



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**ANÁLISIS PROXIMAL, MICROBIOLÓGICO Y DIGESTIBILIDAD  
GASTROINTESTINAL DE LA TORTA DE SACHA INCHI  
(*Plukenetia volubilis*) GENERADA COMO RESIDUO EN LA  
MICROEMPRESA SACHA INCHI GÉNESIS**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA**

**AUTORA:** DENNISSE ALEJANDRA FONSECA AMAYA

**DIRECTORA:** Ing. VIOLETA MARICELA DALGO FLORES MSc.

Riobamba - Ecuador

2023

© 2023, **Dennisse Alejandra Fonseca Amaya**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, DENNISSE ALEJANDRA FONSECA AMAYA, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 28 de abril de 2023



Dennisse Alejandra Fonseca Amaya

CI: 100318601-0

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **Análisis proximal, microbiológico y digestibilidad gastrointestinal de la torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) generada como residuo en la microempresa Sacha Inchi Génesis**, realizado por la señorita **DENNISSE ALEJANDRA FONSECA AMAYA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dra. Irene del Carmen Gavilanes Terán PhD. <b>PRESIDENTA DEL TRIBUNAL</b>		2023-04-28
Ing. Violeta Maricela Dalgo Flores MSc. <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-04-28
Bq.Cl. Mishell Carolina Moreno Samaniego MSc. <b>ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-04-28

#### **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo está dedicado a mi madre Siria Amaya, confidente y amiga incondicional, quien ha sido mi principal motivación y mi mayor apoyo desde el primer día. Su amor incondicional, su paciencia y su fe en mí son la razón por la que estoy aquí alcanzando mis metas. A mi familia, les debo mi fortaleza y mi felicidad, porque son mi hogar y mi refugio

en el mundo, juntos hemos enfrentado desafíos y celebrado victorias. Les agradezco por ser mi pilar de apoyo y por creer en mí, incluso cuando yo mismo dudaba. Este logro es tanto mío como de ustedes. Espero poder seguir llenándoles de orgullo y devolverles todo el amor que me han dado.

Dennisse

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Dios, por enseñarme que cada momento vivido han hecho de mi lo que ahora soy.  
A mi madre por su sacrificio y fortaleza, gracias por creer en mí. A mis tíos Cristóbal y Martha por brindarme su apoyo sin esperar nada a cambio. A la Ing. Violeta Dalgo y Bq.Cl. Mishell Moreno por su guía y apoyo en el proceso de este trabajo investigativo; sus consejos y comentarios me han ayudado a mejorar mi proyecto y a obtener una perspectiva más amplia del

tema además, su compromiso y dedicación para ayudarme a alcanzar mis objetivos ha sido invaluable. A cada uno de mis profesores por compartir su conocimiento y experiencia conmigo, por fomentar mi curiosidad y ayudarme a descubrir mis fortalezas, en especial a Dr. Galito Insuasti, Dra. Anita Albuja y Dra. Aida Miranda, espero poder seguir sus huellas algún día. A mis amigos por enseñarme el significado de la palabra lealtad.

Dennisse

## **ÍNDICE DE CONTENIDO**

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	xii
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	xiii
<b>ÍNDICE DE ABREVIATURAS</b> .....	xiv
<b>RESUMEN</b> .....	xv
<b>ABSTRACT</b> .....	xvi

INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Limitaciones y delimitaciones.....	3
1.3. Problema general de investigación .....	3
1.4. Problemas específicos de investigación.....	3
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.6. Justificación .....	4
1.6.1. <i>Justificación teórica</i> .....	4
1.6.2. <i>Justificación metodológica</i> .....	5
1.6.3. <i>Justificación práctica</i> .....	5
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
2.1. Antecedentes de investigación .....	6
2.2. Referencias teóricas.....	8
2.2.1. <i>Sacha inchi (Plukenetia volubilis)</i> .....	8
2.2.1.1. <i>Morfología</i> .....	8
2.2.1.2. <i>Taxonomía</i> .....	9
2.2.1.3. <i>Semilla de sachá inchi</i> .....	9
2.2.1.4. <i>Torta o subproducto de sachá inchi</i> .....	10
2.2.2. <i>Microempresa Sacha Inchi Génesis</i> .....	11
2.2.2.1. <i>Localización</i> .....	11
2.2.2.2. <i>Cultivo de sachá inchi</i> .....	11
2.2.2.3. <i>Cosecha y postcosecha de semillas de sachá inchi</i> .....	11
2.2.2.4. <i>Almacenamiento de semillas de sachá inchi</i> .....	12
2.2.2.5. <i>Extracción de aceite de sachá inchi</i> .....	12
2.2.2.6. <i>Desecho de la torta de sachá inchi</i> .....	13
2.2.3. <i>Análisis proximal</i> .....	13
2.2.3.1. <i>Parámetros fisicoquímicos</i> .....	13
2.2.4. <i>Análisis microbiológico</i> .....	14
2.2.4.1. <i>Microorganismos indicadores de la calidad higiénica</i> .....	15

2.2.4.2.	<i>Requisitos microbiológicos para torta de sachá inchi</i> .....	16
2.2.5.	<b><i>Digestibilidad gastrointestinal</i></b> .....	16
2.2.5.1.	<i>Aparato digestivo</i> .....	17
2.2.5.2.	<i>Digestión enzimática</i> .....	17
2.2.5.3.	<i>Absorción de nutrientes</i> .....	18
2.2.5.4.	<i>Trastornos comunes de mala absorción</i> .....	18
2.2.5.5.	<i>Microbiota intestinal</i> .....	18
2.2.5.6.	<i>Análisis de digestibilidad in vitro</i> .....	19
2.2.6.	<b><i>Calidad de los alimentos</i></b> .....	20
2.2.7.	<b><i>Seguridad alimentaria</i></b> .....	20
2.2.8.	<b><i>Inocuidad alimentaria</i></b> .....	20

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	21
3.1.	<b>Enfoque de investigación</b> .....	21
3.2.	<b>Nivel de investigación</b> .....	21
3.3.	<b>Diseño de investigación</b> .....	21
3.3.1.	<i>Según la manipulación o no de la independiente</i> .....	21
3.3.2.	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i> .....	22
3.4.	<b>Tipo de estudio</b> .....	22
3.5.	<b>Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra</b> .....	22
3.5.1.	<i>Población de estudio y planificación</i> .....	22
3.5.2.	<i>Selección y cálculo de la muestra</i> .....	22
3.5.3.	<i>Obtención de la muestra</i> .....	23
3.5.4.	<i>Manejo y conservación de la muestra</i> .....	23
3.6.	<b>Métodos, técnicas e instrumentos de investigación</b> .....	24
3.6.1.	<b>Metodología</b> .....	24
3.6.1.1.	<i>Análisis proximal</i> .....	24
3.6.1.2.	<i>Análisis microbiológico</i> .....	29
3.6.1.3.	<i>Análisis de digestibilidad gastrointestinal</i> .....	34
3.6.2.	<b>Instrumentos, equipos y reactivos</b> .....	36
3.6.2.1.	<i>Análisis proximal</i> .....	36
3.6.2.2.	<i>Análisis microbiológico</i> .....	38
3.6.2.3.	<i>Análisis de digestibilidad gastrointestinal</i> .....	39
3.6.3.	<b>Análisis estadístico</b> .....	40

### CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	40
<b>4.1.</b>	<b>Análisis proximal de la torta de sachá inchi</b> .....	41
<b>4.1.1.</b>	<i>Determinación de humedad y cenizas</i> .....	41
<b>4.1.2.</b>	<i>Determinación de proteínas</i> .....	42
<b>4.1.3.</b>	<i>Determinación de grasa</i> .....	44
<b>4.1.4.</b>	<i>Determinación de fibra cruda</i> .....	45
<b>4.1.5.</b>	<i>Determinación de carbohidratos</i> .....	45
<b>4.2.</b>	<b>Análisis microbiológico</b> .....	46
<b>4.2.1.</b>	<i>Recuento de aerobios mesófilos</i> .....	46
<b>4.2.2.</b>	<i>Recuento de Coliformes totales</i> .....	48
<b>4.2.3.</b>	<i>Recuento de Escherichia coli</i> .....	49
<b>4.2.4.</b>	<i>Recuento de mohos y levaduras</i> .....	50
<b>4.2.5.</b>	<i>Recuento de Staphylococcus aureus</i> .....	501
<b>4.2.6.</b>	<i>Recuento de Salmonella</i> .....	51
<b>4.3.</b>	<b>Análisis de digestibilidad gastrointestinal</b> .....	51
<b>4.4.</b>	<b>Análisis estadístico</b> .....	53

## CAPÍTULO V

<b>5.</b>	<b>MARCO PROPOSITIVO</b> .....	57
<b>5.1.</b>	<b>Propuesta</b> .....	57
<b>5.1.1.</b>	<i>Limpieza de equipos y materiales</i> .....	57
<b>5.1.2.</b>	<i>Desinfección de equipos y materiales</i> .....	57
<b>5.1.3.</b>	<i>Higiene personal</i> .....	58
<b>5.1.4.</b>	<i>Almacenamiento</i> .....	58
<b>5.1.5.</b>	<i>Socialización de propuesta</i> .....	59

<b>CONCLUSIONES</b> .....	60
---------------------------	----

<b>RECOMENDACIONES</b> .....	61
------------------------------	----

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Clasificación taxonómica de sachá inchi .....	9
<b>Tabla 2-2:</b>	Composición química de la semilla de sachá inchi .....	10
<b>Tabla 3-2:</b>	Componentes de la torta de sachá inchi.....	10
<b>Tabla 4-2:</b>	Requisitos microbiológicos para harina de trigo .....	16
<b>Tabla 1-3:</b>	Condiciones atmosféricas de la microempresa Sachá Inchi Génesis .....	23
<b>Tabla 1-4:</b>	Análisis proximal de la torta de sachá inchi .....	42
<b>Tabla 2-4:</b>	Perfil de aminoácidos esenciales de la torta de sachá inchi .....	44
<b>Tabla 3-4:</b>	Análisis microbiológico de la torta de sachá inchi .....	47
<b>Tabla 4-4:</b>	Recuento de aerobios mesófilos de la torta de sachá inchi.....	47
<b>Tabla 5-4:</b>	Recuento de coliformes totales de la torta de sachá inchi .....	48

<b>Tabla 6-4:</b>	Recuento de <i>E. coli</i> de la torta de sachá inchi .....	49
<b>Tabla 7-4:</b>	Resultados de pruebas bioquímicas para identificar <i>Escherichia coli</i> .....	50
<b>Tabla 8-4:</b>	Recuento de mohos y levaduras de la torta de sachá inchi.....	50
<b>Tabla 9-4:</b>	Recuento de <i>Staphylococcus aureus</i> de la torta de sachá inchi.....	51
<b>Tabla 10-4:</b>	Recuento de <i>Salmonella</i> de la torta de sachá inchi.....	52
<b>Tabla 11-4:</b>	Digestibilidad gastrointestinal <i>in vitro</i> de la TRSI .....	53
<b>Tabla 12-4:</b>	Análisis de varianza del análisis proximal de la TRSI .....	55
<b>Tabla 13-4:</b>	Comprobación de la hipótesis.....	55

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-2:</b>	Morfología de <i>Plukenetia volubilis</i> .....	9
<b>Ilustración 2-2:</b>	Ubicación Geográfica de la microempresa Sachá Inchi Génesis. ....	11
<b>Ilustración 3-2:</b>	Proceso de despulpado de sachá inchi .....	12
<b>Ilustración 1-3:</b>	Esquematación del proceso de muestreo y conservación .....	24
<b>Ilustración 2-3:</b>	Esquema secuencial del análisis proximal de Weende.....	25
<b>Ilustración 3-3:</b>	Metodología para el análisis microbiológico de la torta de sachá inchi .....	29
<b>Ilustración 4-3:</b>	Metodología para la determinación de aerobios mesófilos .....	30
<b>Ilustración 5-3:</b>	Metodología para la determinación de <i>Staphylococcus aureus</i> .....	31
<b>Ilustración 6-3:</b>	Metodología para la determinación de coliformes totales .....	32
<b>Ilustración 7-3:</b>	Metodología para la determinación de <i>Escherichia coli</i> .....	33
<b>Ilustración 8-3:</b>	Metodología para la determinación de <i>Salmonella</i> .....	34

<b>Ilustración 9-3:</b>	Metodología para la determinación de mohos y levaduras.....	35
<b>Ilustración 1-4:</b>	Comparación del análisis proximal de la TRSI con otros estudios .....	42
<b>Ilustración 2-4:</b>	Contenido de aminoácidos esenciales de la TRSI .....	45
<b>Ilustración 3-4:</b>	Comparación de la digestibilidad <i>in vitro</i> con otros autores .....	53

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO A:</b>	CULTIVO Y ALMACENAMIENTO DE SACHA INCHI EN LA
<b>ANEXO B:</b>	ANÁLISIS PROXIMAL DE LA TORTA RESIDUAL DE SACHA INCHI
<b>ANEXO C:</b>	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE TORTA RESIDUAL DE SACHA INCHI
<b>ANEXO D:</b>	ANÁLISIS DE DIGESTIBILIDAD GASTROINTESTINAL <i>IN VITRO</i> DE LA TORTA RESIDUAL DE SACHA INCHI

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**AOAC:** Asociación de Químicos Agrícolas Oficiales

**EPP:** Equipo de protección personal

**IMVIC:** Indole test, Methyl red test, Voges-Proskauer test, and citrate test

**ISO:** Organización Internacional de Normalización

**MO:** Microorganismos

**NTE:** Norma Técnica Ecuatoriana

**ODS:** Objetivos de Desarrollo Sostenible

**REP:** Recuento en placa

**TRSI:** Torta residual de sachá inchi

**UFC:** Unidades formadoras de Colonias

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo realizar el análisis proximal, microbiológico y de digestibilidad gastrointestinal de la torta residual de sachá inchi (TRSI) generada como residuo en la microempresa Sachá Inchi Génesis. Se implementó una metodología con un enfoque cualitativo y se utilizó un diseño no experimental descriptivo de tipo transversal, además se realizó un muestreo aleatorio simple. El análisis proximal de la TRSI se ejecutó empleando la metodología descrita por la Asociación de químicos agrícolas oficiales (AOAC); el análisis microbiológico se llevó a cabo utilizando la técnica de recuento en placa (REP) y la técnica del número más probable (NMP); se determinó la digestibilidad gastrointestinal simulando procesos normales que ocurren en el tracto digestivo humano. Como resultados se obtuvo que, la TRSI está compuesta en su mayoría de proteínas (52.17%) y carbohidratos (27.33%), además el contenido de humedad (5.87%), cenizas (5.00%), grasa (5.55%) y fibra cruda (4.15%), corroboran su idoneidad para ser utilizada como harina proteínica. La TRSI cumple con los requisitos microbiológicos establecidos en la Norma ISO 18744:2006 en la mayoría de los parámetros, excepto para *Escherichia coli* (1.23 UFC/g). La digestibilidad gastrointestinal *in vitro* de la TRSI fue de 42.46%. Se concluyó que, la TRSI es adecuada para el consumo y es una fuente valiosa de nutrientes para la salud humana. La creación de nuevos alimentos

funcionales a partir de la TRSI y su inclusión en las dietas modernas podría mejorar el valor nutricional de los alimentos. Se recomienda utilizar técnicas de análisis microbiológicos confiables y actualizadas para obtener resultados precisos y confiables además de considerar otros métodos de análisis de digestibilidad gastrointestinal además del *in vitro*, como la evaluación de la digestibilidad en reactivos biológicos.

**Palabras clave:** <BIOQUÍMICA Y FARMACIA>, <SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*) >, <ANÁLISIS PROXIMAL>, <ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO>, <DIGESTIBILIDAD GASTROINTESTINAL>.

0854-DBRA-UPT-2023



## ABSTRACT

The objective of this research was to perform the proximal, microbiological and gastrointestinal digestibility analysis of the sacha inchi residual cake (TRSI) generated as waste in the Sacha Inchi Génesis microenterprise. A methodology with a qualitative approach was implemented and a non-experimental descriptive design of a cross-sectional type was used, in addition a simple random sampling was done. The TRSI proximate analysis was performed using the methodology described by the Association of Official Agricultural Chemists (AOAC); the microbiological analysis was done using the plate count technique (PCA) and the most probable number (MPN) technique; Gastrointestinal digestibility was determined by simulating normal processes that occur in the human digestive tract. As results it was obtained that, the TRSI is composed mostly of proteins (52.17%) and carbohydrates (27.33%), in addition to the moisture content (5.87%), ashes (5.00%), fat (5.55%) and crude fiber (4.15%). Which corroborates its suitability to be used as protein flour. The TRSI complies with the microbiological requirements established in the ISO 18744:2006 Standard in most of the parameters, except for *Escherichia coli* (1.23 CFU/g). The *in vitro* gastrointestinal digestibility of TRSI was 42.46%. It was concluded that TRSI is suitable for consumption and is a valuable source of nutrients for human health. The creation of new functional foods from TRSI and their inclusion in modern diets could improve the nutritional value of foods. It is recommended to use reliable and up to date microbiological analysis techniques to obtain accurate and reliable results, in addition to

considering other methods of gastrointestinal digestibility analysis instead of *in vitro*, such as the evaluation of digestibility in biological reagents.

**Keywords:** <BIOCHEMISTRY AND PHARMACY>, <SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*)>, <PROXIMAL ANALYSIS>, <MICROBIOLOGICAL>, <GASTROINTESTINAL DIGESTIBILITY>.



Edgar Mesias Jaramillo Moyano

CI: 060349739-7

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad una de las tendencias más importantes en la industria alimentaria es el aprovechamiento de materias primas que sobresalen por sus nutrientes y provienen de cultivos promisorios, por lo que desde hace algún tiempo se ha presentado un incremento en la explotación del sacha inchi (*Plukenetia volubilis*), especialmente en la comercialización del aceite extraído de sus semillas. El sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) es una planta nativa de la Región Amazónica de Ecuador, Perú y Colombia, conocido por varios nombres tales como “oro inca”, “inca inchi” o “maní del inca”. Es de relevante importancia en la alimentación y en la salud, debido a que puede controlar los niveles de grasa en la sangre por su alto contenido en ácidos grasos insaturados como el ácido linolénico y el ácido linoleico, además contiene proteínas, aminoácidos, antioxidantes y un menor porcentaje de grasas saturada (Paucar et al., 2018, pp. 279-290).

Los procesos de extracción de aceite de semillas oleaginosas generan cantidades importantes de subproductos que afectan negativamente al medio ambiente cuando no son bien dispuestos o valorizados. Las tortas prensadas de aceite de sacha inchi se obtienen como residuos del proceso de obtención de aceite y se convierten en una fuente potencial y alternativa de proteínas de origen vegetal, que han recibido gran atención debido a las crecientes necesidades de los consumidores con respecto a la seguridad alimentaria y el aumento del costo de las proteínas derivadas de vegetales (Rawdkuen et al., 2022, p. 1869).

Para lograr un mayor aprovechamiento de la torta residual de sacha inchi (TRSI) y obtener subproductos de valor agregado se contempla la elaboración de harina, materia prima versátil que pudiera ser la base de múltiples preparaciones en la industria alimentaria (Vásquez, 2019, p. 16).

En este sentido, se hace necesario tener un mayor conocimiento de las características fisicoquímicas de la torta residual e identificar la influencia que las operaciones de transformación ejercen sobre el producto. La finalidad de esta investigación es realizar un análisis proximal, microbiológico y de digestibilidad gastrointestinal de la torta residual de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) generada como residuo en la microempresa Sacha Inchi Génesis para determinar la calidad microbiológica y nutricional del residuo, para así establecer si es apto emplearlo como materia prima en la industria alimentaria.

## **CAPÍTULO I**

## **1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

La preocupación mundial por las dietas saludables como parte de una cultura sana de prevención ha ido incrementando en los últimos años. La humanidad se encuentra en constante búsqueda de productos comestibles que tengan procesos químicos mínimos o nulos que no afecten a la salud, y además que puedan prevenir o aliviar varios tipos de enfermedades (Uribe, 2018, pp. 19-27).

En un estudio realizado en Ecuador en el año 2018 por el del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), se hace hincapié que las enfermedades crónicas no transmisibles representan el 53% del total de muertes analizados en esta investigación. Dentro de los principales factores de riesgo estudiados se menciona a la deficiente calidad nutritiva de la dieta del día a día puesto que los alimentos de diario consumo no contienen la cantidad necesaria de nutrientes, o bien estos son preparados con materias primas que provocan un decaimiento exponencial en la salud del consumidor (MSP, 2018, pp. 8-10).

A pesar de que el aceite obtenido de las semillas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) es un producto con gran potencial de producción y de industrialización, en Ecuador se desconoce el valor real de la torta residual generado en el proceso de extracción del aceite, pues son escasas las investigaciones existentes tanto experimentales y de desarrollo tecnológico que indiquen las características fisicoquímicas y microbiológicas de esta. A esto se le suma la falta de organización del sector agrario y el desconocimiento de tecnologías agroindustriales como alternativa para mejorar la calidad de vida tanto de productores como de pequeños transformadores (Betancourth, 2018, p. 11).

La microempresa Sacha Inchi Génesis ubicada en la amazonia ecuatoriana elabora productos de tipo cosmético empleando como materia prima el aceite proveniente de las semillas de sacha inchi. La extracción del aceite se realiza de manera artesanal y poco tecnificada puesto que se emplea una prensa manual. La torta residual proveniente del proceso de extracción es desechada como un residuo más, convirtiéndose así en un problema medioambiental, foco de microorganismos y roedores, y su posterior descomposición podría causar contaminación del aire, el suelo y afluentes por lixiviación. Por lo tanto, se resalta la importancia de realizar un análisis microbiológico y proximal para describir las características que el residuo de las semillas posee para poder emplear la torta residual como materia prima de productos comestibles (Vásquez, 2019, pp. 22-23).

Al confirmar que las características fisicoquímicas de la torta residual de sachá inchi se encuentran dentro de los rangos establecidos por normas nacionales, esta debe recibir un proceso adecuado de secado, molido y tamizado, obteniendo así una materia prima en diferentes presentaciones como harina proteínica, pasta, entre otros; que será materia para la elaboración de productos comestibles nutritivos e innovadores que satisfagan las necesidades de los consumidores y a su vez sea ampliamente comercializado por parte de esta microempresa para incrementar el desarrollo empresarial, económico y la calidad de vida de las familias asociadas a la microempresa, rectificando así el aporte profesional y técnico como Bioquímica Farmacéutica a la comunidad.

## **1.2. Limitaciones y delimitaciones**

La microempresa Sachá Inchi Génesis actualmente no dispone de un laboratorio bromatológico para verificar las características fisicoquímicas, inocuidad y calidad nutritiva que presenta la torta generada como residuo en este lugar. Por este motivo se desconoce el posible uso potencial de la torta residual de sachá inchi (TRSI) como materia prima de productos comestibles nutritivos. Además, al no aprovecharse la torta residual, ésta se convierte en un problema medioambiental.

En la microempresa Sachá Inchi Génesis, las semillas de sachá inchi son cosechadas en la misma comunidad, beneficiando aproximadamente a 150 familias; estas semillas son secadas, descapsuladas, descascaradas y prensadas en el centro de acopio que posee la microempresa para la extracción del aceite para su posterior empleo en la elaboración de productos cosméticos con las propiedades que brinda el aceite de sachá inchi, sin embargo, el residuo generado conocido como torta residual de sachá inchi no es empleado de ninguna manera.

## **1.3. Problema general de investigación**

La torta de sachá inchi generada en la microempresa Sachá Inchi Génesis, ¿Presenta características fisicoquímicas e inocuidad adecuada para ser empleada como materia prima de productos comestibles con valor nutritivo?

## **1.4. Problemas específicos de investigación**

- ¿Tiene el contenido adecuado de proteínas, humedad, cenizas, grasa, fibra cruda y carbohidratos para ser utilizado como materia prima de productos comestibles nutritivos?

- ¿Cumple con los requisitos microbiológicos necesarios de inocuidad para su posterior uso, sin alterar la salud del consumidor?
- ¿Presenta un adecuado porcentaje de digestibilidad gastrointestinal *in vitro* para validar su potencial aplicación como materia prima de alimentos en la dieta del ser humano?

## **1.5. Objetivos**

### ***1.5.1. Objetivo general***

Realizar un análisis proximal, microbiológico y digestibilidad gastrointestinal de la torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) generada como residuo en la microempresa Sachá Inchi Génesis.

### ***1.5.2. Objetivos específicos***

- Determinar los porcentajes de proteína, humedad, cenizas, grasa, fibra cruda y carbohidratos existentes en la torta residual de sachá inchi proveniente del proceso de extracción de aceite de sus semillas.
- Realizar el análisis microbiológico de la torta residual de sachá inchi obtenida por prensado artesanal empleando normativas establecidas de calidad.
- Estudiar la digestibilidad gastrointestinal de la torta residual de sachá inchi para validar su potencial aplicación como materia prima de alimentos en la dieta del ser humano.

## **1.6. Justificación**

### ***1.6.1. Justificación teórica***

El Gobierno de la República de Ecuador reconoce que el cambio climático es un desafío que puede afectar negativamente la seguridad, el desarrollo y el bienestar de la población.

La Organización de las Naciones Unidas ha establecido 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y es importante mencionar el ODS 12, en el cual se menciona que:

Es esencial fomentar el uso eficiente de los recursos a través de patrones de consumo y producción sostenibles, la construcción de infraestructuras que no dañen el medio ambiente, la mejora del acceso a los servicios básicos y la creación de empleos verdes, es decir, trabajos decentes que ayuden a reducir el impacto ambiental de empresas, sectores y economías, para avanzar hacia el desarrollo sostenible (ONU, 2019).

Los Objetivos 5 y 6 pertenecientes al Plan Nacional para el Buen Vivir 2017-2021, son “Impulsar la Productividad y Competitividad para el Crecimiento Económico Sustentable de Manera Redistributiva y Solidaria” y “Desarrollar las Capacidades Productivas y del Entorno para Lograr la Soberanía Alimentaria y el Desarrollo Rural Integral” respectivamente, estableciendo así que el Ecuador dispone de recursos naturales para la producción y comercialización de materias primas que aumenten la economía circular en el territorio (Senplades, 2017, pp. 72-79).

El Ministerio del Ambiente a través de la Política Ambiental Nacional gestiona la adaptación cambio climático para disminuir la vulnerabilidad social, económica y ambiental. Esta Política cuenta con tres estrategias: A. mitigar los impactos del cambio climático y otros eventos naturales y antrópicos en la población y en los ecosistemas; B. implementar el manejo integral del riesgo para hacer frente a los eventos extremos asociados al cambio climático; y C. reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en los Sectores Productivos y Sociales (MAE, 2009)

Este proyecto de investigación se realiza con el propósito de aportar a la comunidad a través del trabajo mutuo entre el investigador y la microempresa Sacha Inchi Génesis acerca de una problemática que presenta este establecimiento en el tema de residuos generados en sus instalaciones, puesto que al tratarse de una organización que elabora productos cosméticos a partir de aceite de sachá inchi que ellos mismo obtienen a través del prensado artesanal, la torta residual de las semillas extruidas es descartado, desaprovechando así una potencial materia prima que actualmente es cotizada en el mercado.

### ***1.6.2. Justificación metodológica***

El análisis proximal de la torta residual permitirá conocer el valor existente de proteína, humedad, cenizas, grasa, fibra cruda y carbohidratos; lo cual es importante para la posterior caracterización de la torta residual de sachá inchi. Además, el análisis microbiológico confirmará el estado de inocuidad que este residuo presenta, para su uso como materia prima de diversos productos comestibles; finalmente al hablar de productos con alto valor nutricional es necesario conocer la digestibilidad gastrointestinal que presentan, puesto que, a pesar de reflejar altos nutrientes, estos podrían no ser absorbidos por el organismo, por esta razón se resalta la importancia de realizar un análisis *in vitro* de digestibilidad gastrointestinal y así servir de referencia en nuevas investigaciones.

### ***1.6.3. Justificación práctica***

Esta investigación nace de la necesidad de mejorar el ingreso económico que la microempresa Sacha Inchi Génesis para beneficio de aproximadamente 150 familias, cuyo sustento económico se basa en la venta de productos cosméticos elaborados con aceite de sachá inchi. Los subproductos que las empresas producen contribuyen al calentamiento global del planeta, por esta razón es necesario reusar material orgánico que aun cuenta con beneficios para el ser humano. Por tal motivo se busca analizar la torta de sachá inchi generada en esta microempresa para ser empleada en conjunto con otras harinas como materia prima en la elaboración de productos de panificación y pastelería, como galletas o barras proteicas con un alto valor nutritivo, generando así la comercialización de un producto no solo innovador si no también rentable económicamente obteniendo como resultado un escenario de economía circular cambiando así los patrones de producción y consumo.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de investigación**

Al tratarse de un subproducto obtenido de la extracción de aceite de sachá inchi, la torta residual no ha sido considerada como una materia prima, por lo tanto, en el Ecuador no existe una norma técnica que establezca los requerimientos mínimos que este producto deba presentar en cuanto a su caracterización fisicoquímica y microbiológica.

Al mencionar el aprovechamiento de la torta residual obtenida de la extracción de semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) por el método de prensado manual, las investigaciones no son muy amplias, por lo cual se tomarán como referencias estudios con el mismo objetivo, enfocados en análisis proximal, microbiológico y digestibilidad gastrointestinal de la torta residual para emplearla como materia prima en la elaboración de productos comestibles, los cuales han sido citados en las siguientes investigaciones previas:

En Tailandia, 2016, un grupo de estudiosos pertenecientes a la Universidad Mae Fah Luang desarrollaron la investigación “Chemical properties and nutritional factors of pressed-cake from tea and sachá inchi seeds” en la cual se evidencia que la torta prensada es una buena fuente de compuestos bioactivos con altas actividades antioxidantes. Por lo tanto, las propiedades químicas de la torta prensada indica que este subproducto de la extracción de aceite es un buen complemento para los ingredientes alimentarios funcionales (Rawdkuen, 2018, pp. 64-71).

En Colombia, 2021, en el Instituto De Ciencia Y Tecnología De Alimentos, Universidad Nacional De Colombia, la investigación titulada “Sachá inchi oil press-cake: physicochemical characteristics, food-related applications and biological activity”, menciona que la digestibilidad y la actividad antiinflamatoria in vitro de las proteínas aisladas de la torta de sachá inchi son resistentes a la hidrólisis con pepsina a bajas concentraciones de enzima. Las globulinas 7S, 11S y 2S con agua a pH 8,0 y precipitadas a pH 4,0, fueron resistentes a la digestión gástrica y duodenal. Sin embargo, las globulinas 11S fueron resistentes a la digestión proteolítica con pepsina y mezclas de pepsina y pancreatina, concluyendo así que las proteínas recuperadas pueden ser reutilizadas como ingrediente para alimentos fortificados y suplementos dietéticos, como constituyente tecno funcional debido a sus propiedades gelificantes, emulsionantes, espumantes y aglutinantes de agua y aceite, como material biopolimérico y como fuente de bioactivos (Torres et al., 2021, pp. 1-12).

En Perú, en el año 2022, en la Universidad Nacional Agraria La Molina, se llevó a cabo la investigación titulada “Composición nutricional y digestibilidad de semilla, torta y cáscara de dos especies de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*)” en la cual se menciona que el porcentaje de Digestibilidad in vitro de la materia orgánica (DIVMO) de la torta de *P. volubilis* es de 52.67 %, al contrastar este valor con las tortas procedentes de semillas de girasol y de soya se obtiene una DIVMO del 66.6% y 86.8% respectivamente. 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 %) que otras tortas oleaginosas como torta de soya (14.9 %) (Cuadra et al., 2022).

En Ecuador, 2020, en la Universidad Estatal del Sur de Manabí, en la investigación: “Nota técnica sobre la composición físico-química de la torta de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*)” se recolectaron muestras aleatorias para someterlas a un análisis proximal obteniendo un resultado de materia seca y proteína bruta del 89.24 % y 41.49 % respectivamente concluyendo así que la torta de *Plukenetia volubilis* (sacha inchi) posee adecuado contenido de proteína y fibras, así como propiedades físicas aceptables. Los resultados permiten concluir que la torta de *Plukenetia volubilis* posee adecuado contenido de proteína y fibras, así como propiedades físicas que posibilita la inclusión de esta en la elaboración de productos alimentarios (Alcívar et al., 2020, pp. 19-22).

## **2.2. Referencias teóricas**

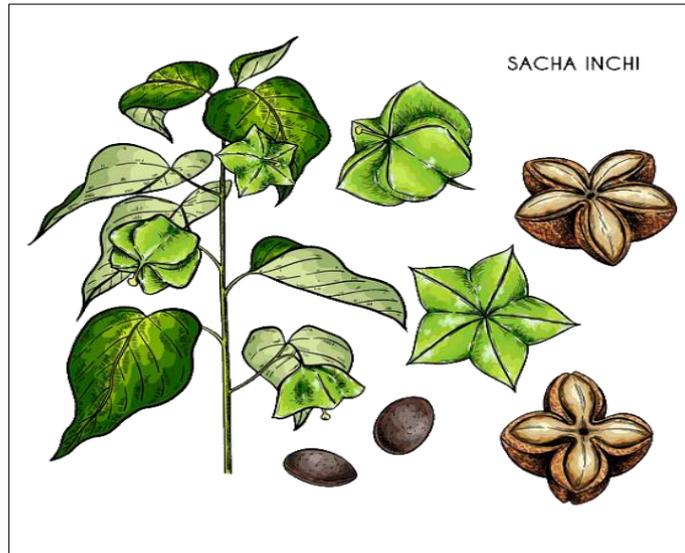
### **2.2.1. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*)**

Sacha inchi es una planta oriunda de la región Amazónica, es conocida de varias formas según el idioma o lugar donde se haya desarrollado, algunos de los cuales son: maní silvestre, maní inca, maní de montaña, maní sacha, sacha yuchi, amui-o, sacha yuchiqui, sampannanki, suwaa, e inca peanut. Su nombre deriva de dos palabras quechuas: “sacha” que significa silvestre e “inchi” cuyo término hace referencia al maní del monte (Alayón y Echeverri, 2018, p. 168).

#### **2.2.1.1. Morfología**

*Plukenetia volubilis* es una planta trepadora, voluble, semileñosa que alcanza una altura de 2 m y con hábito de crecimiento indeterminado, sus hojas son alternas con una forma acorazonada de 10-12 cm de largo y de 8-10 cm de ancho, elípticas, aserradas y con pecíolos de 2-6 cm de largo. tiene hojas alternas, en forma de corazón, aserradas, de 10 a 12 cm de largo y de 8 a 10 cm de ancho, con pecíolos de 2 a 6 cm. Es una planta hermafrodita, las flores masculinas, dispuestas en racimos, son pequeñas y blancas, y dos flores femeninas se ubican en la base de cada inflorescencia (Preedy y Watson, 2020, pp. 991-994).

Con respecto a su fruto, tiene forma de estrella con lóbulos variables que pueden ser desde cuatro hasta ocho, sin embargo, predominan aquellos que poseen cuatro o cinco lóbulos. Cuando el fruto madura se divide y se diferencia endureciendo sus paredes, dentro de este se encuentran las semillas que son de color marrón oscuro, corrugadas y venadas, de forma lenticular y con 1.5 a 2 cm de diámetro (Preedy y Watson, 2020, pp. 991-994).



**Ilustración 1-2:** Morfología de *Plukenetia volubilis*

Realizado por: Fonseca D., 2023

#### 2.2.1.2. Taxonomía

La taxonomía de *Plukenetia volubilis* ha sido estudiada por diversos investigadores peruanos. En un trabajo sobre “Obtención, caracterización fisicoquímica, caracterización electroforética y digestibilidad del aislado proteico del residuo agroindustrial de *Plukenetia volubilis* (Sacha inchi)” la taxonomía del maní inca es la siguiente (Núñez 2022, pp. 9-10):

**Tabla 1-2:** Clasificación taxonómica de sachá inchi

<b>División</b>	<i>Angiospermae</i>
<b>Clase</b>	<i>Dicotyledoneae</i>
<b>Orden</b>	<i>Geraniales</i>
<b>Familia</b>	<i>Euphorbiaceae</i>
<b>Genero</b>	<i>Plukenetia</i>
<b>Especie</b>	<i>Volubilis</i>

Fuente: Alvarado, 2014, pp.9-10

#### 2.2.1.3. Semilla de sachá inchi

La composición química de las semillas varía según sus factores asociados a la semilla (subespecies, calidad, crecimiento, circunstancias geográficas y climáticas, tiempo de cosecha y configuración de almacenamiento), así como los métodos de extracción asociados y las consideraciones de eficiencia altas (Goyal et al., 2022, pp. 152-154).

Tanto a nivel comercial como artesanal, las prensas en frío y de tornillo expeller son los procesos más comunes para la extracción de aceite de granos de SI. Aunque el procedimiento de prensado con tornillo produce más aceite, sin embargo, el prensado en frío produce aceites de

calidad superior, ya que el componente termolábil, como el tocoferol, se conserva en proporciones más altas (Goyal et al., 2022, p. 152-154). El aceite de sachá inchi se compone principalmente de lípidos y proteínas, carbohidratos, incluida la fibra dietética, como se muestra en la Tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Composición química de la semilla de sachá inchi

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Grasa	33.40 - 54.70 %
Ceniza	2,53 - 6.45 %
Proteína	57.60 - 61.00 %
Humedad	3.80 - 8.32 %
Fibra cruda	5.72 - 12.00 %
Carbohidratos	15.62 - 22.00 %

**Fuente:** Rodzi y Lee, 2022

#### 2.2.1.4. Torta o subproducto de sachá inchi

Al extraer el aceite de semillas por métodos como la aplicación de presión o empleando disolventes se generan subproductos cuyo valor nutritivo se conserva. La torta de sachá inchi es un residuo sólido que se genera como subproducto del proceso de extracción del aceite de sachá inchi. Estos residuos a pesar de ser ricos en nutrientes, si no son aprovechados correctamente, pueden influir en el ambiente de manera negativa (García y Chumpitaz, 2019, pp. 11-13).

Tras la extracción de aceite, la torta resultante posee un contenido de proteínas del 57.8 %, aspecto que han corroborado diferentes autores, y de otros componentes que se describen en la Tabla 3-2 (Vásquez et al., 2019, pp. 167-179).

**Tabla 3-2:** Componentes de la torta de sachá inchi

<b>Característica</b>	<b>Método</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Grasas totales	A.O.A.C. 920.39 Ed. 19 Modificado	4.30
Proteína	A.O.A.C. 988.05 Ed. 19	57.80
Humedad	A.O.A.C. 934.01 Ed. 19 Modificado	6.60
Fibra cruda	A.O.A.C. 926.09 Ed.19	3.83
Carbohidratos	Cálculo por diferencia de componentes diferentes a carbohidratos	21.40
Cenizas	A.O.A.C. 923.03 Ed. 19	6.00

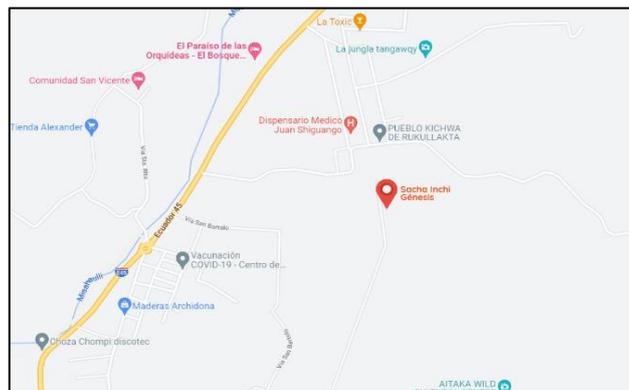
**Fuente:** Vásquez et al., 2017

### 2.2.2. *Microempresa Sacha Inchi Génesis*

El proyecto de investigación se llevará a cabo gracias al apoyo de la microempresa Sacha Inchi Génesis, la misma que oferta productos cosméticos elaborados con aceite de sachá inchi que extraen artesanalmente. Las semillas de sachá inchi son cosechadas por 150 familias y el 80% son mujeres. Entre sus productos más comercializados se encuentran aceites y exfoliantes corporales, cremas hidratantes, y shampoos capilares (Otero, 2018, p. 6).

#### 2.2.2.1. *Localización*

La microempresa Sacha Inchi Génesis abre sus puertas en el año 2016 en la provincia del Napo, Archidona y se encuentra en el kilómetro 15 vía Archidona-Tena.



**Ilustración 2-2:** Ubicación de Sacha Inchi Génesis.

Fuente: Google Maps, 2022

#### 2.2.2.2. *Cultivo de sachá inchi*

La técnica de cultivo que emplean la mayoría de los comuneros que conforman la microempresa Sacha Inchi Génesis es a campo abierto, puesto que las plantas de sachá inchi soportan sombra, pero definitivamente prefieren un sol intenso y cualquier sombra reduce su productividad. El proceso de siembra se lleva a cabo considerando la planitud de la tierra y la accesibilidad para facilitar el mantenimiento del cultivo. La preparación de la tierra, el control de maleza y plagas se realiza manualmente. Después de la siembra, se instalan estacas de dos metros en el campo con una distancia de 4 m entre cada estaca a lo largo del área de plantación, y cada una de estas se conecta con cuerdas para dirigir las vides de las plantas de sachá inchi.

#### 2.2.2.3. *Cosecha y postcosecha de semillas de sachá inchi*

La cosecha de los frutos secos y maduros de sacha inchi se ejecuta manualmente o con ayuda de tijeras. Se recolectan las cápsulas de color marrón que aún se encuentran en la planta, evitando recolectar las cápsulas que se hallan en el suelo puesto que están echadas a perder y podrían afectar las características de los productos finales que la microempresa produce.

Los comuneros transportan los costales de yute o polipropileno que contienen las cápsulas de sacha inchi al centro de acopio y es, en este lugar, donde se realizan los procesos de postcosecha como el descapsulado, descascarado o trillado y el secado. En el centro de acopio las cápsulas de sacha inchi se separan manualmente de sus cápsulas para posteriormente extraer las semillas mediante el uso de un pequeño alicate, Ilustración 3-2. En este último paso se vuelve a realizar una selección de las semillas puesto que a pesar de que las cáscaras se encuentren en buen estado, las semillas en ocasiones no lo están. Este proceso de descascarado de las semillas se realiza antes de la transformación final, ya que las semillas expuestas al oxígeno del aire se enrancian rápidamente.



**Ilustración 3-2:** Proceso de despulpado de sacha inchi

**Realizado por:** Fonseca D., 2023

#### 2.2.2.4. Almacenamiento de semillas de sacha inchi

Una vez secas las semillas de sacha inchi se proceden a almacenarlas hasta su posterior extrusión para obtener aceite. Las semillas se colocan en sacos de yute o polipropileno (65 kg aprox.) y luego estos sacos se arruman en un lugar específico, sin embargo, no se tiene un mayor control en este paso muy importante. Se debe tomar en cuenta que el almacenamiento adecuado preserva la viabilidad de la semilla. La semilla puede ser producida bajo un riguroso sistema de inspección, cosechada en el momento adecuado y con el equipo adecuado, procesada hasta la más alta pureza, sin embargo, una parte o la totalidad de la inversión de tiempo, esfuerzo y dinero puede perderse si la semilla es almacenada en malas condiciones o envasados con un contenido de humedad demasiado alto (De Vitis et al., 2020, pp. 249-255).

#### 2.2.2.5. Extracción de aceite de sacha inchi

Para obtener el aceite, se agrupan las semillas de sachá inchi de la cosecha de septiembre, y octubre 2022 para lograr una cantidad suficiente para elaborar los productos que la microempresa Sachá Inchi Génesis estima previamente la cantidad necesaria. Las semillas se prensan utilizando el método de prensa en frío para obtener aceite de sachá inchi. Al tratarse de una técnica artesanal, el rendimiento del aceite que se obtiene del prensado en frío que se realiza en la microempresa Sachá Inchi Génesis se puede ver afectado debido a las diferencias en la resistencia a la presión. En la microempresa se presiona manualmente utilizando la fuerza humana, lo que puede afectar el rendimiento del aceite.

Hasta la fecha, hay pocos estudios que examinen el cultivo y los rasgos agronómicos de los genotipos prospectados y cultivados en condiciones ecuatorianas. Por lo tanto, la información sobre el rendimiento del fruto y la calidad del aceite de las semillas cultivadas en el país aún es escasa. Además, hasta la fecha, ningún estudio ha estimado parámetros genéticos como la heredabilidad individual y los rasgos de rendimiento en sachá inchi.

#### *2.2.2.6. Desecho de la torta de sachá inchi*

La microempresa Sachá Inchi Génesis recolecta en baldes de polietileno el residuo obtenido del prensado de las semillas de sachá inchi para posteriormente colocarlo en un punto de disposición intermedio con los demás desperdicios producidos en la microempresa hasta llevarlos a su disposición final que en este establecimiento es la realización de un compostaje al aire libre muy poco controlado e improvisado en el que se puede apreciar una problemática presencia de insectos y roedores.

#### *2.2.3. Análisis proximal*

El análisis proximal se utiliza para estimar la cantidad cuantitativa de alimentos y sustancias alimentarias, incluida la humedad, la proteína cruda, la grasa total, los carbohidratos totales y la fibra dietética. Este análisis permite establecer el valor nutricional de los alimentos y evaluar su calidad (Balcazar, 2020, p. 180).

##### *2.2.3.1. Parámetros fisicoquímicos*

Las pruebas fisicoquímicas brindan la oportunidad de averiguar la composición de un alimento, incluyendo la cantidad de macronutrientes, micronutrientes y otros elementos (Balcázar, 2021, p. 177). Los parámetros fisicoquímicos que se determinan son los siguientes:

**Humedad:** Es esencial tener un conocimiento preciso sobre la cantidad de agua en cada componente de la dieta al equilibrar la ración. Además, es importante monitorear el nivel de

humedad en los alimentos elaborados, ya que, si supera el 8%, es más probable la presencia de insectos y si la humedad excede el 14%, hay un peligro de contaminación por hongos y bacterias. La mayoría de los métodos para la estimación del agua en los alimentos dependen de la pérdida de peso al calentarse (Borelli et al., 2020).

**Proteína:** En una operación comercial, es esencial controlar la calidad de los insumos proteicos que se están adquiriendo o del alimento que se está suministrando debido a su costo. La evaluación adecuada se realiza a través del método de Kjeldahl, que mide el contenido total de nitrógeno en la muestra después de su digestión con ácido sulfúrico y un catalizador de mercurio o selenio (Borelli et al., 2020).

**Grasa:** La cantidad de grasas en un alimento se determina a través de su solubilidad en disolventes lipídicos. Comúnmente, las grasas se extraen de la muestra con éter de petróleo y se evalúan como porcentaje del peso tras evaporar el solvente. El material obtenido incluye varios tipos de sustancias. En términos nutricionales, la medición de las grasas totales tiene una utilidad limitada, pero aun así se informa con frecuencia y se mantienen en muchas regulaciones sobre la etiquetación de alimentos y la composición de productos alimentario (Fay y Zumbado, 2020, p.35-47).

**Fibra cruda:** Los componentes de un alimento que se consideran fibra son los compuestos de origen vegetal compuestos por macromoléculas no digeribles, ya que las enzimas humanas no son capaces de hidrolizarlas. Para evaluar el contenido de fibra en una muestra, se utiliza un método que implica la digestión del compuesto con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, seguido de la calcinación del residuo. La diferencia de peso después de la calcinación indica la cantidad de fibra presente en la muestra (Fay y Zumbado, 2020, p.50-52).

**Cenizas:** La ceniza se refiere al residuo inorgánico que queda después de la incineración total de materia orgánica. El contenido de cenizas es un indicador de la calidad del producto y del valor nutricional de los productos alimenticios. Un valor elevado de ceniza puede indicar la presencia de un contaminante inorgánico. En tales casos, este componente inorgánico se percibe como la cantidad de minerales presentes en la muestra (Fay y Zumbado, 2020, p.24).

#### **2.2.4. Análisis microbiológico**

Realizar un análisis microbiológico de los alimentos es de gran importancia para garantizar la seguridad y la calidad de estos. Este análisis permite identificar la presencia de microorganismos patógenos que pueden ser perjudiciales para la salud humana, evaluar la frescura y calidad del alimento y detectar fuentes de contaminación.

#### 2.2.4.1. *Microorganismos indicadores de la calidad higiénica*

Es esencial examinar la calidad microbiológica en la fabricación de alimentos, ya sea de manera industrial o artesanal. Este análisis implica revisar tanto las superficies vivas como las superficies inactivas, así como el entorno y el producto terminado. De esta manera, se obtiene una comprensión más clara de la carga microbiana que enfrenta el proceso, lo que permite tomar medidas preventivas y garantizar la seguridad a lo largo de toda la cadena de producción y el producto final (Korma et al., 2020, p.5296-5309).

**Aerobios mesófilos:** Aerobios mesófilos son capaces de crecer entre 20 y 45 °C, con una temperatura óptima de crecimiento de 32 °C y en presencia de oxígeno. Son microorganismos indicadores que se utilizan con frecuencia para verificar la calidad microbiológica de los alimentos, ya que brindan información valiosa sobre las condiciones sanitarias e higiénicas del almacenamiento y el procesamiento de los alimentos. Una cantidad excesiva de aerobios mesófilos puede ser un indicador de problemas de contaminación en la materia prima, una falta de atención a la higiene durante la manipulación de alimentos, la degradación de estos o la posibilidad de que existan patógenos (Lazo, 2020, p.23).

**Coliformes totales:** Se utiliza la cantidad de coliformes presentes en una muestra como indicador de su nivel de contaminación y, por ende, de su salubridad. Los coliformes son bacterias Gram negativas que pueden vivir en presencia o ausencia de oxígeno y que, si se les da la oportunidad de incubarse a 35°C durante un período de 48 horas, generan gas a partir de la fermentación de lactosa. Estos incluyen géneros como *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, así como especies positivas a lactosa de otros géneros (Arauz y Campaña, 2021, pp.18-21).

***Escherichia coli*:** Se trata de un bacilo Gram negativo, que puede sobrevivir tanto en presencia como en ausencia de oxígeno y forma parte de la familia Enterobacteriaceae. Este microorganismo habita normalmente en el intestino humano, sin embargo, hay algunas cepas que pueden causar disentería y ser consideradas patógenas. Este microorganismo forma parte del sistema digestivo, por lo que se utiliza a menudo como una señal de presencia de contaminación en los alimentos (Quispe y Romero, 2021, p.12).

**Mohos y levaduras:** Estos microorganismos son de tipo eucariota y se desarrollan en ambientes con un alto contenido de sal. Pueden generar micotoxinas, las cuales pueden causar infecciones en personas que son sensibles a ellas. Son organismos quimiheterótrofos y también se utilizan para medir el nivel de contaminación en un área. La diferencia entre mohos y levaduras radica en que los mohos tienen estructuras de micelios mientras más crezcan, mientras que las levaduras pueden aparecer como formas ovaladas, cilíndricas o estructuras alargadas. Se desarrollan adecuadamente en un rango de temperaturas que van desde los 20 °C hasta los 45 °C

máximo. En cuanto a su pH ideal, está en el lado ácido con un valor por debajo de 7 (França, 2007; citado en Aguilera y León, 2019, p.14).

**Salmonella spp:** Es una bacteria Gramnegativa que usa flagelos para moverse. Pertenece a la familia de las Enterobacteriaceae. La salmonelosis es una enfermedad infecciosa de origen zoonótico que se transmite principalmente a través de alimentos contaminados, como carnes y productos derivados de aves de corral, incluyendo huevos, así como alimentos que hayan estado en contacto con animales o sus excrementos. Aunque la tasa de mortalidad asociada a esta enfermedad es baja en general, puede ser mortal en grupos de riesgo, como niños pequeños, ancianos y personas con sistemas inmunológicos debilitados (Ehuwa et al., 2021, p.908).

#### 2.2.4.2. Requisitos microbiológicos para torta de sachá inchi

En Ecuador no se cuenta con una norma para determinar la calidad microbiológica de la torta ni de la harina de sachá inchi, por tal motivo se tomó como referencia la Norma ISO 18744:2006, Productos alimenticios - Pasta de soja - Requisitos, puesto que esta Norma define a la pasta o harina de soya como “Subproducto de la industria extractora de aceite obtenido a partir de la semilla de soya”. En la Tabla 3-4 se presentan los requisitos microbiológicos que debe cumplir este subproducto.

**Tabla 4-2:** Requisitos microbiológicos para pasta o harina de soya

Requisito	Unidad	n	C	M
Mohos y levaduras	UFC/g	5	2	1 x 10 <sup>4</sup>
<i>E. coli</i>	UFC/g	5	2	Ausencia
Aerobios mesófilos	UFC/g	-	-	1 x 10 <sup>5</sup>
Coliformes totales	UFC/g	-	-	1 x 10 <sup>1</sup>
<i>Salmonella</i>	UFC/25g	-	-	Ausencia

donde

n número de muestras del lote que deben analizarse,

c número de muestras defectuosas aceptables,

M límite de rechazo

Fuente: ISO 18744, 2006

Realizado por: Fonseca D., 2023

#### 2.2.5. Digestibilidad gastrointestinal

La digestibilidad de los alimentos hace referencia a la cantidad de nutrientes que es asimilada y no se excreta en las heces. Esta medida es útil para evaluar la calidad de la dieta y de los ingredientes utilizados, además de determinar la disponibilidad de los nutrientes que conforman

los alimentos y su impacto en la salud. También se utiliza para calcular las necesidades nutricionales (Castro et al., 2022, p. 358).

#### *2.2.5.1. Aparato digestivo*

El aparato digestivo comprende el conjunto de órganos involucrados en el proceso de digestión y absorción de los alimentos para que puedan ser utilizados por las células del cuerpo. El tracto gastrointestinal consta de boca, faringe, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso y recto; la entrada al tubo digestivo es la boca y con ayuda de los dientes, la lengua y las glándulas salivales, reducen los alimentos en pequeñas partículas y las mezclan con la saliva para acelerar su digestión. Desde la boca, la comida pasa por el esófago, impulsada por el proceso de deglución. Luego, los músculos del esófago llevan el alimento al estómago a través de una serie de contracciones rítmicas conocidas como ondas peristálticas.

El estómago es donde el proceso de digestión comienza en serio. Las paredes del estómago contienen una capa conocida como mucosa gástrica, que secreta ácido gástrico para disolver los alimentos, y una capa de músculos que se contraen para mezclar los alimentos y pasarlos al intestino delgado. Una vez que el estómago ha terminado de mezclar y disolver la comida con los jugos digestivos, la comida existe como una sustancia semilíquida llamada quimo. El intestino delgado es la principal superficie digestiva de absorción ya que, gracias a las secreciones de las glándulas intestinales se lleva a cabo la descomposición de carbohidratos, proteínas y grasas en compuestos orgánicos, vitaminas y minerales que el cuerpo puede utilizar. El intestino grueso actúa principalmente como un reservorio de desechos de alimentos y permite la reabsorción de agua, también aporta bacterias que ayudan a sintetizar una variedad de vitaminas importantes. La porción final del intestino grueso es el recto, que termina en el ano, por donde se evacuan al exterior los restos indigeribles de los alimentos (Rogers, 2019, pp. 38-59).

#### *2.2.5.2. Digestión enzimática*

Las enzimas digestivas son fundamentales para permitir la digestión químicamente compleja de alimentos poliméricos para ser procesados a monómeros absorbibles a temperaturas fisiológicas y en un plazo razonable. La digestión enzimática comienza en la boca con la amilasa salival que descompone el almidón para formar azúcares. El ácido estomacal inhibe la actividad de la amilasa y activa el pepsinógeno gástrico para formar pepsina, iniciando así la digestión de proteínas. La mayor parte de la digestión enzimática tiene lugar en el duodeno y el yeyuno, donde las enzimas pancreáticas y del intestino delgado actúan en un medio alcalino. El páncreas produce una cantidad prodigiosa y variedad de enzimas digestivas, incluidas proteasas, amilasas, lipasas y nucleasas. Los enterocitos contribuyen a una etapa final crítica de la

digestión enzimática, mediante la cual las disacaridasas y peptidasas del borde en cepillo unidas a sus superficies apicales descomponen los azúcares y péptidos parcialmente digeridos en monómeros y oligómeros absorbibles (Gómez, 2020, p.18).

#### *2.2.5.3. Absorción de nutrientes*

La absorción de los alimentos digeridos depende críticamente de un área de superficie amplia y bien adaptada. El intestino delgado es la principal superficie de absorción, aunque algunas sustancias pueden absorberse a través de la mucosa oral y otras en el estómago. El área de superficie de absorción aumenta 600 veces más que la de un tubo hueco simple gracias a los pliegues circulares, las velocidades y las microvellosidades intestinales. Los enterocitos están adaptados para la absorción de nutrientes al presentar los transportadores y canales apropiados de la membrana celular. Además, las secciones del intestino están especializadas para absorber nutrientes particulares; por ejemplo, ácido fólico en el yeyuno y vitamina B12 y ácidos biliares en el íleon terminal. Los enterocitos pueden regular el grado de absorción; por ejemplo, el transporte de hierro se inhibe cuando hay suficientes reservas corporales (Rogers, 2019, pp. 38-59).

#### *2.2.5.4. Trastornos comunes de mala absorción*

Las causas graves más frecuentes de mala absorción de macronutrientes son la enfermedad celíaca, que daña la mucosa intestinal, y la pancreatitis crónica, que conduce a la deficiencia de enzimas pancreáticas. Otras anomalías de la absorción de macronutrientes son relativamente raras, excepto la deficiencia selectiva de lactasa, que está determinada genéticamente y es muy frecuente en algunos grupos étnicos, y puede desarrollarse transitoriamente después de un episodio de gastroenteritis infecciosa. Las anomalías genéticas de transportadores específicos provocan deficiencias de aminoácidos específicos. La deficiencia genética de la apolipoproteína B, que es un componente esencial de los quilomicrones, provoca la deficiencia y acumulación de lípidos en los enterocitos, lo que a su vez provoca una malabsorción general (Rogers, 2019, pp. 38-59).

#### *2.2.5.5. Microbiota intestinal*

Existen billones de microbios en el cuerpo humano, particularmente el tracto gastrointestinal, coevolucionando con el huésped en una relación mutuamente beneficiosa. A pesar de su diversidad, la mayoría de la microbiota intestinal se compone de cuatro filos, es decir, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes* y *Proteobacteria*. Los filos *Bacteroidetes* y *Firmicutes* representan la mayor población (más del 90%) en el colon. La microbiota intestinal humana incluye también levaduras, fagos y protistas (Shah et al., 2021, p. 6597).

La colonización microbiana y el desarrollo de una microbiota intestinal propiamente dicha comienza en el parto, aun cuando pueda existir una exposición limitada a microorganismos durante la etapa fetal. La microbiota intestinal es clave para el desarrollo del sistema inmunitario y la homeostasis del individuo, y las primeras fases de colonización son cruciales.

El papel principal del microbioma intestinal es la fermentación de sustratos no digeribles. Parte de los alimentos no se degradan completamente por enzimas humanas, y los residuos que no se absorben llegan al colon donde hay alta densidad de microorganismos con recursos metabólicos adicionales. El proceso más común es la fermentación de hidratos de carbono complejos, que generan ácidos grasos de cadena corta (AGCC), principalmente ácido acético, propiónico y butírico, que son utilizados por los enterocitos como fuente de energía o pasan al torrente circulatorio alcanzando órganos distales y ejerciendo importantes funciones (Shah et al., 2021, p. 6597).

#### 2.2.5.6. Análisis de digestibilidad *in vitro*

El análisis de digestibilidad *in vitro* es una técnica que se utiliza para estimar la cantidad de nutrientes que se liberan y son digeridos a partir de los alimentos durante la digestión. En lugar de realizar pruebas en seres humanos o animales, se utilizan muestras de alimentos y un sistema simulado de digestión que imita los procesos que ocurren en el cuerpo humano. En este tipo de análisis, las muestras de alimentos se someten a condiciones controladas, como la presencia de enzimas y ácidos gástricos, que imitan el proceso de digestión. Luego, se miden los nutrientes liberados y se comparan con una muestra sin tratar para estimar la cantidad de nutrientes digeridos. Es difícil estimar con precisión estas pérdidas mediante métodos empíricos, por lo que se recurre comúnmente a la digestibilidad aparente (Carrillo, 2014: citado en Rodríguez, 2022, p.22).

**Técnica enzimática:** La técnica enzimática es un método utilizado para determinar la digestibilidad de un alimento, específicamente la digestibilidad de las proteínas y de los carbohidratos. El método se basa en la adición de enzimas específicas a una muestra de alimento y midiendo la cantidad de proteínas o carbohidratos que son digeridos. La digestibilidad de las proteínas se mide a través de la adición de proteasas, que son enzimas que descomponen las proteínas en aminoácidos. Por otro lado, para medir la digestibilidad de los carbohidratos, se utilizan enzimas como la amilasa, la celulasas y la lactasa, que hidrolizan los carbohidratos complejos en azúcares simples. Este método es útil para determinar la digestibilidad de una variedad de alimentos, incluyendo alimentos para animales, alimentos para humanos, y productos de origen vegetal. Además, la técnica enzimática también puede ser utilizada para evaluar la efectividad de los procesos de fabricación y conservación en la digestibilidad de los alimentos (Barrionuevo et al., 2021, pp.67-72).

### **2.2.6. Calidad de los alimentos**

El Codex Alimentarius define la palabra alimento como “toda sustancia elaborada, semielaborada o bruta que se destina al consumo para mantener funciones vitales del ser humano” (Sánchez, 2021, p.10). La cantidad de nutrientes y la composición química de los alimentos influyen en su valor nutricional.

Es crucial asegurar que los ingredientes sean de alta calidad para garantizar la seguridad alimentaria; además, es fundamental que los alimentos proporcionen nutrientes al consumidor y contengan compuestos biodisponibles que puedan ser utilizados por el cuerpo para fines energéticos, estructurales o reguladores.

### **2.2.7. Seguridad alimentaria**

La seguridad alimentaria se define como el conjunto de medidas que tienen como finalidad garantizar que todo alimento destinado al consumo sea inocuo y además conserven sus propiedades nutricionales. Este concepto es considerado como un derecho de los consumidores y un deber de los gobiernos y de los sectores productivos, pues se deben comprometer a alcanzar los máximos niveles de seguridad en alimentos (Guevara, 2021, p.5)

### **2.2.8. Inocuidad alimentaria**

La inocuidad alimentaria tiene como objetivo proporcionar al consumidor la certeza de que el producto no es perjudicial ni pone en riesgo su salud. En consecuencia, un alimento se considera seguro cuando no contiene impurezas tanto físicas como químicas o biológicas. Por lo tanto, la seguridad alimentaria es un requisito indispensable para todas las partes que participan en la cadena de suministro de alimentos (Balcázar et al., 2021, p.178).

## **CAPÍTULO III**

### **3. MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Enfoque de investigación**

De acuerdo con las características de la investigación y los objetivos planteados se determina que el presente trabajo posee un enfoque cuantitativo, debido a que se obtienen datos numéricos que determinan el estado actual de la calidad sanitaria y nutricional de la torta de sachá inchi para la posterior comparación con normativas alimenticias nacionales e internacionales.

#### **3.2. Nivel de investigación**

La presente investigación se realiza bajo un nivel descriptivo observacional, puesto que se recolectan muestras de la torta residual de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) considerada un desecho en la microempresa Sachá Inchi Génesis para analizar sus características fisicoquímicas, microbiológicas y la digestibilidad gastrointestinal que esta presenta.

#### **3.3. Diseño de investigación**

##### **3.3.1. Según la manipulación o no de la independiente**

La investigación presenta un diseño no experimental, por lo que las variables no son manipuladas ni controladas a conveniencia por el investigador; simplemente se identifican las características físicas, químicas, microbiológicas, y nutritivas que la torta presenta en su contexto natural para después analizarlas.

### **3.3.2. *Según las intervenciones en el trabajo de campo***

Se trata de una investigación transversal puesto que la recolección de la muestra para la posterior caracterización se realiza una sola vez, y esta es suficiente para observar numerosas características de la torta de sachá inchi.

### **3.4. Tipo de estudio**

La presente investigación es de campo, puesto que se recolecta la cantidad necesaria de muestras de torta residual directamente en la microempresa Sachá Inchi Génesis, para obtener datos relevantes que ayuden a transformar la problemática económica y ambiental en una oportunidad hacia la comunidad que conforma esta microempresa.

### **3.5. Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra**

#### **3.5.1. *Población de estudio y planificación***

La población de estudio constituye un lote de torta residual de las semillas de *Plukenetia volubilis* obtenidas en un día de producción de aceite en la microempresa Sachá Inchi Génesis. La recolección de las muestras se realiza en la provincia del Napo, cantón Archidona.

#### **3.5.2. *Selección y cálculo de la muestra***

Mediante un muestreo aleatorio simple se obtienen 5 muestras de aproximadamente 100 g de torta residual cada una y los análisis se realizan por triplicado, en total se estudian 15 muestras. En donde se consideran los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

#### **Criterios de inclusión**

- Todas las porciones de torta residual recolectadas en un día de producción del aceite que la empresa emplea como materia prima para elaborar sus productos.

#### **Criterios de exclusión**

- Porciones de torta residual que hayan sido almacenadas por más de 1 día.
- Porciones de torta residual que no hayan sido producidas por la microempresa Sachá Inchi Génesis.

### 3.5.3. Obtención de la muestra

Para el proceso de muestreo se toma como referencia a la Normativa NTE INEN 1529-2, en esta se señalan indicaciones para llevar a cabo la toma, envío y preparación de muestras para el posterior análisis microbiológico. Para iniciar el muestreo se toma una cantidad representativa de torta de sachá inchi, al tratarse de un producto sólido, se retira la capa superficial antes de mezclar toda la torta obtenida de la extracción del aceite. Las muestras se recolectan en frascos de plástico estériles con boca ancha y para codificar las muestras se etiquetan con datos como: la naturaleza del producto, el número de muestra, la fecha de la toma de muestras y las condiciones atmosféricas del lugar como se indica en la Tabla 1-3 (NTE INEN 1529-2).

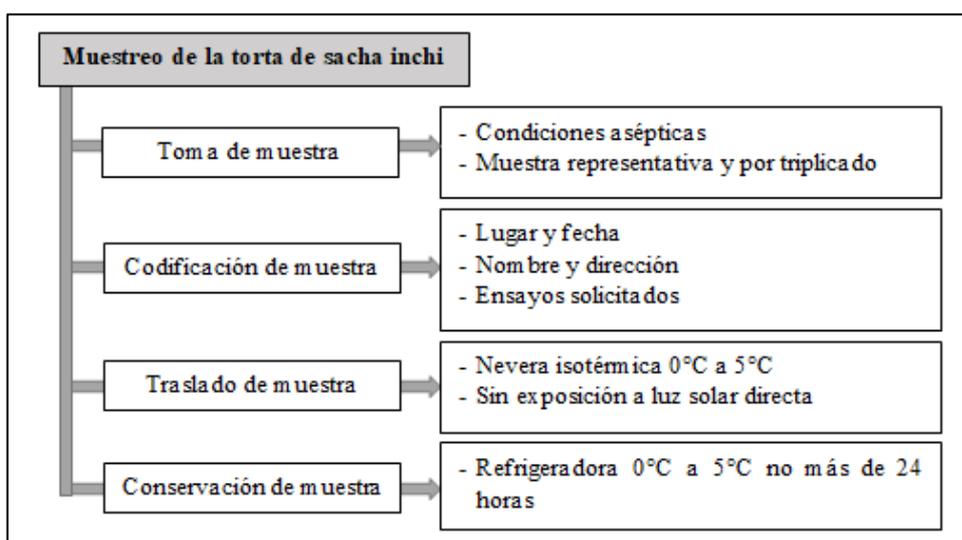
**Tabla 1-3:** Condiciones atmosféricas de Sachá Inchi Génesis

<b>Temperatura</b>	28.3 °C
<b>Humedad relativa</b>	78%
<b>Presión</b>	1012 hPa

Realizado por: Fonseca D., 2023

### 3.5.4. Manejo y conservación de la muestra

El manejo y conservación de la muestra se realiza bajo las condiciones mencionadas en la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 1529-2, para transportar la muestra desde la microempresa Sachá Inchi Génesis hasta el laboratorio de biología molecular y genética ubicado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo empleando una nevera isotérmica, también llamada cooler, cuya temperatura interna oscila en un rango de 0 a 5°C. En la Ilustración 1-3 se describe de manera sintetizada la toma y conservación de la muestra que se realiza siguiendo reglamentos establecidos.



### Ilustración 1-3: Esquematación del proceso de muestreo y conservación

Realizado por: Fonseca D., 2023

## 3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

### 3.6.1. Metodología

#### 3.6.1.1. Análisis proximal

El análisis proximal de la TRSI obtenida de la microempresa Sacha Inchi Génesis se lleva a cabo siguiendo la metodología establecida por la AOAC puesto que, es necesario llevar a cabo una técnica similar empleada en otras fuentes bibliográficas que hayan realizado un análisis químico a la torta de sachu inchi para así poder realizar un análisis comparativo y, por lo tanto, evitar que el factor metodológico sea una variable en este trabajo investigativo.

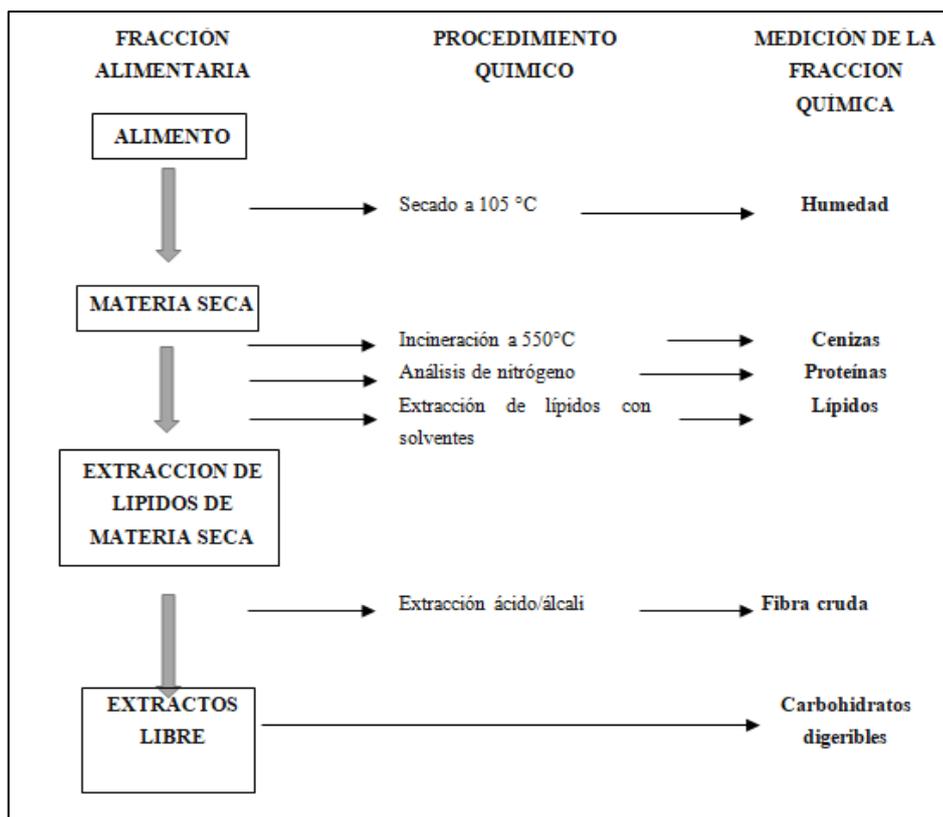


Ilustración 2-3: Esquema secuencial del análisis proximal de Weende

Fuente: FAO, 1993

## Determinación del contenido de humedad

- Tarar previamente una cápsula a  $105 \pm 3$  °C en una estufa hasta que esta mantenga un peso constante y registrar su peso.
- Pesar en la cápsula aproximadamente 2 g de muestra bien mezclada.
- Colocar la cápsula con muestra en la estufa a  $105 \pm 3$ °C durante dos hora.
- Transferir la cápsula con la muestra al desecador y pesar poco después de que haya alcanzado la temperatura ambiente.
- Pesar nuevamente la cápsula con la muestra hasta obtener un peso constante.
- Reportar el residuo de TRSI como sólidos totales y la pérdida de peso como humedad.

$$\% \text{ SS} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100$$

Donde:

SS = Sólidos totales

$W_1$  = peso de la cápsula sin muestra

$W_2$  = peso de la cápsula con muestra húmeda

$W_3$  = peso de la cápsula con muestra seca

$$\% \text{Humedad} = 100 - \% \text{ SS}$$

### **Determinación del contenido de cenizas**

- Tarar previamente un crisol a  $105 \pm 3$  °C en una estufa hasta que este mantenga un peso constante.
- Pesar 5 g de muestra previamente mezclada en el crisol.
- Posteriormente quemar la muestra con ayuda de un reverbero hasta que la muestra se carbonice totalmente y no exista presencia de humo.
- Con la ayuda de una pinza ingresar el crisol con la muestra carbonizada a la mufla por 5 horas a una temperatura de 550°C, hasta que la ceniza se torne de color blanca.
- Retirar el crisol de la mufla con la ayuda de una pinza y colocar en un desecador hasta enfriarse, aproximadamente 15 minutos.
- Pesar en una balanza analítica el crisol con las cenizas.
- Repetir este proceso hasta obtener un peso constante y determinar el porcentaje de cenizas.

$$\% \text{Cenizas} = \frac{CC - C}{W} \times 100$$

Donde:

CC = Peso del crisol con la muestra

C = Peso del crisol vacío

W = Peso de la muestra

### **Determinación del contenido de proteína**

Etapa de digestión

- Pesar 2 g de muestra, 0.7 g de HgO.
- Mezclar la muestra con los catalizadores y colocar en un balón para digerir.
- Adicionar 25 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y se da inicio al proceso de digestión.
- La muestra se digiere aprox. por 3 horas hasta que la solución se aclara.
- Enfriar hasta temperatura ambiente.
- En la etapa de destilación inclinar el balón y se agregan 37.5 g de NaOH sin agitación.
- En un Erlenmeyer colocar 100 ml de ácido bórico y de 5 a 7 gotas de indicador.
- Conectar inmediatamente el balón al bulbo de destilación en el condensador con la punta del condensador sumergida en ácido bórico.
- Luego calentar hasta que se haya destilado todo el NH<sub>3</sub>.
- Para finalizar retirar el receptor, lavar la punta del condensador y se titula la solución destilada con HCl 0.1 N
- Registrar los ml de HCl consumidos.

$$\%N = \frac{V \times N \times 1.4007}{m}$$

$$\%P = \%N \times f$$

Donde:

%N = Porcentaje de nitrógeno

V= Volumen consumido del titulante

N = Normalidad del titulante

m = peso de la muestra en gramos

%P = Porcentaje de proteínas

f = factor de conversión de nitrógeno a proteína

### **Determinación del contenido de grasa**

- Pesar 2 g de muestra seca obtenida al determinar humedad y se colocó en el dedal
- Luego, colocar el dedal en un porta dedal (sifón) y añadir 200 mL de éter.
- Pesar el balón vacío previamente tarado hasta peso constante.

- colocar el balón en el extractor de grasa durante 4 horas a velocidad de condensación de 5 a 6 gotas por segundo.
- Posteriormente colocar el balón en el rotavapor para recuperar el disolvente
- El balón se coloca en la estufa a 100 °C por 1 hora.
- Finalmente, dejar enfriar en el desecador por 15 minutos y pesar.

$$\% \text{ Grasa} = \frac{P_2 - P_1}{P_m} \times 100$$

Donde:

$P_1$  = Peso del balón solo

$P_2$  = Peso del balón más el extracto etéreo

$P_m$  = Peso de la muestra

### **Determinación de fibra cruda**

- Pesar 1 a 2 g de muestra desengrasada y colocar en el crisol de vidrio
- Colocar el crisol de vidrio en el equipo y ajustar el condensador, agregar 250 mL de ácido sulfúrico al 1.25 %, subir la parrilla
- Luego hervir suavemente durante 30 minutos, enfriar, filtrar y colocar en el equipo.
- Lavar el crisol y el residuo con 250 ml de agua destilada caliente y filtrar el agua.
- Volver a colocar el crisol de vidrio en el equipo.
- Añadir 250 mL de hidróxido de sodio al 1.25 % y ajustar al condensador, subir la parrilla y calentar hasta ebullición.
- Hervir suavemente durante 30 minutos, enfriar, filtrar el contenido y volver a colocar el crisol de vidrio en el equipo.
- Lavar el vaso y el residuo con 250 mL de agua destilada caliente, filtrar el contenido y volver a colocar el crisol de vidrio en el equipo.
- Lavar con 15 mL de hexano o etanol y filtrar el contenido.
- Colocar el crisol de vidrio en la estufa a 105 °C durante toda la noche, enfriar y pesar.
- Colocar el crisol en la mufla a 550 °C por media hora, luego enfriar y pesar.

$$\% \text{Fibra} = \frac{W_2 - W_3}{W_1} \times 100$$

Donde:

$W_1$  = Peso de la muestra desengrasada

$W_2$  = Peso del crisol más el residuo desecado en la estufa

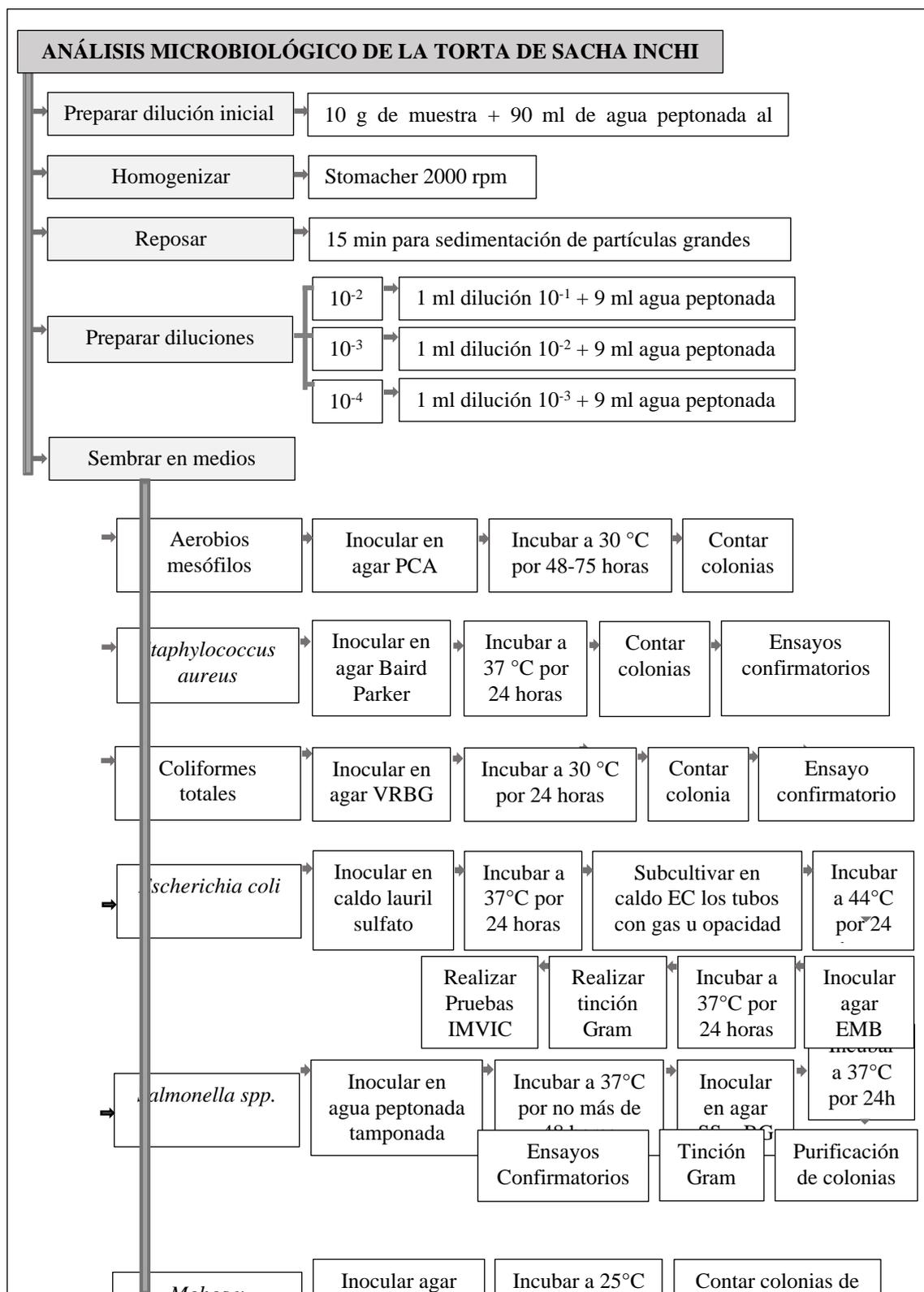
$W_3$  = Peso del crisol más la cenizas después de la incineración en mufla

## Determinación de carbohidratos

En un análisis proximal, los carbohidratos se determinan indirectamente por diferencia, restando los porcentajes de los otros componentes (fibra, proteína, ceniza y humedad) del 100%. Es decir, la fórmula utilizada es la siguiente:

$$\% \text{Carbohidratos} = 100 - (\% \text{Proteína} + \% \text{Grasa} + \% \text{Fibra} + \% \text{Ceniza} + \% \text{Humedad})$$

### 3.6.1.2. Análisis microbiológico



### Ilustración 3-3: Metodología para el análisis microbiológico de la torta de sachu inchi

Realizado por: Fonseca D., 2023

#### Determinación de aerobios mesófilos mediante la técnica de recuento en placa (REP)

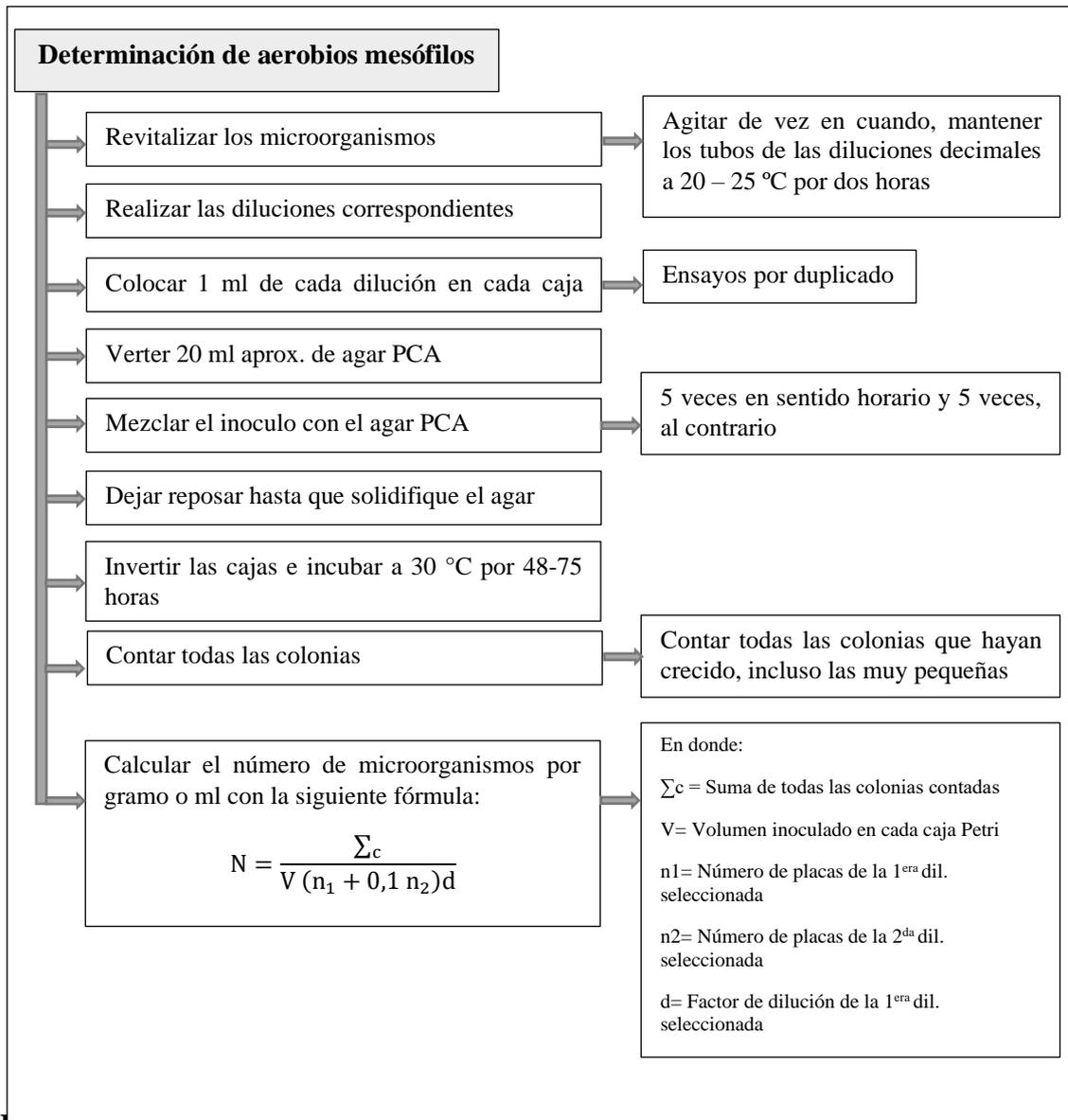
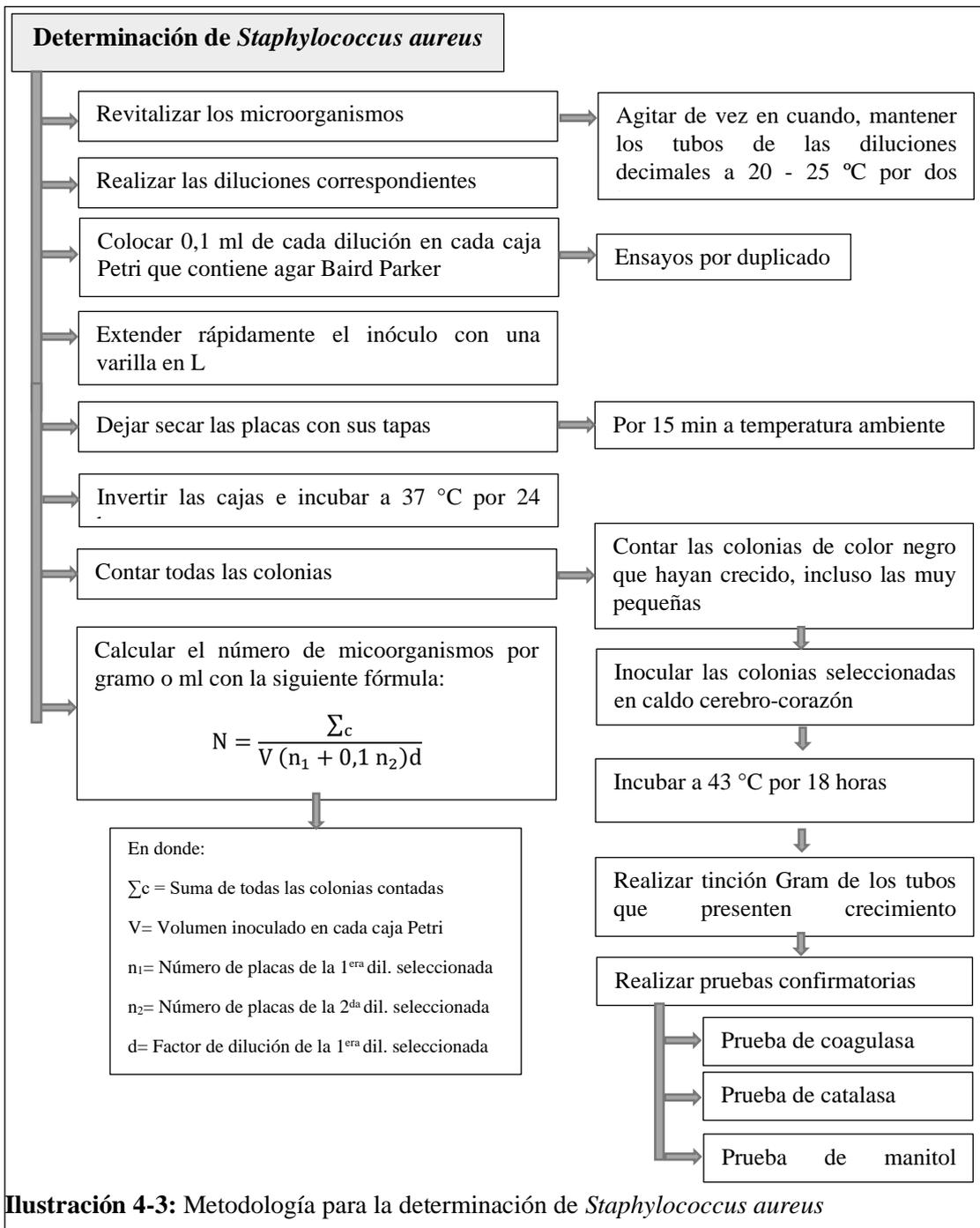


Ilustración 3-3. Metodología para la determinación de aerobios mesófilos

Fuente: INEN NTE 1529-5, 2006

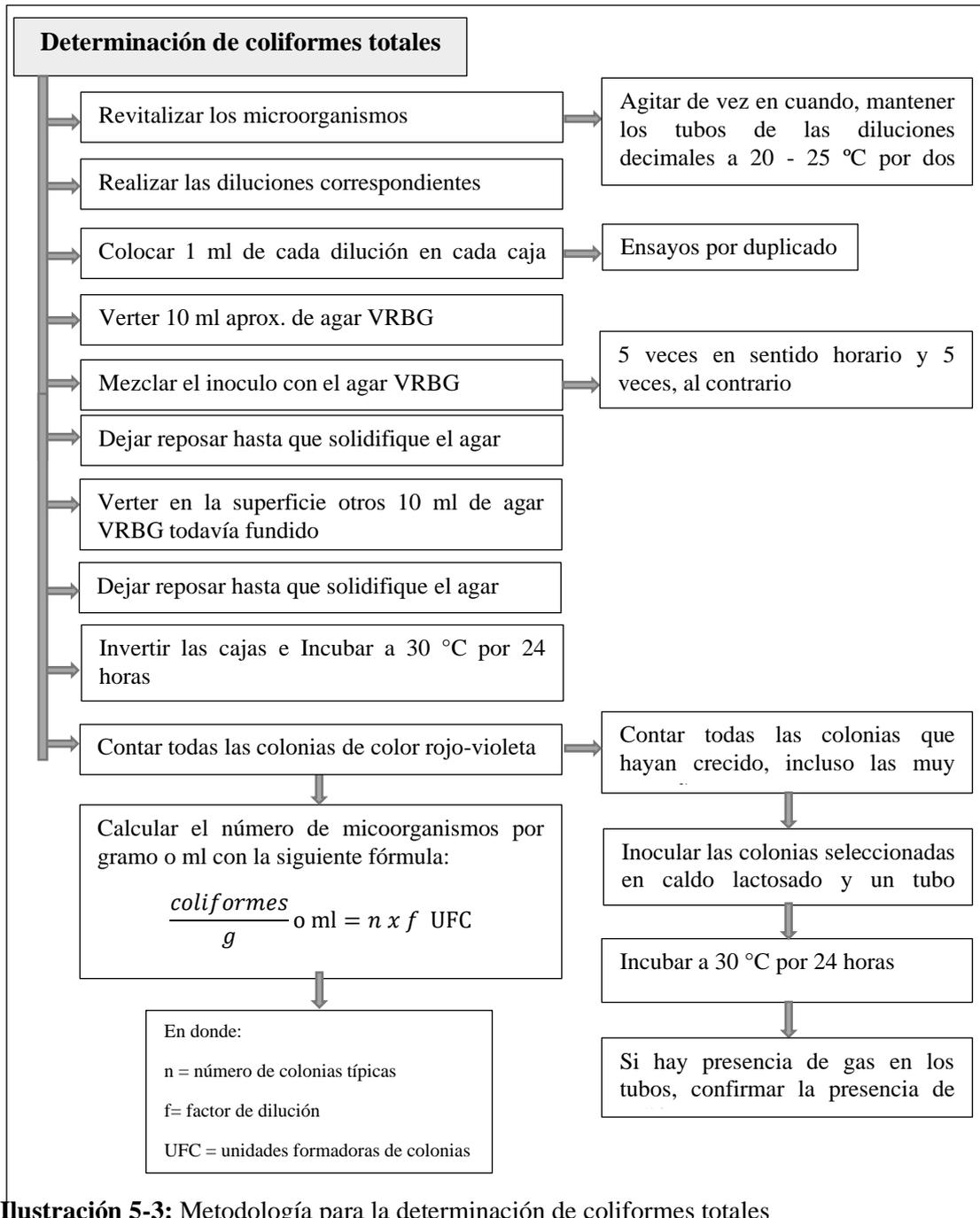
#### Determinación de *Staphylococcus aureus* mediante la técnica de recuento en placa (REP)

A continuación se presenta el proceso para determinar *S. aureus*:



**Determinación de coliformes totales mediante la técnica del recuento en placa (REP)**

El proceso de determinación de coliformes totales se indica a continuación:

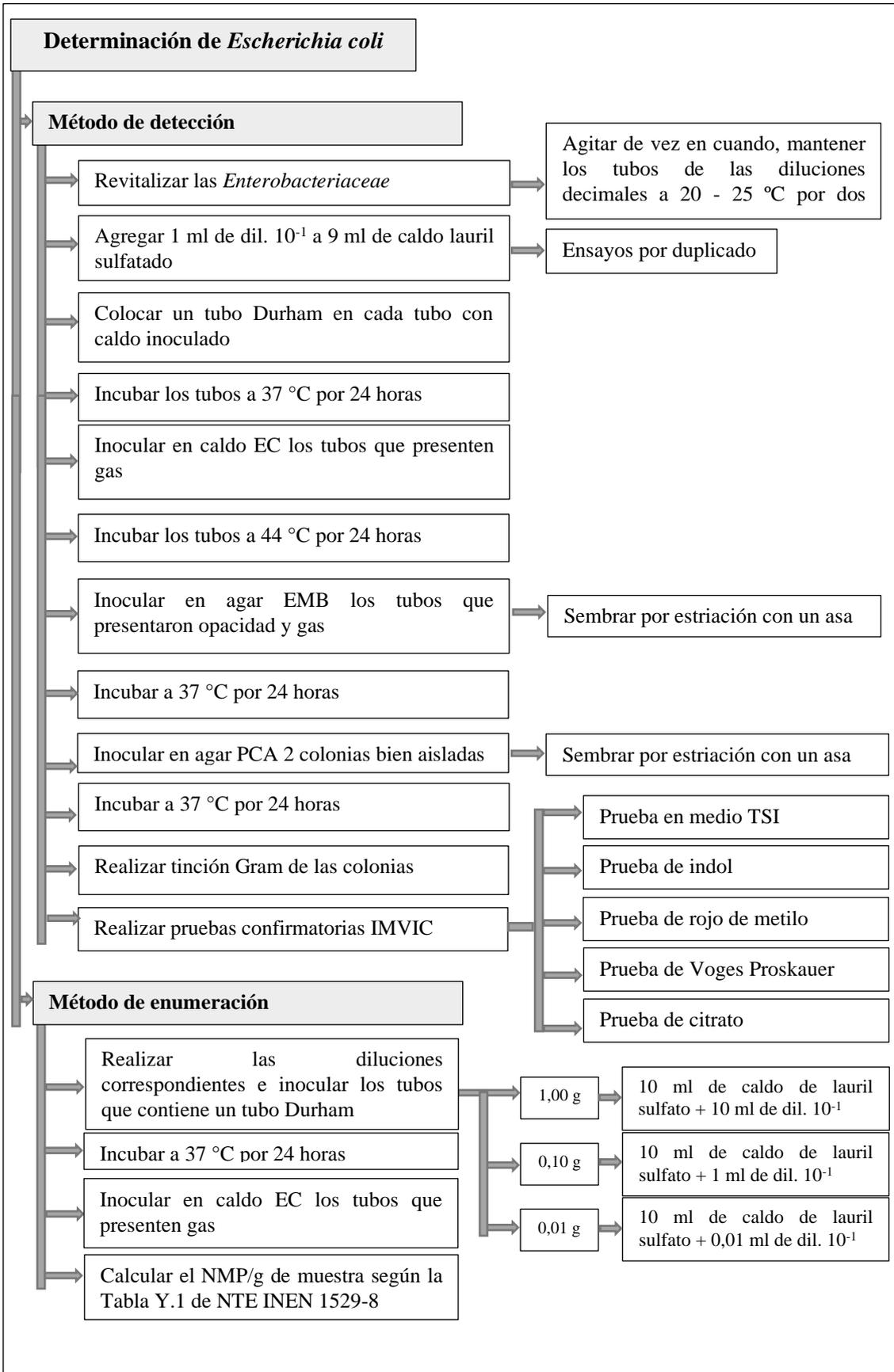


**Ilustración 5-3:** Metodología para la determinación de coliformes totales

Fuente: INEN NTE 1529-7, 2013

### Determinación de *Escherichia coli* mediante la técnica del número más probable (NMP)

El proceso para la determinación de *E. coli* se indica a continuación

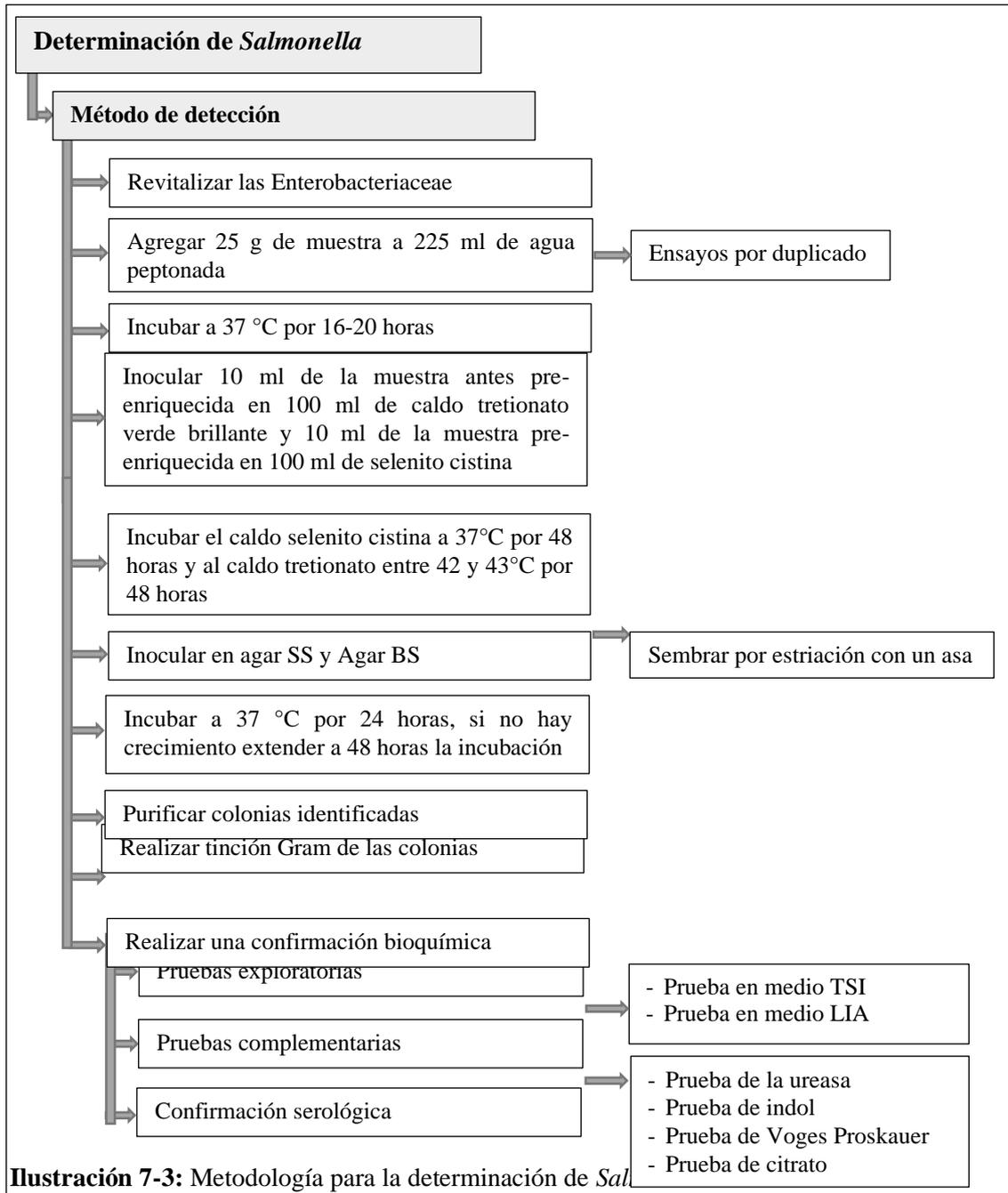


### Ilustración 6-3: Metodología para la determinación de *Escherichia coli*

Fuente: INEN NTE 1529-8, 2015

#### Determinación de Salmonella

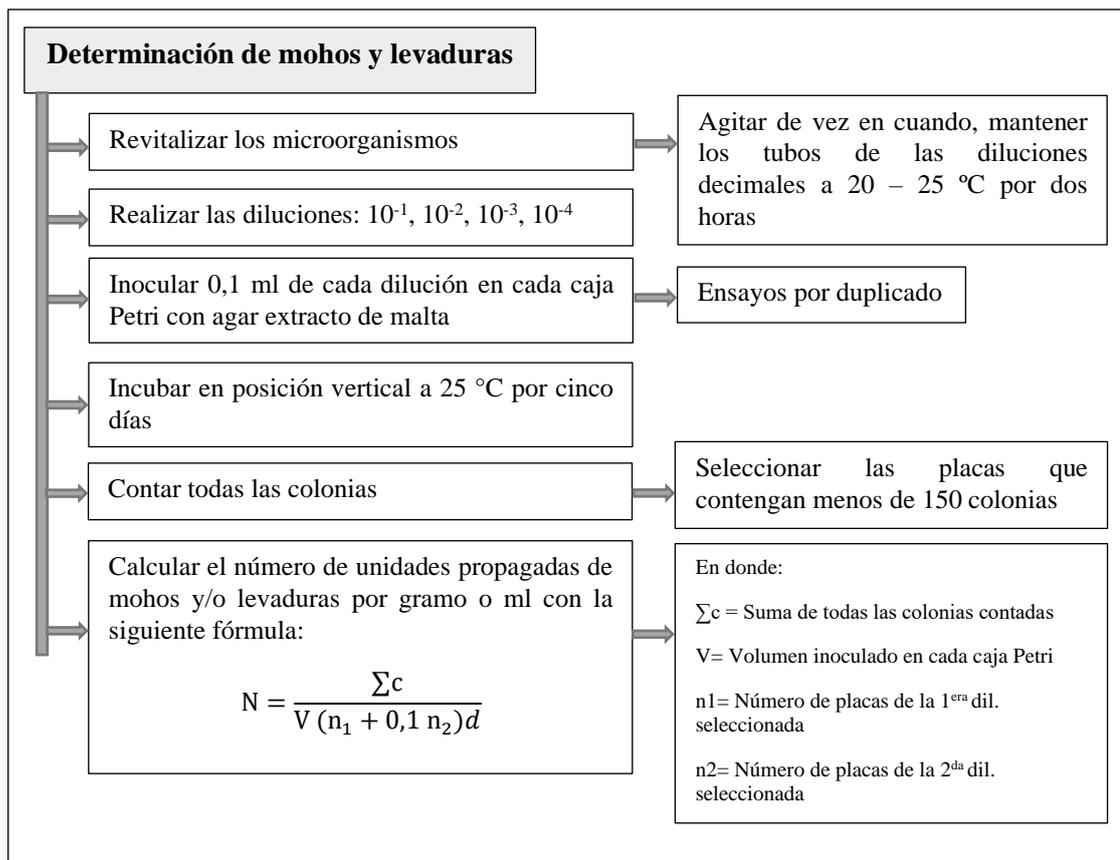
A continuación se presenta el diagrama de la determinación de *Salmonella*:



Fuente: INEN NTE 1529-15, 2013

#### Determinación de mohos y levaduras mediante la técnica de recuento en placa (REP)

A continuación se presenta el diagrama de la determinación de mohos y levaduras:



**Ilustración 8-3:** Metodología para la determinación de mohos y levaduras

Fuente: INEN NTE 1529-10, 2013

### 3.6.1.3. Análisis de digestibilidad gastrointestinal

#### Determinación de digestibilidad gastrointestinal in vitro mediante la técnica enzimática

- Colocar las bolsitas de Dacrón en la balanza analítica para medir su peso y tomar nota del resultado.
- Tomar 2 gramos de la muestra y ponerlos dentro de las bolsas de Dacrón.
- Cerrar herméticamente las bolsas que contienen la muestra mediante el uso de un sellador de calor.
- Comprobar que el sellado sea apropiado y que no haya pérdida del material que se va a analizar.

#### Primer período de incubación

- Poner las muestras dentro de un matraz Erlenmeyer de 500 mL que contenga una barra magnética en su interior.

- Agregar 25 ml de una solución Buffer A, que es una solución tampón fosfato (0.1 M; pH=6), junto con 10 ml de HCl 0.2 M, al matraz Erlenmeyer que contiene las muestras y mezclar todo usando un agitador magnético.
- Después, incluir 1 ml de una solución que contenga pepsina disuelta en HCl 0.2 M, la cual tiene una concentración de 25 mg/mL de pepsina. Es importante señalar que esta solución es inestable y debe ser preparada justo antes de ser usada.
- Con el propósito de evitar la contaminación microbiana, agregar 0.5 ml de una solución que contenga cloranfenicol a una concentración menor a 0.5 g/100 ml de etanol.
- Agitar adecuadamente el contenido del matraz utilizando un agitador magnético y posteriormente, sellarlo con un tapón de goma.
- Para concluir la primera etapa, colocar el matraz en una estufa a una temperatura de 40°C durante un periodo de 2 horas.

#### Segundo período de incubación

- Incorporar a la mezcla 20 ml de una solución Buffer B, que es una solución fosfato tamponada (0.2 M; pH=6.8), con el fin de estabilizar el pH de la solución, y agregar 5 ml de una solución que contenga NaOH a una concentración de 0.6 M para neutralizarla. Posteriormente, ajustar el pH a 6.8 utilizando HCl y NaOH a una concentración de 1 M.
- Añadir 1 ml de una solución que contenga pancreatina disuelta en Buffer B, cuya concentración es de 100 mg/ml. Es importante destacar que esta solución es inestable y debe ser preparada justo antes de ser utilizada y asegurarse de que esté completamente homogeneizada.
- Agitar adecuadamente el contenido del matraz y luego sellarlo con un tapón de goma
- Volver a colocar el matraz en la estufa, esta vez a una temperatura de 40°C durante un periodo de 4 horas.

#### Tercer período de incubación

- Después de que haya transcurrido el segundo período de incubación, ajustar el pH de la solución a 4.8 utilizando ácido acético.
- Mezclar de manera homogénea el contenido del matraz y volver a sellarlo.
- Colocar el matraz en la estufa a 40 °C por un periodo de 16 horas.
- Realizar 2 lavados de 50 minutos con etanol y 2 más con acetona.
- Transferir los residuos a los crisoles y colocarlos en la estufa a una temperatura de 105 °C hasta que se sequen y se alcance un peso constante, lo que puede llevar hasta la mañana siguiente.
- Después, enfriar los crisoles en un desecador y pesarlos.
- Finalmente, colocar los crisoles en la mufla a 550 °C durante 3 horas y dejarlos enfriar en un desecador antes de pesarlos.

$$\text{DIVE MO} = \frac{\text{MO inicial} - \text{MO residual}}{\text{MO inicial}} \times 100$$

Donde:

DIVE MO = Digestibilidad *in vitro* enzimas de la materia orgánica

### **3.6.2. Instrumentos, equipos y reactivos**

#### *3.6.2.1. Análisis proximal*

Instrumentos

- Balón para digestar
- Barra de agitación
- Beaker
- Bolsas
- Bureta
- Cápsula
- Cooler
- Crisol
- Dedal de extracción
- Erlenmeyer
- Espátula
- Fundas ziploc
- Papel aluminio
- Papel filtro
- Pera de succión
- Pinza de bureta
- Pinza universal
- Pipeta volumétrica
- Piseta
- Porta dedal
- Probeta graduada
- Soporte universal
- Tubo refrigerante
- Vaso de precipitación
- Vidrio reloj

### Equipos

- Balanza
- Desecador
- Equipo de digestión
- Estufa
- Extractor de grasas
- Mufla
- Potenciómetro
- Reverbero

### Reactivos

- Ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )
- Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- Agua destilada
- Fenolftaleína
- Hexano
- Hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ )
- Óxido mercuríco ( $\text{HgO}$ )
- Sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ )

### 3.6.2.2. *Análisis microbiológico*

#### Instrumentos

- Algodón
- Asas bacteriológicas
- Bajalenguas
- Bolsas para esterilización
- Cajas Petri
- Frascos estériles
- Gasas
- Gradillas
- Matraces Erlenmeyer
- Mechero de alcohol
- Micropipeta
- Papel aluminio

- Pipetas estériles
- Probeta
- Probetas
- Puntas para micropipetas
- Tubos de ensayo
- Vasos de precipitación

#### Equipos

- Autoclave
- Balanza
- Baño de agua
- Cámara de flujo laminar
- Estufa bacteriológica
- Microscopio
- Refrigeradora
- Reverbero
- Stomacher

#### Reactivos

- Aceite de inmersión
- Agar Bismuto sulfito (BS)
- Agar Cristal Violeta-Rojo bilis glucosa (VRBG)
- Agar Eosina Azul de Metileno (EMB)
- Agar Plate Count Agar (PCA)
- Agar Salmonella-Shigella (SS)
- Agar Simmons Citrato
- Agar Sulfide Indole Motility (SIM)
- Agua destilada
- Agua peptonada
- Alcohol potable
- Caldo lactosado
- Caldo tretionato
- Cristal Violeta
- Lugol
- Safranina

### 3.6.2.3. *Análisis de digestibilidad gastrointestinal*

#### Instrumentos

- Barra de agitación
- Bolsas de Dacrón
- Bureta
- Cápsula
- Cooler con hielo
- Crisol
- Erlenmeyer
- Espátula
- Fundas ziploc
- Papel aluminio
- Papel filtro
- Pera de succión
- Pinza universal
- Pipeta volumétrica
- Piseta
- Probeta graduada
- Vaso de precipitación
- Vidrio reloj
- Hilo nylon

#### Equipos

- Balanza
- Desecador
- Equipo de digestión
- Estufa
- Extractor de grasas
- Mufla
- Potenciómetro
- Reverbero
- Molino

#### Reactivos

- Acetona
- Ácido bórico ( $H_3BO_3$ )
- Ácido clorhídrico (HCl)
- Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ )
- Agua destilada
- Cloranfenicol
- Etanol
- Fenolftaleína
- Fosfato
- Hexano
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Óxido mercuríco (HgO)
- Pancreatina
- Pepsina
- Sulfato de potasio ( $K_2SO_4$ )

### **3.6.3. *Análisis estadístico***

El tratamiento de los datos experimentales se llevó a cabo mediante el análisis de varianza (ANOVA) de un factor.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

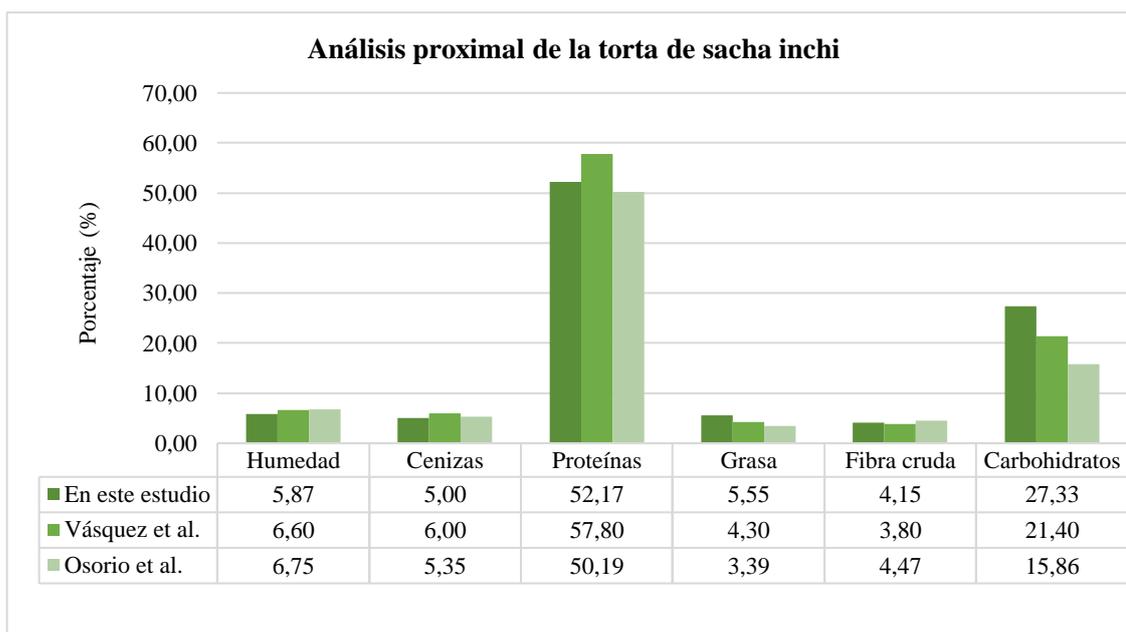
#### 4.1. Análisis proximal de la torta de sachu inchi

Después de llevar a cabo el análisis proximal de la TRSI, se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 1-4.

**Tabla 1-4:** Análisis proximal de la torta residual de sachu inchi

N°	Parámetro	Unidad	Media
1	Humedad	%	5.87
2	Cenizas	%	5.00
3	Proteína	%	52.17
4	Grasa	%	5.55
5	Fibra cruda	%	4.15
6	Carbohidratos	%	27.33

Realizado por: Fonseca D., 2023



**Ilustración 1-4:** Comparación del análisis proximal de la TRSI con otros estudios

Fuente: Vásquez et al., 2019

Realizado por: Fonseca D., 2023

##### 4.1.1. Determinación de humedad y cenizas

El contenido de humedad de la TRSI es de 5.87%, reportando así un valor menor con respecto al informado por Vásquez et al. (2019, p.173) que corresponde a 6.60 %, y de igual manera al valor de 6.75% obtenido por Osorio et al. (2019, p.106). La importancia de la determinación de

humedad en los alimentos se realiza para estudiar la estabilidad de éstos, pues los alimentos con baja humedad (menor al 10%) son menos susceptibles al deterioro microbiano y a la pérdida de su valor nutricional.

Por otro lado, el porcentaje de cenizas que se obtuvo en este estudio es de 5.00 %, siendo menor al valor encontrado por (Vásquez et al. 2019, p.173) y (Osorio et al. 2019, p.106) que fue de 6.00% y 5.35% respectivamente. El contenido de cenizas refleja el contenido mineral inorgánico de las muestras por esta razón se destaca la importancia de la determinación de este parámetro ya que se puede apreciar la calidad de las materias primas con la que se está elaborando cierto tipo de alimento y además valorar el contenido de minerales que este contiene. La ceniza de sachá inchi está compuesta de calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio, cobre, hierro, manganeso y zinc (Goyal et al., 2022, p.153).

Los valores de ceniza y humedad obtenidos son similares a los reportados en diferentes investigaciones, esto podría indicar que la muestra es de calidad comparable a la de las muestras analizadas por los autores. La pequeña variación que se aprecia entre los datos obtenidos en este estudio y los expuestos en fuentes bibliográficas, se pudo deber al método empleado puesto que, las estimaciones de humedad y cenizas obtenidas gravimétricamente están sujetas a errores instrumentales ya sea por el incorrecto calibrado de los instrumentos o errores incontrolables cometidos por el observador (Zumbado, 2020). Además, estos valores pueden variar en función del método de extracción de aceite utilizado, la calidad de las semillas de sachá inchi y la especie de sachá inchi que se haya empleado. La especie de sachá inchi comúnmente cultivada es *Plukenetia volubilis*, sin embargo, existen otras especies como *Plukenetia carolis-vegae* y *Plukenetia huayllabambana*. Cada especie tiene características únicas, como diferentes perfiles de ácidos grasos y contenido de proteínas, lo que puede influir en su uso y valor nutricional (Cuadra et al., 2022).

#### **4.1.2. Determinación de proteínas**

El porcentaje de proteína que presenta la TRSI obtenida en la microempresa Sachá Inchi Génesis (52.17%), es menor al reportado por (Vásquez et al. 2019, p.173) cuyo valor es de 57.80%, y mayor al obtenido en la investigación de (Osorio et al. 2019, p.106) de 50.19%. La concentración de proteínas de la torta de sachá inchi es mayor a la reportada para la harina de soya (42-50%), que es considerada una fuente de proteína más común con amplias aplicaciones en la industria alimentaria, incluidos los suplementos dietéticos y los alimentos funcionales. El contenido de proteína en la TRSI obtenida en la microempresa Sachá Inchi Génesis nos indica que este subproducto puede ser empleado como harina proteínica puesto que la Norma Codex para productos proteínicos (CODEX STAN 175) establece que si la harina presenta una

concentración del 50% o más, y menos del 65%, esta será considerada como una harina proteínica (CODEX STAN 175, 2013).

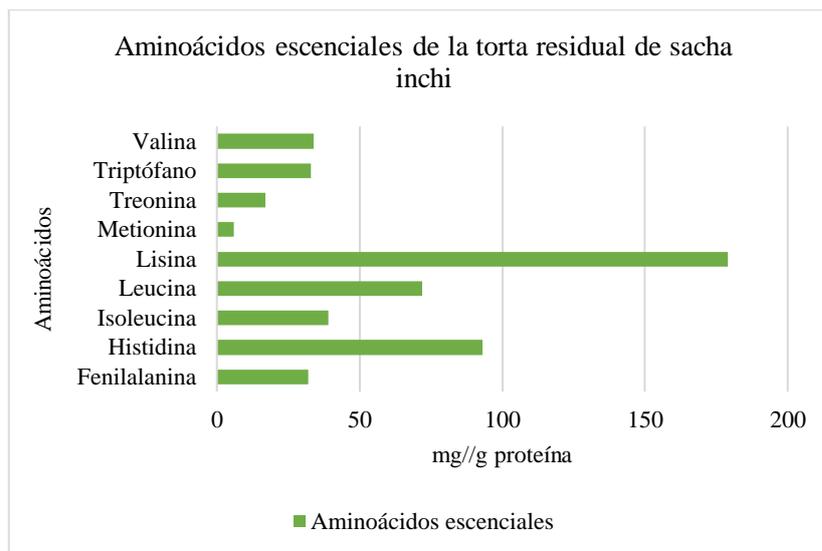
La composición de aminoácidos de TRSI obtenida en la investigación de (Rawdkuen et al. 2018) se presenta en la Ilustración 2-4. La TRSI es rica en aminoácidos esenciales como Lisina, Histidina y Leucina. Además, contiene cantidades importantes de Isoleucina, Valina, Triptófano y Fenilalanina, y bajas concentraciones de Treonina y Metionina. Esta composición de aminoácidos esenciales cumple con las recomendaciones de la FAO como requerimientos indispensables de aminoácidos, Tabla 2-4 (FAO, 2007; citado en Loveday et al., 2019). La torta de sachá inchi puede considerarse una buena fuente de proteína bien balanceada y en lo que respecta a los aminoácidos no esenciales, la TRSI contiene altas cantidades de Tirosina, Ácido Glutámico, Ácido aspártico y Cisteína (Torres et al., 2021).

**Tabla 2-4:** Perfil de aminoácido esenciales de la torta de sachá inchi

Aminoácidos esenciales	Contenido en mg/g de proteína			
	Torta residual de sachá inchi	FAO/OMS		
		Preescolares (2 a 5 años)	Escolares (10-12 años)	Adultos
<b>Fenilalanina</b>	32	63	22	17
<b>Histidina</b>	93	19	19	16
<b>Isoleucina</b>	39	28	28	13
<b>Leucina</b>	72	66	44	19
<b>Lisina</b>	179	58	44	16
<b>Metionina</b>	6	25	22	17
<b>Treonina</b>	17	34	28	9
<b>Triptófano</b>	33	11	9	5
<b>Valina</b>	34	35	25	13

**Fuente:** Torres et al., 2021

**Realizado por:** Fonseca D., 2023



**Ilustración 2-4:** Contenido de aminoácidos esenciales de la TRSI

Fuente: Torres et al., 2021

#### 4.1.3. Determinación de grasa

En cuanto a la composición lipídica de la TRSI, se obtuvo un valor de 5.54%, este valor es mayor con respecto al presentado en la investigación de (Vásquez et al. 2019, p.173), cuyo valor es de 2.30% y menor al comparar el porcentaje expuesto por (Osorio et al. 2019, p.106), 3.39%, y el obtenido en este estudio. Esta diferencia puede atribuirse al método empleado en la extracción del aceite contenido en las semillas de Sacha Inchi. La microempresa Sacha Inchi Génesis extrae el aceite empleado como materia prima en sus productos, mediante un método poco tecnificado o artesanal conocido como prensado en frío, a su vez, autores como (Vásquez et al. 2019, p.173) y (Osorio et al. 2019, p.106) obtienen el aceite de Sacha Inchi a través de métodos de extracción con solventes orgánicos como éter y hexano respectivamente.

Los métodos de extracción con solventes son más rápidos, económicos y además presentan un mejor rendimiento, por otro lado, los aceites prensados en frío son de mayor calidad porque los compuestos termolábiles, como los tocoferoles, se conservan en concentraciones mayores (Torres et al., 2021), sin embargo el rendimiento es menor a comparación de la extracción con solventes, esto justifica la diferencia entre el valor obtenido en este trabajo investigativo y los trabajos de otros autores.

Los lípidos son el componente más abundante de las semillas de Sacha Inchi y después de su extracción, puede quedar 5-25% de lípidos en la TRSI. De acuerdo con bibliografía, los Ácidos linolénico (50%) y linoleico (35%) son los principales ácidos grasos de la fracción lipídica de la TRSI, sin embargo, también contiene cantidades menores de Ácido oleico (9%) y Ácido palmítico (5%). El perfil lipídico que presenta la TRSI hace que sea adecuada para enriquecer

alimentos con ácidos grasos esenciales. En comparación con las harinas de soya, la fracción lipídica de la TRSI es mayor y más rica en ácidos grasos poliinsaturados (Ruiz et al., 2013 citado por Torres et al., 2021).

#### **4.1.4. Determinación de fibra cruda**

Con respecto al parámetro de fibra cruda, el porcentaje obtenido es de 4.15% y se observa una diferencia con el valor expuesto por otros autores, que es de 4.47%. Esta mínima diferencia pudo deberse a factores asociados a la semillas ya sea en cuanto a su calidad de cultivo, condiciones geográficas y climáticas, época de cosecha, ambientes de almacenamiento, entre otros (González et al., 2019, pp. 115-130), pues se debe recordar que las semillas de sachá inchi que la microempresa emplea para la elaboración de aceite son sembradas, cosechadas y recolectadas por diferentes familias de una misma comunidad ubicada en la provincia del Tena, cantón Archidona, mientras que la caracterización proximal de la TRSI realizadas por (Vásquez et al. 2019, p.173) y (Osorio et al. 2019, p.106) fue llevada a cabo con torta residual de sachá inchi obtenida de la Amazonía colombiana.

La evidencia actual apoya los efectos beneficiosos de la fibra dietética sobre la motilidad intestinal y como una estrategia de tratamiento efectiva para la prevención y el tratamiento del estreñimiento. A través de la interacción directa con la microbiota intestinal, la fibra dietética también influye en la ecología microbiana y mejora la producción de metabolitos microbianos clave, como los ácidos grasos de cadena corta (AGCC) que, a su vez, promueven la salud y bienestar general. Los microbios anaeróbicos dentro del ciego producen AGCC durante la fermentación de la fibra dietética (Agudelo et al., 2019, p. 211).

Los alimentos se consideran una fuente alta de fibra si el porcentaje de fibra total contenida en el alimento es del 20% o más y es catalogada una fuente baja de fibra si el porcentaje de fibra del alimento es del 5% o menos (FDA, 2022). La TRSI, a pesar de tratarse de un residuo generado tras el prensado de semillas para la obtención de aceite, contiene un bajo porcentaje de fibra cruda puesto que está compuesto en su mayoría de proteínas. Por esta razón se le visualiza a la TRSI como una materia prima con abundantes aminoácidos esenciales y no una fuente de fibra.

#### **4.1.5. Determinación de carbohidratos**

Para finalizar con el análisis proximal, se debe mencionar el contenido de carbohidratos de la TRSI obtenido en este trabajo investigativo, cuyo porcentaje fue de 27.33% y difiere al obtenido por Vásquez et al. (2019, p.173) y Osorio et al. (2017, p.106), cuyo porcentaje fue de 21.40% y 15.86% correspondientemente. El contenido de carbohidratos obtenido difiere muy poco con el

promedio de los dos porcentajes de carbohidratos expuestos en las fuentes bibliográficas citadas, por lo que se afirma que es un resultado que se encuentra dentro del rango. En los tres estudios el contenido de carbohidratos se determinó mediante el cálculo diferencial de componentes distintos a carbohidratos.

## 4.2. Análisis microbiológico

La TRSI obtenida en la microempresa Sacha Inchi Génesis se empleará como harina proteínica conjuntamente con otras harinas en la elaboración de productos comestibles como galletas, bebidas o barras proteínicas, por esta razón se vio necesario realizar un estudio comparativo con la Norma ISO 18744:2006 correspondiente a la Pasta o harina de soya, debido a que la TRSI al ser un subproducto innovador y poco comercializado en Ecuador, no cuenta aún con una normativa que establezca los requerimientos microbiológicos necesarios para asegurar la inocuidad alimentaria y ser de consumo humano. Luego de haber realizado el análisis microbiológico de la TRSI se recopiló las características microbiológicas de la TRSI.

**Tabla 3-4:** Análisis microbiológico de la torta residual de sachá inchi

Requisito	Unidad	Media	Límite máximo permitido para pasta o harina de soya
			ISO 1874:2006
Aerobios mesófilos	UFC/g	4.36 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>
Coliformes totales	UFC/g	2.46	1 x 10 <sup>1</sup>
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	1.23	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	1.41 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>4</sup>
<i>Salmonella</i>	UFC/25g	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	UFC/g	1.13 x 10 <sup>2</sup>	-

Realizado por: Fonseca D., 2023

### 4.2.1. Recuento de aerobios mesófilos

**Tabla 4-4:** Recuento de aerobios mesófilos de la torta residual de sachá inchi

Muestra	Nº Repetición	Nº m.o. x 10 <sup>2</sup> UFC/g	Media	L max para pasta o harina de soya
				ISO 18744:2006
MA1	R1	4.40	4.36 x 10 <sup>2</sup> UFC/g	1 x 10 <sup>5</sup> UFC/g
	R2	4.60		
MA2	R1	4.20		
	R2	4.30		
MA3	R1	4.70		
	R2	5.00		
MA4	R1	4.10		

	R2	4.30
MA5	R1	3.90
	R2	4.10

Realizado por: Fonseca D., 2023

En la tabla 4-4 se aprecia la media obtenida para el recuento de aerobios mesófilos, que fue de  $4.36 \times 10^2$  UFC/g, además de los valores conseguidos para cada repetición. Este valor se encuentra dentro del límite máximo permitido para la pasta o harina de soya, tal y como se exponen en la Norma ISO 18744:2006, que es de  $1 \times 10^5$  UFC/g. Carreño et al. (2021, p.39), en su investigación exponen que el recuento de aerobios mesófilos que la TRSI presenta es de 40 UFC/g, teniendo como límite máximo permitido para harina de soya de  $1.5 \times 10^5$  UFC/g, según la Normativa Técnica Colombiana 267 del año 2007; en la investigación de Carreño et al. (2021, p.39) no se describe el método empleado para la extracción del aceite de sacha inchi, por lo tanto las diferencias presentadas en su investigación y este estudio pudo deberse a este motivo, pues se debe tener en cuenta que la microempresa emplea una técnica artesanal de prensado, lo que puede provocar que la presencia de contaminación bacteriana sea mayor.

#### 4.2.2. Recuento de Coliformes totales

**Tabla 5-4:** Recuento de coliformes totales de la torta de sacha inchi

Muestra	Número de resultados positivos por volumen de inóculo			NMP UFC/g	Media	Límite máximo permitido para pasta o harina de soya
	1.00	0.10	0.01			
MC1	3/3	0/3	1/3	3.80	2.46 NMP UFC/g	ISO 18744:2006  $1 \times 10^1$ UFC/g
MC2	2/3	0/3	1/3	2.10		
MC3	3/3	0/3	0/3	2.30		
MC4	2/3	1/3	1/3	2.00		
MC5	2/3	0/3	1/3	2.10		

Realizado por: Fonseca D., 2023

Con respecto al recuento de coliformes totales de la TRSI, en la Tabla 5-4 se puede observar que el número más probable (NMP) de unidades formadoras de colonias por cada gramo de muestra es de 2.46; este valor se encuentra dentro de los rangos permitidos para pasta o harina de soya, expuestos por la Norma ISO 18744:2006, que es de  $1 \times 10^1$  UFC/g. El recuento de coliformes totales en la investigación de Carreño et al. (2021, p.39), no se llevó a cabo, sin embargo, se puede apreciar que se tomó en cuenta el recuento de coliformes fecales y este fue de menos 3 UFC/g, este valor se ubica en el límite máximo permitido para harina de soya establecido en la Normativa Técnica Colombiana (NTC) 267.

### 4.2.3. Recuento de *Escherichia coli*

**Tabla 6-4:** Recuento de *E. coli* de la torta residual de sachá inchi

Muestra	Número de resultados positivos por volumen de inóculo, g			NMP UFC/g	Media	Límite máximo permitido para pasta o harina de soya
	1.00	0.10	0.01			
ME1	2/3	1/3	0/3	1.50	1.23 NMP UFC/g	Ausencia ISO 18744:2006
ME2	1/3	2/3	0/3	1.10		
ME3	2/3	0/3	1/3	1.40		
ME4	1/3	1/3	0/3	0.74		
ME5	2/3	0/3	1/3	1.40		

Realizado por: Fonseca D., 2023

En cuanto al recuento de *Escherichia coli* de la TRSI, en la Tabla 6-4 se puede observar que el número más probable (NMP) de unidades formadoras de colonias por cada gramo de muestra es de 1.23. Este valor no se encuentra dentro de los rangos permitidos para pasta o harina de soya, expuestos por la Norma ISO 18744:2006, que exigen la ausencia total de *E. coli* en la pasta o harina de soya. Se debe tomar en cuenta que el análisis microbiológico que se realizó de la TRSI fue en base húmeda, por lo que esta pequeña diferencia existente puede desaparecer una vez se haya sometido a un tratamiento térmico a la torta de sachá inchi para convertirla en harina además de mejorar las medidas de higiene por parte del personal. La falta de higiene por parte del personal, como no lavarse adecuadamente las manos o no usar uniformes limpios, puede ser un factor importante en la introducción de *Escherichia coli* en los alimentos y su posterior presencia en las muestras.

Es fundamental que todo el personal involucrado en la manipulación de alimentos tenga una rigurosa higiene personal y que se sigan las prácticas de higiene apropiadas para garantizar la seguridad de los alimentos y evitar la contaminación. *E. coli* generalmente permanece inofensivamente confinada a la luz intestinal; sin embargo, en el huésped debilitado, inmunodeprimido, o cuando el número de estas bacterias en el tracto digestivo aumenta, incluso las cepas normales "no patógenas" de *E. coli* pueden causar infección. La presencia de *E. coli* en una muestra es de mayor interés que la presencia de coliformes por sí solas, puesto que dan a conocer los desechos humanos o animales que están presentes en el alimento. El campo de la microbiología alimentaria establece que *Escherichia coli* es un indicador de contaminación, debido a una manipulación inadecuada de los alimentos (Denamur et al., 2021, pp.37-39).

Se llevó a cabo ensayos confirmatorios conocidos como IMVIC establecidos en la normativa. IMVIC es un acrónimo que hace referencia a los ensayos de Indol, Metil Rojo, Voges-

Proskauer y Citrato. La realización de ensayos IMVIC en *Escherichia coli* es importante para identificar y diferenciar las distintas cepas de esta bacteria. En la Tabla 7-4 se detallan los resultados de las pruebas bioquímicas llevadas a cabo para confirmar la presencia de *E. coli* en las muestras.

**Tabla 7-4:** Resultados de pruebas bioquímicas para identificar *E. coli*

Codificación de la colonia	Nombre de la prueba			
	Producción de indol	Prueba de rojo de metilo	Prueba de Voges proskauer	Utilización de citrato
<b>I</b>	+	+	-	-
<b>II</b>	+	+	-	-
<b>III</b>	+	+	-	-
<b>IV</b>	+	+	-	-
<b>V</b>	+	+	-	-

Realizado por: Fonseca D., 2023

#### 4.2.4. Recuento de mohos y levaduras

**Tabla 8-4:** Recuento de mohos y levaduras de la torta de sachá inchi

Muestra	Nº Repetición	Nº microorganismos x 10 <sup>2</sup> UFC/g	Media	Límite máximo para pasta o harina de soya
				ISO 18744:2006
<b>MM1</b>	R1	1.60	1.41 x 10 <sup>2</sup> UFC/g	1 x 10 <sup>4</sup> UFC/g
	R2	1.70		
<b>MM2</b>	R1	1.30		
	R2	1.40		
<b>MM3</b>	R1	1.70		
	R2	1.00		
<b>MM4</b>	R1	1.30		
	R2	1.20		
<b>MM5</b>	R1	1.10		
	R2	1.80		

Realizado por: Fonseca D., 2023

El recuento de mohos y levaduras que presenta la TRSI obtenida en la microempresa Sachá Inchi Génesis, Tabla 8-4, es de 1.41 x 10<sup>2</sup> UFC/g, este valor se encuentra dentro de los límites máximos permitidos para la presencia de mohos y levaduras en la pasta o harina de soya, como se indica en la ISO 18744:2006, cuyo valor establecido es de 1 x 10<sup>4</sup> UFC/g. Al comparar el valor obtenido para el recuento de mohos y levaduras en esta investigación con el presentado por Carreño et al. (2021, p.39) menos de 10, se puede apreciar que existe una diferencia significativa, esto pudo deberse a la metodología empleada para el recuento de mohos y

levaduras. Carreño et al. (2021, p.39), emplea el recuento en placa en agar YCG y este estudio empleó agar extracto de malta.

La contaminación por mohos y levaduras sigue siendo una de las principales preocupaciones de la higiene y seguridad alimentaria internacional. En alimentos descompuestos, los mohos y las levaduras producen micotoxinas que son extremadamente peligrosas, mutagénicas y cancerígenas cuando personas o animales ingieren alimentos contaminados con estos microorganismos (Xu et al., 2020).

#### 4.2.5. Recuento de *Staphylococcus aureus*

**Tabla 9-4:** Recuento de *S. aureus* de la torta de sachá inchi

Muestra	N° Repetición	N° microorganismos x 10 <sup>2</sup>	Media
MS1	R1	1.10	1.13 x 10 <sup>2</sup>
	R2	0.72	
MS2	R1	2.00	
	R2	1.30	
MS3	R1	1.80	
	R2	1.11	
MS4	R1	1.34	
	R2	1.42	
MS5	R1	1.29	
	R2	0.89	

Realizado por: Fonseca D., 2023

En la ISO 18744:2006 no se requiere de la determinación de UFC de este microorganismo, sin embargo, en esta investigación se llevó a cabo la metodología para de esta manera obtener una caracterización microbiológica más amplia de la TRSI obtenida en la microempresa Sachá Inchi Génesis. En la tabla 9-4 se aprecia la media obtenida para el recuento de *Staphylococcus aureus*, que es de 1.13 x 10<sup>2</sup> UFC/g, además de los valores conseguidos para cada repetición. En la investigación realizada por Carreño et al. (2021, p.39) se obtiene un recuento en agar Baird-Parker (BD) de menos de 100 UFC/g, al compararlo con valor obtenido en este estudio se puede apreciar que el valor en este estudio es ligeramente mayor al obtenido por (Carreño et al. 2021, p.39).

El estudio de *S. aureus* en alimentos para consumo humano es importante para la industria alimentaria, ya que es una de las principales bacterias transmitidas por los alimentos y algunas cepas son la causa de la intoxicación transmitida por los alimentos. Son responsables del deterioro de los alimentos y la reducción de vida útil. *Staphylococcus aureus* es una de las

principales causas de intoxicación alimentaria resultante del consumo de alimentos contaminados con enterotoxinas estafilocócicas (Abebe et al., 2020, pp.2-3).

#### 4.2.6. Recuento de *Salmonella*

**Tabla 10-4:** Recuento de *Salmonella* de la torta de sachá inchi

Muestra	Repetición	N° microorganismos UFC	Límite máximo permitido para pasta o harina de soya ISO 18744:2006
ML1	R1	Ausencia	Ausencia
	R2	Ausencia	
ML2	R1	Ausencia	
	R2	Ausencia	
ML3	R1	Ausencia	
	R2	Ausencia	
ML4	R1	Ausencia	
	R2	Ausencia	
ML5	R1	Ausencia	
	R2	Ausencia	

Realizado por: Fonseca D., 2023

El recuento de *Salmonella* que presenta la TRSI obtenida en la microempresa Sachá Inchi Génesis, Tabla 10-4, indica la ausencia total de *Salmonella* en la muestra analizada, cumpliendo así con la Norma ISO 18744:2006 para los requerimientos de pasta o harina de soya.

En la Unión Europea, el segundo género bacteriano más frecuentemente involucrado en brotes gastrointestinales en humanos es *Salmonella*. Los enfoques preventivos como el análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) pueden reducir considerablemente la supervivencia de los patógenos durante el proceso de manipulación, preparación y almacenamiento de alimentos. Por lo tanto, la identificación y detección de microorganismos en el procesamiento de alimentos juega un papel importante para prevenir brotes de alimentos (Paniel y Noguera, 2019, pp.371-372).

#### 4.3. Análisis de digestibilidad gastrointestinal

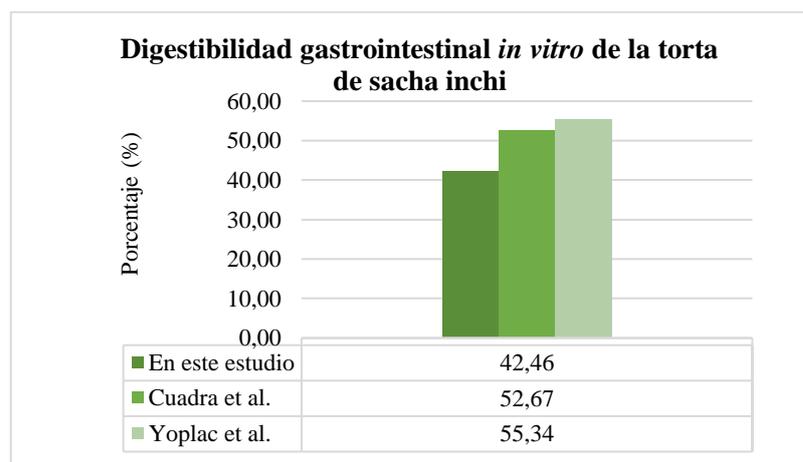
**Tabla 11-4:** Digestibilidad gastrointestinal *in vitro* de la TRSI

Muestra	Porcentaje (%)	Media
MD1	43.24	42.46%
MD2	44.34	
MD3	40.17	

MD4	42.64
MD5	41.93

Realizado por: Fonseca D., 2023

Para el análisis de digestibilidad gastrointestinal *in vitro* de la TRSI se obtuvo una media de 42.46%, como se puede apreciar en la Tabla 11-4. Al comparar este valor con el obtenido por (Cuadra et al. 2022) y (Yoplac et al. 2021), que es de 52.67% y 55.34% respectivamente, se puede apreciar que el valor expuesto en este trabajo investigativo es menor con respecto a los datos registrados en fuentes bibliográficas. Esta diferencia pudo deberse al método *in vitro* empleado para determinar el porcentaje de digestibilidad de la TRSI, la técnica empleada en la investigación de los autores mencionados anteriormente. es el método Ankom Technology a través del uso de la incubadora Daisy<sup>II</sup>. Este método automatiza el análisis de digestibilidad *in vitro* tradicional y resuelve algunos errores analíticos, como los relacionados con el manejo de muestras y los pasos de filtración manual, además proporciona condiciones necesarias semejantes a las del tracto gastrointestinal, para esto se usan soluciones como fuentes de nitrógeno, minerales entre otros (Tassone et al., 2020, p.776).



**Ilustración 3-4:** Comparación de la digestibilidad *in vitro*

Realizado por: Fonseca D., 2023

En una investigación sobre la digestibilidad gastrointestinal *in vivo* de la TRSI en reactivos biológicos, cuyes, cuyo nombre científico es *Cavia porcellus*. Obteniendo una digestibilidad aparente promedio de 67.7%, los investigadores atribuyen este valor al alto contenido de proteínas que la TRSI posee y al tratamiento térmico previo a 95°C por 15 minutos, puesto que este “permite la modificación del almidón, incrementa la solubilidad de la fibra, provoca una mayor oxidación de los lípidos y desnaturalización de la proteína, favoreciendo con ello la digestibilidad” (Díaz, et al., 2021).

Al realizar una revisión bibliográfica, se puede ver que, en los últimos 5 años, son escasas las investigaciones que estudian de manera general la digestibilidad gastrointestinal del sachá inchi.

Estas investigaciones prefieren analizar directamente la digestibilidad *in vitro* de las proteínas en aislados proteicos, esto puede deberse a que varios autores en sus estudios exponen que el porcentaje mayoritario de la Torta de sachá inchi es proteína, y uso de la TRSI está encaminada a ser usado como una materia prima con un valor nutritivo proteico. Los estudios han mostrado que la proteína del sachá inchi es de alta calidad y su digestibilidad es similar a la de otras proteínas de origen animal. Además, la digestión *in vitro* ha confirmado ser eficaz en la liberación de ácidos grasos esenciales y antioxidantes, lo que sugiere que estos nutrientes son bien absorbidos y utilizados por el cuerpo humano.

La digestibilidad gastrointestinal puede variar en función del tamaño de las partículas, la TRSI en este estudio fue triturada en una criba de 1 mm y posteriormente mezclada una vez más debido a que las muestras analíticas molidas deben mezclarse adecuadamente antes de seleccionar una porción de prueba. Se espera que la digestibilidad gastrointestinal aumente a medida que disminuye el tamaño de las partículas porque los reactivos y los solventes tienen menos matriz para penetrar (Fahey et al., 2019, p.55).

La importancia de estudiar la digestibilidad de la TRSI se debe a que la digestibilidad es un indicador de la calidad de los alimentos y puede ayudar a determinar si un alimento es adecuado para el consumo humano, estudiar este aspecto es importante para optimizar la formulación de los alimentos y mejorar la utilización de los nutrientes por parte del cuerpo.

#### 4.4. Análisis estadístico

Los datos obtenidos en el análisis proximal, microbiológico y digestibilidad gastrointestinal *in vitro* de la TRSI obtenida en la microempresa Sachá Inchi Génesis, se sometieron a un análisis de homocedasticidad ANOVA de un solo factor utilizando el programa informático MiniTab. En la Tabla 12-4 se exponen los resultados obtenidos.

**Tabla 12-4:** Análisis de varianza del análisis proximal de la TRSI

Parámetro	Media	E.E.	Desv. Est.	Verificación	Nivel de
				homocedasticidad	significancia
				<i>Valor p</i>	<i>α</i>
<b>Análisis proximal de la TRSI</b>					
<b>Humedad</b>	5.87 %	0.059	0.132	0.259	
<b>Cenizas</b>	5.00 %	0.063	0.204	0.305	
<b>Proteínas</b>	52.17 %	0.027	0.095	0.099	0.05
<b>Grasas</b>	5.55 %	0.039	0.102	0.171	
<b>Fibras cruda</b>	4.15 %	0.046	0.127	0.201	
<b>Carbohidratos</b>	27.33 %	0.057	0.138	0.254	

Análisis microbiológico de la TRSI					
<b>Aerobios mesófilos</b>	4.36 x10 <sup>2</sup> UFC/g	0.103	0.327	0.945	
<b>Coliformes totales</b>	2.46 UFC/g	0.339	0.757	0.171	
<b>Escherichia coli</b>	1.23 UFC/g	0.139	0.311	0.699	0.05
<b>Mohos y levaduras</b>	1.41 x10 <sup>2</sup> UFC/g	0.088	0.277	0.270	
<b>Staphylococcus aureus</b>	1.13 x10 <sup>2</sup> UFC/g	0.122	0.385	0.651	
Digestibilidad gastrointestinal de la TRSI					
<b>Digestibilidad in vitro</b>	42,46 %	0.696	1.557	2.004	0.05

Realizado por: Fonseca D., 2023

**Tabla 13-4:** Comprobación de la hipótesis

<b>H<sub>0</sub>:</b>	Las varianzas son iguales (homogéneas)
<b>H<sub>1</sub>:</b>	Al menos una varianza es diferente
<b>Valor p &gt; 0.05:</b>	No se rechaza H <sub>0</sub>
<b>Valor p &lt; 0.05:</b>	Se rechaza H <sub>0</sub>

H<sub>0</sub>= hipótesis nula

H<sub>1</sub>= hipótesis alternativa

Como se aprecia en la Tabla 12-4, ya que el valor  $p > \alpha$ , no se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto se puede afirmar con un nivel de significancia del 5% que las varianzas son homogéneas, es decir si se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas u homocedasticidad.

Realizado por: Fonseca D., 2023

Como se aprecia en la Tabla 13-4, ya que el valor  $p > \alpha$ , no se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto se puede afirmar con un nivel de significancia del 5% que las varianzas son homogéneas, es decir si se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas u homocedasticidad. El análisis de varianzas nos permite conocer que las medias obtenidas para los diferentes parámetros analizados tanto en el análisis proximal y microbiológico, como en la digestibilidad gastrointestinal son estadísticamente significativas.

## **CAPÍTULO V**

### **5. MARCO PROPOSITIVO**

#### **5.1. Propuesta**

Tras haber sometido a un análisis proximal y de digestibilidad gastrointestinal a la torta residual de sachá inchi (TRSI) se evidencia que esta es una excelente fuente de nutrientes rica en proteínas por lo tanto, se debe aprovechar como materia prima, sin embargo, al realizar un análisis microbiológico se evidencia que existe la presencia de *Escherichia coli*, por esta razón se ve necesario mejorar e incluso estandarizar los procesos de obtención de aceite de sachá inchi dando como resultado la obtención de una torta residual con mejores características microbiológicas. Por esta razón se propone implementar el siguiente protocolo.

### ***5.1.1. Limpieza de equipos y materiales***

Limpiar los equipos empleados en la microempresa es importante porque ayuda a mantener la calidad y frescura de los productos elaborados, evitando la acumulación de bacterias y otros microorganismos. Además, ayuda a mejorar la eficiencia y productividad de la industria, ya que los equipos limpios funcionan mejor y con menos problemas.

Por esto se propone establecer normas como las que se menciona a continuación:

- Programar la limpieza y desinfección de materiales y equipos con frecuencia.
- Usar guantes desechables o cualquier otro EPP requerido para limpiar y desinfectar.
- Limpiar las superficies con un limpiador apropiado asegurándose de producir fricción en la superficie.
- Limpiar las superficies antes de desinfectar.
- Asegurarse de que los sistemas de ventilación funcionen correctamente y aumente la circulación del aire exterior tanto como sea posible abriendo ventanas y puertas u otros métodos

### ***5.1.2. Desinfección de equipos y materiales***

- Se pueden usar soluciones de lejía diluidas si es apropiado para la superficie, 1/3 taza de lejía por galón de agua.
- Las soluciones de lejía deben prepararse frescas y no conservarse durante más de 24 horas. Preparar soluciones diluidas según sea necesario y escriba la fecha de preparación en la botella.

### ***5.1.3. Higiene personal***

Estas medidas ayudan a garantizar que el personal sea consciente y cumpla con las normas de seguridad alimentaria, lo que a su vez garantiza que los alimentos sean seguros para el consumo. Algunas medidas de seguridad alimentaria para el personal incluyen:

- Lavado de manos frecuente y adecuado.
- Uso de uniformes y gorros limpios.
- Uso de guantes si es necesario para manipular alimentos.
- Mantenimiento de una higiene personal adecuada, incluyendo peinado.
- Conocimiento y seguimiento de las buenas prácticas de higiene en la preparación de alimentos.
- Conocimiento y comprensión de la manipulación segura de los alimentos, incluyendo el control de la temperatura y el uso adecuado de los equipos.

#### **5.1.4. Almacenamiento**

El almacenamiento adecuado ayuda a preservar la frescura y calidad de las semillas de sachá inchi. La exposición a la luz, calor y humedad puede causar la oxidación de las grasas saludables, lo que puede llevar a un sabor rancio y una disminución en su valor nutricional. Todas las instalaciones de preparación de alimentos deben tener áreas designadas para almacenamiento seco o refrigerado (De Vitis et al., 2020, pp.249-255). Estas áreas deben mantenerse de la siguiente manera:

##### **Almacenamiento en seco**

- Las áreas de almacenamiento seco deben estar secas, frescas, bien ventiladas, limpias y libres de insectos y roedores.
- Las semillas deben almacenarse a un mínimo de 4 pulgadas del piso y a 2 pulgadas de la pared en estantes o tarimas para permitir la circulación de aire. No almacenar las semillas directamente en el piso.
- Las fechas deben marcarse en cada uno de costales con un rotulador negro permanente.
- El área de almacenamiento en seco debe tener un mínimo de un termómetro instalado para monitorear el mantenimiento de temperaturas. Las temperaturas de las áreas de almacenamiento en seco deben registrarse diariamente en el registro de temperatura.
- Rotar las semillas de sachá inchi por fecha de vencimiento, y emplear el sistema FEFO, lo que primero entrar, primero debe salir. La rotación de stock y la verificación periódica de la calidad ayudan a asegurar que las semillas sean utilizadas antes de su fecha de vencimiento, lo que ayuda a reducir los desperdicios y a ahorrar dinero.
- Realizar periódicamente inspecciones visuales y olfatorias de las semillas de sachá inchi para asegurarse de su frescura y ausencia de malos olores.

##### **Almacenamiento en frío**

- Las áreas de almacenamiento en frío (tanto refrigeradas como congeladas) deben estar limpias y libres de humedad o acumulación de hielo.
- Los alimentos deben almacenarse a un mínimo de 6 pulgadas del piso y a 2 pulgadas de la pared en estantes o tarimas y deben organizarse para permitir la circulación de aire.
- Todos los artículos deben marcarse con una fecha de recepción antes de colocarlos en las estanterías.
- Las áreas de almacenamiento en frío deben tener un mínimo de un termómetro instalado para monitorear el mantenimiento de temperaturas. Las temperaturas en las áreas de almacenamiento en frío deben registrarse diariamente en el registro de temperatura.

- Las puertas de todas las instalaciones de almacenamiento en frío deben mantenerse cerradas cuando no estén en uso.
- Asegurarse de que la torta esté en envases adecuados, herméticos y libres de fugas.

#### **5.1.5. Socialización de propuesta**

La socialización de las medidas de limpieza, higiene y almacenamiento es crucial en la microempresa Sacha Inchi Génesis ya que garantiza la seguridad alimentaria además de contribuir a mejorar la calidad de los productos y la imagen de la microempresa.

Es importante que el personal comprenda la importancia de seguir estrictamente las medidas de limpieza e higiene en todas las áreas de la empresa, desde la recepción de semillas hasta la entrega de los productos terminados. Esto incluye la higiene personal, la limpieza de equipos y superficies de trabajo, el manejo adecuado de los alimentos y el cumplimiento de las normas de higiene y seguridad.

Para garantizar que el personal esté capacitado en estas medidas, la microempresa debe proporcionar formación y capacitación regular y revisar periódicamente su cumplimiento. También es recomendable establecer protocolos claros y fáciles de seguir, y asegurarse de que todo el personal tenga acceso a los suministros necesarios para mantener un ambiente de trabajo limpio e higiénico.

### **CONCLUSIONES**

- El análisis proximal realizado en esta investigación reveló que la torta residual de sachá inchi (TRSI) obtenida en la microempresa Sacha Inchi Génesis está compuesta mayormente por proteínas (52.17%) y carbohidratos (27.33%) convirtiéndose así en una fuente importante de aminoácidos; además se corroboró que el contenido de humedad (5.87%), cenizas (5.00%), grasa (5.55%) y fibra cruda (4.15%) convierten a la TRSI en un subproducto idóneo para ser utilizada como harina proteínica en la elaboración de productos comestibles de alto valor nutricional.
- Al caracterizar microbiológicamente la TRSI y comparar los datos obtenidos con la Norma ISO requerida para pasta o harina de soya (ISO 18744:2006), se apreció que esta se encuentra dentro de los rangos establecidos para aerobios mesófilos, coliformes totales, mohos, levaduras, *Salmonella* y *Staphylococcus aureus*, sin embargo, el requisito de *Escherichia coli* (1.23 UFC/g) se encuentra fuera de los límites permitidos, pues la norma exige la ausencia total de éste. No se descarta el uso potencial de la torta residual de sachá inchi puesto que se espera

mejorar el proceso de obtención del aceite en la microempresa Sacha Inchi Génesis implementando buenas prácticas de manufactura.

- El estudio de la digestibilidad gastrointestinal *in vitro* de la torta residual de sachá inchi obtenida en la microempresa Sacha Inchi Génesis demuestra que, la TRSI es digerible y sus nutrientes son fácilmente liberados en el tracto digestivo humano concluyendo así que la TRSI es adecuada para el consumo humano además de ser una fuente valiosa de nutrientes para la salud humana. La creación de nuevos alimentos funcionales a partir de la TRSI y su inclusión en las dietas modernas podría ser muy valiosa para mejorar la nutrición, utilizando los recursos agrícolas tradicionales de manera más eficiente ayudando a crear una economía circular en esta ciudad y porque no, a nivel nacional.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda tener una atención especial al almacenamiento adecuado de las semillas de sachá inchi. Almacenar las semillas en un lugar fresco y seco, protegido de la luz directa y la humedad, para así prolongar su vida útil y mantener su calidad nutricional. Además, es importante sellar adecuadamente la bolsa o el recipiente que contiene la TRSI para evitar la entrada de aire y mantener la frescura. Es recomendable almacenar la torta en un recipiente hermético para evitar la oxidación y la pérdida de nutrientes. Un almacenamiento adecuado también ayuda a prevenir la contaminación por bacterias y hongos, lo que es esencial para la seguridad alimentaria.
- Se recomienda analizar la carga bacteriana en la torta de sachá inchi antes de su consumo o uso en la industria alimentaria. Esto es importante para garantizar la seguridad y calidad del producto, y prevenir posibles riesgos de contaminación y enfermedades. Se sugiere utilizar técnicas de análisis microbiológicos confiables y actualizadas para obtener resultados precisos y confiables. Además, es fundamental realizar un seguimiento constante de la carga bacteriana en

el proceso de producción para garantizar que la torta de sachá inchi cumpla con los estándares de seguridad alimentaria.

- Se recomienda considerar otros métodos de análisis de digestibilidad gastrointestinal además del *in vitro*, como la evaluación de la digestibilidad en reactivos biológicos. Estos métodos pueden proporcionar una comprensión más completa y precisa de la digestibilidad de la TRSI, ya que replican la digestión en condiciones similares a las que ocurren en el cuerpo. Además, estos métodos pueden ayudar a evaluar el impacto de la digestibilidad en la nutrición y la salud. Por lo tanto, se recomienda considerar la implementación de estos métodos complementarios para una evaluación más precisa de la digestibilidad enfatizando sus mecanismos de acción, biodisponibilidad e interacciones con otros componentes de los alimentos.

## BIBLIOGRAFÍA

**ABEBE, E et al.** *Review on major food-borne zoonotic bacterial pathogens.* Hindawi: *Journal of tropical medicine* [en línea] 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2020/4674235>

**AGUDELO, G et al.** *Microbiota intestinal y ácidos grasos de cadena corta en pacientes críticos.* *Perspect Nut Hum* [en línea] 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.17533/udea.penh.v18n2a06>

**AGUILERA, V. y LEÓN, K.** *Evaluación de la influencia de la salmuera sobre la calidad microbiológica de los quesos frescos artesanales en una quesera de Quimiag* [en línea]. 2019. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9708/1/56T00842.pdf>

**ALAYÓN, A y ECHEVERRI, I.** *Sacha Inchi (Plukenetia volubilis Hnneo), ¿Una experiencia ancestral desaprovechada? Evidencias clínicas asociadas a su consumo.* *Revista chilena de nutrición* [en línea] 2018. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000200009>

**ALCÍVAR, J et al.** *Nota técnica sobre la composición físico-química de la torta de Sacha inchi (Plukenetia volubilis).* *Cuban Journal of Agricultural Science* [en línea] 2020. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2079-34802020000100019&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2079-34802020000100019&script=sci_abstract&tlng=en)

**ARAUZ, J et al.** *Comparación microbiológica de coliformes totales en carne molida comercializada en mercado Municipal Martha de Roldos y supermercado Supermaxi de Guayaquil* [en línea] 2021. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/53523>

**BALCÁZAR, J et al.** *Inocuidad alimentaria de los alimentos preparados, que se consumen en la ciudad de Manta.* *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional* [en línea] 2020. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7554420>

**BARRIONUEVO, A et al.** *Digestibilidad gástrica y duodenal in vitro de aislados proteicos del huevo de codorniz.* *Revista Ciencia y Tecnología* [en línea] 2021. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8397301>

**CARREÑO, L et al.** *Evaluación fisicoquímica y microbiológica de harina obtenida de la torta residual de sachá inchi (Plukenetia volubilis L.) para su potencial uso en el sector agroalimentario.* *ResearchGate* [en línea] 2021. Disponible en: <https://www.editoraartemis.com.br/artigo/32221/>

**CASTRO B et al.** *Digestible and metabolizable energy prediction models in guinea pig feedstuffs.* *Journal of Applied Animal Research* [en línea] 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09712119.2022.2079647>

**CUADRA, R et al.** *Composición nutricional y digestibilidad de semilla, torta y cáscara de dos especies de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*).* *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* [en línea] 2022. Disponible en: [https://doi.org/10.21930/rcta.vol23\\_num2\\_art:2355](https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num2_art:2355).

**DE VITIS, M et al.** *Seed storage: maintaining seed viability and vigor for restoration use*". *Restoration Ecology* [en línea], 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/rec.13174>

**DENAMUR, E et al.** *The population genetics of pathogenic *Escherichia coli**". *Nature Reviews Microbiology* [en línea], 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41579-020-0416-x>

**DÍAZ CÉSPEDES, M et al.** *Digestibilidad, energía digestible y metabolizable del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L) peletizado y extruido en cuyes (*Cavia porcellus*).* *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* [en línea], 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i5.19654>

**EHUWA, O et al.** *Salmonella, food safety and food handling practices.* *Foods* [en línea], 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/foods10050907>

**FAHEY G et al.** *Critical factors in determining fiber in feeds and forages.* *Journal of AOAC INTERNATIONAL* [en línea], 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.5740/jaoacint.18-0067>

**FAY, F. y ZUMBADO, H.** *Análisis proximal en alimentos Fundamentos teóricos y técnicas experimentales* [en línea]. 2022. Disponible en: <http://colloquiumbiblioteca.com/index.php/web/article/view/43/39>

**FDA.** *The Lows and Highs of Percent Daily Value* [blog]. 2022. Disponible en: <https://www.fda.gov/food/nutrition-education-resources-materials/new-nutrition-facts-label>

**GARCÍA MOLERO, W et al.** *Desarrollo y optimización de una bebida nutricional instantánea a base de harina extruida de la torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y harina extruida de la torta de castaña (*Bertholletia excelsa*)* [en línea] 2020. Disponible en: [http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5982/TESIS\\_PREGRADO\\_CHU\\_MPITAZ\\_GARCIA\\_FIPA\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5982/TESIS_PREGRADO_CHU_MPITAZ_GARCIA_FIPA_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**GÓMEZ, P.** *Digestión gastrointestinal de gliadina: captura de péptidos con aptámeros e identificación por LC-ESI-MSMS* [en línea] 2020. Disponible en: [https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/59659/TFM\\_PaulaG%C3%B3mezMejide.pdf?sequence=4](https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/59659/TFM_PaulaG%C3%B3mezMejide.pdf?sequence=4)

**GONZÁLEZ, J et al.** *Desarrollo de Películas Comestibles a partir de Proteínas Extraídas de la Torta de Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.). Información tecnológica* [en línea], 2019. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000500013>

**GOYAL, A et al.** *Sacha inchi (Plukenetia volubilis L.): An emerging source of nutrients, omega-3 fatty acid and phytochemicals. Food Chemistry* [en línea] 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131459>.

**GREENFIELD, H y SOUTHGATE D.** *Datos de Composición de Alimentos: Obtención, Gestión y Utilización* [en línea] 2019. Disponible en: <https://www.fao.org/3/y4705s/y4705s.pdf>

**GUEVARA, D.** *Influencia de las condiciones de expendio sobre la calidad microbiológica de ceviches de chochos comercializados en la parroquia Lizarzaburu-Riobamba* [en línea] 2021. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14735>

**KORMA, S et al.** *Microbiological, physicochemical, and sensory properties of goat milk co-fermented with isolated new yeasts. Journal of Food Measurement and Characterization* [en línea] 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01091-6>

**LOVEDAY, S et al.** *Food proteins: technological, nutritional, and sustainability attributes of traditional and emerging proteins. Annu. Rev. Food Sci. Technol* [en línea], 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032818-121128>

**MINISTERIO DEL AMBIENTE.** *Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador: ENCC 2012-2025* [en línea]. 2022. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/ESTRATEGIA-NACIONAL-DE-CAMBIOCLIMATICO-DEL-ECUADOR.pdf>

**MSP.** *Encuesta steps Ecuador. Informe de resultados vigilancia de enfermedades no transmisibles y factores de riesgo* [en línea]. 2022. Disponible en: <https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2020/10/INFORME-STEPS.pdf>

**NORMA ISO 18744** . *Productos alimenticios - Pasta de soja – Requisitos*. 2018.

**NTE INEN 1529-2**. *Control microbiológico de los alimentos: Toma, envío y preparación de muestras para el análisis microbiológico*. 2020.

**NÚÑEZ, D.** *Plukenetia volubilis L.: Usos tradicionales, metabolitos secundarios y efectos farmacológicos* [en línea] 2020. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34975>

**ONU.** *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)* [en línea]. 2022. Disponible en: [https://www.cepal.org/sites/default/files/static/files/ods12\\_c1900731\\_press.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/static/files/ods12_c1900731_press.pdf)

**OSORIO, D et al.** *Desarrollo de galletas empleando harina de Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.) obtenida de la torta residual*. *UGCiencia* [en línea]. 2019..Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/326468735\\_Desarrollo\\_de\\_galletas\\_empleando\\_harina\\_de\\_Sacha\\_Inchi\\_plukenetia\\_volubilis\\_l\\_obtenida\\_de\\_la\\_torta\\_residual](https://www.researchgate.net/publication/326468735_Desarrollo_de_galletas_empleando_harina_de_Sacha_Inchi_plukenetia_volubilis_l_obtenida_de_la_torta_residual)

**OTERO W.** *Informe de resultados del evento*. [en línea] 2022. Disponible en: <https://www.napo.gob.ec/website/phocadownload/fiestas/2018/Transformado.pdf>

**PANIEL, N y NOGUER, T.** *Detection of Salmonella in food matrices, from conventional methods to recent aptamer-sensing technologies*”. *Foods* [en línea] 2019. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31480504/>

**PAUCAR, L et al.** *Estudio comparativo de las características fisicoquímicas del aceite de sacha inchi (Plukenetia volubilis l.), aceite de oliva (Olea europaea) y aceite crudo de pescado*. *Scientia Agropecuaria* [en línea] 2018. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.04.05>

**PREEDY, V et al.** *Nuts and seeds in health and disease prevention*. [en línea]. 2019. Disponible en: <https://n9.cl/6m9am>

**QUISPE, C y ROMERO, D.** *Contaminación con Escherichia coli en tipos de aderezos expendidos en puestos de comida de un mercado de Huancayo* [en línea]. 2020. Disponible en: <https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/3116/TESIS%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**RAWDKUEN, S et al.** *Chemical properties and nutritional factors of pressed cake from tea and sacha inchi seeds.* *Food Bioscience* [en línea], 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2016.05.004>

**RAWDKUEN, S et al.** *Physicochemical, Functional, and In Vitro Digestibility of Protein Isolates from Thai and Peru Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Oil Press-Cakes.* *Foods* [en línea], 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/foods11131869>

**RODRÍGUEZ, P.** *Liberación de péptidos con capacidad antioxidante a partir de proteínas de flores de Begonias (*Begonia doublet*) durante la simulación de la digestión gastroduodenal in vitro.* 2022. p.22.

**ROGERS, K.** *The Digestive System* [en línea]. 2019. Disponible en: <http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/37641.pdf>

**SÁNCHEZ, M.** *Alimentación, nutrición y salud.* [en línea] 2021. Disponible en: [https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/14969/1/SNCHEZ\\_AZOR\\_MARA\\_LOURDES\\_BIOL\\_OGA\\_Y\\_GEOLOGA\\_TFM.pdf](https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/14969/1/SNCHEZ_AZOR_MARA_LOURDES_BIOL_OGA_Y_GEOLOGA_TFM.pdf)

**SENPLADES.** *Plan Nacional Buen Vivir para el 2017-2021* [en línea]. 2021. Disponible en: <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/Plan-Nacional-para-el-Buen-Vivir-2017-2021.pdf>

**SHAH, T et al.** *The intestinal microbiota: impacts of antibiotics therapy, colonization resistance, and diseases.* *International journal of molecular sciences* [en línea]. 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijms22126597>

**TASSONE, S et al.** *In Vitro techniques using the DaisyII incubator for the assessment of digestibility: A review.* *Animals (Basel)* [en línea] 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ani10050775>

**TORRES, E et al.** *Sacha inchi oil press-cake: physicochemical characteristics, food-related applications and biological activity.* *Food Reviews International* [en línea], 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1900231>

**URIBE, J.** *La impostura de los aceites y las margarinas sanas. Grasas consideradas "sanas" para el corazón pueden incrementar el riesgo de adenocarcinoma de próstata.* [en línea]. 2022. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1491/149120462005.pdf>

**VÁSQUEZ, D et al.** *Formulación de una colada empleando harina de sachá inchi (Plukenetia volubilis L.) proveniente del proceso de obtención de aceite. Perspectivas en nutrición humana* [en línea] 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.17533/udea.penh.v19n2a04>

**XU, L et al.** *A novel sensitive visual count card for detection of hygiene bio-indicator-molds and yeasts in contaminated food. LWT* [en línea] 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108687>

**YOPLAC, I et al.** *Caracterización química y digestibilidad in vitro de semillas y subproductos agroindustriales amazónicos con potencial para alimentación animal". Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* [en línea] 2021. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i3.18765>

**ZUMBADO, H.** *Análisis químico de los alimentos: métodos clásicos* [en línea]. 2020. Disponible en: <https://n9.cl/oiuaz>

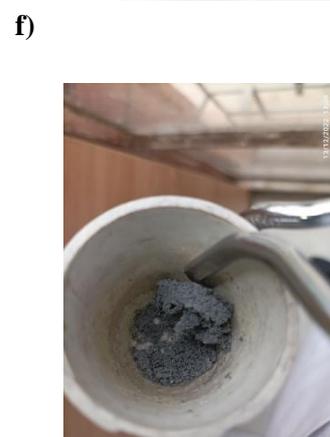
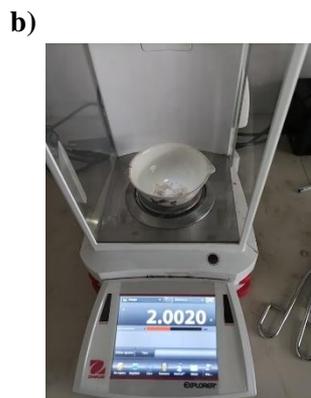
## **ANEXOS**

### **ANEXO A: CULTIVO Y ALMACENAMIENTO DE SACHA INCHI**

<b>a)</b>	<b>b)</b>	<b>c)</b>
-----------	-----------	-----------

		
<p><b>d)</b></p>	<p><b>e)</b></p>	<p><b>f)</b></p>
		
<p><b>a)</b> Productos cosméticos comercializados por la microempresa Sacha Inchi Génesis.</p> <p><b>b)</b> Tutores de madera para plantas de sachá inchi.</p> <p><b>c)</b> Planta de sachá inchi enredada en alambre.</p> <p><b>d)</b> Descascarado de semillas de sachá inchi</p> <p><b>e)</b> Centro de acopio de semillas de la microempresa Sacha Inchi Génesis.</p> <p><b>f)</b> Sacos de polietileno que contienen semillas de sachá inchi.</p>	<p style="text-align: center;"><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p style="text-align: center;">FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p style="text-align: center;">ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA</p>	

**ANEXO B: ANÁLISIS PROXIMAL DE LA TORTA RESIDUAL DE SACHA INCHI**



- a)** Tarado de cápsulas para determinar el contenido de humedad de la TRSI.
- b)** Pesaje de muestra para determinar el contenido de humedad de la TRSI.
- c)** Cápsulas con muestra de sachá inchi en desecador.
- d)** Incineración de muestra para determinar el contenido de cenizas de la TRSI.
- e)** Crisoles en mufla.
- f)** Cenizas obtenidas de una muestra de torta de sachá inchi.

**ESCUELA SUPERIOR  
POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y  
FARMACIA

**g)**

**h)**

**i)**



j)



k)



l)



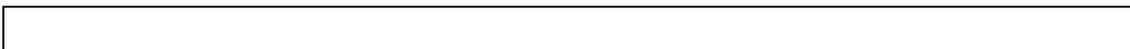
- g) Equipo soxhlet extrayendo la grasa presente en la muestra de TRSI.
- h) Recuperación de éter empleado en el proceso de extracción de grasa.
- i) Contenido de grasa extraído de la TRSI.
- j) Crisol de vidrio con muestra de TRSI.
- k) Equipo para determinar fibra cruda de TRSI.
- l) Extracción ácido/álcali para determinar contenido de fibra cruda de la TRSI.

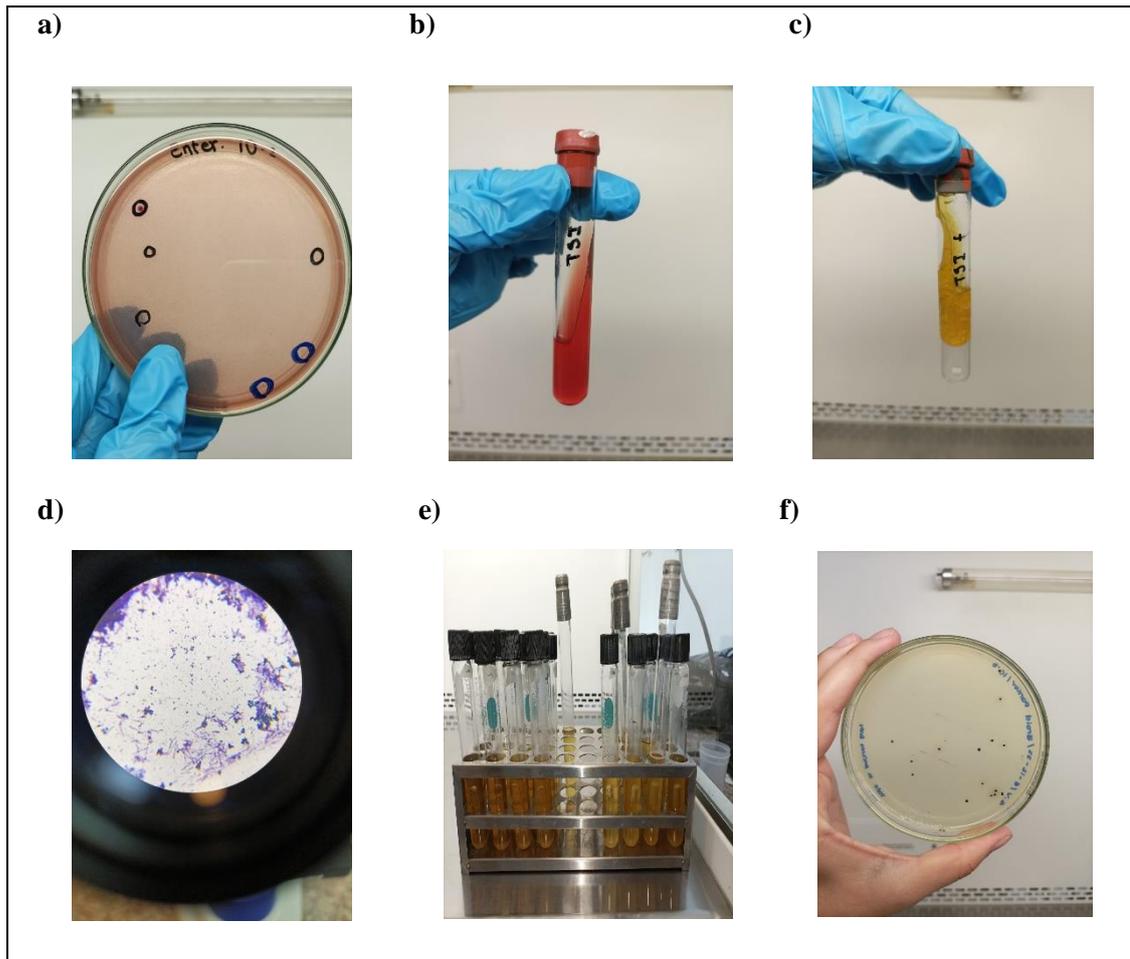
**ESCUELA SUPERIOR  
POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y  
FARMACIA

**ANEXO C: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE TORTA RESIDUAL DE SACHA INCHI**





- a) Recuento de coliformes en placa.
- b) Prueba bioquímica TSI antes de inocular.
- c) Prueba bioquímica TSI después de inocular (cambio de color y presencia de gas).
- d) Tinción Gram bajo el microscopio.
- e) Determinación de coliformes totales por el método del NMP.
- f) Determinación de *Staphylococcus aureus*.

**ESCUELA SUPERIOR  
POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y  
FARMACIA

**ANEXO D: ANÁLISIS DE DIGESTIBILIDAD GASTROINTESTINAL *IN VITRO* DE LA TORTA RESIDUAL DE SACHA INCHI**





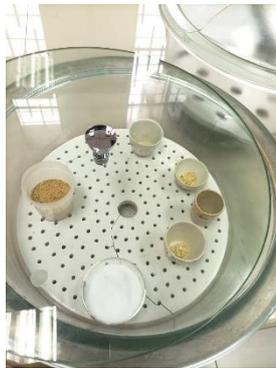
**d)**



**e)**



**f)**



- a)** Muestras de TRSI dentro de matraz erlenmeyer.
- b)** Proceso de incubación de las muestras.
- c)** Lavado de muestras de materia orgánica no digerible con acetona.
- d)** Materia orgánica no digerible en crisoles enfriándose a temperatura ambiente en el desecador.
- e)** Pesaje de materia orgánica no digerible.
- f)** Cenizas de materia orgánica no digerible.

**ESCUELA SUPERIOR  
POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y  
FARMACIA