



## CIENCIAS AGRARIAS Y DE LA PESCA

### Artículo original de investigación

# Contribuciones científicas al cultivo y procesamiento industrial de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en Cuba

María del Carmen Pérez Hernández <sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6770-5000>

Justo L. González Olmedo <sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9619-895X>

Marisol González Pérez <sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3009-9323>

Mabel Villanueva Domínguez <sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4023-4920>

Keily Montero Alvarez <sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0600-6812>

Yuliamny Adames Fajardo <sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0853-1284>

Eduardo A. Rodríguez Leyes <sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6833-8038>

Carlos Blair Loria <sup>2</sup> <https://orcid.org/0009-0008-4059-4858>

Víctor González Canavaciolo <sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5294-8758>

Yadira Carmenate Botino <sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5174-8295>

Ambar Oyarzabal Yera <sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3014-5457>

Ariadne Gutiérrez Martínez <sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0053-9810>

Roxana Vicente Murillo <sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5311-1877>

Vivian Molina Cuevas <sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0706-5547>

Julio Alfonso Rubí <sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9878-5971>

Sarahí Mendoza Castaño <sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6483-0466>

Rafael Gámez Menéndez <sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6633-8771>

Mayra Bataller Venta <sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7619-7880>

Eliet Veliz Lorenzo <sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3225-4632>

Roberto de J. García López <sup>4</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6550-1178>

Idania Scull Rodríguez <sup>4</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9516-7182>

Emilio Fernández Gonzalvez <sup>5</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9224-3346>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones en Plantas Proteicas y Productos Bionaturales. La Habana, Cuba

<sup>2</sup> Agronegocios Costa Rica. La Uruca, Costa Rica

<sup>3</sup> Centro Nacional de Investigaciones Científicas. La Habana, Cuba

<sup>4</sup> Instituto de Ciencia Animal. Mayabeque, Cuba

<sup>5</sup> Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, La Habana. Cuba

\*Autor para la correspondencia: [mwillanueva@bionaturasm.cu](mailto:mwillanueva@bionaturasm.cu)

#### Revisores <sup>a</sup>

#### Editor

Lisset González Navarro  
Academia de Ciencias de Cuba.  
La Habana, Cuba

<sup>a</sup> N. del E: En este apartado figuran los nombres de los árbitros que accedieron a revelar su identidad, como expresión de apertura progresiva del proceso de revisión por pares. No aparecen aquellos que optaron por el anonimato.

## RESUMEN

**Introducción:** Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) es una oleaginosa que pertenece a la familia de las euphorbiaceae. Sus frutos y semillas contienen alrededor del 54 % de aceite y un 60 % de proteínas. El aceite posee ácido alfa-linolénico (omega 3), ácido linoleico (omega 6) y ácido oleico (omega 9) en un 45 %, 35 % y 8 % respectivamente. Además, posee compuestos antioxidantes como los tocoferoles y fitoesteroles. Desde el año 2015 se introdujo el cultivo en Cuba. El objetivo de la investigación fue desarrollar el cultivo de Sacha inchi para la producción de nutracéuticos y otros alimentos ricos en omegas 3, 6 y 9 en Cuba. **Métodos:** Se probaron sistemas de cultivo, germinación de semillas, la influencia de las giberelinas y el ozono, acuoso y gaseoso, en el rendimiento de la plantación, se realizó el diagnóstico fitosanitario del cultivo y se desarrolló la tecnología para la obtención y rendimiento de aceite y la



**Traductor**

Darwin A. Arduengo García  
Academia de Ciencias de Cuba.  
La Habana, Cuba

elaboración de cápsulas blandas, que lograron el registro comercial. **Resultados:** Se aplicó el modelo de gestión con enfoque de cadena de valor, que incluyó las tecnologías de producción agroecológica sostenible del cultivo, y de obtención de aceite para el consumo humano. Se incrementó la biodiversidad con su introducción sin evidencias de daño al medio ambiente. Se desarrollaron y comercializan aceite y cápsulas blandas de aceite, dentro y fuera del país; lo que contribuye a la sustitución de importaciones de estos suplementos. La torta residual como suplemento alimenticio para animales reportó, a corto plazo, adecuadas ganancias de peso vivo y posee elevados valores de proteína bruta, moderados contenidos de componentes fibrosos, adecuados niveles de cenizas y fitocompuestos. Por estas razones, se evidencia como fuente alimentaria alternativa. Conclusiones: Se mostró la factibilidad del cultivo de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en las condiciones edafoclimáticas de Cuba de forma sostenible y se logró implementar una tecnología para la extracción del aceite de las semillas sin daños al medio ambiente.

**Palabras clave:** *Plukenetia volubilis* L.; Sacha inchi; procedimiento tecnológico; nutraceutico; torta residual

## Scientific contributions to the cultivation and industrial processing of Sasha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) in Cuba

### ABSTRACT

**Introduction:** Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) is an oilseed that belongs to the euphorbiaceae family. Its fruits and seeds contain about 54% oil and 60% protein. Sacha inchi oil has 45% alpha-linolenic acid (omega 3), 35% linoleic acid (omega 6) and 8% oleic acid (omega 9). In addition, it has antioxidant compounds such as tocopherols and phytosterols. Since 2015 the crop was introduced in Cuba. The objective of this study was to develop the cultivation of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) to obtain nutraceutical and other foods rich in omegas 3, 6 and 9 in Cuba **Methods:** On the yield of the plantation were tested cultivation systems, seed germination, the influence of gibberellins and ozone, aqueous and gaseous; it was carried out the phytosanitary diagnosis of the crop and it was developed the technology to obtain and yield oil and the production of soft capsules, which achieved commercial registration. **Results:** It was applied the management model with a value chain approach, which included technologies for sustainable agroecological production of the crop, and for obtaining oil for human consumption. Biodiversity increased with its introduction without evidence of damage to the environment. They were developed and marketed oil and soft oil capsules, inside and outside the country, which contributes to the substitution of imports of these supplements. The residual cake as a food supplement for animals reported adequate short-term gains in live weight and has high values of total protein, moderate contents of fibrous components, adequate levels of ash and phytocompounds. For the before mentioned reasons it is evident as an alternative food source. **Conclusions:** it was demonstrated the feasibility of growing Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) in the edaphoclimatic conditions of Cuba in a sustainable way and it was developed a technology for the extraction of oil from the seeds without damaging the environment.

**Keywords:** *Plukenetia volubilis* L.; Sacha inchi; technological procedure; nutraceutic; residual cake

## INTRODUCCIÓN

Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) es una oleaginosa que pertenece a la familia de las *Euphorbiaceae* y proviene de las selvas tropicales peruanas. <sup>(1)</sup> Sus frutos son en forma de estrellas con un número variable de lóbulos. Las semillas son de color marrón oscuro, ovaladas y contienen alrededor del 54 % de aceite y 60 % de proteínas. El aceite es rico en ácidos grasos insaturados, en particular el alfa-linolénico (omega 3) que se encuentra entre 42 % y 48 %, y el ácido linolénico (omega 6), presente de 32,8 % a 38,4 % <sup>(2)</sup> Además, posee compuestos antioxidantes como los tocoferoles y fitoesteroles.

Este aceite posee un gran potencial nutricional con múltiples beneficios para la salud, tales como el fortalecimiento del sistema cardiovascular, la prevención de enfermedades cardíacas <sup>(3)</sup> y el mantenimiento de la salud cerebral. <sup>(4)</sup> Por otra parte, el conjunto de esteroides presentes en el aceite muestra un efecto hipocolesterolémico, <sup>(5)</sup> del mismo modo que ofrece múltiples beneficios como antioxidante.

En diciembre de 2015 se introdujo por primera vez en Cuba el cultivo de Sacha inchi como uno de los proyectos liderados por el Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz, bajo licencia LH448-L (84)16, otorgada al Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio (CENPALAB), <sup>(6,7)</sup> por la denominada entonces Oficina Regulatoria y de Seguridad Nuclear. Desde el año 2016 se iniciaron estudios de regionalización del cultivo y en el año 2017 se pasó el desarrollo y continuidad de este proyecto experimental a la entonces llamada Entidad de Ciencia y Tecnología (ECTI) Sierra Maestra recién creada, que hoy es el Centro de Investigaciones en Plantas Proteicas y Productos Bionaturales (CIPB) con el objetivo de desarrollar el cultivo de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) para la producción de nutraceuticos y otros alimentos ricos en omega 3, 6 y 9 para beneficio de la población cubana, al tener la capacidad potencial de brindar una mejor calidad de vida.

Considerando lo anterior se trazaron los objetivos específicos a) desarrollar de forma sostenible el cultivo de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en Cuba; b) obtener aceite de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) mediante procesos tecnológicos para su uso como nutraceutico en diferentes formas; c) utilizar la torta de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) como suplemento proteico en alimento animal.

## MÉTODOS

### Desarrollo del cultivo Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en Cuba

#### Sistemas de Cultivo

Para el establecimiento de las plantaciones, se elaboró una Guía Técnica <sup>(8)</sup> a partir de experiencias internacionales.

Se evaluaron 2 sistemas de cultivo: con espalderas y rastrero en 8 provincias del país.

Los estudios de regionalización permitieron desarrollar una tecnología para la siembra y la etapa de fomento de las plantaciones. Se utilizaron diferentes técnicas para el riego de los cultivos: goteo, enrolladores y máquinas de pivote central, y se garantizó un régimen hídrico adecuado en los períodos fisiológicos más importantes como la floración y el cuajado de los frutos.

### Estudios de germinación de Sacha inchi

Se realizaron diferentes ensayos. <sup>(9)</sup> Se utilizaron 30 semillas de frutos cosechados en la Unidad Básica Productiva (UBP) 50 Aniversario de la Victoria de Playa Girón, ubicada en Güines, Mayabeque; que se colocaron en un pregerminador rústico con buen drenaje y aireación, se aplicó una capa de 10 cm de materia orgánica, riego en días alternos hasta lograr una humedad adecuada evitando encharcamiento en la bolsa que provocaran contaminaciones por hongos. Las semillas germinadas fueron puestas en bolsas de polietileno con una mezcla de cachaza y carboncillo de arroz 50:50 y riego en días alternos.

### Efectos del tiempo de almacenamiento en la viabilidad de las semillas

Se emplearon 30 semillas almacenadas durante 1 año a 3 años (2017; 2018 y 2019), obtenidas en campos pertenecientes a la UBP 50 Aniversario de la Victoria de Playa Girón; que se mantuvieron en condiciones de almacenamiento, en sacos de polipropileno con un rango de humedad entre 8 % y 10 % y a temperatura ambiente de 30 °C ± 50 °C. Se colocaron en bolsas de polipropileno negro de 1 kg, usando como sustrato cachaza (bien descompuesta) y carboncillo de arroz en una proporción de 1:1; el riego se realizó con frecuencia de días alternos. Anualmente se evaluó la capacidad de germinación a los 14 d y 21 d de sembradas y los datos se procesaron mediante un análisis de varianza (ANOVA), previo al análisis los datos se transformaron usando  $\sqrt{\text{arcseno}}$ , según se recomienda para datos de porcentaje, empleando el procesador estadístico SPSS Statistics. <sup>(10)</sup>

### Influencia de las Giberelinas

En el vivero de la UBP El Pitirre del CIPB localizada en Los Palacios, Pinar del Río, en el periodo 2018-2019, <sup>(11)</sup> se evaluaron tratamientos de 2 concentraciones de giberelinas, obtenidas como derivadas de la industria azucarera cubana de 5 mg L-1 y 10 mg L-1. El grupo control se trató solamente con agua.

Cada tratamiento contó con 3 repeticiones de 50 semillas en 100 mL de las soluciones. La imbibición duró 24 h y se sembraron las semillas en bolsas de 1 kg con sustrato de are-

na de río: humus de lombriz y estiércol bovino 2:1:1. Cada 7 d se evaluó la cantidad de semillas germinadas para calcular el porcentaje de germinación.

### Efecto de los tratamientos con ozono sobre la germinación y desinfección de semillas

Las semillas de Sacha inchi que se suministraron y recolectaron en la UBP El Pitirre provenían de frutos en estado maduro, se seleccionaron de similar tamaño, peso y apariencia, libres de defectos y enfermedades. <sup>(12)</sup> Por cada grupo tratado (T1 a T6) y grupo control (C1 y C2) las semillas se distribuyeron aleatoriamente en grupos de 70 unidades. Los grupos control no recibieron tratamiento. Todos los grupos excepto el C1 se inocularon previamente con *Escherichia coli*. Después de los tratamientos con ozono, los grupos de semillas se sometieron a pruebas de evaluación de desinfección, conductividad eléctrica, germinación y emergencia. Los tratamientos con ozono se aplicaron en el Laboratorio de Tecnologías de Ozono del CNIC.

#### Tratamiento con ozono gaseoso

Se aplicó un flujo continuo de gas bajo concentración constante de 5 mg L<sup>-1</sup> y 20 mg L<sup>-1</sup> durante 20 min (tratamientos T1-T4). Las semillas de los tratamientos T1 y T2 se secaron previamente. Las semillas de los grupos T3 y T4 no se secaron.

#### Tratamiento con ozono en fase acuosa

Las semillas se sumergieron en agua ozonizada, con concentración de ozono de 0,5 mg L<sup>-1</sup> y 1,0 mg L<sup>-1</sup> durante 15 min. Las semillas de los tratamientos T6 no fueron previamente secadas. Se realizaron pruebas de conductividad eléctrica, de germinación, de emergencia de plántulas, supervivencia de plántulas en condiciones de vivero y pruebas de desinfección.

Los valores medidos se sometieron a análisis de varianza para determinar diferencias significativas entre los tratamientos usando el programa informático Microsoft® Excel 2010 <sup>(13)</sup> y el statgraphics Centurion XV. <sup>(14)</sup>

#### Diagnóstico fitosanitario del cultivo

El diagnóstico <sup>(15)</sup> se realizó en 2017 <sup>(16)</sup> y fue ampliado en 2022 a las 3 UBP que cultivan Sacha inchi en el CIPB, se tomaron muestras de suelo y sustrato de vivero y campo de forma aleatoria que incluía plantaciones de edad entre 7 m y 2 a pertenecientes a las UBP: Nazareno en San José de las Lajas, 50 Aniversario y El Pitirre.

Para la identificación de nemátodos las muestras de suelo y sustrato se dividieron en 2 partes. Una se utilizó para el montaje de embudos Baermann y la otra parte para realizar el análisis de plantas indicadoras para nemátodos del género

*Meloidogyne* sp. <sup>(17)</sup> Para determinar el daño en las plantaciones se empleó el método de plantas indicadoras y el grado de infestación se evaluó mediante una escala de 0° a 5°. La planta empleada en el estudio fue la calabaza, que se cosechó para su análisis a los 35 d. Los nemátodos detectados fueron identificados de acuerdo a las claves y las referencias de Hartman KM *et al*, Coomans A *et al*, Siddiqi MR *et al*, Uzma I *et al* <sup>(18-21)</sup> disponibles en el Laboratorio de Nematología del INISAV.

Para la identificación de hongos se seleccionaron muestras de tallos y raíces en porciones de 10 cm a 20 cm de longitud y diámetros que oscilaron entre 1 cm y 10 cm. Para la obtención de los aislados de hongos se siguió el mismo procedimiento de Cabrera *et al*. (2012), <sup>(22)</sup> con la variante de que la zona de crecimiento del daño en cada caso se desinfectó superficialmente durante 3 min con hipoclorito de sodio al 1 % y se lavó 3 veces con abundante agua destilada estéril. Seguidamente se procedió a la extracción y siembra de los fragmentos de tejido de 3 mm<sup>2</sup> a 4 mm<sup>2</sup>, con un bisturí, en cada una de las placas de petri. Las placas (10 mm x 15 mm) se prepararon con medio papa dextrosa agar (PDA) y medio H (dextrosa 5 g, sacarosa 10 g, peptona micológica 0,5 g, extracto de levadura 5 g, agar 15 g, agua destilada hasta 1L) suplementado con oxitetraciclina 0,4 mg/mL. Se incubaron a 26°C ± 2°C en la oscuridad hasta observar el desarrollo de las colonias del hongo que predominó en los puntos de siembra. El crecimiento se trasladó a tubos de ensayo con igual medio para su estudio y conservación de las características morfológicas y morfoculturales. Se observaron las estructuras fungosas desarrolladas al microscopio óptico de contraste de fase (640X).

#### Caracterización de los frutos

Se clasificaron los frutos según el número de lóbulos y el peso en la UBP 50 Aniversario y El Pitirre con 700 frutos seleccionados de forma aleatoria en plantas rastreras. <sup>(9)</sup> Para determinar la cantidad de frutos por número de lóbulos se extendieron en una mesa los frutos de cada UBP, se agruparon por número de lóbulos y se realizó el conteo de las unidades físicas de cada grupo. El peso de los frutos se determinó mediante la siguiente fórmula (1):

donde: PF es peso del fruto seco (g); PFh es peso del fruto húmedo (g); % humedad Fh es porcentaje de humedad del fruto húmedo determinado en un analizador de humedad modelo PCE: MB-210. Para el análisis de los datos se empleó el procesador estadístico SPSS Statistics. <sup>(10)</sup>

$$PF = PFh * (\% \text{ humedad } Fh / 100) \quad (1)$$

## Rendimiento productivo

El análisis comprende la primera cosecha de 2020 en las parcelas experimentales de la UBP 50 Aniversario y de la UBP El Pitirre con sistemas de cultivos con espalderas y rastrero.

<sup>(9)</sup> Se seleccionaron 70 plantas por cada sistema de cultivo; se cosecharon frutos maduros; se envasaron en sacos de polipropileno e identificaron con el nombre de la UBP, la tecnología de cultivo y un número consecutivo independiente para cada unidad productiva; se secaron empleando 2 tecnologías de secado: bastidores al sol y hornos solares, las que se utilizaron de forma independiente o combinada, con períodos de secado entre 24 h y 48 h para alcanzar una humedad entre 8 % y 10 %. Se pesaron los frutos secos de cada planta y los rendimientos se reportaron como kg fruto/planta.

## Desarrollo de una tecnología cubana para la obtención y rendimiento de aceite de Sacha inchi

El aceite de Sacha inchi se obtuvo a partir de semillas en una planta procesadora introducida en Cuba con capacidad productiva de 300 L/m. La tecnología de obtención fue similar a la empleada por Agronegocios, Costa Rica. Consta de varios procesos productivos: descascarado, selección, prensado en frío, filtración I, decantación y filtración II, envase y almacenamiento ejecutados siguiendo los procedimientos normalizados de operación del CIPB.

La caracterización físico-química y microbiológica se realizó a los primeros lotes de aceite de Sacha inchi (ASI) obtenidos en la planta procesadora cubana, para lo cual se analizaron 11 lotes (entre 40 L-60 L cada uno) extraídos de semillas provenientes de las regiones de Pinar del Río (Los Palacios-Pitirre), Mayabeque (Güines-50 Aniversario de la Victoria de Playa Girón) correspondientes a los meses comprendidos entre octubre de 2017 y agosto de 2018. Se enviaron muestras para su análisis a los Laboratorios del Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC) de Cuba y LAMBDA de Costa Rica. Las determinaciones analíticas y los métodos de análisis empleados fueron:

Laboratorios del CNIC:

- características organolépticas: NTP-ISO 6658:2008. (revisado en 2014);
- peso específico: USP40, método I;
- índice de acidez: ISO 660:2009;
- índice de peróxido: USP 40;
- identidad y pureza (Contenido individual de ácidos grasos C18:1; C18:2; C18:3.): método por cromatografía de gases validado por el fabricante;
- metales pesados: espectroscopia de absorción atómica;
- examen microbiológico: USP 40.

Laboratorios LAMBDA

- identidad y pureza: A.O.A.C 16TH Edition 1995;
- examen microbiológico: bacteriological analytical manual (B.A.M)-F.D.A 1993.

Se compararon los resultados analíticos obtenidos por ambas instituciones; se determinaron las especificaciones de calidad del ASI, las que se confrontaron con los valores reportados en la literatura internacional. <sup>(23,24)</sup>

Para el análisis del rendimiento productivo se emplearon 2 tecnologías de prensado en frío: variante 1 (V1), en la que se empleó una prensa hidráulica de grado manual con capacidad productiva de 300 L/m y una segunda variante (V2) que empleó una prensa hidráulica más robusta que la variante 1, automatizada y con una capacidad productiva de 1200 litros/mes. Se conformaron 20 lotes de ASI, 10 con cada prensa, con tamaño de lote entre 150 L y 160 L. Se analizaron los indicadores productivos del proceso de prensado y de obtención de aceite: kg semilla/Litro de aceite, kg almendra/Litro de aceite, rendimiento de prensado, rendimiento del proceso.

## Desarrollo de una tecnología cubana para la obtención de las cápsulas blandas de aceite de Sacha inchi

Se introdujo una tecnología <sup>(25,26)</sup> para el desarrollo de cápsulas blandas de Sacha inchi en la planta de cápsulas blandas del CNIC, que consta de 7 etapas fundamentales: preparación de la cubierta de gelatina, encapsulado, secado inicial, secado secundario, revisión, envase primario, etiquetado y embalaje, las que se efectuaron siguiendo los Procedimientos Normalizados de Operación elaborados por la Dirección de Calidad del CNIC. Se establecieron las especificaciones de calidad <sup>(27-35)</sup> para el registro sanitario del producto mediante el procesamiento de los resultados de los 3 primeros lotes productivos (de 200 frascos a 700 frascos x 90 cápsulas) generados en dicha planta en diciembre de 2019. Para la consolidación y validación de la tecnología instalada se analizó el comportamiento de los parámetros de calidad de lotes generados (de 400 frascos a 1000 frascos x 90 cápsulas) en el periodo de diciembre de 2019 y el primer semestre de 2020 y se compararon con las especificaciones de calidad aprobadas en el registro sanitario. Las determinaciones analíticas y los métodos empleados para el control de calidad fueron:

- Características organolépticas: método de fabricante,
- variación de peso: USP 40, Prueba 2091,
- identidad y pureza (contenido individual de los ácidos grasos C18:1, C18:2 y C18:3): cromatografía de gases,
- método validado: (QUI/CUAN/AG/002),
- examen microbiológico: USP 40, Acápites: 2021, 2022 y 2023.

## Caracterización química de la torta de Sacha inchi

Para caracterizar químicamente<sup>(36)</sup> se empleó torta de Sacha inchi de 3 lotes de producción del segundo semestre del año 2020, obtenida en la planta procesadora de ASI del CIPB. Se tomaron muestras de 3 puntos de cada saco a diferentes profundidades y se unieron estas porciones para conformar una muestra homogénea de 1 kg. El material se secó en estufa de circulación de aire a 60 °C durante 72 h y se molió hasta alcanzar tamaño de partícula de 1 mm. Las determinaciones que se realizaron aparecen en la tabla 1.

Los datos se procesaron con el paquete estadístico Inostat versión 2012.<sup>(37)</sup> Se realizó el análisis descriptivo y se determinaron los estadígrafos media, desviación estándar, coeficiente de variación (%) y el valor mínimo y máximo.

## Empleo de la torta de Sacha inchi en novillas lecheras

Se empleó torta de Sacha inchi obtenida en la planta procesadora de ASI del CIPB.<sup>(38)</sup> Para su evaluación se seleccionaron 40 novillas incorporadas, las cuales previamente recibían un suplemento de salvado de trigo a razón de 1kg/a/d. La evaluación consistió en ofrecer 1 kg del suplemento con 30 % de torta de Sacha inchi durante 90 d y evaluar su ganancia de peso en las condiciones de producción.

## RESULTADOS

En los cultivos con espalderas se establecieron tutores vivos y muertos con 545 postes por hectárea, a una distancia de 6 m entre postes y 3 m entre hileras, con una altura de al menos 1,80 m con 2 alambres y 1111 plantas por hectárea.<sup>(8,9)</sup> Los cultivos rastrojos se iniciaron con una distancia de siembra de 3 m por 3 m y posteriormente se pasó a 3 m por 2,5 m. Los estudios de regionalización permitieron constatar la existencia de 10,70 ha con espalderas y 108,50 ha rastrojos. Las actividades agrícolas se organizaron en procedimientos

normalizados de trabajo elaborados por los especialistas de calidad del CIPB.

Las pruebas de germinación mostraron que a los 21 d las semillas alcanzaron un 90 % de germinación y que se pueden almacenar por 3 a, con un porcentaje de germinación que osciló entre 83 % y 90 %.<sup>(9)</sup> La germinación con tratamientos a 2 concentraciones de giberelinas,<sup>(11)</sup> mostró que los mejores resultados en cuanto a ruptura de testa, imbibición, índice de velocidad de germinación y tiempo medio de germinación de las semillas correspondieron al tratamiento con giberelinas a 5 mg L<sup>-1</sup>. El efecto de la ozonización sobre la germinación y la desinfección de semillas de Sacha inchi<sup>(12)</sup> presentó los mejores resultados para los tratamientos con las concentraciones más bajas de ozono gaseoso de 5 mg L<sup>-1</sup> y de ozono disuelto de 0,5 mg L<sup>-1</sup>. No se registró efecto negativo del ozono sobre la germinación ni sobre la calidad de las semillas. La desinfección aplicada con ozono permitió reducir la carga microbiana.

La principal plaga que se encontró amenazando al cultivo fue el complejo nemátodo-*Fusarium*.<sup>(15)</sup> El diagnóstico preliminar mostró la presencia del nemátodo agallero, *Meloidogyne arenaria* (Neal) Chitwood. Resultados ampliados del estudio en 2022 demostraron la presencia mayoritaria del nemátodo agallero *Meloidogyne* incognita (Kofoid y White) Chitwood, junto a *Helicotylenchus dihystra*, *Trichodorus* spp., *Tylenchorhynchus* spp., *Aphelenchoides bicaudatus* y *Xiphinema basiri*. La situación más compleja estuvo en la UBP 50 Aniversario de la Victoria de Playa Girón donde se identificaron 6 especies; *Meloidogyne* spp. estuvo presente en todos los campos. Los niveles de infestación por *Meloidogyne* spp. oscilaron entre grado II y V, lo que indica una elevada presencia de estos nemátodos. El resto de especies se presentó con poblaciones de bajas a medias. Aunque *X. basiri* solo apareció en una plantación de Los Palacios con poblaciones medias, la presencia de agallas y tumores grandes pudiera indicar su afectación ya que se confunde con los daños por *Meloidogyne*.

**Tabla 1.** Determinaciones analíticas y métodos empleados en la caracterización química de la torta de Sacha inchi

Determinaciones analíticas	Métodos empleados
contenido de materia seca (ms)	metodología de la AOAC, 2019
contenido de ceniza.	metodología de la AOAC, 2019
contenido de proteína bruta (pb)	metodología de la AOAC, 2019
contenido de fibra detergente neutro (fdn)	procedimiento Goering y Van Soest, 1970
contenido de fibra detergente ácido (fda).	procedimiento Goering y Van Soest, 1970
contenido de lignina.	procedimiento Goering y Van Soest, 1970
contenido de celulosa	procedimiento Goering y Van Soest, 1970
cuantificación de ca y k	absorción atómica, procedimientos de manual de instrucción
determinación de metabolitos secundarios	ensayos químicos cualitativos, metodología Miranda y Cuellar (2000)

Con relación a los hongos fitopatógenos se detectó la presencia de *Fusarium* spp. y *Lasiodiplodia* spp. causando daños a nivel de viveros. Se apreció la presencia de pudrición del cuello en plántulas causado por *Fusarium* spp. Se observó además necrosis en la xilema de ramas principales que podría estar asociado a la presencia de *Lasiodiplodia* spp.

La clasificación de los frutos, según el número de lóbulos y el peso de los mismos, en plantas rastreras mostró la presencia predominante de los frutos de 4 lóbulos en las UBP 50 Aniversario de la Victoria de Playa Girón y la UBP El Pitirre. En cuanto al peso de los frutos, se comprobó que, en la Base Productiva de Güines, el peso se incrementa con el número de lóbulos de forma significativa, no así en la UBP de Pinar del Río, donde los frutos de 5 lóbulos tuvieron un menor peso. <sup>(9)</sup> Los mayores rendimientos productivos fueron obtenidos al aplicar la tecnología con espalderas con 0,51 kg a 0,53 kg/planta, a diferencia del cultivo rastrero en el que se alcanzó 0,30 kg a 0,39 kg/planta. <sup>(9)</sup>

Los estudios agronómicos realizados desde 2016 hasta la fecha, confirmaron la factibilidad del cultivo de la Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), en las condiciones edafoclimáticas de Cuba. Las actividades descritas constituyen innovaciones de procesos y tecnologías que enriquecen la cadena de valor de Sacha inchi.

La instalación en Cuba de la primera planta procesadora de semillas de Sacha inchi permitió obtener por primera vez en el país aceite de Sacha inchi. El control de calidad realizado al ASI en los laboratorios del CNIC y LAMBDA de Costa Rica se muestran en las tablas 2 y 3.

Los resultados obtenidos en ambas instituciones son similares en cuanto a identidad y límite microbiano y permitieron establecer las especificaciones de calidad del aceite de Sacha inchi, las cuales fueron: contenidos de los ácidos grasos C18:3, C18:2 y C18:1 de 40 % a 50 %, 30 % a 45 % y 8 % a 15 %, respectivamente; ausencia de *E. coli*, conteo de microorganismos aerobios  $< 10^3$  UFC/g, y hongos y levaduras  $< 10^2$  UFC/g.

Se determinaron los indicadores productivos para ambas variantes de extracción de aceite de Sacha inchi. En la variante 1(V1) se obtuvo: 4,7 kg semilla/litro de aceite; 3,3 kg almendra/litro de aceite; 30 % rendimiento de prensado y 21 % rendimiento del proceso. Para la variante 2 (V2) se obtuvo: 4,3 kg semilla/litro de aceite; 3,0 kg almendra/litro de aceite; 33 % rendimiento de prensado y 23 % rendimiento del proceso.

La instalación en Cuba de la primera planta de cápsulas blandas con aceite vegetal permitió obtener cápsulas blandas con aceite de Sacha inchi. El comportamiento de los resultados de los análisis de calidad de los primeros lotes de cápsulas blandas producidos con esta tecnología permitió establecer las especificaciones de calidad de este producto. Los resultados se muestran en la tabla 4.

Se consolidó la tecnología demostrándose consistencia productiva lo que se muestra en los resultados de la tabla 5

Al analizar los resultados se pudo demostrar que estos cumplen con las especificaciones de calidad establecidas para el producto. Se realizó la caracterización química y la determinación de metabolitos secundarios de la torta residual de *P. volubilis* (Sacha inchi), cuyos resultados permitieron considerar a este subproducto como de alta calidad nutricional. <sup>(36)</sup> El empleo de un 30 % de torta de Sacha inchi <sup>(37)</sup> como suplemento en la alimentación animal mostró una ganancia de peso por día de 486 g comparado con el empleo de salvado de trigo que presentó una ganancia de 288 g. Se observó igualmente un ligero incremento de la presencia de animales en celo durante la duración del periodo de prueba (11 %).

## DISCUSIÓN

### Desarrollo del cultivo Sacha inchi en Cuba

Los resultados del cultivo en el país permitieron validar la tecnología recogida en la guía técnica. <sup>(8)</sup> Existe la perspectiva de continuar ampliando el cultivo de acuerdo a las licencias de explotación otorgadas por la Oficina Regulatoria y de Seguridad Nuclear.

**Tabla 2.** Resultados del control de calidad realizados en los Laboratorios del CNIC

Código de lote	Peso específico	Índice de acidez (mg KOH/g)	Índice de peróxido (meq O <sub>2</sub> /kg)	Identidad (% m/m)			Límite microbiano		
				C18:1	C18:2	C18:3	M, O, aerobios (ufc/g)	Hongos (ufc/g)	<i>E. coli</i> (en 10 g)
19024	0,92	1,138	9,59	10,77	37,97	43,07	$< 10^3$	$< 10^2$	ausencia
19025	0,92	2,05	9,75	11,3	38,47	41,5	$< 10^3$	$< 10^2$	ausencia
19026	0,92	2,07	9,37	10,73	37,6	43,4	$< 10^3$	$< 10^2$	ausencia
19027	0,92	2,47	9,53	10,72	37,94	42,87	$< 10^3$	$< 10^2$	ausencia
19028	0,92	1,06	7,64	11,09	39,37	42,09	$< 10^3$	$< 10^2$	ausencia
19029	0,92	1,03	7,11	11,73	39,82	40,01	$< 10^3$	$< 10^2$	ausencia
19030	0,92	2,54	7,19	11,46	37,52	44,43	$< 10^3$	$< 10^2$	ausencia
19031	0,92	1,54	9,66	9,51	37,03	46,71	$< 10^3$	$< 10^2$	ausencia
19032	0,92	1,07	8,13	12,41	37,22	42,71	$< 10^3$	$< 10^2$	ausencia
19033	0,93	0,49	7,7	12,81	36,87	41,8	$< 10^3$	$< 10^2$	ausencia
19034	0,92	1,99	7,64	10,82	36,33	45,03	$< 10^3$	$< 10^2$	ausencia

**Tabla 3.** Resultados del control de calidad realizados en los Laboratorios LAMBDA, Costa Rica

Códigos de los lotes	Identidad (% m/m)			Límite microbiano M.O.aerobios (ufc/g)	E. coli (ufc/g)	Salmonella (en 25 g)
	C18:1	C18:2	C18:3			
Ac 18004	10,78	42,37	39,74	< 7,2x10 <sup>1</sup>	< 10	ausencia
Ac 17002	10,23	41,07	41,75	< 1,8x10 <sup>1</sup>	< 10	ausencia

Los ensayos de germinación permitieron alcanzar una supervivencia superior al 80 % y las semillas pueden ser almacenadas al menos por 3 a, lo cual fue posible por la reducción en el rango de humedad entre 8 % y 10 % y temperatura ambiente de 30 °C ± 5 °C. <sup>(9)</sup>

Los mejores resultados en cuanto a ruptura de testa, imbibición, índice de velocidad de germinación y tiempo medio de germinación de las semillas correspondieron al tratamiento con giberelinas a 5 mg L<sup>-1</sup>. Estas hormonas vegetales juegan un papel importante en la estimulación del crecimiento, principalmente vía división y alargamiento celular, regulando el proceso de germinación. <sup>(11)</sup>

En cuanto al efecto de la ozonización <sup>(12)</sup> sobre la germinación y desinfección de semillas de Sacha inchi, el ozono no registró un efecto negativo sobre la germinación ni sobre la calidad de las semillas. Los tratamientos con menor concentración de ozono tanto en tratamiento acuoso y gaseoso registraron los mayores porcentajes de germinación e indicadores de vigor. Es conocido el papel del ozono como vehículo de desinfección, gracias a la eliminación de patógenos mediante la oxidación de la cobertura de virus, bacterias y hongos.

El diagnóstico fitosanitario del cultivo mostró el deterioro del cuello y raíces de las plantas adultas y la presencia de agallas en forma de nudos que confirmaron la existencia de nemátodos. <sup>(15)</sup> Varios de estos coinciden con los informados por Canto et al. 2006; <sup>(39)</sup> Shapiama 2008. <sup>(40)</sup> El complejo nemátodo-Fusarium sp complica la situación sanitaria. Los daños fitosanitarios observados coinciden con los informados por varios autores (Acuña 2019; Acosta-Ramírez, 2018 y Mori, 2016) <sup>(41-43)</sup> quienes informaron la presencia de estos 2 hongos junto a otros géneros y especies fungosas.

En la UBP de Pinar del Río se detectó que los frutos de 5 lóbulos tuvieron un menor peso al compararlos con los resultados de la base productiva 50 Aniversario, lo que pudo deberse a la deficiencia de nutrientes (fósforo y potasio), además de una ligera acidez presente en el suelo de este centro, como lo refieren Carnero et al. 2019. <sup>(44)</sup> La tecnología con espaldera obtuvo mayores rendimientos por planta, al igual que describe la literatura, aunque inferiores al rendimiento potencial, por afectaciones en las plantaciones por el complejo nemátodo-Fusarium spp. <sup>(45)</sup> Similar comportamiento se obtuvo en las evaluaciones realizadas en la región centro-oriental de Cuba.

### Desarrollo de una tecnología cubana para la obtención y rendimiento del aceite de Sacha inchi

El proceso tecnológico desarrollado fue comparable con el utilizado por Agronegocios, Costa Rica, lo que permitió establecer las especificaciones de calidad del aceite de Sacha inchi, las que son comparables con los valores informados en las normas técnicas peruanas <sup>(24)</sup> y el CODEX Alimenticios. <sup>(46)</sup> Todo lo anterior permitió validar la tecnología de obtención de aceite de Sacha inchi introducida en Cuba y registrar este producto en el Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM), lo que permitió que el país contara con un nuevo nutracéutico que se ha comercializado dentro y fuera de Cuba. Con la tecnología V2 se consume una menor cantidad de almendras por cada litro de aceite fabricado, los rendimientos productivos fueron superiores y el proceso fue más eficiente.

### Desarrollo de una tecnología para la obtención de las cápsulas blandas de aceite vegetal

Las especificaciones de calidad determinadas para las cápsulas blandas producidas con la tecnología instalada, son

**Tabla 4.** Comportamiento de los parámetros de calidad de lotes de cápsulas blandas y límites de especificaciones registradas

Código de lote	Variación peso (% del peso promedio)	Tiempo desint. (min)	Identidad (mg/cápsula)			Límite microbiano M, O, aerobios (ufc/g)	Hongos (ufc/g)	E. coli (en 1 g)
			C18:1	C18:2	C18:3			
71219	cumple	3	42,48	132,33	159,44	cumple	cumple	cumple
61219	cumple	4	39,48	131,62	160,81	cumple	cumple	cumple
51219	cumple	7	25,94	121,62	172,22	cumple	cumple	cumple
especif.	90-110	t ≤ 30	20-57	110-156	120-203	≤ 10 <sup>3</sup>	≤ 10 <sup>2</sup>	ausencia

Tiempo. desint: tiempo de desintegración de la cápsula blanda; especif: especificaciones de calidad de las cápsulas blandas.

**Tabla 5.** Comportamiento de los parámetros de calidad de lotes de cápsulas blandas fabricados en el primer semestre del 2020

Código de lote	Variación peso (% del peso promedio)	Tiempo Desint. (min)	Identidad (mg/cápsula)			Límite microbiano		
			C18:1	C18:2	C18:3	M. O. aerobios (ufc/g)	Hongos (ufc/g)	E. coli (en 1 g)
20320	cumple	3	42,48	132,33	159,44	cumple	cumple	cumple
30420	cumple	3	40,44	132,41	157,83	cumple	cumple	cumple
40420	cumple	2	38,97	137,15	171,42	cumple	cumple	cumple
50420	cumple	2	37,12	134,16	175,05	cumple	cumple	cumple
60420	cumple	3	41,86	139,04	169,46	cumple	cumple	cumple

Tiempo. desint: tiempo de desintegración de la cápsula blanda.; especific: especificaciones de calidad de las cápsulas blandas.

comparables con las guías ICH y normas internacionales y fueron incluidas en el registro sanitario del producto en el IN-HEM. Quedó demostrada la consistencia del proceso ya que todos los lotes producidos fueron aprobados por calidad, no se detectaron lotes no conformes lo que validó la tecnología desarrollada y permitió contar con un nuevo nutracéutico que se comercializa en Cuba y en el exterior.

### Caracterización química de la torta de Sacha inchi

Los compuestos inorgánicos presentes alcanzan concentraciones adecuadas para satisfacer los requerimientos de los animales. Los contenidos de Ca, P y K estuvieron en correspondencia con los resultados encontrados en ceniza, los cuales fueron similares a los señalados por Ruiz et al. (2013)<sup>(47)</sup> en la evaluación de la torta residual de semillas cultivadas en Perú. Posee elevados valores de PB, muy por encima de los referidos por Alcivar et al. (2020)<sup>(48)</sup> y Benítez et al. (2018),<sup>(49)</sup> e inferiores a los que reporta Díaz et al. (2021),<sup>(50)</sup> moderados contenidos de componentes fibrosos, adecuados niveles de ceniza y fitocompuestos. Las diferencias detectadas pueden estar asociadas a factores como el ecotipo de la planta utilizado, la época de cosecha de la semilla y su método de conservación, las labores postcosecha y el proceso de extracción de aceite utilizado.<sup>(46)</sup>

### Empleo de la torta de Sacha inchi en novillas lecheras

Los resultados obtenidos en la ganancia de peso mostraron que hubo una respuesta positiva y significativa al consumir suplemento con Sacha inchi. Se obtuvieron diferencias superiores a 100 g/a/d lo cual, considerando que el período estudiado correspondió a la época poco lluviosa, puede abrir un camino para futuros estudios que permitan conocer el verdadero potencial del subproducto y convertirla en una nueva opción de alimentación según Henao y Barreto (2016).<sup>(51)</sup> El incremento de la cantidad de animales en celo pudo estar relacionado a factores endocrinos mediante el eje hipotálamo-hipofisario a través de la hormona de crecimiento en inte-

racción con distintas hormonas jugando un papel fundamental las fuentes de proteína.<sup>(52-54)</sup>

### Conclusiones

El desarrollo por más de 5 a del cultivo de Sacha inchi desde su implementación, a partir del desarrollo de una tecnología agroecológica, permitió concluir que es factible el cultivo de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en las condiciones edafoclimáticas de Cuba de forma sostenible.

Se logró implementar una tecnología para la extracción del aceite de las semillas de Sacha inchi sin daños al medio ambiente, permitiendo contar por primera vez en Cuba con un nutracéutico rico en omegas 3, 6 y 9 de origen vegetal, lo que resulta beneficioso para la población cubana brindándole mayor calidad de vida.

Se realizó la caracterización química y se obtuvo un suplemento alimenticio enriquecido con la torta residual de Sacha inchi. Los resultados de la caracterización evidenciaron las potencialidades de este producto como fuente alimentaria alternativa. El suplemento con TSI reporta a corto plazo adecuadas ganancias de peso vivo. No logra una avidez por el consumo de forma sostenida creando ocasionales rechazos. El desarrollo de estos productos ha generado nuevos ingresos en la cadena de valor de Sacha inchi.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Follegatti-Romero LA, Piantino CR, Grimaldi R, Cabral FA. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of omega-3 rich oil from Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. *Journal of Supercritical Fluids*. 2009;49:323-29.
- González L, Rodríguez EA, Vicente R, González V, Díaz Y. Caracterización preliminar del aceite de *Plukenetia volubilis* L. (Sacha Inchi) cultivada en Cuba. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 2022;27(1).
- Alayón AN, Echeverri I. Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo): ¿Una experiencia ancestral desaprovechada? Evidencias clínicas asociadas a su consumo. *Revista Chilena de nutrición*. 2016;43(2):167-71.
- Otálora MC, Camelo R, Wilches-Torres A, Cárdenas-Chaparro A, Gómez Castaño JA. Encapsulation effect on the in vitro bioacces-

- sibility of sachá inchi oil (*Plukenetia volubilis* L.) by soft capsules composed of gelatin and cactus mucilage biopolymers. *Polymers*. 2020;12(9):1995.
5. Huamán Saavedra JJ, Fogel Silva BE, Escobar Pairazamán PI, Castillo Minaya KY. Efectos de la ingesta de *Plukenetia volubilis* Linneo o "Sachá inchi" en el perfil lipídico de adultos jóvenes. *Acta Médica Peruana*. 2012;29(3):155-60.
  6. ORASEN. Expediente de seguridad biológica. CENPALAB. Liberación de *Plukenetia volubilis* L. LH448-L (84) 16. La Habana, 2016.
  7. ORSA. Expediente de seguridad Biológica. CIPB. Liberación de *Plukenetia volubilis* L. L (87)22. La Habana, 2022.
  8. Blair L, Pérez MC, Yáñez S, Ruiz A. Guía Técnica para el cultivo de Sachá Inchi. La Habana: Federico Engels. 2016.
  9. Pérez MC, Villanueva M, González M, González JL, Adames Y, Samón R. Desarrollo del cultivo de Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en Cuba. *Rev. Cultivos Tropicales*. 2022.
  10. IBM Corp. Released 2015. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.
  11. Acosta J H, Lorente G, Pérez MC, González M, Michelena G, García R, González JL. La germinación de semillas de Sachá Inchi regulada por giberelinas derivadas de la caña de azúcar: primera experiencia cubana. *Rev. ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*. 2019;53:54-7.
  12. Bataller M, Veliz E, Pérez A, Barreras G, Villanueva M, Ortega N, Ledea O. Effect of ozone treatments on germination and disinfection of Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) sedes. *Rev. Ozone: Science & Engineering*. 2022
  13. Microsoft® Excel 2010 Excel.
  14. Statgraphics Centurion, X. V. Statpoint Technologies. INC. version16:17.2009
  15. Cabrera RI, Fernández E, Pérez MC, Quesada F, Villanueva M, Adames Y, Montero K. Sintomatología y agentes causales que afectan las plantaciones de Sachá inchi en Cuba. Informe técnico. La Habana. 2022
  16. Rodríguez M, Hernández Ochandía D. Nuevos hospedantes de *Meloidogyne* spp. para Cuba. 1, *Rev. Protección Vegetal*. 2020;35.
  17. Gonsalvez E F, Basterrechea H G. Registro actualizado de fitonematodos en plantas ornamentales de Cuba. *Rev. Fitosanidad*. 2002;6(3):9-27.
  18. Hartman KM, Sasser JN. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal pattern morphology. *An advanced treatise on Meloidogyne*. 1985;2:69-77.
  19. Coomans A, Grisse AD, Geraert E, Loof P A A, Luc M, Raski D J. On the use of the generic name *Macroposthonia* de Man, 1880 (*Nemata: Criconeematidae*). *Rev. de Nématologie*. 1990;13(1).
  20. Siddiqi M R. *Tylenchida: parasites of plants and insects*. CABI. 2000
  21. Uzma I, Nasira K, Firoza K, Shahina F. Review of the genus *Helicotylenchus* Steiner, 1945 (*Nematoda: Hoplolaimidae*) with updated diagnostic compendium. *Pakistan Journal of Nematology*. 2015;33(2):115-60.
  22. Cabrera RI, Ferrer J, Peña I, Zamora V. Lasiodiplodia theobromae (Pat.) Griffon & Maubl., Sintomatología, afectaciones e impacto en la citricultura cubana actual. *Levante Agrícola*. 2012;51(412):254-61.
  23. Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias (INDECOPI). Norma Técnica Peruana; NTP 151.401. INDECOPI 2012.
  24. Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias (INDECOPI). Norma Técnica Peruana; NTP 151.400. INDECOPI 2014.
  25. Gullapalli RP. Soft gelatin capsules (softgels). *J Pharm Sci*. 2010;99(10).
  26. Dobrzynski LJ, Zgoda MM. Natural biopolymers as excipients in medicinal product dosage form. Part i. Soft gelatin capsules as a modern and elegant pharmaceutical dosage form, *Polim Med*. 2010;40(2):11-9.
  27. ICH Guidance, Specifications: Test Procedures and Acceptance Criteria for New Drug Substances and New Drug Products: Chemical Substances, Q6A, Oct. 1999
  28. ICH Guidance, Pharmaceutical Development, Q8(R2), Aug. 2009.
  29. ICH Guidance, Quality Risk Management, Q9, Nov. 2005.
  30. ICH Guidance, Pharmaceutical Quality System, Q10, June 2008
  31. ICH Guidance, Quality Implementation Working Group on Q8, Q9 and Q10, Questions & Answers (R4), Q8, Q9 and Q10 (R4), Nov. 2010.
  32. ICH Guidance, Evaluation and Recommendation of Pharmacopoeial Texts for Use in the ICH Regions on Disintegration Test General Chapter, Q4B Annex 5(R1), September 2010.
  33. ICH Guidance Evaluation and Recommendation of Pharmacopoeial Texts for Use in the ICH Regions on Uniformity of Dosage Units General Chapter, Q4B Annex 6(R1), September 2010.
  34. ICH Guidance Evaluation and Recommendation of Pharmacopoeial Texts for Use in the ICH Regions on Microbiological Examination of Non-Sterile Products: Microbial Enumerations Tests General Chapter, Q4B Annex 4A(R1), September 2010.
  35. ICH Guidance Evaluation and Recommendation of Pharmacopoeial Texts for Use in the ICH Regions on Microbiological Examination of Non-Sterile Products: Test for Specified Micro-Organisms General Chapter, Q4B Annex 4B(R1), September 2010.
  36. Scull I, García Y, Ortega D, Albelo N, Sosa D, Valiño EC, García Y. Caracterización química de la torta de *Plukenetia volubilis* L. (Sachá Inchi) procedente de la región occidental de Cuba. *Rev. Cuban Journal of Agricultural Science*. 2022;56(4).
  37. García R, Benítez A, García Y, Mejías A. Empleo de Sachá Inchi en novillas lecheras. Nota Técnica. 2022
  38. Canto M, Mattos L, Melgarejo T. Reporte de Análisis Fitopatológico y Nematológico Muestras de Suelo, Fruto y Raíces. UNALAM. Lima-Perú. 2006.
  39. Shapiama SA. Diagnóstico poblacional de nemátodos fitoparásitos en El cultivo de Sachá Inchi (*Plukenetia Volubilis* L.) en la región San Martín. Tesis para optar por el título de Bachiller. Universidad Nacional de Tarapoto, Perú. 2008.
  40. Acuña O. Determinación del rango de hospedante de especies patogénicas asociadas al género *Fusarium* en cinco cultivos agrícolas. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Tarapoto, Perú. 2019.
  41. Acosta CJ. Caracterización fisiológica y fitosanitaria de las semillas de Sachá Inchi (*Euphorbiaceae: Plukenetia Volubilis*). Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Maestría en Ciencias-Biología. Santiago de Cali. 2018.
  42. Mori E. Enfermedades fungosas en semillas de *Phaseolus vulgaris* L., ecotipos huasca poroto, allpa y pajatino en San Marín. 2016.
  43. Carnero G, Hernández A, Terry E, Bernal A, Rodríguez O, González Y. Estudio edafológico detallado de la Finca El Pitirre: Impacto del

- factor antropogénico en el cambio de las propiedades de los suelos. *Comunicación Corta*. 2022.
44. Carnero G, Hernández A, Terry E, Bojórquez J I. Changes in organic carbon stocks in lixivated red ferralitic soils from Mayabeque, Cuba. *Rev. Bio Ciencias*. 2019;6:e-564. DOI: <https://doi.org/10.15741/revbio.06.01.36>
45. Codex Alimentarius Sacha Inchi 2021.
46. 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*. 2013;79:29-36. ISSN: 1810 634X.
47. Alcívar JL, Martínez M, Lezcano P, Scull I, Valverde A. Technical note on physical-chemical composition of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) cake. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 2020;54(1):19-23, ISSN: 2079-3480.
48. Benítez R, Coronell C, Martin J. Chemical Characterization Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) Seed: Oleaginosa Promising from the Colombian Amazon. *International Journal of Current Science Research and Review*. 2018;1(1):1-12. ISSN: 2581-8341.
49. Día M, Rojas MA, Hernández JE, Linares JL, Durand LM, Moscoso JE. Digestibilidad, energía digestible y metabolizable del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) pelletizado y extruido en cuyes (*Cavia porcellus*). *Rev. Inv. Vet. Perú*. 2021;32(5):e19654. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i5.19654>
50. Henao JC, Barreto OT. Recursos y nuevas opciones en la alimentación animal. Torta de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*). *Revista de investigación agraria y ambiental*. 2016;7(1):83. DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.1544>
51. Alvarez JL. Manejo reproductivo: la hembra en desarrollo y la vaca en su vida útil. En Taller de lechería. Memoria ACPA. 2004. 115-29.
52. Delgado D, Cairo J, Torres V. Efecto de la suplementación proteica en el consumo y la digestión de nutrientes en búfalos de río y vacunos. Cebú comerciales. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 2006.
53. Perdomo MF, Peña LF, Carvajal JD, Murillo LY. Relación nutrición-fertilidad en hembras bovinas en clima tropical. *REDVET. Revista electrónica de veterinaria*. 2017;18(9):1-19. Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090917/091762.pdf>.

---

Recibido: 14/08/2023

Aprobado: 14/09/2023

---

### Agradecimientos

Eduardo Arcángel González Pérez, Laura González de la Torre, Alexander Pérez Gilart, Roxana García Cortés, Claudia Ulloa Hechevarría, Danter Cachique Huansi, Reynaldo I. Cabrera Cabrera, Humberto Acosta Álvarez, Gustavo Y. Lorente González, Georgina Michelena Alvarez, Sandra Rodríguez Salgueiro, Isury Bucarano Lliteras, Giselle Breña Betancourt, Oscar Ledea Lozano, María Flavia Pérez Pino, Laura Cabrera, Leyanis Ocaña, Sonia Jiménez Despaigne, Niubys Ortega, Grether Barreras, Edy Goicochea Carrero, Kevin Núñez Escalante, Mayra G. Rodríguez Hernández, Jesús Mena Campos.

### Conflictos de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en relación con la investigación presentada.

### Contribuciones de los autores

Conceptualización: María del C. Pérez Hernández, Justo L. González Olmedo

Curación de Datos: María del C. Pérez Hernández, Keily Montero Álvarez, Mabel Villanueva Domínguez, Justo L. González Olmedo, Víctor González Canavaciolo, Ambar Oyarzabal Yera, Ariadne Gutiérrez Martínez, Roxana Vicente Murillo, Mayra Bataller Venta, Eliet Veliz Lorenzo, Roberto de J. García López, Idania Scull Rodríguez, Emilio Fernández Gonsalves

Análisis Formal: María del C. Pérez Hernández, Justo L. González Olmedo, Mabel Villanueva Domínguez, Keily Montero Alvarez

Adquisición de fondos: María del C. Pérez Hernández, Julio Alfonso Rubí, Yuliamny Adames Fajardo

Investigación: María del C. Pérez Hernández, Justo L. González Olmedo, Marisol González Mabel Villanueva Domínguez, Keily Montero Álvarez, Yuliamny Adames Fajardo, Eduardo A. Rodríguez Leyes, Carlos Blair Loria, Víctor González Canavaciolo, Yadira Carmenate Botino, Ambar Oyarzabal Yera, Ariadne Gutiérrez Martínez, Roxana Vicente Murillo, Julio Alfonso Rubí, Sarahí Mendoza, Mayra Bataller Venta, Eliet Veliz Lorenzo, Roberto de J. García López; Idania Scull Rodríguez, Emilio Fernández Gonsalves

Metodología: María del C. Pérez Hernández, Justo L. González Olmedo, Marisol González, Mabel Villanueva Domínguez, Keily Montero Álvarez, Yuliamny Adames Fajardo, Víctor González Canavaciolo, Yadira Carmenate Botino, Ambar Oyarzabal Yera, Ariadne Gutiérrez Martínez, Roxana Vicente Murillo, Rafael Gámez Menéndez, Mayra Bataller Venta, Eliet Veliz Lorenzo, Roberto de J. García López; Idania Scull Rodríguez, Emilio Fernández Gonsalves

Administración del Proyecto: María del C. Pérez Hernández, Justo L. González Olmedo, Mabel Villanueva Domínguez, Yuliamny Adames Fajardo

Recursos: María del C. Pérez Hernández, Julio Alfonso Rubí, Yuliamny Adames Fajardo.

**Software:** Keily Montero Álvarez, Justo L. González Olmedo, Eliet Veliz Lorenzo

Supervisión: María del C. Pérez Hernández, Justo L. González Olmedo, Marisol González, Mabel Villanueva Domínguez

Validación: María del C. Pérez Hernández, Justo L. González Olmedo, Mabel Villanueva Domínguez, Keily Montero Álvarez, Carlos Blair Loria, Víctor González Canavaciolo, Yadira Carmenate Botino, Ambar Oyarzabal Yera, Ariadne Gutiérrez Martínez, Roxana Vicente Murillo, Mayra Bataller Venta, Eliet Veliz Lorenzo, Roberto de J. García López; Idania Scull Rodríguez, Emilio Fernández Gonsalves

Visualización: María del C. Pérez Hernández, Justo L. González Olmedo, Marisol González, Mabel Villanueva Domínguez, Yuliamny Adames Fajardo, Eduardo A. Rodríguez Leyes, Carlos Blair Loria, Víctor González Canavaciolo, Ambar Oyarzabal Yera, Ariadne Gutiérrez Martínez, Roxana Vicente Murillo, Vivian Molina Cuevas, Sarahí Mendoza, Mayra Bataller Venta, Eliet Veliz Lorenzo, Roberto de J. García López; Idania Scull Rodríguez

Redacción-borrador original: María del C. Pérez Hernández, Keily Montero Álvarez

Redacción- revisión y edición: María del C. Pérez Hernández, Justo L.

González Olmedo, Marisol González, Mabel Villanueva Domínguez, Keily Montero Álvarez

#### Financiamientos

Las Investigaciones se realizaron con financiamiento del Proyecto FONCI, Desarrollo del cultivo de Sacha Inchi y su Procesamiento Industrial en Cuba.

#### Cómo citar este artículo

Pérez Hernández MC, González Olmedo JL, González Pérez M, Villanueva Domínguez M, Montero Álvarez K, Adames Fajardo Y. Contribuciones científicas al cultivo y procesamiento industrial de

Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en Cuba. An Acad Cienc Cuba [internet] 2023 [citado en día, mes y año];13(4):e1480. Disponible en: <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/1480>

El artículo se difunde en acceso abierto según los términos de una licencia Creative Commons de Atribución/Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), que le atribuye la libertad de copiar, compartir, distribuir, exhibir o implementar sin permiso, salvo con las siguientes condiciones: reconocer a sus autores (atribución), indicar los cambios que haya realizado y no usar el material con fines comerciales (no comercial).

© Los autores, 2023.

