortas de otras semillas oleaginosas, se observa que la harina de girasol (66,6 %) y la harina de soya (86,8 %) presentan mayores valores de DIVMO que el reportado en esta investigación para torta de sachá inchi (Salas et al., 2017). Aun cuando el contenido proteico es alto o, incluso, mayor al de torta de soya, la menor DIVMO obtenida en nuestro estudio podría deberse a la mayor cantidad de fibra (14,1 % - 28,8 % de FDN) que otras tortas oleaginosas como torta de soya (14,9 % de FDN).

Conclusiones

Los componentes nutricionales evaluados para semilla, cáscara y torta de sachá inchi de las especies *P. volubilis* y *P. huayllabambana* no fueron diferentes ($p > 0,05$) entre ambas especies, excepto para ácidos grasos. Sin embargo, la semilla descascarada de *P. huayllabambana* presentó mayor contenido de extracto etéreo en comparación con la *P. volubilis* (59,3 % y 50,7 %, respectivamente), mientras que el contenido de proteína fue mayor en *P. volubilis*. El contenido proteico de la torta es mayor en *P. huayllabambana* (58,8%), en comparación con *P. volubilis* (56,1 %), lo que está relacionado con el contenido de extracto etéreo que es menor en *P. huayllabambana* (10,3 %) que en *P. volubilis* (16,3 %). La cáscara de *P. volubilis* presenta un contenido menor de fibra cruda, FDN y FDA que *P. huayllabambana*. La concentración de AGPI es mayor en *P. volubilis* que en *P. huayllabambana*, siendo mayor el contenido de ácido linolénico (C18:3 ω -3) y ácido linoleico (C18:2 ω -6) en torta de *P. volubilis* ($p < 0,05$). La DIVMO de la torta fue superior en *P. huayllabambana* (45,8 %) que en *P. volubilis* (40,5 %). No se encontraron rastros de antinutrientes (taninos y saponinas) en la torta de ambas especies. La torta de sachá inchi de ambas especies evaluadas presenta potencial para ser utilizada en la alimentación animal en reemplazo de torta de soya por su alto valor proteico, aporte importante de ácidos grasos, principalmente poliinsaturados, y ausencia de antinutrientes.

Descargos de responsabilidad

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento, están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

Referencias

Adrianzén, N., Rojas, C., & Linares, G. (2011). Efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico de las almendras trituradas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) sobre el rendimiento y las características físico – químicas del aceite obtenido por prensado

- mecánico en frío. *Agroindustrial Science*, 1(2), 46-55.
<https://doi.org/10.17268/agroind.science.2011.02.01>
- Alcívar, J., Martínez, M., Lezcano, P., Scull, I., & Valverde, A. (2020). Nota técnica sobre la composición físico-química de la torta de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*). *Cuban Journal of Agricultural Science*, 54(1), 19-23. <http://scielo.sld.cu/pdf/cjas/v54n1/2079-3480-cjas-54-01-19.pdf>
- Ankom Technology. (2017a). *Neutral detergent fiber in feeds - filter bag technique (for A2000 and A2000I)*. https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/Method_13_NDF_A2000.pdf
- Ankom Technology. (2017b). *In vitro true digestibility method (IVTD - Daisy)*. Ankom. https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/Method_3_Invitro_D200_D200I.pdf
- Anrique, R., Molina, X., Alfaro, M., & Saldaña, R. (2014). Composición de alimentos para el ganado bovino. (4ta ed.). <http://www.consorciolechero.cl/chile/documentos/composicion-de-alimentos-para-ganado-bovino.pdf>
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2005). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (18th Edition). AOAC.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2016). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (20th edition). AOAC.
- Bardales, J., Merino C., Cabanillas, B., Rodríguez del-Castillo, A., Vargas-Arana, G. (2019). Composición nutricional y capacidad antioxidante de tres especies de sachá inchi *Plukenetia* spp. de la Amazonía peruana. *Folia Amazónica*, 28(1), 65-74. <https://doi.org/10.24841/fa.v28i1.480>
- Benítez, R., Coronel, C., Hurtado, Z., & Martín, J. (2015). Composición química de la cáscara de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) y alternativas para su aprovechamiento como subproducto agroindustrial. *El Hombre y la Máquina*, 46, 28-32. <https://www.redalyc.org/pdf/478/47843368004.pdf>
- Bussmann, R.W., Paniagua-Zambrana, N. P., & Téllez, C. (2013). *Plukenetia carolis-vegae* (Euphorbiaceae) – A New Useful Species from Northern Peru. *Economic Botany*, 67: 387-392. <https://doi.org/10.1007/s12231-013-9247-2>
- Chirinos, O., Adachi, L., Calderón, F., Díaz, R., Larrea, L., Mucha, G., & Roque, L. (2009). *Exportación de aceite de sachá inchi al mercado de Estados Unidos*. Universidad Esan.
- De Blas, C., Gracia-Rebollar, P., Gorrachategui, M., & Mateos, G. G. (2010). *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos*. <http://www.fundacionfedna.org/ingredientes-para-piensos>
- Giraldo, L. A., Gutiérrez, L. A., & Rúa, C. (2007). Comparación de dos técnicas: *in vitro* e *in situ* para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(3), 269-279. <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v20n3/v20n3a05.pdf>
- Henao, J., Barreto-Cruz, O., Castañeda-Serrano, R., & Mejía, A. (2020). Digestibilidad y degradabilidad *in vitro* de dietas con torta de sachá inchi en rumiantes. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(4), 1-9. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v31n4/1609-9117-rivep-31-04-e17637.pdf>
- Hurtado, Z. (2013). *Análisis composicional de la torta y aceite de semillas de sachá inchi (Plukenetia volubilis) cultivada en Colombia* [Tesis de Magíster en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia]. Repositorio UNAL.

- <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21717/7609501.2013.pdf?sequence=1>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (1988). *Norma Técnica Ecuatoriana – NTE 1 672. Determinación del contenido de saponinas por medio del método espumoso (método de rutina)*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1672.pdf>
- Lee, J. W., Kil, D. Y., Kever, B. D., Killefer, J., McKeith, F. K., Sulabo, R. C. & Stein, H. H. (2013). Carcass fat quality of pigs is not improved by adding corn germ, beef tallow, palm kernel oil, or glycerol to finishing diets containing distillers dried grains with solubles. *Journal of Animal Science*, 91(5), 2426-2437. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5328>
- López, K., Santa Cruz, C., & Gutiérrez, A. (2016). Perfil de proteínas de las semillas de “sacha inchi” (*Plukenetia volubilis* L. y *Plukenetia huayllabambana* Bussmann, Téllez & Glenn). *The Biologist (Lima)*, 14(1), 11-20. <https://doi.org/10.24039/rtb201614181>
- Mondragón, I. (2009). *Estudio farmacognóstico y bromatológico de los residuos industriales de la extracción del aceite de Plukenetia volubilis L. (sacha inchi)* [Tesis de Químico Farmacéutico, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú]. Repositorio Cybertesis. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/1502>
- Muñoz, A., Alvarado-Ortiz, C., Castañeda, B., Lizaraso, F., Barnett, E., Cárdenas, L., & Manco, E. (2013). Estudio nutricional de *Plukenetia huayllabambana*. *Revista de la Sociedad de Química del Perú*, 79(1), 47-56. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v79n1/a07v79n1.pdf>
- National Research Council (NRC). (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, Seventh Revised Edition. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9825>
- Rodríguez, G., Avellaneda, S., Pardo, R., Villanueva, E., & Aguirre, E. (2018). Pan de molde enriquecido con torta extruida de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Química, reología, textura y aceptabilidad. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 199-208. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2077-99172018000200004&lng=es&nrm=iso
- Ruiz, C., Díaz, C., Anaya, J., & Rojas, R. (2013). 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*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 79(1), 29-36. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v79n1/a05v79n1.pdf>
- Salas, H., Castillejos, L., & Ferret, A. (2017). Caracterización nutricional y determinación de la digestibilidad in vitro de la harina, la torta y la cascarilla de camelina. *Memorias de las XVII Jornadas sobre Producción Animal*, pp. 147-149. https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/jornadas/2017/comunicaciones/2017_NyA_21.pdf
- SAS Institute. (1999). User's Guide, Version 8.0 Cary. SAS Institute Inc.
- Vásquez, D. (2016). *Aprovechamiento de subproductos de sacha inchi (Plukenetia volubilis L.): Desarrollo de un producto alimenticio, empleando harina proveniente de torta residual en la extracción del aceite* [Tesis de Maestría, Corporación Universitaria Lasallista, Antioquia, Colombia]. Repositorio Unilasallista. http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1691/1/Aprovechamiento_subproductos_sacha_inchi.pdf
- Zakaria, Z., Syimira Rasdi, F., Haizam Ahmad Tarmizi, A., Hussin, N., Shahidan, N., & Abdullah Abu Bakar, C. (2019). Nutritional values of fresh and roasted Sacha inchi kernel and its cake. En R. Nulit, H. Omar, Y. C. Kong, M. Noor Hisham Mohd Nadzi (Ed.), *Utilization of Biodiversity for the greater benefit of Mankind* (pp. 127-135). Universiti Putra Malaysia.