

Caracterización preliminar del aceite de *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) cultivada en Cuba

Preliminary characterization of *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) oil grown in Cuba

Laura González de la Torre¹ <https://orcid.org/0000-0002-4580-039X>

Eduardo A. Rodríguez Leyes^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-6833-8038>

Roxana Vicente Murillo² <https://orcid.org/0000-0002-5311-1877>

Víctor L. González Canavaciolo² <https://orcid.org/0000-0001-5294-8758>

Yurisley Díaz Rivera³ <https://orcid.org/0000-0002-2738-8493>

¹Entidad de Ciencia, Tecnología e Innovación “Sierra Maestra”. La Habana, Cuba.

²Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC), Centro de Productos Naturales (CPN). La Habana, Cuba.

³Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: eduardo.leyes@bionaturasm.cu

RESUMEN

Introducción: *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) pertenece a la familia de las Euforbiaceae y es oriunda de la Amazonía peruana. En la actualidad también se cultiva en otros países dado que se considera una planta promisoriosa e industrializable por su elevado contenido de aceite rico en ácido omega 3 alfa-linolénico y omega 6 linoleico. En el 2015, se introdujo en Cuba para aprovechar las potencialidades de sus frutos.

Objetivo: Realizar la caracterización fisicoquímica y composicional de los ácidos grasos del aceite de sacha inchi cubano.

Métodos: Se recolectaron frutos maduros de sacha inchi cultivada en Cuba. Se separaron las almendras de los frutos, se molieron y se extrajo el aceite con n-hexano mediante maceración. Se evaporó el disolvente a 45 °C con vacío. A los aceites obtenidos se les determinaron los principales parámetros fisicoquímicos descritos en la Norma Técnica Peruana. La composición de ácidos grasos se determinó mediante cromatografía de gases.

Resultados: La densidad relativa estuvo entre 0,926 y 0,928 g/mL. El índice de refracción estuvo entre 1,479 y 1,480, el de saponificación entre 191,10 y 206,35 mg KOH/g, el de acidez entre 0,26 y 0,36 mg KOH/g, el de yodo entre 157,50 y 169,30 y el de peróxido entre 6,55 y 9,74 meq O₂/kg. El contenido total de aceites grasos superó el 94 % y predominaron el linolénico (42,10-45,90 %), el linoleico (32,63-36,20 %) y el oleico (8,50-12,03 %). Los minoritarios fueron el palmítico (3,97-4,50 %), el esteárico (2,27-3,07 %), el eicosaenoico (0,27-0,47 %) y el araquídico (0,10-0,33 %).

Conclusiones: Se realizó por primera vez la caracterización fisicoquímica y de aceites grasos de sachá inchi cultivada en Cuba. Este aceite de origen cubano cumple en general con los requisitos de la Norma Técnica Peruana, por lo que es similar al de otros orígenes. Lo anterior valida su empleo como aceite comestible y materia prima en las industrias alimenticia, farmacéutica y cosmética.

Palabras clave: *Plukenetia volubilis* L.; sachá inchi; aceite; ácidos grasos; caracterización; cromatografía de gases.

ABSTRACT

Introduction: *Plukenetia volubilis* L. (sachá inchi) belongs to the Euforbiaceae family and is native to the Peruvian Amazon. At present it is also cultivated in other countries since it is considered a promising and industrializable plant due to its high content of oil rich in omega 3 alpha-linolenic acid and omega 6 linoleic. In 2015, it was introduced in Cuba to take advantage of the potential of its fruits.

Objectives: To carry out the physicochemical and compositional characterization of the fatty acids of Cuban sachá inchi oil.

Methods: Ripe fruits of sachá inchi grown in Cuba were collected. The almonds were separated from the fruits, they were ground and the oil was extracted with n-hexane by maceration. The solvent was evaporated at 45 °C under vacuum. To the oils obtained were determined the main physicochemical parameters described in the Peruvian Technical Standard (NTP). The fatty acid composition was determined by gas chromatography.

Results: The relative density was between 0.926 and 0.928 g/mL. The refractive index was between 1.479 and 1.480, the saponification index between 191.10 and 206.35 mg KOH/g, the acidity index between 0.26 and 0.36 mg KOH/g, the iodine index between 157.50 and 169.30, and the peroxide index between 6.55 and 9.74 meq O₂/kg. The total content of fatty oils exceeded 94% and linolenic (42.10-45.90%), linoleic (32.63-36.20%)

and oleic (8.50-12.03%) predominated. The minorities were palmitic (3.97-4.50%), stearic (2.27-3.07%), eicosaenoic (0.27-0.47%) and arachidic (0.10-0.33%).

Conclusions: The physicochemical and fatty oil characterization of sacha inchi grown in Cuba was carried out for the first time. This oil of Cuban origin generally meets the requirements of the NTP, so it is similar to that of other origins. This validates its use as an edible oil and raw material in the food, pharmaceutical and cosmetic industries.

Keywords: *Plukenetia volubilis* L.; sacha inchi; oil; fatty acids; characterization; gas chromatography.

Recibido: 12/08/2021

Aceptado: 29/03/2022

Introducción

Plukenetia volubilis L. (sacha inchi) es una oleaginosa silvestre de la familia Euforbiaceae y se conoce como “maní del Inca” o “maní del monte”. Esta planta es oriunda de la jungla tropical de Suramérica, en específico de la Amazonía peruana. Sin embargo, su cultivo ha sido adaptado en otros países como Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Venezuela y las Islas de Barlovento.⁽¹⁾ Sus frutos tienen forma de estrella con un número variable de lóbulos. Dentro se encuentran las semillas ovales de color marrón oscuro, que al abrirse muestran los cotiledones a manera de almendras y cubiertos de una película blanquecina.⁽²⁾

Se considera una planta promisoría e industrializable debido al elevado contenido de aceite (35-60 %) presente en sus semillas. Este se obtiene mediante prensado en frío y es rico en ácidos grasos (AG) insaturados,⁽³⁾ en particular omega 3 alfa-linolénico (42-48 %) y omega 6 linoleico (32,8-38,4 %).⁽⁴⁾ El aceite de sacha inchi (ASI) de calidad extra virgen es muy valorado por sus cualidades sensoriales y se considera un aceite Gourmet.^(5,6)

Investigaciones recientes resaltan su valor nutricional y terapéutico en el control de radicales libres y la prevención de enfermedades neurodegenerativas.^(7,8) Se puede utilizar de igual manera como aceite comestible. También se emplea como suplemento nutricional, para lo cual se administra en cucharadas, cápsulas blandas de gelatina,⁽⁶⁾ o microencapsulado dentro de una cápsula dura de gelatina o como parte de un producto alimenticio.^(9,10) Este aceite se utiliza en la industria cosmética para la elaboración de

cremas desmaquillantes, exfoliantes e hidratantes,⁽¹¹⁾ por su alto contenido de AG esenciales y tocoferoles.^(12,13)

La semilla contiene proteínas (ca. 27 %), consideradas de alta calidad debido a la presencia de más de nueve aminoácidos esenciales.⁽¹⁴⁾ La torta residual que se obtiene después de extraer el aceite se emplea en la elaboración de harinas para el consumo humano y animal.^(15,16,17) Sin embargo, en algunos casos no se aprovecha y se le considera un residuo.⁽¹⁸⁾

En 2015, la Entidad de Ciencia, Tecnología e Innovación “Sierra Maestra” (ECTISM), desarrolló la tecnología necesaria para introducir en Cuba el cultivo de sacha inchi y aprovechar las potencialidades de sus frutos. Teniendo en cuenta que el principal producto obtenido de estos frutos es el aceite, el colectivo de autores se propuso realizar la caracterización fisicoquímica y composicional de los ácidos grasos del aceite de sacha inchi cubano para conocer si el ASI de origen cubano es similar al de otros orígenes.

Métodos

Las semillas de sacha inchi (variedad inca) que se utilizaron en la introducción del cultivo en Cuba, fueron donadas por el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (Tarapoto, Perú). Estas se sembraron en cuatro campos experimentales de la ECTISM en el 2015. Los frutos maduros se cosecharon al cabo de 8 meses y se utilizaron en el presente estudio.

Se recolectó ca. 1 kg de frutos maduros de sacha inchi en los campos experimentales y se mantuvieron cuatro muestras separadas e identificadas. Se descapsularon con ayuda de un alicate para extraer las semillas, a las cuales se les retiró la cáscara con una cuchilla para liberar la almendra. Posteriormente, se molieron las almendras en un molino de chuchillas (RETSCH modelo GM200) durante 7 segundos a 4000 min^{-1} .

Para la extracción del aceite se transfirieron 100 g de la almendra molida a un Erlenmeyer con tapa, se adicionó 30 mL de *n*-hexano y se agitó durante 4 h. El contenido se filtró y se eliminó el disolvente en un evaporador rotatorio a 45 °C con vacío. Los cuatro aceites obtenidos de campos diferentes se almacenaron a -4 °C hasta su análisis.

La densidad relativa y el índice de refracción se determinaron a 20 °C con el uso un de picnómetro y refractómetro de Abbe, respectivamente.⁽¹⁹⁾ Los índices de saponificación, acidez, yodo y peróxido se determinaron según lo descrito en el acápite “Grasas y Aceites fijos” de la Farmacopea de los Estados Unidos, en su edición 35.⁽¹⁹⁾

Los AG se determinaron como ésteres metílicos por el método 108,003 del *Institute for Nutraceutical Advancement* (INA),⁽²⁰⁾ modificado según se describe a continuación.⁽²¹⁾

Para preparar las muestras se pesaron con exactitud alrededor de 12 mg del patrón interno (C_{13:0}) y 150 mg de aceite. Se adicionaron 5 mL de cloruro de acetilo al 10 % en metanol, se cerró el tubo de ensayos y se calentó a 85 °C durante 2 h, con agitación ocasional. Se dejó enfriar y se añadieron 4 mL de *n*-hexano y 4 mL de agua destilada. Se agitó en zaranda (15 min.), se dejó reposar y se extrajo una alícuota de 3 mL de la fase orgánica hacia otro tubo de ensayos. Se añadieron 4 mL de *n*-hexano y 4 mL de hidróxido de sodio 1 N en metanol. Se cerró y se agitó en zaranda (15 min.). Se dejó reposar y se extrajo una alícuota de 4 mL hacia un vial, de donde se tomó 1 µL para el análisis cromatográfico. Para ello se empleó un cromatógrafo de gases GC-14A (SHIMADZU, Japón), acoplado a sistema de cómputo con detector de ionización por llama y una columna capilar BP-225 (30 m x 0,53 mm, 1 µm Df, SGE, Australia). El programa de temperatura fue: 1 min isotérmico inicial a 80 °C, de 80 °C hasta 180 °C a 20 °C/min, de 180 °C hasta 220 °C a 2 °C/min, y 2 min isotérmico final a 220 °C. La temperatura del detector y el inyector fue 220 °C. El flujo del gas portador (H₂) fue 4,95 mL/min, y la llama se formó con H₂ (40 mL/min) y aire (400 mL/min). Los patrones de AG (Sigma, USA) y los demás reactivos y disolventes (Merck, Alemania) fueron puros para análisis.

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado. Los resultados de los análisis fisicoquímicos y de composición de AG fueron comparados con los límites de aceptación establecidos para los índices de calidad del ASI en la Norma Técnica Peruana (NTP).⁽⁴⁾

Resultados

En la tabla 1 se puede apreciar el resultado de la caracterización fisicoquímica realizada a los aceites obtenidos a partir de almendras de *sacha inchi* cultivada en Cuba. La densidad relativa de las muestras se encontró entre 0,926 y 0,928 g/mL y el índice de refracción entre 1,479 y 1,480. El índice de saponificación osciló entre 191,10 y 206,35 mg KOH/g, el de acidez entre 0,26 y 0,36 mg KOH/g, el de yodo entre 157,50 y 169,30, y el de peróxido entre 6,55 y 9,74 meq O₂/kg. El contenido total de AG en los cuatro aceites fue superior al 94 %.

Tabla 1 - Resultados de la caracterización del aceite de *S. inchi* cultivada en Cuba.

Muestra	D. rel. (g/mL)	IR	IS (mg KOH/g)	IA (mg KOH/g)	IY	IP (meq O ₂ /kg)	AGT (%)
---------	-------------------	----	------------------	------------------	----	--------------------------------	------------

CE1	0,927	1,480	206,35	0,26	161,88	9,74	96,61
CE2	0,928	1,480	199,70	0,31	169,30	6,55	94,07
CE3	0,926	1,480	196,69	0,31	157,50	9,40	97,17
CE4	0,928	1,479	191,10	0,36	160,44	7,29	94,89

CE: Campo experimental; D. rel.: densidad relativa; IR: índice de refracción; IS: índice de saponificación; IA: índice de acidez; IY: índice de yodo; IP: índice de peróxido; AGT: ácidos grasos totales.

En la tabla 2 se presenta la composición de AG determinada en los cuatro aceites. Los AG mayoritarios fueron los insaturados linolénico (42,10-45,90 %), linoleico (32,63-36,20 %) y oleico (8,50-12,03 %). A su vez, los ácidos minoritarios detectados fueron los saturados palmítico (3,97-4,50 %), esteárico (2,27-3,07 %) y araquídico (0,10-0,33 %), junto al insaturado eicosaenoico (0,27-0,47 %).

Tabla 2 - Contenido de ácidos grasos (%) en aceites de sachá inchi cultivada en Cuba.

Ácidos grasos	Contenido (%)			
	CE1	CE2	CE3	CE4
Palmítico (C _{16:0})	4,37	3,97	4,50	4,13
Esteárico (C _{18:0})	2,47	2,27	3,07	2,30
Oleico (C _{18:1})	9,60	8,50	12,03	9,93
Linoleico (C _{18:2})	34,73	32,63	36,20	35,07
Linolénico (C _{18:3})	44,67	45,90	42,10	42,83
Araquídico (C _{20:0})	0,30	0,33	0,10	0,33
Eicosaenoico (C _{20:1})	0,47	0,47	0,27	0,30

CE: Campo experimental.

Discusión

Los ASI obtenidos de almendras cosechadas en Cuba presentaron densidades relativas similares. De igual manera sucedió con los índices de refracción (Tabla 1). Ambos parámetros en los cuatro aceites se encuentran dentro de los intervalos establecidos para el ASI en la (NTP); 0,923-0,928 y 1,479-1,482.⁽⁴⁾ Los criterios de calidad que conforman esta norma son los que determinan de manera general la calidad de los ASI que se comercializan a nivel mundial.

El índice de saponificación en los aceites estudiados fue similar (Tabla 1). Todos cumplieron con la especificación establecida en la NTP (191,00-199,74 mg KOH/g),⁽⁴⁾ con excepción del aceite del campo experimental 1. La NTP fue establecida con ASI de origen peruano, aunque se le usa como referencia para todos los aceites de sachá. Por tanto, puede ocurrir que otros aceites obtenidos a partir de frutos cultivados bajo

diferentes condiciones edafoclimáticas a las del Perú presenten ligeras diferencias. No obstante, el índice de saponificación de este aceite, al igual que los restantes, se encuentra dentro del rango permisible para los aceites comestibles (181-265 mg KOH/g).⁽²²⁾

En cuanto al índice de acidez (Tabla 1), todas las muestras cumplieron con el criterio establecido en la NTP (0,2-2,0 mg KOH/g). También cumplieron con el criterio de aceptación para los aceites vírgenes y prensados en frío (≤ 4 mg KOH/g).⁽²²⁾ Estos índices, inferiores incluso a los límites establecidos para aceites refinados ($\leq 0,6$ mg KOH/g),⁽²²⁾ ponen en evidencia el bajo nivel de hidrólisis que sufrieron los acilglicéridos del fruto durante el proceso que va desde la cosecha hasta la extracción del aceite.

El índice de yodo de los cuatro aceites de origen cubano (Tabla 1) estuvo dentro del rango de esta especificación para el ASI en la NTP (144,35-196,00).⁽⁴⁾ Estos valores eran de esperar pues se trata de un aceite con un elevado contenido de AG insaturados (Tabla 2).⁽²²⁾ A su vez, el índice de peróxido (Tabla 1) cumplió con el criterio de aceptación establecido en la NTP (≤ 10 meq de O₂ activo/kg).^(Error! Marcador no definido.) Estos resultados inferiores al límite de la especificación garantizan en parte que estos aceites presenten un tiempo de vida útil de al menos un año.⁽⁴⁾

El contenido total de AG de los aceites (Tabla 1) cumplió en general con el límite de la NTP ($\geq 95,3$ %),⁽⁴⁾ aunque los aceites de los campos 2 y 4 mostraron valores ligeramente por debajo del límite. Como se explicó con anterioridad, esto pudiera deberse a las diferencias edafoclimáticas entre Perú y Cuba.

Por su parte, los contenidos individuales de los principales AG presentes en los cuatro aceites (Tabla 2) estuvieron de manera general dentro de los rangos de la Norma (C_{18:3}: 42,00-48,00 %, C_{18:2}: 32,80-38,40 %, C_{18:1}: 9,40-14,40 %).⁽⁴⁾ Solo en el caso del aceite del campo experimental 2, el ácido oleico estuvo por debajo del límite de la NTP. Sin embargo, valores similares (8,58 %) fueron reportados por otros autores.⁽²³⁾

De los AG restantes (Tabla 2) el palmítico estuvo dentro del intervalo de aceptación (3,70-4,40 %),⁽⁴⁾ con excepción del aceite del campo 3 (4,50 %). No obstante, otros valores como este, superiores a lo contemplado en la NTP, también fueron reportados para otros ASI procedentes de Colombia (5,20 %)⁽²⁴⁾ y Ecuador (5,44 %).⁽²⁵⁾ Por el contrario, el ácido esteárico de tres de los aceites (CE 1, 3 y 4) no cumplieron con el límite de la norma (2,57-3,20 %).⁽⁴⁾

Los AG de menor contenido ($< 0,5$ %) fueron el araquídico y el eicosaenoico (Tabla 2). Ambos, excepto en el aceite del campo 3, estuvieron por encima de sus correspondientes límites en la NTP ($\leq 0,10$ % y $\leq 0,28$ %, respectivamente).⁽⁴⁾ Estos resultados diferencian

al ASI cubano de otros cuyos contenidos de araquídico y eicosaenoico que cumplen con las especificaciones de la norma.^(23,24,25,26,27)

Las diferencias encontradas con relación a lo establecido en la NTP pueden atribuirse a diferentes subespecies, distribuciones geográficas, condiciones climáticas y de crecimiento, tiempos de cosecha, prácticas agro culturales y métodos cuantitativos de análisis. No obstante, de manera general el ASI de origen cubano cumplió con los requisitos de la NTP.

El presente estudio permitió conocer por primera vez algunas de las características fisicoquímicas y composición de AG del aceite obtenido de *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) cultivada en Cuba. Este aceite de origen cubano cumple en general con los requisitos de la NTP, y por tanto es similar al de otros orígenes. Lo anterior valida su empleo como aceite comestible y materia prima en las industrias alimenticia, farmacéutica y cosmética.

Referencias bibliográficas

1. Wang S, Zhu F, Kakuda Y. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutricional composition, biological activity and uses. Food Chemistry. 2018 [acceso: 04/06/2021];265: 316-28. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29884388>
2. Wang X, Xu R, Wang R, Liu A. Transcriptome analysis of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) sedes at two developmental stages. BMC Genomics. 2012 [acceso: 04/06/2021];13:716. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23256450>
3. Cabral FA, Follegatti-Romero LA, Piantino CR, Grimaldi R. Supercritical CO₂ extraction of omega-3 rich oil from Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. J Supercrit Fluid. 2009 [acceso: 04/06/2021];49(3):323-9. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/229101570_Supercritical_CO2_extraction_of_omega-rich_oil_from_Sacha_inchi_Plukenetia_volubilis_L_seeds
4. Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias (INDECOPI). Norma Técnica Peruana; NTP 151.402. INDECOPI 2021. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-corrigendum-de-normas-tecnicas-peruanas-referidas-a-res-n-136-2014cnb-indecopi-1182427-2/>
5. Miranda VE, Acuña F. Nivel de aceptación al sabor del aceite de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) por parte de adultos y niños de la ciudad de Lima Metropolitana. Científica. 2016 [acceso: 04/06/2021];13(3):199-211. Disponible en: <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/cientifica/article/view/391>

6. Chasquibol NA, Aguila C, Yacono JC, Guinda A. Characterization of glyceridic and unsaponifiable compounds of Sacha inchi (*Plukenetia huayllabambana* L.) oils. J Agricult Food Chemistry. 2014 [acceso: 04/06/2021]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25228323>
7. Otálora MC, Camelo R, Wilches A. Encapsulation effect on the in vitro bioaccessibility of Sacha inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.) by soft capsule composed of gelatin and cactus mucilage biopolymers. Polymers. 2020 [acceso: 04/06/2021]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32887385>
8. Herrera O, Yuli RA, Tinco JA. Neuroprotective effect of Sacha inchi Oil (*Plukenetia volubilis* L.) in an experimental model of epilepsy. Pharmacogn J. 2019 [acceso: 04/06/2021];11(6):1591-6. Disponible en: <https://www.phcoj.com/article/1059>
9. Soares BS, Siqueira RP, Carvalhoc MG, Vicente J, Garcia EE. Microencapsulation of Sacha inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.) using complex coacervation: Formation and structural characterization. Food Chemistry. 2019 [acceso: 04/06/2021];298. Disponible en: <https://revistas.itm.edu.co/index.php/tecnologicas/article/view/1836>
10. Suarez V, Souza T, Barreto LJ, Pintoda E, Raymundo S, Ormino OG, et al. Microencapsulation of sachá inchi oil using emulsion-based delivery systems. Food Research International. 2017 [acceso: 04/06/2021]. Disponible en: <https://europepmc.org/article/med/28784524>
11. Penagos D, Duque V, Marimon C. Glycerolipid composition and advanced physicochemical considerations of sachá Inchi oil toward cosmetic products formulation. Cosmetics. 2019 [acceso: 04/06/2021];6(4):70. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2079-9284/6/4/70>
12. Pereira AH, Gohara AK, Rodríguez AC. Sachá inchi as potential source of essential fatty acids and tocopherols: multivariate study of nut and Shell. Acta Scientiarum Technology. 2013 [acceso: 04/06/2021];35(4):757-63. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2079-9284/6/4/70>
13. Saengsorn K, Jimtaisog A. Determination of hydrophilic-lipophilic balance value and emulsion properties of sachá Inchi oil. Asian Pacific J Tropic Biomed. 2017 [acceso: 04/06/2021];7(12):1092-6. Disponible en: <http://oaji.net/articles/2017/3004-1512720814.pdf>
14. Benítez R, Coronell C, Martin J. Chemical characterization Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Seed: Oleaginosa promising from the Colombian amazon. Internat J Current Science Research and Review 2018 [acceso: 04/06/2021];1:1-12. Disponible en:

<https://ijcsrr.org/chemical-characterization-sacha-inchi-plukenetia-volubilis-seed-oleaginosa-romising-from-the-colombian-amazon>

15. Vásquez DC, Jaramillo JD, Hincapié GA, Vélez LM. Desarrollo de galletas empleando harina de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) obtenida de la torta residual. UGCIENCIA. 2017 [acceso: 04/06/2021];23:101-13. Disponible en:

<https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/781>

16. Betancourth CF. Aprovechamiento de la torta residual de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) mediante extracción por solventes de su aceite [Tesis de Maestría]. Manizales: Universidad de Manizales; 2013 [acceso: 04/06/2021]. Disponible en:

<https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/970>

17. Henao J, Barreto O, Castañeda R, Mejía Gallego A. Digestibilidad y degradabilidad *in vitro* de dietas con torta de sacha inchi en rumiantes. Rev Investig Veterin Perú. 2020 [acceso: 04/06/2021];31(4). Disponible en:

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/17637>

18. Mondragón G. Estudio farmacognóstico y bromatológico de los residuos industriales de la extracción de aceite de *Plukenetia volubilis* L. (Sacha inchi). [Tesis de curso]. San Marcos: Universidad de San Marcos; 2009. [acceso: 04/06/2021]. Disponible en:

<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/1502>

19. United States Pharmacopoeia (USP). The United States Pharmacopeial. 35th revision: the national formulary. 30th ed. USP. 2012. Disponible en:

<https://www.worldcat.org/title/united-states-pharmacopeia-35th-revision-the-national-formulary-30th-ed/oclc/822740959>

20. Institute for Nutraceutical Advancement. Method 108.003. Fatty acid content in saw palmetto by GC. INA. 2020 [acceso: 04/06/2021]. Disponible en:

<http://www.nsf.org/busines/ina/fattyacids.asp>

21. Rodríguez EA, González VL, Marrero D, Adames Y, Vicente R. Caracterización preliminar del aceite obtenido del fruto completo de *Roystonea regia* (kunth). Rev Cubana Plant Med. 2008 [acceso: 04/06/2021];13(4). Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962008000400006

22. FAO. Codex standard for edible fats and oils not covered by individual Standards (CODEX STAN 19-1981, Rev. 2 - 1999). FAO [acceso: 04/06/2021]. Disponible en:

<http://www.fao.org/3/y2774e/y2774e04.htm>

23. Carrillo W, Quinteros MF, Carpio C, Morales D, Vázquez G, Álvarez M, *et al.* Identification of fatty acids in sacha inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.) from Ecuador.

- Asian J Pharm Clin Res. 2018 [acceso: 04/06/2021];11(2):379-81. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/d4257761-0a39-3bcc-ab70-441b3d104de8/>
24. Gutiérrez LF, Rosada LM, Jiménez A. Chemical composition of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. Grasas y aceites. 2011 [acceso: 04/06/2021];62(1):76-83. Disponible en: <https://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/1301>
25. Romero H, Rogel V, Jefferson C, Bermeo B, Michelle S. Caracterización del aceite de la semilla de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) del cantón San Vicente, Manabí, Ecuador, obtenida mediante procesos no térmicos de extrusión. La Granja. 2019 [acceso: 04/06/2021];30(2):77-87. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1390-85962019000200077&lng=pt&nrm=iso
26. Fanali C, Dugo L, Cacciola F, Grasso S, Dacha M. Chemical characterization of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Oil. J. Agric Food Chem. 2011 [acceso: 04/06/2021];59:13043-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22053706>
27. Ozcan MM. Some nutritional characteristics of kernel and oil of peanut (*Arachis hypogaea* L.). J Oleo Sci. 2010 [acceso: 04/06/2021];59:1-5. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20032593>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Eduardo A. Rodríguez Leyes.

Investigación: Laura González de la Torre, Roxana Vicente Murillo, Víctor L. González Canavaciolo, Yurislely Díaz Rivera.

Metodología: Eduardo A. Rodríguez Leyes.

Supervisión: Eduardo A. Rodríguez Leyes, Víctor L. González Canavaciolo.

Redacción del borrador original: Laura González de la Torre.

Redacción, revisión y edición: Eduardo A. Rodríguez Leyes.